



CHAPITRE 4 : DONNÉES	AUTEUR : CEFAS	DERNIÈRE MISE À JOUR : 24 janvier 2006
-----------------------------	-----------------------	---

MANUEL D'OPÉRATIONS de l'ICCAT :
Chapitre 4. Données requises pour l'évaluation et la recherche

Graham M. Pilling, A. John R. Cotter, Julian D. Metcalfe
 CEFAS, Lowestoft, U.K.

4.1 Introduction et fondements statistiques.....	3
4.1.1 Biostatistiques.....	3
4.1.2 Bibliographie.....	5
4.2 Échantillonnage des prises, de l'effort, de la CPUE et de la taille.....	6
4.2.1 Notions de base de l'échantillonnage.....	8
4.2.2 Plans d'échantillonnage.....	12
4.2.3 Estimation de la précision.....	15
4.2.4 Sources d'information.....	16
4.2.5 Problèmes potentiels dans les statistiques de la prise annuelle totale.....	26
4.2.6 Estimation et extrapolation.....	28
4.2.7 Bibliographie.....	31
4.3 Estimation de la prise par âge.....	33
4.3.1 Échantillonnage visant à obtenir des données de fréquence de taille.....	33
4.3.2 Matériel utilisé pour effectuer les mensurations.....	35
4.3.3 Mesures à relever.....	36
4.3.4 Traitement des données.....	40
4.3.5 Découpage des âges ou des cohortes.....	43
4.3.6 Clefs d'identification âge-longueur (ALK).....	43
4.3.7 Schnute et Fournier.....	45
4.3.8 MULTIFAN.....	45
4.3.9 Performances des méthodes.....	46
4.3.10 Bibliographie.....	46
4.4 La CPUE et la LPUE comme indices d'abondance.....	48
4.4.1 Questions spécifiques à l'ICCAT.....	50
4.4.2 Bibliographie.....	51
4.5 Échantillonnage génétique.....	53
4.5.1 Objectifs de l'échantillonnage génétique.....	53
4.5.2 Ciblage des échantillons.....	53
4.5.3 Dimension de l'échantillon.....	53
4.5.4 Procédures d'échantillonnage.....	54
4.5.5 Analyse des échantillons.....	55
4.5.6 Analyse des résultats.....	55
4.5.7 Bibliographie.....	56
4.6 Marquage.....	57
4.6.1 Expériences de marquage dans l'évaluation et la gestion des stocks de thonidés dans la zone ICCAT.....	57
4.6.2 Programmes de marquage.....	58
4.6.3 Expériences de marquage opportuniste ou dirigé ?.....	58
4.6.4 Récupération des marques, publicité et récompenses.....	58
4.6.5 Méthodes de capture du poisson.....	61
4.6.6 Manipulation du poisson.....	61
4.6.7 Marques conventionnelles.....	66

4.6.8 Procédure de marquage.....	70
4.6.9 Bibliographie.....	73
4.7 Marquage à l'aide de marques électroniques	76
4.7.1 Marques acoustiques.....	76
4.7.2 Marques-archives.....	76
4.7.3 Marques-archives implantables.....	76
4.7.4 Marques-archives pop-up par satellite avec application externe.....	77
4.7.5 Méthodes de pose des marques électroniques.....	77
4.7.6 Après-marquage et remise à l'eau du poisson.....	78
4.7.7 Bibliographie.....	79
4.8 Échantillonnage associé à la maturité	82
4.8.1 Échantillonnage associé au sexe et à la maturité	82
4.8.2 Stades de maturité	83
4.8.3 Échantillonnage histologique et analyse	83
4.8.4 Méthodes chimiques	86
4.8.5 Estimation des caractéristiques associées à la maturité	86
4.8.6 Bibliographie.....	88
4.9 Pièces dures	89
4.9.1 Validation.....	89
4.9.2 Échantillonnage des pièces dures	89
4.9.3 Comment préparer les pièces dures pour la lecture	94
4.9.4 Lecture.....	94
4.9.5 Estimation des paramètres de croissance	95
4.9.6 Clefs d'identification âge-longueur (ALK).....	95
4.9.7 Analyses des microéléments.....	96
4.9.8 Bibliographie.....	96
4.10 Informations des observateurs et autres échantillons biologiques	98
4.10.1 Couverture des marées avec observateurs à bord	98
4.10.2 Examen des pratiques halieutiques.....	99
4.10.3 Informations biologiques.....	100
4.10.4 Rejets et estimation des taux de rejet	100
4.10.5 Bibliographie.....	100
ANNEXE 1. Exemple de livre de bord et de formulaires d'observateur (incomplet)	102

4.1 Introduction et fondements statistiques

Ce chapitre vise à apporter une vue d'ensemble des données requises pour les évaluations et les recherches au sein de l'ICCAT.

Il propose au lecteur une explication fondamentale concernant la façon de concevoir des programmes de collecte de données, à travers l'échantillonnage des prises des bateaux, et la façon de garantir que ces derniers représentent l'ensemble de la population (section 4.2). Bien que cette question se répète tout au long de ce chapitre, nous recommandons aux lecteurs de lire d'abord cette section. Les données de taille constituent un des principaux types de données obtenues de façon routinière. La collecte de ces données et l'utilisation de celles-ci pour estimer la structure démographique des prises sont détaillées dans la section 4.3. La capture par unité d'effort (CPUE), qui est obtenue généralement des livres de bord des bateaux, représente une autre source d'information sur l'état du stock qui est utilisée dans les évaluations. Ces données doivent être standardisées dans le temps et entre les différentes zones, ainsi qu'entre les différentes catégories de navires ou d'engins de pêche afin d'assurer la cohérence des indications contenues dans ces données. Les questions relatives à l'utilisation des données de la CPUE sont détaillées dans la section 4.4.

Une série d'attributs biologiques revêtent une grande importance dans la gestion des stocks. Il s'agit notamment de l'étendue géographique et des limites du stock, de son interaction avec des sous-stocks et de ses caractéristiques de migration. Il existe une série de techniques pour examiner ces facteurs comme les méthodes génétiques (section 4.5) et le marquage (sections 4.6 et 4.7). Dans le cas des stocks définis, la connaissance des schémas de reproduction des grands pélagiques ainsi que des schémas de croissance et de mortalité définira en large mesure la capacité de régénération que possède une population. Ces attributs sont donc très importants pour la gestion et la conservation des stocks, ainsi que pour construire des modèles fiables destinés à évaluer de façon efficace les stocks. Les méthodes utilisées pour examiner ces attributs biologiques sont détaillées dans les sections 4.8 et 4.9. Il faut souligner que la plupart des approches exigent un examen détaillé du poisson. Compte tenu de la valeur élevée que possèdent la plupart des espèces de thonidés, les informations relatives à la taille sont généralement les seules données qui peuvent être recueillies sans qu'il soit nécessaire d'acheter des individus ou d'entreprendre un programme de recherche indépendant de la pêcherie.

Les programmes scientifiques d'observateurs constituent une méthode importante pour recueillir des informations sur une série de caractéristiques liées à une pêcherie comprenant notamment les schémas de prospection, la caractérisation de l'effort de pêche, les prises accessoires et la mortalité par rejet, ainsi que la collecte d'informations biologiques précises. La section 4.10 aborde différentes approches fondamentales pour optimiser la couverture des campagnes de pêche avec des observateurs, les types d'informations pouvant être collectés et l'importance d'estimer les prises accessoires à partir des données des observateurs.

4.1.1 Biostatistiques

Ce manuel contient des informations détaillées sur les méthodes statistiques utilisées dans les domaines étudiés. Pour faciliter la compréhension, cette section offre au lecteur un bref et simple rappel des concepts statistiques de base. S'ils souhaitent obtenir des informations complémentaires, les lecteurs pourront consulter d'autres documents sur les biostatistiques, notamment « Biometry » de Sokal et Rohlf (1995), qui présente à la fois la théorie soutenant les approches et des exemples utiles de leur application aux données, « Sampling techniques » de Cochran (1977) et « Sampling » de Thompson (1992). Sparre et Venema (1998) ont également rédigé un excellent manuel sur l'évaluation du stock de poissons tropicaux dont nous nous sommes largement inspirés pour rédiger cette section.

Valeur moyenne et variance

Considérons un échantillon de n poissons d'une seule espèce, pris tous lors de la même opération de pêche, $x(i)$ étant la taille du poisson n° i , $i=1, 2, \dots, n$. La taille moyenne de l'échantillon est définie comme suit :

$$\bar{x} = \frac{[x_{(1)} + x_{(2)} + \dots + x_{(n)}]}{n} = \frac{1}{n} * \sum_{i=1}^n x_{(i)}$$

Par exemple, si on a échantillonné 12 poissons ayant une taille (cm) de 176, 175, 162, 174, 161, 156, 178, 158, 195, 171, 177 et 154, la taille moyenne de cet échantillon sera :

$$\bar{x} = \frac{[176 + 175 + \dots + 154]}{12} = \frac{1}{12} * 2037 = 169,75$$

La variance de l'échantillon, une mesure de la variabilité autour de la valeur moyenne, est définie comme suit :

$$s^2 = \frac{1}{n-1} * \left[(x_{(1)} - \bar{x})^2 + (x_{(2)} - \bar{x})^2 + \dots + (x_{(n)} - \bar{x})^2 \right] = \frac{1}{n-1} * \sum_{i=1}^n [x_{(i)} - \bar{x}]^2$$

En général, elle est calculée comme $\sum x^2 - (\sum x)^2 / n / (n-1)$ pour éviter les erreurs d'arrondi.

La variance est donc la somme des carrés des écarts à la moyenne divisée par le nombre (n) moins un. Si tous les poissons avaient la même taille, la variance serait égale à zéro. Dans l'exemple de tailles indiqué ci-dessus, la variance serait la suivante :

$$s^2 = \frac{1}{12-1} * \left[(176 - 169,75)^2 + (175 - 169,75)^2 + \dots + (154 - 169,75)^2 \right] = \frac{1}{12-1} * 1556,25 = 141,48$$

La racine carrée de la variance, s, est l'écart-type. Dans l'exemple, s=11,89. La variance peut aussi être exprimée par rapport à la taille de la moyenne, en tant que coefficient de variation. L'écart-type est important à cet égard car il possède la même unité que la moyenne. Le coefficient de variation est le suivant :

$$\frac{s}{\bar{x}}$$

Dans l'exemple, le coefficient de variation (CV) est le suivant :

$$\frac{11,89}{169,75} = 0,07$$

Les statistiques se fondent en grande mesure sur la « normalité » des données. Ceci signifie essentiellement que les données (et la population d'où elles sont extraites) correspondent à une distribution normale :

$$Fc(x) = \frac{n * dL}{s * \sqrt{2\pi}} * \exp \left[- \frac{(x - \bar{x})^2}{2s^2} \right]$$

où Fc(x) est la « fréquence calculée », n le nombre d'observations, dL la dimension de l'intervalle (de la mesure en question), s=l'écart-type, \bar{x} la taille moyenne et $\pi=3,14159\dots$

Une distribution normale est souvent observée chez les poissons plus âgés et plus grands (les petits et jeunes poissons auraient besoin de quelques valeurs négatives pour avoir une distribution normale) lorsqu'on enregistre des fréquences de tailles de poissons issus d'une seule cohorte (c'est-à-dire du même âge), ce qui permet d'estimer la probabilité d'avoir des poissons d'une taille supérieure ou inférieure à la taille donnée dans l'échantillon. Il existe d'autres distributions de probabilité (ex. lognormale), dans lesquelles la distribution des mesures est asymétrique au lieu d'être centrée autour de la moyenne comme dans la distribution normale.

Les concepts de biais et de précision proviennent de la considération des moyennes et des distributions (**Figure 4.1.1**). Une estimation d'un échantillon est dite non biaisée si la moyenne de plusieurs estimations répétées est la même que la valeur vraie (ce qui serait le cas si tous les individus de la population totale étaient échantillonnés). Une estimation est biaisée si elle présente un écart systématique par rapport à la valeur vraie. Ce serait le cas, par exemple, si les estimations de la taille moyenne des échantillons étaient toujours supérieures à la taille vraie de la population, ce qui pourrait être dû à la sélectivité de l'engin. Dans le cas d'un échantillon non biaisé, on peut approcher davantage la valeur vraie en augmentant la taille de l'échantillon. C'est ce qu'on appelle la « cohérence » (vérifier si c'est bien ce terme qui est utilisé par les statisticiens). Dans le cas d'un échantillon biaisé, il y aura toujours une différence entre la valeur vraie et la valeur estimée.

Il faudrait prendre un échantillon aléatoire pour obtenir une estimation non biaisée. Dans ce cas, n'importe quel poisson échantillonné dans le stock (à titre d'exemple) devrait avoir exactement la même probabilité d'être échantillonné. Ceci dit, dans la pratique il est souvent difficile d'obtenir de véritables échantillons aléatoires.

La précision est une mesure consistant à déterminer si des échantillons ou des estimations sont « précis ». Dans ce cas, la variance autour de la valeur moyenne de l'échantillon ou de l'estimation est faible (**Figure 4.1.1**). Ceci ne signifie pas nécessairement que l'échantillon ou l'estimation est non biaisé : en effet, ceux-ci peuvent être précis (regroupés autour d'une valeur donnée), mais biaisés (par exemple, si cette valeur n'est pas égale à la moyenne vraie).

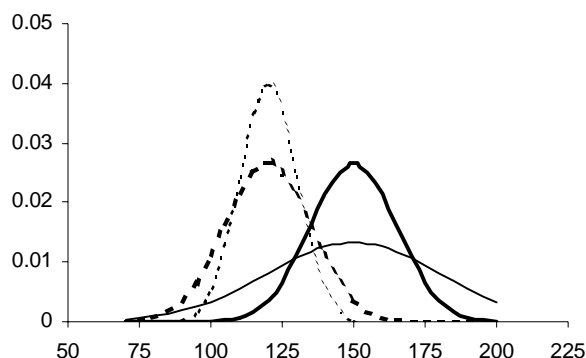


Figure 4.1.1. Démonstration du biais et de la précision. La distribution normale indiquée par le trait gras continu représente la distribution de la population. Le trait fin continu représente une distribution non biaisée, mais moins précise (la moyenne est la même que celle de la population, mais la dispersion est plus grande). La distribution représentée par le trait gras discontinu représente un échantillon biaisé : la distribution possède une variance identique par rapport à la vraie population, mais la valeur moyenne est inférieure à la valeur vraie. La distribution représentée par le trait fin discontinu est biaisée, mais plus précise.

4.1.2 Bibliographie

COCHRAN, W.G. (1977). Sampling techniques. New York, J. Wiley & Sons, Inc.

SOKAL, R.R. and F.J. Rohlf (1995). Biometry: the principles and practice of statistics in biological research. W.H. Freeman and Company, New York.

SPARRE, P. and S.C. Venema (1998). Introduction to fish stock assessment. Part 1. Manual. FAO Fish. Tech. Pap. 306(1), FAO, Rome.

THOMPSON, S. K. (1992). Sampling. John Wiley & Sons, Inc. 343p.

4.2 Échantillonnage des prises, de l'effort, de la CPUE et de la taille

En principe, il existe deux méthodes de collecte des données : le dénombrement complet et l'échantillonnage. En général, une étude-cadre ou un recensement de la pêcherie se réalise en effectuant un dénombrement complet de la population. Cette technique est idéale pour estimer les prises totales annuelles, mais dépasse d'habitude le budget de la plupart des centres de recherche des pêcheries. Il faut par conséquent appliquer un système d'échantillonnage approprié de sorte à obtenir des données représentatives qui peuvent être extrapolées à l'ensemble de la pêcherie. La **Figure 4.2.1** montre une représentation schématique du processus qui peut se produire lors de l'évaluation des niveaux de prises pour les données de Tâche 1.

Cette section aborde brièvement les aspects statistiques et pratiques des différentes modalités d'échantillonnage des pêcheries de thonidés et des poissons dans le but d'estimer des statistiques résumées concernant l'ensemble des débarquements, l'effort de pêche et la taille ainsi que d'autres caractéristiques biologiques des poissons. La section 4.2.1 est un guide de la théorie d'échantillonnage de base dans le contexte des pêcheries de thonidés. La section 4.2.2 décrit et commente des plans habituels d'échantillonnage statistique et la section 4.2.3 aborde la précision d'échantillonnage. La section 4.2.4 revient à des questions plus pratiques. Elle récapitule les principales sources d'information différentes sur les stocks et les pêcheries de thonidés en attirant l'attention sur leurs points forts et sur leurs points faibles et suggère des solutions pratiques pour effectuer l'échantillonnage et l'estimation conformément à la discussion statistique antérieure. La section 4.2.5 présente les problèmes potentiels que peuvent poser les statistiques des prises annuelles totales et leurs solutions éventuelles. Enfin, la section 4.2.6 aborde l'extrapolation des estimations des échantillons aux estimations pour une flottille complète ou pour un stock de poissons dans une strate spatio-temporelle standard de l'ICCAT, par exemple $5^{\circ} \times 5^{\circ} \times \text{mois}$, $1^{\circ} \times 1^{\circ} \times \text{mois}$.

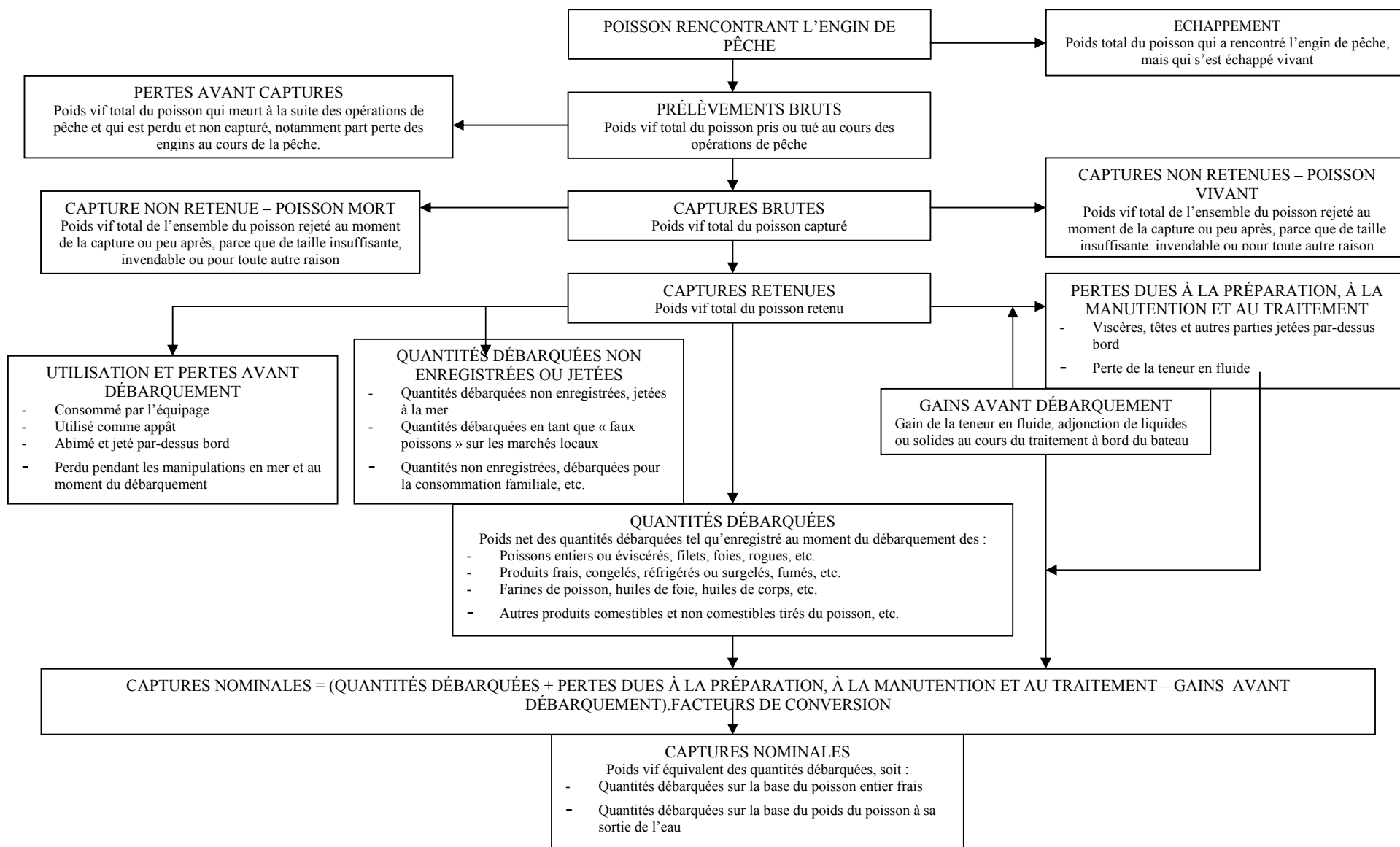


Figure 4.2.1. Concepts relatifs à l'estimation des captures nominales. Diagramme explicatif.

4.2.1 Notions de base de l'échantillonnage

Échantillonnage scientifique

L'échantillonnage est essentiel lorsque nous souhaitons décrire ou faire des inférences sur une population qui est trop grande pour permettre l'observation de chaque individu qui en fait partie. L'échantillonnage scientifique exige l'existence d'un rapport entre la population et l'échantillon. Il existe à cet effet deux théories (Thompson, 1992) :

- L'échantillonnage basé sur un plan qui consiste en une règle probabiliste visant à sélectionner les individus à observer ; par exemple, l'échantillonnage aléatoire simple.
- L'échantillonnage basé sur un modèle dans lequel la population est un concept hypothétique basé sur un modèle mathématique dont les paramètres sont estimés à partir des individus observés ; le modèle inclut des erreurs aléatoires, e ; exemple : $Age = f(Taille) + e$.

L'échantillonnage basé sur un plan permet d'estimer des statistiques descriptives comme la moyenne, la variance et les distributions de fréquence en l'absence de postulats sur la population. Ces statistiques sont non-biaisées par le plan, c'est-à-dire qu'on s'attend à ce qu'elles se situent autour de la valeur vraie lors d'un échantillonnage répété en vertu du plan d'échantillonnage probabiliste. Par contre, l'échantillonnage basé sur un modèle permet d'ajuster le modèle en l'absence de postulats sur l'échantillonnage. Les paramètres estimés sont non-biaisés par le modèle, c'est-à-dire qu'ils ne sont pas biaisés si le modèle est vrai et complet.

Dans la pratique, ces deux philosophies exigent de faire des compromis étant donné que l'échantillonnage de probabilité est rarement idéal et qu'aucun modèle ne fait jamais l'objet d'une confiance totale (Burnham et Anderson, 2002). Ceci dit, un échantillon aléatoire permet d'habitude d'ajuster un modèle, tandis qu'un échantillon pris pour optimiser l'ajustement d'un modèle risque d'être biaisé et inefficace pour estimer des statistiques descriptives. En outre, le plan d'échantillonnage reste plus ou moins sous le contrôle de l'échantillonneur en fonction des contraintes pratiques, tandis que la connaissance partielle des importantes variables indépendantes requises pour modéliser une pêcherie sans biais est probablement difficile à rectifier pour un modélisateur. Bien que la modélisation soit un important outil de recherche pour la science halieutique, quand il s'agit de collecter des statistiques de base sur les pêcheries de thonidés, on préconisera une approche basée sur un plan qui se fonde sur la meilleure approximation pratique à un schéma d'échantillonnage de probabilité.

La population

La population à échantillonner et la nature de chacun de ses membres, appelés *unités d'échantillonnage*, doivent être soigneusement examinées avant d'établir un schéma d'échantillonnage de la pêcherie parce qu'il est probable que la *population observable*¹ soit un sous-ensemble de la *population étudiée*. Pour les études d'une flottille de pêche, la population étudiée peut comprendre tous les bateaux de la flottille, mais la population observable peut se limiter aux bateaux qui sont accessibles dans les ports environnants. Pour les études biologiques, la population étudiée peut comprendre tous les poissons du stock, mais la population observable peut se limiter à la part accessible des débarquements totaux du stock. Sachant qu'il n'est pas possible d'échantillonner la population étudiée, il faut postuler un lien entre celle-ci et la population observable. Pour les flottilles de pêche, par exemple, l'hypothèse selon laquelle la partie non observée de la flottille se comporterait de la même façon que la partie observable fournirait le lien en question et n'exigerait qu'un facteur d'extrapolation pour convertir les estimations de l'étude en estimations de la population étudiée. Pour l'échantillonnage biologique, les débarquements observables, L , peuvent être mis en rapport avec le stock, W , par une fonction de capturabilité, q , de la taille, l , et de l'effort de pêche, E :

$$L_i = q(l)E.W_i$$

Un tel modèle postule que la pêche est aléatoire par rapport aux poissons (Hilborn et Walters, 1992, p. 177). Dans les deux exemples, les postulats sont forts et peuvent susciter la controverse. La population étudiée, le sous-ensemble observable et le lien postulé entre ceux-ci doivent être établis de façon explicite dans n'importe

¹ La « population observable » est considérée comme un terme plus explicite que le « cadre d'échantillonnage » de la théorie d'échantillonnage.

quel rapport d'échantillonnage. Dans le texte qui suit, le mot « observable » désignera, si ce n'est pas déjà indiqué, la « population ».

Randomisation (tirage au hasard)

Les statisticiens préconisent la sélection aléatoire d'unités d'échantillonnage de sorte que l'estimation des paramètres pour la population puisse être justifiée par la théorie de probabilité. Ceci est cependant souvent très difficile à réaliser dans la pratique. Les mérites de la randomisation (des tirages aléatoires) peuvent être expliqués de façon intuitive de la manière suivante. Considérons la tâche relativement simple que représente l'estimation de la taille moyenne des poissons dans les débarquements d'un bateau de pêche en utilisant l'échantillonnage aléatoire simple. La constitution des débarquements aura été affectée par de nombreuses influences telles que les lieux de pêche, la saison, le temps, l'équipage qui aura sélectionné les prises, etc. Si l'échantillon est prélevé dans un lieu restreint parmi l'ensemble des débarquements, il ne pourra refléter qu'une partie d'une ou de quelques opérations de pêche réalisées dans des circonstances limitées et, par conséquent, la taille moyenne de cet échantillon pourra être très différente de la taille moyenne (inconnue) de l'ensemble des débarquements. En outre, la variabilité au sein d'un échantillon restreint sera probablement plus faible que dans cet ensemble, ce qui signifie que la variance et les limites de confiance autour de la moyenne estimée seront sous-estimées et donneront une fausse impression de précision. En échantillonnant les poissons autant que possible dans des lieux choisis de façon aléatoire dans la totalité de la population ciblée, on peut s'attendre à ce que les facteurs influençant la taille des poissons présents auront les mêmes effets proportionnels sur l'échantillon. En termes statistiques, le tirage aléatoire fournit des estimations non-biaisées (par le plan) de la moyenne et de la variance. La section 4.2.4 examine la façon d'obtenir les conditions les plus proches de l'échantillonnage au hasard dans différentes situations pratiques.

Information

L'échantillonnage de la pêche étant généralement une opération coûteuse, il est vital de recueillir et de conserver toutes les informations possibles pour chaque unité d'échantillonnage. L'information qu'une seule unité d'échantillonnage peut apporter sur la population dépend :

- Du nombre de variables mesurées dans l'unité d'échantillonnage. Ainsi, on peut mesurer à la fois la taille, l'âge et la maturité sur chacun des poissons issus d'une prise, même si la taille est souvent la seule variable facilement disponible.
- Des liens entre ces variables. Par exemple, la maturité du poisson est associée à l'âge. Les valeurs observées des différentes variables doivent être « emmagasinées » ensemble et analysées comme étant un vecteur pour chaque unité d'échantillonnage de sorte à conserver ces liens, par exemple, à des fins de modélisation. Si ce n'est pas le cas, ces informations seront perdues.
- De la précision de la mesure. Cette question est plus importante pour certaines variables que pour d'autres. Par exemple, l'effort de pêche est difficile à mesurer sur un certain type de bateau ; le stade de maturité peut être difficile à déterminer de façon précise pour un poisson. Idéalement, la précision des mesures sera estimée dans les cas difficiles par différentes personnes qui prendront des mesures indépendantes des mêmes variables sur la même série d'unités d'échantillonnage. Une grande variance des mesures peut annuler les vertus d'un plan d'échantillonnage réalisé avec des moyens coûteux et beaucoup d'efforts.
- Du fait que l'unité d'échantillonnage a été choisie de façon aléatoire ou suite à une sélection consciente. Dans ce dernier cas, certaines des informations fournies par l'unité d'échantillonnage font référence à la méthode de sélection, c'est-à-dire au biais, et non à la population. Une estimation est « non biaisée » si la moyenne obtenue après de nombreuses répétitions de l'échantillonnage est égale à la valeur vraie de la population. Le biais n'est pas nécessairement mauvais s'il est constant et il s'agit souvent d'un postulat nécessaire dans les études halieutiques.
- De la variance, σ^2 , des unités d'échantillonnage dans la population ; l'information fournie par une unité d'échantillonnage est proportionnelle à $1/\sigma^2$. σ^2 est estimée par la variance de l'échantillon, s^2 .

L'information fournie au sujet de la population par un échantillon de $n > 1$ unités d'échantillonnage dépend :

- Du fait que les unités d'échantillonnage ont été prélevées de façon indépendante ou selon un protocole de collecte pré-établi. La variance de la moyenne de l'échantillon est estimée par s^2/n où n est le nombre d'unités d'échantillonnage dans l'échantillon, mais ceci n'est vrai que si les unités d'échantillonnage ont été prélevées de façon indépendante. Les unités d'échantillonnage qui sont proches les unes des autres dans l'espace ou dans le temps ont tendance à être plus semblables que les unités d'échantillonnage qui sont distantes. Il s'ensuit que les unités d'échantillonnage qui sont collectées selon un protocole précis fourniront des informations concernant ce protocole et non sur la population étudiée. C'est pour cette même raison qu'il est probable que les unités d'échantillonnage extraites de compartiments d'une population soient plus semblables au sein de ces compartiments qu'entre différents compartiments. Les populations compartimentées sont habituelles, comme en témoignent les poissons disposés à la criée par bateau, parfois aussi par catégorie de taille, les bateaux utilisant un port particulier ou les sorties de pêche réalisées pendant un trimestre. Les schémas d'échantillonnage statistique tels que l'échantillonnage stratifié et à plusieurs degrés visent à isoler la variance au sein des compartiments ; les unités d'échantillonnage sont déterminées de façon indépendante et aléatoire au sein de ceux-ci. [Les modélisateurs doivent utiliser des modèles mixtes pour estimer les variances au sein des compartiments (Pinheiro et Bates, 2000).]

Pour déterminer le nombre, n , d'unités d'échantillonnage à inclure dans un échantillon, on prendra d'habitude le n le plus élevé possible en fonction du personnel et des ressources disponibles pour réaliser l'échantillonnage. L'adoption d'une méthode plus scientifique implique de déterminer la précision minimale acceptable et le niveau de confiance nécessaire pour déterminer si la précision a été atteinte. Ces valeurs peuvent ensuite être appliquées à des formules de la taille d'échantillonnage, par exemple Thompson (1992, chapitre 4 ; voir encadré ci-dessous) en postulant que toutes les unités d'échantillonnage sont prélevées de façon indépendante.

Estimation de la taille de l'échantillon (basé sur Thompson (1992))

Un paramètre d'une population θ (par ex. la moyenne de la population) doit être estimé en utilisant un estimateur $\bar{\theta}$. L'objectif est d'obtenir une estimation proche de la valeur vraie à une haute probabilité.

Si l'estimateur $\bar{\theta}$ est un estimateur non biaisé normalement distribué de θ , alors $\frac{\bar{\theta} - \theta}{\sqrt{\text{var}(\bar{\theta})}}$ a une distribution normale. Si l'on utilise z pour indiquer le point $\alpha/2$ supérieur de la distribution standard normale,

$$P\left(\frac{|\bar{\theta} - \theta|}{\sqrt{\text{var}(\bar{\theta})}} > z\right) = P(|\bar{\theta} - \theta| > z\sqrt{\text{var}(\bar{\theta})}) = \alpha$$

La variance de l'estimateur $\bar{\theta}$ diminue en augmentant la taille de l'échantillon n , de sorte que si la taille de l'échantillon est augmentée suffisamment, $z\sqrt{\text{var}(\bar{\theta})} \leq d$, où d est la différence maximale acceptable entre l'estimation et la valeur vraie.

Quand on estime une moyenne de population avec un échantillonnage aléatoire, la moyenne de l'échantillon \bar{y} est un estimateur non biaisé de la moyenne de la population μ avec une variance $\text{var}(\bar{y}) = \frac{(N-n)\sigma^2}{Nn}$, où N est la taille de la population, n la taille de l'échantillon et σ^2 la variance de la population. En posant

$$z\sqrt{\left(\frac{N-n}{N}\right)\frac{\sigma^2}{n}} = d$$

et en obtenant n , on obtient la taille nécessaire de l'échantillon :

$$n = \frac{1}{\left(\frac{d^2}{z^2\sigma^2} + \frac{1}{N}\right)} = \frac{1}{\frac{1}{n_0} + \frac{1}{N}}$$

où

$$n_0 = \frac{z^2\sigma^2}{d^2}$$

Si la taille de la population N est grande par rapport à la taille de l'échantillon n , de sorte que le facteur de correction de la population finie peut être ignoré, la formule de la taille de l'échantillon est simplifiée à n_0 .

Pour les plans d'échantillonnage plus complexes que l'échantillonnage aléatoire simple, on peut généralement sélectionner la taille de l'échantillon de la même façon en déterminant la taille de l'échantillon de sorte que la demi-largeur de l'intervalle de confiance soit égale à la distance indiquée.

Nous essayons, par exemple, d'identifier la taille de l'échantillon nécessaire pour estimer la taille moyenne d'une population de thonidés avec un taux d'erreur de moins d'un cm (dif. entre la vraie moyenne et son estimation) avec une confiance de 95% ($\alpha=0,05$). La variance issue des échantillons antérieurs qui est censée représenter la distribution de la population est de 52,2cm. Étant donné la taille importante de la population, on peut utiliser la formule pour n_0 qui donnera :

$$n_0 = \frac{(1.960^2) * 52.2}{1^2} = 200.53 \sim 201$$

où la constante 1.960 est le point $\alpha=0,025$ supérieur de la distribution standard normale.

Si l'erreur relative (r), la différence entre l'estimation et la valeur vraie, divisée par la valeur vraie, est significative, le critère suivant doit être suivi :

$$p\left(\left|\frac{\bar{\theta} - \theta}{\theta}\right| > r\right) < \alpha$$

Pour estimer la moyenne de la population μ dans $r\mu$ de la valeur vraie avec la probabilité $1-\alpha$, la formule de la taille de l'échantillon est :

$$n = \frac{1}{\left(\frac{r^2 \mu^2}{z^2 \sigma^2} + \frac{1}{N}\right)}$$

Si γ représente le coefficient de variation pour la population, c.à.d. $\gamma = \frac{\sigma}{\mu}$, la formule de la taille

de l'échantillon peut être écrite comme suit :

$$n = \frac{1}{\left(\frac{r^2}{z^2 \gamma^2} + \frac{1}{N}\right)}$$

Par conséquent, le coefficient de variation est la quantité de population dont dépend la taille de l'échantillon lorsque la précision relative doit être contrôlée.

Malheureusement, les personnes qui demandent des données des pêcheries se refusent en général à indiquer un degré de précision et de confiance au-dessous du « meilleur niveau possible », de sorte que l'approche pragmatique – qui représente par ailleurs beaucoup moins de travail – est probablement la plus appréciée, en particulier parce que les pêcheries importantes sont rarement suréchantillonnées. Il existe toutefois une question plus importante et qui concerne la façon de distribuer les ressources d'échantillonnage parmi les différentes sources d'information telles que les livres de bord, les débarquements et l'échantillonnage des prises en mer. Ceci dépend des coûts relatifs et de la précision disponible, des utilisations auxquelles sont destinées les données combinées et de l'indépendance maintenue dans les différents jeux de données. Il n'existe pas de formule facile qui soit capable de résoudre le problème de façon générique et chaque cas devra probablement faire l'objet d'un projet de recherche. Beare *et al.* (2002) ont donné un exemple de ce type de projet en utilisant la méthode du ré-échantillonnage par « bootstrap » (connue également sous le nom de Cyrano en Français) avec différents niveaux d'erreur aléatoire pour déterminer l'influence des indices d'abondance sur l'évaluation du stock.

4.2.2 Plans d'échantillonnage

Thompson (1992) décrit un large éventail de plans d'échantillonnages statistiques avec leurs formules d'estimations correspondantes. De leur côté, Cochran (1977), Raj (1968), et Sukhatme et Sukhatme (1970) ont également rédigé d'excellents documents relatifs à l'échantillonnage. Dans le cas présent, l'objectif est d'introduire des plans d'échantillonnage qui peuvent être facilement utilisés dans les travaux sur les pêcheries. Le paragraphe final de cette section traite de l'optimisation des échantillonnages.

Échantillonnage aléatoire simple sans remplacement

L'échantillonnage aléatoire simple (EAS) signifie que chacune des n unités d'échantillonnage différentes prélevées dans une population N a la même probabilité d'être choisie. On utilise une table de numéros générés au hasard ou, dans de nombreuses circonstances la meilleure simulation pratique de celle-ci, pour prendre des unités d'échantillonnage « sans remplacement », c'est-à-dire qu'aucune unité ne pourra figurer plus d'une fois dans un échantillon. L'EAS peut être utilisé sur des populations entières, sur des sous-ensembles prédéterminés de celles-ci, comme dans les strates d'échantillonnage, ou au sein de degrés hiérarchiques d'un plan d'échantillonnage à plusieurs degrés (voir plus bas). L'EAS est un plan d'échantillonnage raisonnable lorsqu'il n'existe pas d'information préalable sur les valeurs probables de la variable étudiée dans les différentes unités d'échantillonnage. Si ces informations existent et sont réputées fiables, on pourra les utiliser pour concevoir d'autres schémas d'échantillonnage qui donneront une meilleure précision de l'estimateur recherché. L'EAS est satisfaisant lorsque la variation de la variable dans le temps ou dans l'espace ne représente pas d'intérêt. Il

présente le gros avantage d'être facile à mettre en oeuvre et de produire aisément des estimations. Les échantillons aléatoires simples sont souvent adéquats pour ajuster les modèles ou pour la « post-stratification » après l'échantillonnage s'il est nécessaire d'examiner les résultats à travers certaines variables comme l'âge ou le sexe.

Échantillonnage aléatoire simple avec remplacement

L'échantillonnage aléatoire simple « avec remplacement » signifie qu'une unité d'échantillonnage individuelle est remplacée dans la population chaque fois qu'elle est prélevée pour l'échantillon. Une unité d'échantillonnage peut donc apparaître plus d'une fois dans un échantillon quelconque. Dans l'EAS avec remplacement, chaque séquence possible de n unités d'échantillonnage a une probabilité égale. Ceci n'est généralement pas suffisant, mais c'est utile lorsqu'on recherche la possibilité d'avoir des observations répétées dans une unité d'échantillonnage individuelle, par exemple, pour prélever des sorties multiples sur un bateau à des fins d'observation.

Échantillonnage avec probabilité proportionnelle à la taille

Des informations a priori indiquent parfois que certaines « grandes » unités d'échantillonnage peuvent donner une valeur plus élevée de la variable étudiée que des « petites » unités d'échantillonnage. Par exemple, on peut s'attendre à ce que les grands bateaux de pêche prennent plus de poissons que les petits bateaux. Dans le cas de l'échantillonnage avec probabilité proportionnelle à la taille (PPT), chaque unité d'échantillonnage se voit assigner une probabilité d'être sélectionnée qui est proportionnelle à la valeur attendue de la variable étudiée. Une façon simple de sélectionner un échantillon avec une probabilité proportionnelle à la taille est de constituer une liste de toutes les unités d'échantillonnage dans la population avec leurs probabilités assignées. Les probabilités cumulatives de zéro à un sont inscrites dans une colonne supplémentaire. On tire des nombres aléatoires uniformes de 0 à 1 que l'on fait correspondre avec les probabilités cumulatives afin de trouver l'unité d'échantillonnage sélectionnée suivante. L'échantillonnage avec probabilité proportionnelle à la taille est plus - ou même beaucoup plus - efficace que l'EAS, mais uniquement si l'information a priori qui est utilisée pour assigner les probabilités de sélection est fiable. Si ce n'est pas le cas, elle peut être moins efficace (Cotter *et al.*, 2002) et peut ne pas valoir la peine. Des formules spéciales d'estimation sont nécessaires pour corriger la probabilité proportionnelle à la taille quant au biais de l'échantillonnage en faveur des « grandes » unités d'échantillonnage. La probabilité proportionnelle à la taille est une alternative à la stratification des unités d'échantillonnage par la taille et peut être plus facile à utiliser.

Échantillonnage systématique

Ce schéma prévoit une distance ou un nombre fixe d'unités d'échantillonnage entre chaque unité d'échantillonnage sélectionnée pour l'échantillon. Par exemple, les zones de l'échantillonnage sont disposées sur un quadrillage à une ou plusieurs dimensions. Ce schéma a fait l'objet de nombreuses applications en océanographie lorsque l'on veut obtenir une distribution de l'effort d'observation dans l'espace et/ou le temps, par exemple en prenant une mesure toutes les x heures, en échantillonnant les poissons sur un quadrillage à 2 points géographiques, etc. L'estimation des moyennes et des variances à partir d'échantillons systématiques utilise souvent les formules de l'EAS sans remplacement, mais ce processus comporte des risques de biais en raison du modèle de l'échantillon :

- Les tendances ou oscillations dans la variable étudiée peuvent signifier que le quadrillage de l'échantillonnage donne des valeurs plus hautes que basses ou vice-versa.
- La périodicité dans la variable d'une longueur d'onde comparable à l'intervalle du quadrillage peut signifier que la plupart des observations se produisent dans la partie supérieure ou inférieure des oscillations. Ce type de biais est appelé « repliement » (aliasing).

Si c'est possible, on sélectionnera au hasard le point de départ et l'orientation du quadrillage dans la région étudiée. En général, les échantillons systématiques sont bons pour modéliser les dimensions temporelles ou spatiales d'un quadrillage, mais ceci présente un risque. En effet, il est bien connu que les arrangements des nombres purement aléatoires sur un axe linéaire suggèrent souvent la présence de tendances (Kendall, 1976, par. 3.17) de sorte que toute modélisation de tendances apparentes sur un quadrillage doit être étayée par de solides raisons a priori avant d'inclure les variables indépendantes.

Échantillonnage stratifié

Les échantillonneurs segmentent souvent une population en « strates » d'échantillonnage géographiques, temporelles, biologiques (par ex. la taille) ou de mode de pêche (par ex. les DCP par opposition au banc libre). Ils peuvent le faire pour deux raisons :

- Pour distribuer l'effort d'observation de façon égale dans l'espace et dans le temps.
- Pour utiliser des informations a priori au sujet de la variation de la variable étudiée afin d'améliorer l'efficacité du sondage pour estimer une moyenne et une variance globales.

La première raison est habituelle et valide à de nombreuses fins pratiques, mais n'est pas nécessairement efficace du point de vue statistique pour estimer une valeur moyenne. En général, les échantillons sont collectés dans chaque strate par EAS ou par la meilleure approximation à celui-ci. Pour garantir la meilleure efficacité statistique, il faut que les limites des strates soient placées de sorte que les variances à l'intérieur des strates soient aussi petites que possible ; en d'autres termes, il faut placer les limites à l'endroit où se produisent les discontinuités ou les gradients les plus élevés dans la variable étudiée. L'efficacité est également affectée par les tailles d'échantillon assignées à chaque strate. La répartition proportionnelle assigne un nombre égal d'observations par unité d'espace ou de temps. C'est souvent un choix sensé lorsque la stratification est réalisée pour la première raison citée. La répartition optimale assigne des observations à chaque strate en fonction de sa taille et de l'écart-type au sein de la strate. Ceci a du sens lorsque la stratification est réalisée pour satisfaire le deuxième objectif.

Les plans d'échantillonnage aléatoire stratifié exigent qu'au moins deux unités d'échantillonnage soient situées dans chaque strate pour pouvoir estimer la variance globale. Dans la pratique, on constate cependant que deux unités d'échantillonnage ne donnent pas une estimation fiable de la variance à l'intérieur d'une strate, même si elle peut être estimée, et il est préférable de disposer de beaucoup plus d'unités d'échantillonnage. Il se pourrait alors que l'exigence d'estimer une variance provoque un suréchantillonnage des strates les moins variables, ce qui serait inefficace et coûteux. En conclusion, on peut estimer que les strates sont un luxe : lorsqu'on possède des ressources limitées pour réaliser l'échantillonnage on réduira leur nombre au minimum et on se contentera d'un nombre plus réduit d'informations géographiques et/ou temporelles. Les estimations seront alors plus précises et fiables.

Échantillonnage à plusieurs degrés

Les scientifiques de la pêche rencontrent souvent des populations structurées de façon hiérarchique ; c'est le cas, par exemple, des poissons issus de prises provenant de sorties réalisées par des bateaux dans une flottille. Une telle population de poissons pourrait, en principe, être échantillonnée selon la méthode de l'EAS en ignorant la structure hiérarchique, mais c'est souvent peu pratique, par exemple, si les observateurs doivent passer d'un bateau à un autre en mer pour échantillonner différentes prises. Une procédure plus appropriée consiste à sélectionner d'abord un échantillon d'une unité d'échantillonnage « primaire » (u.e.p.) au niveau le plus élevé, puis un échantillon d'une unité d'échantillonnage « secondaire » (u.e.s.) de chacune des unités d'échantillonnage principales sélectionnées, puis un échantillon d'une unité d'échantillonnage « tertiaire » (u.e.t.) de chaque unité d'échantillonnage secondaire, et ainsi de suite. Dans le cas de l'exemple donné (et en ignorant les questions pratiques examinées ci-dessous pour les relevés des observateurs), on sélectionnerait d'abord un échantillon des bateaux (u.e.p.), puis un échantillon des sorties (u.e.s.) réalisées par chaque bateau sélectionné, puis un échantillon des prises (u.e.t.) parmi celles qui ont été réalisées durant chaque sortie sélectionnée. L'échantillonnage réalisé de cette façon permet de disposer de formules standard pour estimer la moyenne et la variance à chaque niveau. Il existe également une théorie pour examiner la variance à chaque niveau et pour ajuster les répartitions des échantillons dans les niveaux pour améliorer l'efficacité, mais ces améliorations ne seront pas nécessairement pratiques dans un contexte halieutique.

Optimisation de l'échantillonnage

L'échantillonnage, réalisé dans les pêcheries et ailleurs, est une activité coûteuse et de gros efforts ont été déployés pour maximiser la quantité d'informations obtenues par l'observation en modifiant les plans d'échantillonnage, les répartitions des échantillons et les formules d'estimation. L'application de ces méthodes dans un contexte halieutique peut cependant être décevante, principalement parce que le programme de prospection des échantillons est souvent largement conditionné par des facteurs géographiques et logistiques et, ensuite, parce que les prospections de pêche tendent à concerner plus d'une espèce. Une prospection qui s'avère

optimale pour une espèce donnée peut être absolument inefficace pour une autre espèce en raison de distributions géographiques différentes, etc. Une approche à variables multiples pourrait être possible en utilisant un composant principal au lieu du résultat pour une seule espèce afin d'optimiser la prospection. Cependant, lorsque une autre espèce devient relativement plus importante, on risque de constater un manque cruel d'information. La facilité et la fiabilité d'application sont des facteurs qui tendent à avoir plus d'importance que l'efficacité statistique dans la conception des relevés de pêche.

On recommande d'effectuer des essais de d'échantillonnages intensifs (échantillons continus de grande taille) ou au contraire d'échantillons répétés de plus petite taille pour évaluer la qualité de l'échantillonnage. L'utilisation de ce type d'essais permet de postuler que la perception de la population n'est pas affectée par le type d'échantillonnage.

4.2.3 Estimation de la précision

Une statistique estimée de façon précise est considérée ici comme une statistique qui se situe tout près d'une valeur fixée dans un échantillonnage répété. Une statistique estimée avec exactitude est une statistique qui se situe tout près de la valeur vraie de la population dans un échantillonnage répété (voir également la section 4.1.1). Par conséquent, la variance de l'échantillon de la statistique estime la précision ; elle n'estime l'exactitude que si l'échantillon et la formule d'estimation sont sans biais. L'erreur quadratique moyenne est la variance de l'échantillon plus le carré du biais. Elle estime l'exactitude, mais comme le biais est rarement estimable dans les travaux sur les pêcheries, elle est peu utilisée et on lui préfère le concept de précision mesuré comme $1/(\text{variance de l'échantillon})$.

La variance de l'échantillon est estimable dans de nombreux cas à partir des formules analytiques données dans des textes sur l'échantillonnage. Un postulat important est le fait que chaque observation est réalisée de façon indépendante (voir la section 4.2.1), ce qui est d'habitude le cas si l'échantillonnage est réalisé de façon aléatoire et selon un plan d'échantillonnage statistique établi. Si ce n'est pas le cas, il est probable que les formules analytiques surestimeront la précision de l'échantillon étant donné que la dépendance entre les observations réduit les degrés de liberté réels utilisés comme diviseur dans les estimateurs de la variance.

La plupart des formules d'échantillonnage postulent que les nombres d'individus dans l'échantillon et dans la population sont connus de façon exacte. Par conséquent, il n'est pas nécessaire de prendre en compte leur variance (var) lorsqu'on extrapole une moyenne pour un échantillon à une estimation du total d'une population. Si le facteur d'extrapolation est connu de façon exacte et x est une variable aléatoire, un résultat de base issu des statistiques mathématiques donnera

$$\text{var}(kx) = k^2 \cdot \text{var}(x) .$$

Dans les travaux des pêcheries, la présomption de connaissance exacte du facteur d'extrapolation pourrait être trop optimiste dans certains cas. La formule d'estimation correspondante lorsque k est également une variable aléatoire indépendante de x est (Goodman, 1960)

$$\text{var}(kx) = k^2 \cdot \text{var}(x) + x^2 \cdot \text{var}(k) - \text{var}(k) \cdot \text{var}(x) .$$

On trouve un exemple de facteurs d'extrapolation incertains dans les relevés des observateurs lorsqu'une seule prise est échantillonnée et qu'il faut estimer les volumes relatifs de l'échantillon et de la prise. La variance de l'estimation dans la prise totale exigerait alors l'utilisation d'un second estimateur. Des formules plus compliquées doivent être utilisées lorsque k et x ne sont pas indépendants (Goodman, 1962 ; Bohrstedt et Goldberger, 1969).

Il se peut que les formules analytiques ne soient pas applicables ou soient difficiles à utiliser pour les statistiques issues d'un processus d'estimation compliqué ; c'est le cas notamment des nombres par âge basés sur une clef d'identification âge-longueur qui implique l'échantillonnage pour la taille, puis le sous-échantillonnage pour l'âge (voir la section 4.3.6). Une approche rudimentaire mais efficace de ce problème vise à comparer le nombre et l'indépendance des observations qui contribuent à chaque estimation. Ainsi, par exemple, le nombre de pièces dures lues par âge pourrait être utilisé pour évaluer la précision relative des nombres estimés de poissons aux différents âges, en particulier si les pièces dures ont été collectées lors de plusieurs sorties de pêche dans différentes régions. Ceci dit, dans les travaux scientifiques formels, on appliquera la méthode bootstrap.

Le bootstrap est une méthode informatisée qui consiste à effectuer un échantillonnage répété avec remplacement des éléments d'un échantillon existant en postulant que cet échantillon est une bonne représentation de la population. C'est ce qu'on appelle le ré-échantillonnage (Efron et Tibshirani, 1993 ; Davison et Hinkley, 1997). Le « bootstrapping » d'une clef d'identification âge-longueur créée par un double échantillonnage est un processus en deux temps : on commence par bootstrapper l'échantillon de taille, puis on sélectionne pour chaque pseudo-échantillon créé un échantillon d'âge à partir des otolithes disponibles dans chaque classe d'âge. Le ré-échantillonnage devrait suivre de préférence le véritable processus d'échantillonnage dans tous ses aspects. La sauvegarde des statistiques étudiées à chaque répétition du processus de ré-échantillonnage donnera une distribution de fréquence qui permettra d'estimer les variances et les intervalles de confiance associés. La programmation de ce type de bootstrap peut être compliquée et son exécution peut prendre un temps considérable, notamment dans le cas des grands échantillons. Il est inutile d'entreprendre ces travaux si l'on pense que l'échantillon original est sérieusement biaisé à cause d'un facteur spatial, temporel ou autre.

4.2.4 Sources d'information

Notre capacité à évaluer et à prévoir l'évolution des stocks de poisson, d'une part, et à comprendre les migrations et les processus qui déterminent leur soutenabilité, d'autre part, dépend des connaissances que nous possédons sur les pêcheries et sur la biologie des espèces ciblées dans les différentes parties de l'océan. Le total des débarquements et de l'effort réalisé chaque année par une flottille doit souvent être estimé à l'aide d'un processus d'échantillonnage étant donné que la collecte des données de toutes les sorties (recensement) est trop coûteuse ou peu pratique. Les informations biologiques doivent également être obtenues en échantillonnant les pêcheries car les relevés provenant des bateaux de recherche indépendants des pêcheries ne sont généralement pas rentables du point de vue financier à l'échelle de l'océan Atlantique. Cette section décrit trois méthodes dépendant des pêcheries pour collecter des informations sur celles-ci et sur la biologie des espèces voisines des thonidés : les livres de bord, l'échantillonnage des débarquements et les relevés des observateurs. Les autres sources d'information dignes d'être mentionnées sont les conserveries et les organisations de pêche sportive.

Il faut tenir compte des limitations de l'information dépendant des pêcheries (Paloheimo et Dickie, 1964 ; Hilborn et Walters, 1992 ; Swain et Sinclair, 1994 ; Rose et Kulka, 1999) étant donné que les pêcheurs ont tendance à rechercher les secteurs connus comme étant des lieux de fortes concentrations de poissons plutôt que d'agir comme des échantillonneurs aléatoires du stock. Ils peuvent donc obtenir une CPUE élevée, même lorsque les stocks sont limités. En outre, la capacité de capture des bateaux individuels tend à s'accroître avec le temps dans la mesure où ceux-ci sont équipés de moteurs de plus en plus puissants et d'un meilleur équipement de détection des poissons. La capacité de capture de la flottille dans l'ensemble peut également augmenter du fait de ces changements, notamment si de vieux bateaux sont remplacés par de nouveaux navires ; inversement, elle peut diminuer suite à une perte de bateaux pour des raisons économiques.

Que l'on applique ou non les procédures d'échantillonnage décrites ci-dessous, il est indispensable de consigner dans de brefs documents appelés « Procédures Opérationnelles Standard » (SOP) les méthodes d'échantillonnage, les formules et les modèles qui seront utilisés dans la pratique. Une personne pourra ainsi prendre le relais d'une autre dans la collecte des données sans que la procédure doive être modifiée ou, si les procédures doivent être actualisées pour une raison quelconque, on conservera un registre des changements réalisés et de leur date, ce qui pourra avoir une importance cruciale dans l'évaluation des séries temporelles. Les SOP doivent être mises à la disposition des groupes scientifiques de l'ICCAT de sorte à permettre une meilleure évaluation de la valeur scientifique des résultats de l'échantillonnage.

Livres de bord

La plupart des capitaines des senneurs, des palangriers et des canneurs utiliseront des livres de bord pour enregistrer les circonstances de chaque sortie et les captures obtenues (voir **Annexe 1**). Ils apprécieront la possibilité d'utiliser un modèle adapté dans le but de mieux contrôler la pêche, en particulier si ce modèle est élaboré avec leur collaboration et avec celle de toutes les personnes concernées. Un modèle adéquat de livre de bord devrait fournir des informations peu coûteuses sur les quantités de poissons retenus à bord pour être débarqués, sur l'effort de pêche, sur les débarquements par unité d'effort (LPUE), sur les stratégies de pêche et sur les bateaux de pêche. Ces livres de bord peuvent également être utilisés pour collecter d'autres données utiles concernant notamment les quantités de poissons rejetés et, par conséquent, la capture² par unité d'effort (CPUE). Ce point est examiné plus loin dans la section 4.4.

² « Capture » représente ici les poissons retenus à bord + rejetés. Les « débarquements » peuvent être un sous-ensemble des poissons retenus si certains sont consommés à bord, transbordés ou rejetés par la suite pour faire de la place à des poissons ayant une plus grande valeur.

Le succès d'un système de livre de bord dépend en partie des attitudes manifestées à son égard. Il est indispensable que le capitaine comprenne parfaitement le fonctionnement et l'objectif du livre de bord. Il peut être nécessaire, à cet effet, de prévoir un entretien personnel et éventuellement une petite séance de formation, notamment sur l'identification des espèces. Par ailleurs, il faut également que les autorités halieutiques veillent à ce que tous les livres de bord soient remplis car les gens perdent facilement tout intérêt lorsque les informations présentées sont ignorées. Un examen et un entretien régulier avec les capitaines peuvent contribuer à éviter les erreurs récurrentes ou les ambiguïtés, tandis qu'un retour d'informations utiles peut alimenter l'intérêt et servir de contrôle des erreurs. Ce retour d'informations peut être présenté pour chaque sortie ou sous forme de rapport annuel comprenant des données regroupées concernant les activités et les débarquements de toute la flottille. L'installation du système de livre de bord sur un ordinateur portable afin qu'il soit utilisé par les capitaines peut être bénéfique pour tout le monde s'il réduit le travail de transcription, qui se prête aux erreurs, et si le capitaine peut y résumer ou décrire de façon adéquate des détails concernant des activités halieutiques antérieures.

Un système de livre de bord, même s'il est bien conçu, sera cependant peu utile s'il existe des contraintes légales aux enregistrements du capitaine, notamment à cause des quotas de débarquement ou des zones de pêche réglementée. Il est possible que la promesse selon laquelle ces données seront confidentielles ne puisse pas être défendable dans une procédure judiciaire et qu'il faille demander une assistance légale dans ce cas avant de remettre ces données. Il peut également y avoir des contraintes commerciales qui empêchent un capitaine de déclarer les lieux de pêche et les captures. Le non-respect de l'exactitude et de l'identification des espèces est un autre problème potentiel que peut poser un schéma de livre de bord au même titre que l'omission des poissons qui sont rejetés ou consommés en mer. En l'absence de données d'échantillonnage concernant les poissons non débarqués, les enquêtes sur les politiques de rejet, sur les tailles minimales acceptables et sur la consommation de poisson pourraient améliorer considérablement la valeur scientifique des données consignées sur les livres de bord.

Il se peut qu'il ne soit pas possible d'installer un livre de bord sur chaque bateau dans une flottille en raison notamment du refus de collaboration, de la distance géographique par rapport à un port ou du caractère artisanal de la pêche. Un biais peut se produire alors si, pour une raison quelconque, des bateaux non munis de livres de bord opèrent d'une façon différente de ceux qui en sont équipés. Il peut également y avoir des limites pratiques quant aux nombres de livres de bord qui peuvent être relevés et utilisés. Ceci représente cependant un problème d'échantillonnage, même si une partie importante des sorties réalisées y est enregistrée. Un certain tirage aléatoire des bateaux sélectionnés, en opérant des changements fréquents, contribuerait à réduire la présence d'inférences biaisées dans l'ensemble de la flottille qui pourraient provenir de l'enregistrement répété du même sous-ensemble de bateaux. Quelle que soit la raison de la couverture incomplète des livres de bord d'une pêche, il est nécessaire d'extrapoler les résultats des bateaux observés à l'ensemble de la flottille pour estimer le total des débarquements et de l'effort (mais pas pour estimer la LPUE moyenne). L'estimation et l'extrapolation sont examinées dans la section 4.2.6.

Après avoir démontré l'utilité d'un système de livre de bord, on veillera à ce que chaque livre de bord enregistre une seule fois **pour chaque sortie** :

- L'identification du bateau, du capitaine et de l'armateur.
- Les détails du bateau comprenant le type, la nationalité du pavillon, le tonnage brut, la puissance des moteurs (de préférence celle qui est transmise à l'arbre d'hélice, en excluant la puissance utilisée pour les générateurs, la réfrigération, les treuils) ; la longueur (en précisant s'il s'agit de la longueur hors tout ou de la longueur réglementaire) ; la capacité de stockage des poissons ; le nombre de membres de l'équipage destinés à la pêche et les temps de travail de chaque équipe (s'ils diffèrent de ceux destinés à la manipulation des prises).
- La date, l'heure et le port de départ et d'arrivée, y compris les haltes réalisées pendant la sortie.
- Le temps perdu à cause de pannes, de mauvais temps ou autres interruptions.
- Les détails des transbordements ou débarquements de poissons réalisés pendant la sortie.
- Les spécifications de l'équipement de détection de poissons disponibles à bord.
- Les détails généraux de l'engin de pêche, c'est-à-dire en excluant les modifications réalisées d'une opération à l'autre. Pour les filets, ceci inclura les dimensions des mailles (en spécifiant s'il s'agit de la dimension entre chaque nœud ou maille étendue), le type de fil et le mode construction et, si possible, un plan du filet. Pour la palangre, les détails généraux comprendront le nombre total d'hameçons, le

nombre d'hameçons entre chaque flotteur, le type d'hameçon et un diagramme général des dimensions de la palangre.

- Les détails généraux des techniques de pêche, y compris les opérations de lancer et halage, les profondeurs habituelles de pêche, les durées d'immersion, les limitations des conditions climatiques sur la pêche.
- Les espèces visées pendant la sortie et les critères utilisés par l'équipage pour rejeter ou conserver les poissons d'espèces différentes, par exemple les tailles minimales des débarquements.
- Les noms des espèces de poisson qui seront identifiées dans le relevé de la prise si elles sont capturées et de celles qui risquent d'être mélangées parce qu'elles sont difficiles à séparer ou parce que le marché ne requiert pas leur séparation. [Les noms vernaculaires prêtant parfois à confusion (ex. bonito pour le listao), il faudra vérifier les identités des espèces et les inscrire sous leur nom latin dans les registres conservés par les autorités halieutiques. Voir la section 4.2.5.]
- Les méthodes utilisées pour estimer les quantités de poissons retenus (et, si possible, des poissons rejetés).

Une partie importante de ces détails pourra être simplement recopiée d'une sortie à l'autre.

Les livres de bord doivent enregistrer **chaque jour** durant la sortie (indépendamment qu'elle ait donné lieu ou non à une capture) la date, la position à midi, le lieu de la pêche, les activités, le temps passé à naviguer, à détecter les poissons et à pêcher, la quantité de l'effort de pêche utilisé et la prise par espèce.

Les livres de bord doivent enregistrer lors de **chaque opération**, indépendamment qu'elle ait donné lieu ou non à une capture :

- L'engin déployé (s'il varie d'une opération à l'autre). Les détails donnés doivent permettre de calculer une mesure utile de l'effort de pêche réel pour chaque opération.
- Les positions et les durées du lancer et du halage, plus les points intermédiaires si le bateau n'a pas voyagé directement entre les deux.
- Les dommages occasionnés à l'engin pendant la pêche.
- Le temps et l'état de la mer. Les variables océanographiques convenues avec les autorités halieutiques en fonction des capteurs disponibles.
- Les quantités retenues à bord de chaque espèce et des espèces mélangées, exprimées en nombres et en poids.
- Et, si elles sont disponibles, les estimations des quantités rejetées de chaque espèce et des espèces mélangées.

Les livres de bord doivent enregistrer **à la fin de chaque sortie** :

- Le temps total exprimé dans les unités établies (par ex. heures, jours de travail, périodes de 24 heures, etc.) consacré à la prospection et à la pêche.
- La quantité totale débarquée telle qu'elle est enregistrée par une balance commerciale, de préférence par espèce et toutes espèces confondues.

Il faudra vérifier, à la fin de la sortie, si la quantité totale déclarée comme ayant été débarquée pour la vente commerciale correspond aux quantités totales retenues dans chaque opération. Une erreur systématique d'estimation peut facilement se produire, à plus forte raison si aucun appareil de pesage n'est utilisé à bord. Si c'est le cas, les registres des livres de bord des quantités journalières retenues devront être ajustés de façon proportionnelle de sorte que leur somme corresponde au poids total débarqué (moins les quantités qui ont été consciemment perdues pendant la sortie). Le facteur d'ajustement en question doit être consigné avec les données. Une autre manière d'améliorer la valeur scientifique des données des livres de bord après le débarquement est d'ajouter des détails sur les compositions par espèce de chaque prise. Ceci est possible si les espèces sont séparées et si leurs poids sont enregistrés de façon séparée dans le cadre du processus commercial.

Les journées pendant lesquelles un bateau a cherché du poisson sans parvenir à en capturer doivent être considérées comme des jours de pêche. On croit souvent par erreur que les jours de pêche sont uniquement ceux qui ont donné lieu à des captures. Or, la recherche de poissons est un type d'activité halieutique. Il faut par

conséquent concevoir le livre de bord dans ce sens et ajouter des instructions permettant de déclarer les activités réalisées, c'est-à-dire expliquer ce que les bateaux de pêche ont fait les jours où ils n'ont pas obtenu de capture. Le fait que le bateau ait dérivé à cause du mauvais temps ou de la panne d'un engin, qu'il se soit déplacé d'un lieu de pêche à un autre ou qu'il ait cherché un banc de poissons n'est pas considéré de la même façon dans le calcul des jours de pêche. Une autre mesure de l'effort, qui est souvent utilisée pour les petits bateaux de pêche, est le « temps de prospection », c'est-à-dire la quantité de temps par jour que le bateau passe à chercher activement des poissons. Le « temps de prospection » est calculé en soustrayant le temps de croisière du « jour de pêche ». Ces données peuvent être prises directement du livre de bord par les observateurs ou peuvent être estimées à partir des données de ces derniers. De nouvelles mesures de l'effort de pêche ont été introduites là où des DCP sont utilisés. Elles comprennent le nombre d'opérations, le nombre d'opérations ayant donné lieu à une prise et le volume moyen des prises de l'opération. Toutes ces mesures doivent être transcrites avec le type d'engin.

Les données d'effort doivent être déclarées en nombre d'hameçons pour la palangre et en jours de pêche pour les pêcheries de surface. Le nombre d'hameçons entre les flotteurs est également utilisé comme unité d'effort dans le cas des pêcheries plurispécifiques. Si ce n'est pas réalisable, on choisira l'unité d'effort de sorte à refléter l'effort qui est réalisé directement pour produire la prise correspondante. Les unités d'effort recommandées sont indiquées ci-dessous dans un ordre décroissant de préférence pour chaque type d'engin.

Palangre :

1. Nombre total d'hameçons réels utilisés (à l'exception de ceux qui n'ont pas servi de façon efficace à la pêche)
2. Nombre total d'hameçons utilisés
3. Nombre total d'opérations des palangres
4. Nombre total de bateaux-journées de pêche
5. Nombre total de bateaux-journées de mer (en dehors du port)
6. Nombre d'hameçons entre flotteurs
7. Nombre total de sorties (croisières) réalisées
8. Nombre total de bateaux ayant effectivement participé à la pêche

Canne et hameçon (canneur)

1. Nombre total de bateaux-journées de pêche (y compris les jours de prospection, avec ou sans prise de poisson). Le nombre de bateaux-journées de l'appât doit être exclu, mais peut être signalé séparément pour évaluer les stocks d'appât.
2. Nombre total de bateaux-journées de mer
3. Nombre total de cannes utilisées, c'est-à-dire le nombre de membres d'équipage pêchant à la canne
4. Nombre total de sorties (croisières) réalisées
5. Nombre total de bateaux ayant effectivement participé à la pêche

Senne tournante, filet tournant, filet soulevé, senne, filet maillant, chalut

1. Nombre total de bateaux-journées de pêche (comprenant tous les jours, avec ou sans prise de poisson)
2. Nombre total de bateaux-journées de mer
3. Nombre total de jours de prospection (à l'exception du temps passé pour lancer et haler le filet)
4. Nombre total de sorties (croisières) réalisées
5. Nombre total de bateaux ayant effectivement participé à la pêche

Ligne traînante, ligne à main

1. Nombre total d'hameçons- (ou lignes-) journées de pêche
2. Nombre total de bateaux-journées de pêche

3. Nombre total de bateaux-journées de mer
4. Nombre total de sorties (croisières) réalisées
5. Nombre total de bateaux ayant effectivement participé à la pêche

Madragues

1. Nombre total de madragues-journées (nombre de madragues multiplié par nombre de journées de mer)
2. Nombre total de madragues mouillées

Pêche sous DCP

1. Nombre total d'opérations
2. Nombre total d'opérations positives

Débarquements

Il peut être nécessaire d'échantillonner les poissons débarqués pour estimer le total des débarquements réalisés par une flottille de pêche. Cette opération peut également fournir des informations utiles sur les compositions par taille et âge, sur le poids par taille, sur la maturité par taille et sur d'autres caractéristiques biologiques d'un stock même si ceci peut impliquer l'obligation d'acheter des poissons disséqués ou abîmés d'une certaine façon durant l'observation. Cette section aborde l'échantillonnage réalisé durant les différentes phases de débarquement. L'estimation et/ou l'extrapolation au total des débarquements de la flottille ou aux débarquements pour une strate spatio-temporelle sont traitées à la section 4.2.6.

Il existe une série de biais potentiels dans l'examen des débarquements (par opposition aux captures) qui doivent être rappelés, à savoir :

- Les poissons capturés sont généralement conservés jusqu'à la fin de la sortie et peuvent être débarqués dans un port très éloigné de l'endroit où ils ont été pêchés (en particulier dans le cas des pêcheries industrialisées). Dans ce cas, la zone et la date du débarquement peuvent différer de celles de la prise. Par exemple, certaines captures réalisées dans l'océan Atlantique peuvent être débarquées dans des ports de l'océan Pacifique ou Indien l'année suivant celle de la prise.
- Les poissons peuvent être manipulés dans une certaine mesure à bord des bateaux (ex. préparés en filets, éviscérés et sans branchies, congelés ou même mis en boîte).
- Les poissons peuvent être consommés en mer par l'équipage ou jetés par-dessus bord.

La première considération est de savoir si l'échantillonnage porte sur une flottille, sur un stock ou sur une strate spatio-temporelle. Ceci définira la « population étudiée » (cf. la section 4.2.1). Dans la pratique, seuls les poissons débarqués - ou un sous-ensemble de ces derniers - peuvent être échantillonnés et forment ainsi la « population observable ». Les modèles à assumer pour associer les poissons observables au total des débarquements et, par conséquent, aux poissons de la population étudiée doivent être examinés et documentés dans une Procédure Opérationnelle Standard (SOP) avant d'entreprendre un échantillonnage coûteux. Les modèles pouvant être appliqués dans cette association sont les suivants :

- « Les débarquements observables par unité d'effort sont les mêmes que les débarquements totaux par unité d'effort ». L'effort peut donc être utilisé comme facteur d'extension.
- « Tous les poissons > X cm ont été retenus », ce qui implique que les débarquements = prises au-dessus de X cm.
- Un modèle élaboré utilisé pour évaluer le stock à partir des données des débarquements.

N'importe quel biais dans ces modèles postulés s'ajouteront aux biais existant dans l'échantillonnage des débarquements de sorte qu'il faudra les vérifier de façon régulière et, si possible, essayer de minimiser leur importance, notamment en cherchant à accéder à des débarquements jusqu'alors inaccessibles ou en mettant sur pied un programme d'observateurs pour estimer les rejets (voir également le **Tableau 4.2.1**).

Les poissons débarqués sont observables soit sur un bateau de pêche avant qu'ils ne soient déchargés, soit à bord de quai avant qu'ils ne soient livrés aux acheteurs, soit à la criée du port avant qu'ils ne soient vendus. Si on a le choix, le meilleur endroit pour réaliser l'échantillonnage sera celui qui offrira à l'échantillonneur le meilleur

accès aux poissons et le plus de temps pour travailler avant que les poissons ne soient déplacés. L'observation à d'autres endroits, comme sur un cargo utilisé pour transborder le poisson au port, probablement à partir de plusieurs bateaux de pêche, peut ne pas valoir la peine si les origines du poisson sont incertaines. Les débarquements constituent un sous-ensemble des captures totales s'il y a eu des rejets en mer ou si des poissons ont été transbordés ou consommés en mer. En l'absence de données d'échantillonnage, il faudra chercher à obtenir des informations sur la destination des poissons qui n'ont pas été débarqués.

La méthode de sélection des phases de débarquements à inclure dans un échantillon doit être déterminée avant de commencer le programme d'échantillonnage de sorte qu'elle puisse être utilisée de façon cohérente. Le problème est qu'on ne sait pas à l'avance combien de débarquements auront lieu ni à quel moment. En effet, le calendrier choisi pour les débarquements peut être influencé par la saison, par le temps, par le jour de la semaine, par le lieu de pêche, par l'identité du capitaine et par une série d'autres facteurs potentiels. L'arrivée systématique à un port en vue d'effectuer un échantillonnage un mercredi sur deux, par exemple, pourrait provoquer le biais de l'un ou de plusieurs de ces facteurs. Le choix au hasard des jours d'échantillonnage dans une période d'échantillonnage, comme un trimestre de l'année, réduit les possibilités de biais, si ce n'est que les bateaux faisant de petites sorties (et des débarquements fréquents) seront plus souvent présents que ceux qui font des longues sorties. Il s'ensuit que les stocks des eaux côtières seront probablement mieux représentés dans les échantillons que les stocks des eaux lointaines. Il faut souligner à cet égard l'importance de l'identité de la population étudiée (cf. 4.2.1). En effet, s'il s'agit des « débarquements totaux de la flottille », la sélection aléatoire des jours d'échantillonnage sera une option raisonnable étant donné que les sorties de courte et longue distance devraient être représentées dans l'échantillon de la même façon qu'elles se produisent dans la population. Si, par contre, il s'agit du « stock total de poissons », et que l'on estime qu'une grande partie du stock se trouve dans les eaux lointaines, la présence fréquente des sorties courtes dans un échantillon représenterait un biais. L'échantillonnage orienté sur le stock présente un autre inconvénient résultant de la confusion entre, d'une part, les effets de l'engin et du bateau et, d'autre part, la position géographique. C'est pour ces raisons que cette approche devrait être évitée dans la mesure du possible.

Une autre option possible pour effectuer un échantillonnage aléatoire des débarquements d'une flottille serait de faire une sélection aléatoire de bateaux avec remplacement provenant d'une liste de toute la flottille, tel qu'il est suggéré plus loin dans le cadre des enquêtes des observateurs, à condition qu'on puisse organiser de façon pratique l'accès à des bateaux spécifiques durant leur débarquement. Cette option est plus difficile à mettre en oeuvre, mais serait meilleure si les débarquements de certains bateaux restent beaucoup plus longtemps au port que d'autres, un facteur qui biaiserait l'échantillonnage fondé sur les visites établies de façon aléatoire dans le temps. La stratification et la probabilité proportionnelle à la taille (cf. 4.1.2) fondée sur les dimensions et les activités des bateaux sont d'autres options envisageables pour échantillonner les débarquements. La population étudiée et le plan d'échantillonnage doivent tous deux être documentés dans une POS.

Les débarquements peuvent être disponibles aux fins d'échantillonnage sous plusieurs formes différentes. Les poissons peuvent être en vrac, c'est-à-dire en tas ou comme une masse dans la/les cuve(s) d'un navire, ou être disposés dans des caisses ou d'autres conteneurs. Il peut y avoir une seule espèce ou plusieurs espèces mélangées. Il peut également s'agir de poissons de différentes tailles ou catégories de fraîcheur. Les indications qui suivent visent à couvrir la plupart des circonstances qui peuvent se présenter :

- Échantillonnage de poissons en masse :

Il n'existe aucune garantie qu'une grande quantité ou une cuve de poissons soumis à l'échantillonnage soit mélangé de façon homogène ; de fait, ce sera plutôt le contraire. L'idéal serait que l'échantillonnage donne à chaque poisson une chance égale d'être inclus dans l'échantillon, mais ceci est rarement le cas dans la pratique à cause des restrictions concernant l'accès physique, le temps disponible et d'autres types de difficultés. Ainsi, pour maximiser la précision de la moyenne de l'échantillon, il faut que ce dernier soit composé de sous-ensembles de poisson pris à différents endroits de la charge, par exemple au centre et à toutes les extrémités, en surface et dans le fond. Si ceci n'est pas faisable, l'échantillonneur devra trouver d'autres moyens pratiques pour minimiser son influence sur le choix de chaque poisson de sorte que toutes les classes possibles soient représentées dans l'échantillon dans des proportions semblables à celles dans lesquelles elles se trouvent dans la masse. Les classes de poisson qui risquent d'être surreprésentées pour des raisons humaines sont les grandes, les petites, les « représentatives », celles qui attirent l'attention et celles qui ne sont pas en vue mais qui sont recherchées. Pour améliorer davantage la précision, il faudrait que le nombre de poissons inclus dans un échantillon soit élevé, mais uniquement si les poissons sont sélectionnés de façon indépendante. Le temps passé à réaliser de nombreuses mesures sur un vaste échantillon provenant d'un seul endroit de la masse serait probablement mieux utilisé si l'on essayait

d'obtenir des poissons de différents endroits en se contentant d'un échantillon plus réduit. Le nombre de poissons qui devra être prélevé dans un échantillon est commenté plus loin dans le texte.

- Espèces mélangées :

Les données des pêcheries sont rarement utiles à moins qu'elles ne soient associées à des espèces connues. Lorsqu'on est confronté à un mélange d'espèces à échantillonner, la première chose à faire est d'estimer les proportions de chaque espèce. Le mélange sera souvent présenté sous la forme d'une masse. Les commentaires énoncés plus haut sur la précision de l'échantillon s'appliqueront également dans ce cas, mais il faudra probablement prélever des sous-ensembles plus grands de poissons à chaque point de la masse afin de minimiser l'influence inconsciente de l'échantillonneur sur les espèces à inclure. Chaque sous-ensemble devrait avoir une dimension semblable. Ainsi, l'estimation de la proportion de l'espèce s dans la masse sera indiquée par les nombres, n_s , d'individus de cette espèce dans l'échantillon composé, divisés par le nombre, N , d'individus de toutes les espèces. L'échantillon peut être approprié pour estimer ensuite les caractéristiques biologiques des espèces communes, mais pas des espèces rares. Si c'est nécessaire, on prélèvera des échantillons supplémentaires, monospécifiques, en cherchant une fois encore chaque espèce à différents endroits de la masse. Les questions relatives à l'échantillonnage des prises plurispécifiques sont abordées ci-dessous en détail.

Dans certains cas, la complexité de la prise requiert un plan d'échantillonnage compliqué. C'est notamment le cas de la pêcherie de senneurs visant les thonidés tropicaux. Ces pêcheries représentent souvent une combinaison d'espèces et de types de pêche dans lesquels la déclaration des prises par espèce peut également dépendre largement de la taille des poissons. Une description de la procédure d'échantillonnage simultané pour cette pêcherie particulière est donnée plus loin comme exemple d'échantillonnage combiné. Cette procédure permet d'obtenir la composition par espèce et la distribution par taille des captures.

Dans les océans Atlantique et Indien, on a élaboré des stratégies d'échantillonnage pour les thonidés tropicaux se trouvant dans des senneurs au port (Sarralde *et al.*, 2005). Les captures plurispécifiques sont particulièrement communes lorsqu'on pratique la pêche sous DCP. Les strates se basent sur la localisation géographique des prises, sur le temps et sur l'association (ex. DCP, bancs libres), qui sont tous identifiés à partir du livre de bord et du plan des cuves. Il est préférable d'échantillonner une cuve contenant des poissons provenant d'opérations correspondant à une seule strate (situation, temps et type de banc). Dans des cas exceptionnels, selon le volume de l'échantillonnage et les prévisions faites, on considérera valide l'échantillonnage de cuves dans lesquels les opérations ne correspondront pas à une même zone géographique ou à une même strate temporelle, mais qui seront proches dans l'espace (moins de 5° de différence) ou dans le temps (moins de 15 jours de différence). Ceci dit, on ne réalisera **jamais** l'échantillonnage de cuves contenant des poissons issus de différentes associations. L'échantillonnage ne devra pas être concentré ni dans le temps (il faut échantillonner tous les mois d'un trimestre) ni dans l'espace (il faut échantillonner toutes les zones). On recommande de réaliser de 15 à 25 échantillonnages pour chaque strate.

On pourra commencer l'échantillonnage après avoir sélectionné les cuves prioritaires à échantillonner. On recommande la présence d'au moins deux personnes dans cette opération, l'une pour sélectionner et mesurer, l'autre pour inscrire les données sur les formulaires appropriés. On choisira un endroit sûr pour réaliser l'échantillonnage, on s'assurera que le déchargement se déroulera sans entrave et que l'accès aux poissons sera aisé et sûr. On peut effectuer l'échantillonnage à l'endroit où les poissons sont déchargés via le pont (moyennant l'accord du capitaine), sur le convoyeur à bande ou à l'endroit où les grands poissons sont séparés des petits poissons afin qu'ils soient mesurés séparément, en s'assurant qu'aucune présélection n'est réalisée.

L'échantillonnage de différentes parties d'une cuve (ex. le haut ou le fond) peut donner une composition différente par espèce. Pour éviter ce problème, l'échantillonnage de chaque cuve devra toujours être réalisé en deux phases, ou via un sous-échantillonnage. La première phase devra être réalisée peu de temps après l'ouverture de la cuve et la seconde plusieurs heures plus tard, mais avant la fin du déchargement.

Si le déchargement implique une sélection quelconque des espèces (par espèce ou par poids), l'échantillonneur devra prélever l'échantillon directement de la cuve. S'il n'y a pas eu de sélection, l'échantillonnage pourra être réalisé pendant le déchargement, mais toujours de façon aléatoire.

Si la cuve ne contient que des grands poissons (>70 cm), on mesurera 100 individus dans chaque phase (200 au total). Tous les individus (toutes espèces confondues) devront être pris au hasard jusqu'à ce que le nombre optimal soit atteint.

Si la cuve ne contient que des petits poissons (<70 cm), on prendra 300 individus (toutes espèces confondues) pendant la première phase de l'échantillonnage. S'il s'agit de listao, d'auxide ou de thonine, on mesurera les 25 premiers individus par espèce et on comptera le reste. S'il s'agit de thon obèse, d'albacore ou de germon, on mesurera tous les individus. Pendant la seconde phase, on mesurera et/ou comptera 200 individus selon le même procédé.

Si la cuve contient un mélange de petits et grands individus, il faudra mesurer et/ou compter un total de 300 individus (toutes espèces confondues) lors de la première phase. S'il s'agit de listao, d'auxide ou de thonine, on mesurera les 25 premiers individus par espèce et on comptera le reste. S'il s'agit de thon obèse, d'albacore ou de germon, on mesurera toutes les espèces jusqu'à ce que le nombre recommandé soit atteint. Pendant la seconde phase, on mesurera et/ou comptera 200 individus selon le même procédé. Il est indispensable de connaître le poids des deux catégories de poissons (supérieur et inférieur à 10 kg) dans la cuve.

L'échantillonnage des canneurs peut être réalisé selon la même méthode que pour les senneurs. Dans ce cas, l'unité d'échantillonnage est tout le bateau plutôt qu'une seule cuve. En général, on ne fera qu'un seul échantillonnage à moins qu'il ne s'agisse d'un grand bateau auquel cas on prélèvera deux échantillons. Si la prise est sélectionnée par taille, par espèce ou par catégorie commerciale avant le déchargement ou si elle est accessible aux échantillonneurs, on n'échantillonnera qu'une partie des poissons. On obtiendra ainsi un échantillonnage aléatoire de toutes les catégories présentes. Le nombre de catégories constituant la prise définira le nombre d'échantillons. Il faudra indiquer le poids de chaque catégorie.

A titre d'exemple, il se peut qu'on décharge le poisson frais (provenant des sorties les plus récentes) d'un côté du bateau et le poisson congelé de l'autre. Il faudra donc faire deux échantillonnages, l'un sur le poisson frais et l'autre sur le poisson congelé. Il faudra ici aussi connaître le poids des deux débarquements.

Les prises de plusieurs bateaux peuvent parfois être mélangées, par exemple lorsque des canneurs transbordent des poissons à des senneurs ou à des navires de commerce. Dans ce cas, on ne dispose d'aucune information sur la zone et sur le type de pêche. Il faudra donc réaliser un seul échantillonnage de l'ensemble du bateau.

- Poissons stockés dans des conteneurs :

Lorsque des débarquements ont été stockés dans des conteneurs, par exemple dans des caisses, il faudra échantillonner les propres conteneurs. Il est relativement facile de mettre en place un plan d'échantillonnage aléatoire basé sur des rangées ou des zones de stockage en utilisant des nombres aléatoires pour prélever le conteneur suivant et faire les mesures. Il se peut que les très grands conteneurs doivent être échantillonnés comme une masse (voir plus haut), ce qui ajoutera une phase dans le plan d'échantillonnage à plusieurs degrés (voir 4.2.2). Les poissons stockés dans des conteneurs peuvent être congelés, éviscérés, sans tête, etc. Il faut indiquer leur état et appliquer des facteurs de conversion pour estimer la condition du poisson quand il était vivant. Les facteurs de conversion qui peuvent être utiles dans les statistiques des thonidés sont indiqués à l'**Appendice 4**.

- Poissons classés par catégorie :

Les poissons classés par catégorie ou degré de fraîcheur seront probablement stockés dans des conteneurs. Ces conteneurs doivent être échantillonnés selon le procédé décrit plus haut. Il est évident qu'un échantillon qui omet une ou plusieurs catégories contiendra un important biais potentiel de sorte qu'il faudra s'assurer de la disponibilité de toutes les catégories avant de commencer les observations. Par ailleurs, il faut connaître les poids ou volumes totaux de chaque catégorie dans les débarquements afin que les résultats de chacune de celles-ci puissent être pondérés de façon appropriée dans une estimation concernant le total des débarquements.

- Pêcheries artisanales :

L'échantillonnage des prises obtenues par les pêcheries artisanales aura lieu principalement à l'endroit du débarquement ou sur la criée. En général, l'échantillonnage réalisé sur la criée réduira la précision des informations sur le lieu de pêche, mais les pêcheries artisanales opèrent d'habitude à proximité des côtes. On pourra interroger les pêcheurs pour obtenir l'information voulue sur les techniques et les lieux de pêche.

L'échantillonnage physique des prises artisanales exigera uniquement la modification des formulaires d'échantillonnage décrits plus haut. L'unité d'échantillonnage sera à l'échelle du bateau.

- Pêcheries (sportives) de prise et remise à l'eau :

Les pêcheries pratiquant la prise et remise à l'eau constituent une source additionnelle d'informations sur les taux de capture qui peut être importante dans certains pays. Les méthodes utilisées pour collecter ces informations sont décrites chez Guthrie *et al.* (1991). Par définition, l'échantillonnage biologique des pêcheries (sportives) pratiquant la prise et remise à l'eau ne peut être réalisée qu'à bord des bateaux. L'échantillonnage se conformera par conséquent à la technique qui est décrite pour les observateurs (voir infra). On signalera cependant que, sachant que les échantillons sont remis à l'eau et que la mortalité est négligeable, il existe un danger - faible mais réel - d'échantillonner deux fois le même individu s'il est capturé par la suite par une pêcherie commerciale. On recommande d'utiliser les pêcheries sportives pour le marquage et autres études biologiques (voir les sections 4.6 et 4.7).

Après avoir obtenu un échantillon de la façon la plus aléatoire possible, l'étape suivante consiste souvent à estimer les caractéristiques biologiques étudiées. Une distribution fréquence-taille (LFD) est d'habitude la première priorité pour chaque espèce (voir également la section 4.3.1). Le nombre de poissons qui doivent être mesurés dépend du nombre de modes (pics) existant dans la LFD. Dans le cas des petites tailles, ils représenteront probablement des classes d'âge successives, bien que la sélectivité des tailles de la technique de pêche affectera leurs fréquences relatives. On devra mesurer un nombre suffisant de poissons pour définir tous les modes présents. Dans la pratique, ceci signifie qu'il faudra mesurer des poissons jusqu'à ce que les modes soient identifiés, puis mesurer par exemple un autre tiers de l'échantillon existant pour voir si des modes supplémentaires apparaissent. Une définition claire de tous les modes sera d'une grande utilité pour distinguer différentes classes d'âge. Quand on voit clairement qu'il n'y a qu'un ou deux modes, un petit échantillon d'environ 50 poissons peut suffire. Lorsqu'il y a beaucoup de modes, il faudra sans doute mesurer au moins 300 poissons. Le fait d'ajuster ainsi la taille de l'échantillon en fonction des résultats obtenus exige que l'échantillon aléatoire initial contienne un excédent de poissons et soit mélangé de façon homogène. Une alternative serait de prélever des échantillons additionnels de poissons à partir des débarquements en suivant exactement le même procédé que pour le premier échantillon.

Certaines caractéristiques biologiques varient selon la taille du poisson. Il existe trois options pour estimer leur relation :

1. Estimer les caractéristiques de tous les poissons dans l'échantillon original.
2. Extraire un sous-échantillon de poissons de chaque ensemble de classes d'âge et estimer les caractéristiques uniquement³ pour ces poissons.
3. Extraire un sous-échantillon sans tenir compte de la taille et ajuster un modèle.

L'option (1) fournit l'échantillon le plus grand, mais requiert du temps et des installations pour traiter chaque poisson. Par ailleurs, les tailles les plus fréquentes pourraient être relativement surreprésentées. Smith (1989) a proposé une analyse statistique des options (1) et (2) concernant l'estimation de la composition par âge.

Les options (2) et (3) sont appropriées lorsque le sous-échantillonnage est restreint. L'option (2) est souvent utilisée pour développer des clefs d'identification âge-longueur (voir la section 4.3.6, et Westrheim et Ricker, 1978 ; Lai, 1993) en utilisant des pièces dures portant des marques annuelles (voir la section 4.9). Elle peut également être utilisée pour estimer la maturité ou le poids par longueur (voir la section 4.8). Les sous-échantillons devraient être sélectionnés de façon aléatoire dans chaque classe de taille mais, dans la pratique et pour autant que la caractéristique à estimer ne soit pas visible et n'influence pas l'échantillonneur (comme, par exemple, dans le cas de l'âge et de la maturité), les premiers poissons qu'on prélèvera de chaque classe de taille seront adéquats pour l'échantillon. Le fait de prendre un nombre fixe de poissons dans le sous-échantillon de chaque classe de taille est relativement facile à faire, mais n'est pas nécessairement la méthode la plus efficace (Kimura, 1977; Lai, 1993). Dans le cas de l'option (2), on estime une proportion par taille ou moyenne par taille séparée pour chaque classe de taille. Il n'y a pas de modèle ni de postulat majeur, mais le nombre important de valeurs à estimer peut donner une faible précision de l'échantillonnage, en particulier si les tailles du sous-échantillon sont petites. Le double échantillonnage pratiqué dans cette option complique l'analyse statistique visant à estimer les erreurs-types.

³ Thompson (1992, p143) qualifie cette option de « double échantillonnage pour stratification ».

L'option (3) exige qu'on veille à ce que le choix des poissons pour le sous-échantillon ne soit pas influencé par leur taille. L'ajustement d'un modèle pourrait requérir l'estimation d'un nombre plus limité de paramètres que l'estimation de valeurs moyennes pour de nombreuses classes d'âge (option 2), ce qui permettrait de réaliser l'estimation de façon plus précise. Les inconvénients de cette option sont qu'il faut postuler un modèle et que les groupes de tailles rares seront probablement peu représentés dans le sous-échantillon.

Observateurs

Les observateurs qui se trouvent à bord des bateaux de pêche peuvent fournir des données de grande qualité sur les quantités de la plupart ou de toutes les espèces retenues et rejetées, sur l'effort de pêche, sur les techniques de pêche, sur les stratégies et, dans certain cas, sur les caractéristiques biologiques telles que les distributions fréquence-taille (voir la section 4.10). Ils peuvent également promouvoir de bonnes communications entre les scientifiques et l'industrie. Les observateurs peuvent (ou non) jouer un rôle dans l'application des réglementations de pêche. D'un point de vue strictement scientifique, il vaut mieux qu'ils ne le fassent pas de sorte que le capitaine pêche normalement sans crainte d'être sanctionné. Les observateurs peuvent (ou non) avoir le droit d'embarquer à bord d'un bateau de pêche. S'ils ne l'ont pas, la population observable des bateaux peut être restreinte à ceux dont le capitaine et l'armateur acceptent de collaborer, ce qui pourrait entraîner un biais. Les programmes d'observateurs sont généralement coûteux parce que les observateurs doivent posséder une formation scientifique et passer de longues périodes en mer. Les observateurs doivent être supervisés au moins durant leur première sortie afin de s'assurer qu'ils identifient correctement les espèces et qu'ils effectuent l'échantillonnage biologique de façon adéquate. Ils doivent également suivre une formation en sécurité maritime et, en particulier, dans le domaine de la pêche (Luo *et al.*, 1999).

Un nombre limité de pêcheries exige la présence d'un observateur à bord de tous les bateaux. Mais, en général, les observateurs doivent choisir les bateaux et les sorties auxquelles ils vont participer pour collecter le plus d'informations possibles sur la pêche et les stocks de poissons. La « population étudiée » est mieux définie en termes de flottilles de bateaux de pêche. Pour la définir en termes de stocks de poissons, il faudrait sélectionner les sorties de sorte à échantillonner de façon égale les différentes zones géographiques occupées par le stock, ce qui représente une tâche difficile si la flottille vise certaines parties du stock, si les bateaux changent de destination pendant une sortie ou s'ils utilisent différents engins provoquant ainsi une confusion entre les variations dues à l'engin et celles dues aux nouvelles strates géographiques. Une autre complication réside dans le fait que les sorties avec observateurs que doit réaliser un bateau ne sont généralement pas connues à l'avance à cause des interférences causées par le mauvais temps, par des problèmes mécaniques, par des mauvaises prévisions de pêche, etc. Les enquêtes des observateurs suivent nécessairement une structure hiérarchisée, étant donné que les opérations (captures) s'inscrivent dans des sorties faites par des bateaux, mais des difficultés d'ordre logistique pourraient empêcher l'application d'un système d'échantillonnage à plusieurs degrés.

La première condition dans un programme d'échantillonnage avec observateurs est de disposer d'une liste de tous les bateaux de la flottille étudiée. Il se peut que l'obtention d'une liste complète exige la réalisation de recherches spéciales. Cette liste devra être actualisée avant chaque période d'échantillonnage afin de tenir compte des changements réalisés dans la flottille.

En deuxième lieu, il faut chercher des informations sur le type, la puissance et la dimension des différents bateaux, ainsi que sur l'historique de leurs activités, de leurs débarquements et de leurs prises. Ces informations doivent être examinées afin de décider s'il existe suffisamment de données fiables pour utiliser un plan d'échantillonnage stratifié ou à probabilité proportionnelle à la taille, en fonction d'un indicateur de la capacité de pêche de chaque bateau. Une enquête de ce type serait plus efficace qu'un EAS à condition que ces informations permettent de prévoir correctement les campagnes en mer à venir, en particulier pour la période d'échantillonnage suivante.

En troisième lieu, il faut décider si l'on va observer un échantillon de bateaux (unité principale d'échantillonnage) comprenant plusieurs sorties (unité secondaire d'échantillonnage) réalisées sur chacun d'eux pendant la période d'échantillonnage ou si l'on va essayer d'observer des sorties de pêche choisies au hasard parmi toutes celles qui ont été réalisées par la flottille. La première option impliquerait un plan d'échantillonnage à deux degrés qui permettrait d'estimer une variance entre les sorties et entre les bateaux ; la seconde impliquerait un échantillonnage aléatoire simple pour les sorties. L'EAS est probablement la meilleure solution dans le cas des grandes flottilles diverses et en présence d'un nombre relativement réduit d'observateurs, parce que la variation entre sorties sur différents bateaux sera probablement plus grande que la variation existant entre des sorties sur le même bateau ; c'est pour cette raison qu'il est souhaitable de faire des observations sur le nombre le plus élevé possible de bateaux. Si l'on dispose d'un nombre suffisant d'observateurs pour effectuer

des observations répétées de bateaux pendant une période d'échantillonnage ou si l'on ne peut observer qu'un nombre limité de bateaux d'une flottille, il se peut que l'échantillonnage des bateaux et des sorties soit plus intéressant lorsqu'il est réalisé suivant un plan à deux degrés en observant toutes les unités principales d'échantillonnage sur plusieurs sorties.

On peut organiser un EAS des sorties en numérotant tous les bateaux dans la flottille de 1 à V . L'utilisation de nombres aléatoires de 1 à V permet de tirer des bateaux de la liste « avec remplacement », c'est-à-dire que le même bateau peut apparaître plus d'une fois dans le tirage. Les observateurs essaient d'organiser leurs sorties dans l'ordre du tirage. Ainsi, les estimations réalisées lors des sorties peuvent être traitées comme des observations indépendantes des activités halieutiques de la flottille étant donné que chaque sortie a été sélectionnée et observée de façon indépendante. Les moyennes et les variances sont calculées à partir des estimations réalisées au niveau des sorties en utilisant les formules de l'EAS sans remplacement parce que, bien que les bateaux aient été sélectionnés avec remplacement, aucune sortie ne sera soumise plus d'une fois à l'échantillonnage. Ce plan d'échantillonnage peut être critiqué si l'on sait que certains bateaux passent plus de temps en mer que d'autres pendant la période d'échantillonnage. Dans ce cas, on pourrait utiliser un plan plus élaboré, comme la probabilité proportionnelle à la taille ou la stratification fondée sur l'activité. On pourrait organiser un échantillonnage à deux degrés comme pour l'EAS, mais peu de bateaux seraient tirés et on ferait un plus grand nombre d'observations sur chacun d'eux. Il est préférable d'établir au hasard les dates des sorties sur chaque bateau en fonction des contraintes d'ordre pratique.

Une procédure intuitive pour échantillonner des sorties consiste à se rendre dans les ports de pêche certains jours choisis au hasard pendant la période d'échantillonnage et à choisir le premier bateau qui prendra la mer. Ce plan peut être biaisé vers des bateaux qui passent plus de temps au port et, peut-être, vers ceux qui offrent les meilleures conditions en mer pour l'observateur. Ce plan n'est pas recommandé.

Une fois à bord, l'observateur recueillera des informations sur le bateau et sur l'activité de pêche en accordant une attention particulière aux données qui ne peuvent pas être estimées autrement comme les rejets et l'identification et la mesure des espèces accessoires. En ce qui concerne les espèces visées, l'observateur devra échantillonner le plus de prises possibles (sans toutefois compromettre la sécurité de l'équipage). Les poissons retenus à bord et rejetés devront être enregistrés séparément. Si l'on ne peut échantillonner que des sous-ensembles de prises, on le fera à différentes heures du jour et on essaiera d'inclure des prises de chaque zone de pêche visitée. Chaque capture peut faire l'objet d'un échantillonnage, auquel cas il faudra également estimer un facteur d'extrapolation pour extrapoler l'échantillon à une estimation de la capture totale. Ceci peut être obtenu à partir de volumes relatifs ou pour des temps relatifs sur un convoyeur à bande, etc. L'échantillonnage de la prise doit suivre les procédures décrites plus haut pour l'échantillonnage des débarquements. L'observateur doit enregistrer l'effort de pêche pour chaque opération y compris celles qui n'auront pas été échantillonnées ; une autre solution, moins satisfaisante, consiste à indiquer au moins le nombre des opérations non échantillonnées à partir des informations contenues dans le livre de bord. On pourra alors extrapoler les résultats des prises échantillonnées pour estimer les résultats de toutes les prises obtenues durant la sortie.

4.2.5 Problèmes potentiels dans les statistiques de la prise annuelle totale

Le **Tableau 4.2.1** présente les problèmes typiques concernant la collecte des statistiques de Tâche 1 au sein de l'ICCAT et les solutions possibles.

Tableau 4.2.1. Problèmes concernant les statistiques de Tâche 1.

Problèmes	Exemples	Solutions
Ventilation des espèces		
1. Les espèces sont déclarées ensemble. Paiement du même prix par unité de poids.	<ul style="list-style-type: none"> - Pêcheries des îles portugaises - Pêcheries de surface de l'Atlantique Est tropical (flottille française/ivoirienne/sénégalaise, Japon, Corée, E.S., etc. - Pêcherie de senneurs ex-Soviétique (tous thonidés confondus) 	<ul style="list-style-type: none"> - Encourager, éduquer, instruire et/ou obliger les pêcheurs à déclarer les captures par espèce - Faire un échantillonnage et examiner la composition par espèce de l'échantillon afin d'estimer la composition par espèce des captures
2. Erreur d'identification ou espèces non identifiables. Absence d'une clef d'identification simple et claire.	<ul style="list-style-type: none"> - Jeune albacore contre thon obèse 	<ul style="list-style-type: none"> - Trouver une clef simple et informer les pêcheurs - Faire un échantillonnage pour estimer la composition totale par espèce
3. Confusion dans les noms vernaculaires locaux.	<ul style="list-style-type: none"> - Noms espagnols du germon (bonito), de l'albacore (atún) - Noms japonais, coréens et chinois pour les makaires (makaire noir appelé localement makaire blanc, makaire bleu appelé makaire noir) - Noms portugais des thonidés (germon, thon obèse classés par taille, mais non par espèce) 	<ul style="list-style-type: none"> - Impliquer les biologistes dans l'Office central des statistiques de sorte que les responsables des statistiques se rendent compte des problèmes et identifient correctement les espèces déclarées sous des noms locaux - Former le personnel local des statistiques et les pêcheurs afin qu'ils utilisent les noms corrects dans les rapports
4. Groupes d'espèces déclarées ensemble. Absence de colonne dans les formulaires pour déclarer certaines espèces.	<ul style="list-style-type: none"> - Nombreux pays dans lesquels les pêcheries de thonidés ont peu d'importance ou une espèce a moins d'importance qu'une autre 	<ul style="list-style-type: none"> - Ajouter une colonne sur le formulaire pour consigner les espèces en question
Couverture inadéquate		
1. Des débarquements manquent dans certains ports. Le système d'enquête ne les couvre pas.	<ul style="list-style-type: none"> - Nombreux pays 	<ul style="list-style-type: none"> - Étendre le système des enquêtes - Visiter ces ports de façon occasionnelle pour estimer les débarquements
2. Certaines flottilles (probablement très localisées) manquent.	<ul style="list-style-type: none"> - Nombreux pays 	<ul style="list-style-type: none"> - Extrapoler les prises à une couverture de 100% en utilisant le rapport entre le nombre de bateaux couverts et non couverts
3. Les débarquements dans des ports étrangers ne sont pas couverts.	<ul style="list-style-type: none"> - Flottilles panaméennes 	<ul style="list-style-type: none"> - Obliger légalement les capitaines des bateaux à déclarer les captures
4. La prise a été destinée à la consommation familiale ou n'a pas été vendue à la criée.	<ul style="list-style-type: none"> - Pratiquement tous les pays 	<ul style="list-style-type: none"> - Faire une étude de l'échantillon pour estimer le volume
5. La prise est vendue comme faux-poisson sur le marché local.		<ul style="list-style-type: none"> - Faire une enquête à travers le personnel non gouvernemental pour faire des estimations
6. La prise est classée et déclarée avec des espèces autres que des thonidés.	<ul style="list-style-type: none"> - Nombreux pays en Méditerranée, Afrique, Amérique du sud et dans la mer des Caraïbes 	<ul style="list-style-type: none"> - Établir un système (et format) pour déclarer les thonidés - Échantillonner des espèces mixtes
7. La prise est transbordée en mer d'un bateau de pêche à un autre ou à un cargo battant ou non le même pavillon.	<ul style="list-style-type: none"> - États-Unis, Espagne, Japon, etc. 	<ul style="list-style-type: none"> - Obliger les capitaines à déclarer les prises quel que soit le débarquement ou le transbordement - Vérifier les chargements et

		transbordements étrangers dans les ports de débarquements (ex. Porto Rico)
8. La prise est débarquée dans une zone douanière d'où elle est exportée vers un pays étranger (souvent après avoir été mise en conserve).	- Nombreux ports africains - Bateaux sous pavillon étranger qui débarquent leurs prises aux îles Canaries	- Contrôler les débarquements dans des zones douanières (ne pas utiliser les statistiques douanières)
9. La prise est traitée sur le navire gigogne et est débarquée sous forme de conserve.	- Japon, ex-URSS	- Obliger les capitaines à déclarer les prises au lieu d'utiliser les statistiques des débarquements
Pavillons		
1. Double déclaration par le pays du pavillon, le pays qui concède les licences aux bateaux, l'importateur de la prise et/ou le pays où les poissons sont transbordés.	- Flottes de la Corée, du Panama, du Japon, du Ghana etc. qui débarquent leurs prises dans des ports africains	- Les personnes concernées doivent prendre conscience du problème - Chaque pays concerné doit déclarer les prises par pavillon - Le Secrétariat surveille le flux de poissons et de flottilles
2. Absence d'information concernant des bateaux qui impliquent des armateurs, opérateurs, équipages, investisseurs, concédants de licences et registres de différentes nationalités.	- Bateaux sous pavillon panaméen	- Le gouvernement des opérateurs de bateaux pourrait encourager ou demander la déclaration des prises de ces bateaux battant pavillon étranger (les prises doivent être déclarées séparément par pavillon pour éviter toute confusion).

4.2.6 Estimation et extrapolation

Estimation de la population observable

L'estimation des moyennes, des totaux et des variances à travers l'étude des livres de bord, des débarquements ou des sorties de pêche, qui est réalisée par les observateurs, peut être obtenue en appliquant les formules standard d'estimation propres au plan d'échantillonnage utilisé pour tirer les échantillons. On a donné à la section 4.2.2 des exemples de plans d'échantillonnage statistique qui correspondent aux plans repris dans les ouvrages scientifiques sur ce thème. Les statistiques estimées s'appliquent dans ce cas à la population observable (cf. section 4.2.1) sans extrapolation supplémentaire. Le fait d'utiliser des formules inappropriées, comme par exemple les formules d'échantillonnage aléatoire simple pour une probabilité proportionnelle à la taille de l'échantillon, pourrait provoquer un biais dans les résultats. On donne ci-dessous quatre exemples qui doivent clarifier ces aspects dans le contexte halieutique :

- Supposons que n débarquements sont échantillonnés de façon plus ou moins aléatoire (EAS sans remplacement) à partir de N débarquements réalisés par la flottille pendant un trimestre d'une année, et qu'on estime le nombre total de poissons, y , et les distributions fréquence-taille pour chaque débarquement observé. La moyenne par débarquement est $\bar{y} = \sum y/n$ et le nombre total estimé de poissons débarqués pour la flottille est $Y = \bar{y}N$ (Thompson, 1992, eq. 8, chapitre 2). Le facteur d'extrapolation est donc N/n . Il peut également être utilisé pour extrapoler la LFD si c'est nécessaire.
- Supposons que n sorties de pêche ont été réalisées avec des observateurs à bord durant une année et que les sorties ont été sélectionnées sans remplacement parmi N sorties réalisées par la flottille de sorte que chaque sortie a eu une chance approximativement égale d'être observée. Le facteur d'extrapolation est N/n .

3. Par comparaison avec le point 2), supposons une enquête d'observateur dans laquelle v bateaux ont été sélectionnés au hasard sans remplacement parmi V bateaux de la flottille, et où l'on a observé une seule sortie sélectionnée de façon aléatoire sur chacun d'entre eux. En premier lieu, la quantité totale capturée durant l'année par chaque bateau observé est estimée en extrapolant la quantité observée pour la sortie par le nombre annuel de sorties de ce bateau. Ensuite, le total obtenu par la flottille est estimé en extrapolant les totaux annuels des bateaux par V/v .
4. Une enquête des livres de bord dans laquelle tous les bateaux n'ont pas pu être consignés pourrait être traitée comme dans l'exemple 3). Les résultats annuels pour les v bateaux consignés devront être pris directement des livres de bord. Ils devront être extrapolés par V/v pour tenir compte des bateaux manquants.

On peut affirmer que les estimateurs applicables aux plans d'échantillonnage standard sans postulat ne constituent pas la méthode la plus précise pour estimer la population observable lorsqu'on dispose d'informations auxiliaires de qualité. Ces informations auxiliaires sont introduites dans l'estimation à travers une modélisation qui utilise un estimateur par quotient ou un estimateur de régression (Thompson, 1992, chapitres 7 et 8). Ces deux méthodes sont légèrement biaisées par le plan, mais non par le modèle.

Dans l'exemple 1), supposons que le tonnage total, W , débarqué par la flottille est connu. On peut argumenter que les tonnages relatifs, w , des débarquements pour l'échantillon de n et pour l'ensemble de la flottille donnent un facteur d'extrapolation plus précis que les nombres de débarquements parce qu'ils offrent plus d'informations sur les activités de la flottille. Un quotient sera plus approprié qu'un estimateur de régression si zéro débarquement pèse toujours zéro tonne et si les nombres positifs débarqués sont proportionnels au tonnage.

L'estimation par quotient des nombres totaux débarqués est $Y_{\text{ratio}} = W \cdot \sum y / \sum w$. Le facteur d'extrapolation est $W / \sum w$.

Dans l'exemple 2), un facteur d'extrapolation fondé sur les quantités de poissons débarqués par la flottille et retenus sur n sorties observées peut sembler plus précis qu'un facteur fondé sur des nombres relatifs de sorties. Ceci dit, l'extrapolation par débarquement présente des problèmes spécifiques :

- Si l'espèce n'a pas été débarquée, il n'y aura pas de facteur d'extrapolation à moins que l'on utilise la composition plurispécifique.
- Si les quantités retenues sur les sorties observées sont faibles, le facteur d'extrapolation sera très imprécis à cause du petit diviseur.
- Si les quantités débarquées sont exprimées en poids et les poissons retenus en nombres, il faudra appliquer une conversion qui pourrait provoquer une erreur supplémentaire.
- Si l'on pense que les débarquements peuvent contenir des erreurs, les données des observateurs seront contaminées par les mêmes erreurs.

On préférera souvent l'extrapolation par l'effort de pêche relatif pour les sorties d'observateur si l'on dispose de données adéquates. Ainsi, les données extrapolées seront indépendantes des données des débarquements qui peuvent être importantes pour modéliser le stock de poissons en utilisant ces deux types de données.

Dans l'exemple 3), on pourrait utiliser l'effort relatif pour remplacer le nombre total de sorties lorsqu'on estime le total annuel par bateau, tandis que la capacité de charge relative pourrait être utilisée au lieu de V/v .

Dans l'exemple 4) du livre de bord, un facteur d'extrapolation fondé sur le nombre de bateaux consignés et de la flottille totale n'utilise aucune information relative à la capacité de pêche des différents bateaux et, par conséquent, pourrait souvent être amélioré. D'autres estimateurs pourraient se fonder sur la capacité de charge, sur le TJB, sur les jours passés en mer ou sur une autre mesure de l'effort ou encore sur les quantités d'une ou de plusieurs espèces débarquées par les bateaux consignés et par l'ensemble de la flottille. Le choix dépendra souvent de l'information disponible et du fait que cette même information est ou non utilisée de façon associée dans une analyse de la pêche ou du stock.

Quelles que soient l'estimation et les formules d'extrapolation qui sont utilisées dans la préparation des estimations, elles doivent être documentées dans les Procédures Opérationnelles Standard (SOP) pour le plan d'échantillonnage.

Estimation de la population étudiée

Comme on l'a déjà indiqué à la section 4.2.1, la population observable sera probablement un sous-ensemble de la population étudiée dans de nombreuses situations pratiques associées à des pêcheries océaniques et il faudra postuler (et documenter dans une SOP) un rapport entre ces deux populations. Ce rapport peut être un simple facteur d'extrapolation ou un élément plus élaboré mais, dans les deux cas, l'estimation sera simplement un exercice de modélisation qui n'impliquera pas la théorie de l'échantillonnage basé sur un plan. Les modèles devront être révisés chaque fois que de nouvelles informations seront disponibles.

Un problème d'extrapolation, habituel mais indirect, se pose lorsque la population observable de l'échantillon constitue l'ensemble ou une partie de la flottille, mais que la population étudiée est le stock de poissons dans une région géographique pendant une période donnée, par exemple dans une « strate spatio-temporelle ». Deux questions se posent alors :

1. La flottille a-t-elle pêché dans la strate spatio-temporelle de sorte à obtenir un échantillon satisfaisant du stock qui y réside ?
2. A-t-elle appliqué une partie de l'effort de pêche au-dehors de cette strate ?

La question 1) requiert l'analyse des schémas de pêche et des engins utilisés. Si la flottille a distribué son effort de façon relativement uniforme dans la strate et a utilisé le même engin de pêche, l'échantillon obtenu sera de bonne qualité. Ceci dit, il est vraisemblable qu'une partie de la flottille se soit concentrée sur des zones relativement plus petites et ait utilisé des engins différents ayant des propriétés de sélectivité différentes. Il se peut également que les schémas de pêche aient varié en fonction des saisons. Les différentes solutions pour résoudre ce problème sont les suivantes :

- Un modèle pour estimer les effets de l'échantillonnage non uniforme (Campbell, 2004). Cela vaut la peine d'envisager une approche bayésienne étant donné que cela permettra d'ajuster les distributions a priori pour les paramètres importants utilisés dans le modèle afin de refléter l'incertitude de leurs valeurs.
- Sous-pondérer les résultats des petites zones soumises à une grosse exploitation de sorte qu'elles ne dominent pas dans les estimations d'une strate spatio-temporelle.
- Compléter les données manquantes de sous-zones et sous-périodes avec des données provenant de périodes antérieures ou de strates voisines.
- Ignorer toutes les irrégularités et procéder comme s'il s'agissait d'un échantillon aléatoire.

Toutes ces options impliquent un risque élevé de biais. En outre, le biais pourrait varier au cours du temps, ce qui provoquerait une distorsion de la série temporelle. Un autre danger est que les données provenant de certaines zones utiles soient utilisées plus d'une fois, ce qui causerait une dépendance entre les résultats et exagérerait les effets des erreurs. La solution retenue et les raisons justifiant ce choix doivent être documentés dans une SOP ou dans un rapport sur la procédure d'estimation.

La question 2) est d'habitude plus facile à traiter. La meilleure solution est de désagréger les données des sorties de pêche pour obtenir des données d'opérations individuelles qui peuvent être assignées à la strate correcte. Une solution plus rapide consiste à estimer pour chaque sortie la proportion de l'effort appliqué au sein de chaque strate.

Calcul de la fraction du poids total de la prise d'une opération de pêche représentée par l'échantillonnage

Comme il est indiqué dans la section concernant l'échantillonnage des prises plurispécifiques, l'unité d'échantillonnage assignée doit être représentative de l'opération de pêche. Si la prise d'une opération est transférée dans un ou plusieurs cuves d'un senneur, il faudra calculer la proportion que représente le poids contenu dans chaque cuve par rapport à la capture totale de cette opération. C'est ce qu'on appelle une prise pondérée (Sarralde *et al.*, 2005).

La proportion de capture qui a été échantillonnée ne peut pas être calculée avant que le bateau ne soit tout à fait déchargé car la prise de cette opération est répartie dans différentes cuves et, par conséquent, pourrait avoir été échantillonné plus d'une fois.

La prise pondérée de chaque opération, qui est définie par la date de la pêche et par le nombre d'opérations, peut être calculée de la façon suivante :

$$\text{Pondération} = \frac{W1}{W2} * TW$$

où W1 est le poids de l'opération ou des opérations dans la cuve, W2 est le poids de l'opération ou des opérations de tous les cuves échantillonnés et TW est le poids total de l'opération ou des opérations.

Par exemple, un bateau a pris lors d'une opération 90 t qui ont été stockés dans trois cuves. 40 t ont été placés dans la cuve 1, 30 t dans la cuve 2, et 20 t dans la cuve 3. Les cuves 2 et 3 ont été échantillonnées.

Pour la cuve 2, la pondération est : $(30/90)*90 = 30$ t.

Pour la cuve 3, la pondération est : $(20/90)*90 = 20$ t.

$30+20=50$.

Si l'opération a été échantillonnée une seule fois (parce que les contenus complets ont été vidés dans une seule cuve ou ont été divisés dans d'autres cuves qui n'ont pas été échantillonnées), la prise pondérée sera égale à la prise totale de l'opération (pondération = TW). Les échantillons pourront ensuite être extrapolés à la prise totale d'une opération en utilisant cette pondération.

4.2.7 Bibliographie

- BEARE, D., J. Castro, J. Cotter, O. van Keeken, L. Kell, A. Laurec, J.C. Mahé, S. Munich-Peterson, J.R. Nelson, G. Piet, J. Simmonds, D. Skagen and P.J. Sparre (2002). Evaluation of research surveys in relation to management advice (EVARES). Final report of FISH/2001/02-Lot 1, DGXIV Fisheries, European Commission, Brussels. Available from a.j.cotter@cefas.co.uk.
- BOHRNSTEDT, G.W. and A.S. Goldberger (1969). On the exact covariance of products of random variables. *Journal of the American Statistical Association* 64: 1439-1442.
- CAMPBELL, R.A. (2004). CPUE standardisation and the construction of indices of stock abundance in a spatially varying fishery using general linear models. *Fish. Res.* 70(2-3): 209-227.
- COCHRAN, W.G. (1977). *Sampling techniques*. New York, J. Wiley & Sons, Inc.
- COTTER, A.J.R., G.P. Course, S.T. Buckland, C. Garrod (2002). APPS sample survey of English fishing vessels to estimate discarding and retention of North Sea cod, haddock, and whiting. *Fish. Res.* 55: 25-35.
- LUO, Z.-j, T. Tanaka, F. Kimura, M. Miyasaka, G.P. Course, A.J.R. Cotter, R.O. Jolliffe, B.J. Kay, M.S. Rolfe (1999). Safe practices for sampling commercial trawler catches at sea. *Fish. Res.* 41: 99-104.
- DAVISON, A.C. and D.V. Hinkley (1997). *Bootstrap methods and their application*. Cambridge University Press, Cambridge UK
- EFRON, B. and R.J. Tibshirani (1993). *An introduction to the bootstrap*. London, Chapman & Hall

- GAERTNER, D., P. Pallarés, J. Ariz, A. Delgado de Molina, and V. Nordström-Fonteneau (2000). Estimation de la durée des calées chez les senneurs français et espagnols opérant dans l'océan Atlantique, à partir des observations scientifiques du programme européen sur le patudo (1997-1999). Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 51(1): 402-415
- GAERTNER, D., R. Pianet, J. Ariz, A. Delgado de Molina and P. Pallarés (2003). Estimates of incidental catches of billfishes taken by the European tuna purse seine fishery in the Atlantic Ocean (1991-2000). Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 55(2): 502-510.
- GOODMAN, L.A. (1960). On the exact variance of products. *Journal of the American Statistical Association* 55: 708-713.
- GOODMAN, L.A. (1962). The variance of the product of K random variables. *Journal of the American Statistical Association* 57: 54-60.
- GUTHRIE, D., J.M. Hoenig, M. Holliday, C.M. Jones, M.J. Mills, S.A. Moberly, K.H. Pollock, and D.R. Talhelm (eds.) (1991). *Creel and Angler Surveys in Fisheries Management*. American Fisheries Society Symposium 12.
- HILBORN, R. and C. Walters (1992). *Quantitative Fisheries Stock Assessment-Choice, Dynamics and Uncertainty*, Kluwer Academic Publishers, Boston. 570.
- KENDALL, M.A. (1976). *Time-series*. London, Charles Griffin and Co. Ltd. 197.
- KIMURA, D.K. (1977). Statistical assessment of the age-length key. *J. Fish. Res. Board Can.* 34: 317-324.
- LAI, H.-L. (1993). Optimal sampling design for using the age-length key to estimate age composition of a fish population. *Fish. Bull.* 92: 382-388.
- PALLARÉS, P. and P. Dewals (1998). Análisis de los datos obtenidos en una experiencia de muestreo intensivo de una cuba durante el desembarco. Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 48(2): 213-220.
- PALLARÉS, P. and Ch. Petit (1998). Tropical tunas: new sampling scheme and data processing strategy for estimating the composition of catches by species and sizes. Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 48(2): 230-246.
- PALLARÉS, P., A. Delgado de Molina, J. Ariz and J.C. Santana (2000). Revisión de las estadísticas españolas de túnidos tropicales (1991-1996), teniendo en cuenta el tipo de asociación de las pescas. Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 51(1): 378-386.
- PINHEIRO, J. C. and D. M. Bates (2000). *Mixed-effects models in S and S-plus*. New York, Springer. 528.
- RAJ, D. (1968). *Sampling theory*. New York, McGraw-Hill.
- ROSE, G.A. and D.W. Kulka (1999). Hyperaggregation of fish and fisheries: how catch-per-unit-effort increased as the northern cod (*Gadus morhua*) declined. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 56(Suppl. 1): 118-127.
- SARRALDE, R., A. Delgado de Molina, J. Ariz, J.C. Santana, P. Pallarés, R. Pianet, P. Dewals, A. Herve, R. Dedo and J.J. Areso (2005). Port sampling procedures for tropical tuna in the Atlantic and Indian Oceans. SCRS/2005/101.
- SMITH, P.J. (1989). Is two-phase sampling really better for estimating age composition? *Journal of the American Statistical Association* 84: 916-921.
- SUKHATME, P.V. and B.V. Sukhatme (1970). *Sampling theory of surveys with applications*. Ames, Iowa, USA, Iowa State University Press.
- SWAIN, D.P. and A.F. Sinclair (1994). Fish distribution and catchability: what is the appropriate measure of distributions? *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 51: 1046-1054.
- THOMPSON, S. K. (1992). *Sampling*, John Wiley & Sons, Inc. 343.
- WESTRHEIM, S.J. and W.E. Ricker (1978). Bias in using an age-length key to estimate age-frequency distributions. *J. Fish. Res. Board Can.* 35(2): 184-189.

4.3 Estimation de la prise par âge

La plupart des évaluations analytiques des stocks sont des modèles basés sur l'âge. Les données d'âge obtenues à partir de la lecture des pièces dures (Section 4.9) pour alimenter ces modèles sont généralement limitées en raison du coût et de la complexité que représentent l'obtention et la lecture de ces structures. Par contre, les données de prise par taille sont nettement plus abondantes dès lors que la collecte des informations de taille est relativement économique. La taille fournit également certaines informations sur la structure par âge de la population étant donné que l'âge et la taille sont liés. Ceci dit, il est indispensable de convertir la prise par taille en prise par âge. Il existe plusieurs méthodes différentes pour réaliser cette opération.

Cette section analyse en détail les méthodes permettant de collecter les données appropriées de fréquence de taille aux fins de l'ICCAT (sections 4.3.1 à 4.3.4). Les méthodes visant à convertir la prise par taille en prise par âge sont décrites dans les sections 4.3.5 à 4.3.9).

4.3.1 Échantillonnage visant à obtenir des données de fréquence de taille

Comme il a déjà été indiqué à la section 4.2.4, les informations biologiques comme la taille peuvent être obtenues à plusieurs endroits différents :

En mer

L'endroit le plus indiqué pour mesurer le poisson est en mer, à bord des bateaux de pêche. Un échantillonnage effectué dans ces conditions au moment de la capture permet d'enregistrer également avec précision les informations connexes telles que l'endroit, la date, l'éventuelle provenance de l'ensemble de l'échantillon d'un même banc, etc. Il s'agit peut être de la seule méthode qui permette d'obtenir des informations précises relatives à la biologie et à la capture à partir de thonidés capturés à des fins d'élevage. Ces individus sont élevés dans de grandes cages avant d'être exportés, ce qui signifie qu'il est peu probable qu'ils offrent des informations au sujet de leur lieu de capture si l'on n'a pas réalisé d'observations en mer. La section 4.10 donne de plus amples informations à ce sujet.

Au port lors du déchargement

Si cette méthode est adoptée, il est essentiel que l'échantillonneur ait accès aux livres de bord ou de pêche du bateau afin d'être en mesure de déterminer l'origine du poisson d'où est extrait l'échantillon. Et quand bien même on posséderait cette information, il se pourrait qu'il ne soit pas possible d'identifier le lieu exact de la capture bien que, dans le cas des grandes prises obtenues par des bateaux de pêche de surface comme les senneurs, les poissons stockés dans une cuve peuvent provenir d'un seul ou de plusieurs bancs capturés dans une courte période et dans un même secteur. Ceci est particulièrement difficile pour les prises des palangriers étant donné que la cuve peut contenir des poissons capturés pendant une longue période de temps dans une zone étendue. Dans le cas d'une pêcherie artisanale côtière, ceci peut ne pas être nécessaire étant donné que la plupart des prises sont effectuées le même jour dans une zone proche du lieu du débarquement. L'échantillonnage peut avoir lieu aux endroits suivants : dans la cuve d'un bateau de pêche ; sur le pont d'un bateau de pêche ; au quai (à la plage) lors du déchargement ; sur les véhicules (chariots) servant à déplacer le poisson et à la criée lorsque le poisson est mis aux enchères ou en vente. Il est en général plus économique d'échantillonner lors du déchargement, puisqu'une même personne peut s'occuper de tous les bateaux qui entrent au port. C'est aussi un bon endroit pour mesurer le poisson aisément et avoir facilement accès aux informations connexes comme la zone, la date, l'engin utilisé, etc. de la prise.

Lors du transbordement d'un bateau de pêche à un cargo

Dans le but de réduire les frais de manutention, de plus en plus de bateaux de pêche transfèrent leurs prises directement sur un cargo, au lieu de les déposer dans un entrepôt frigorifique. Si le transbordement a lieu en mer, seules les méthodes d'échantillonnage en mer (voir plus haut) ou au port lorsque les cargos sont déchargés (voir plus bas) seront valides. Par contre, si le transbordement a lieu au port, on peut utiliser une méthode comme celle qui est appliquée pour le déchargement au port (voir plus haut). Les transbordements doivent être suivis de près car ils n'ont pas toujours lieu à quai, mais parfois dans la rade. Il se peut dans ce cas que l'échantillonneur doive utiliser un canot pour accéder au cargo.

Dans l'entrepôt frigorifique ou à la conserverie

Cette méthode peut s'avérer utile lorsque les autres méthodes ne sont pas utilisables, mais à condition que l'origine du poisson puisse être déterminée.

Au port lors du déchargement des cargos (transbordeurs)

C'est la méthode la moins recommandable du fait qu'on ne peut établir l'origine des poissons échantillonnés au-delà du bateau de pêche qui a effectué la capture. On risque en outre que le poisson ait été trié par taille dans un port de transbordement et que le cargo n'ait envoyé qu'une partie de la prise (d'une certaine classe de taille) au port où l'échantillonnage a été réalisé.

Lorsque aucune des autres méthodes ne peut être appliquée, l'échantillonnage sur les cargos peut néanmoins apporter des informations sur la composition globale de la capture d'une pêcherie déterminée.

Quelle que soit la méthode utilisée, elle doit être indiquée lors de la présentation des données de fréquence de taille à l'ICCAT.

Le poisson doit être prélevé au hasard (voir section 4.2.2), abstraction faite de la taille. Si l'échantillonnage est réalisé pendant des opérations de pêche (par exemple par des observateurs), on peut sélectionner et mesurer tous les poissons (par exemple dans le cas d'une opération palangrière) d'une espèce donnée ou un poisson sur 5 ou 10 (ou toute autre fréquence jugée appropriée). Une autre solution, dans le cas de prises plus grandes, consiste à retenir les 10, 20, 30 ou 50 premiers poissons de chaque espèce hâlé à bord, à moins que l'on sache qu'il existe une différence de taille entre le début et la fin de la pêche.

Au port, si les poissons sont déchargés sur un convoyeur à bande, on peut sélectionner un poisson sur « n » afin de les mesurer. Si l'état du poisson prélevé ne convient pas pour effectuer les mensurations, on peut prélever le poisson suivant ou passer un tour. En cas de mélange de plusieurs espèces, on prélèvera une espèce après l'autre.

Si les conditions ne permettent pas de procéder de la façon indiquée ci-dessus et si l'échantillonneur doit prélever sur un amas de poisson, il vaut mieux séparer du tas une partie représentant une sélection verticale du poisson et la mesurer ensuite. Il faut cependant faire attention car il arrive que les poissons de grande taille soient arbitrairement groupés dans la partie inférieure de l'amas ou vice-versa. Ainsi, si l'on ne mesure que les poissons situés dans la partie supérieure du tas, l'échantillon sera biaisé.

Si le poisson est déjà trié par taille et/ou espèce, il faut faire particulièrement attention à la date de l'échantillonnage. Dans ce cas, chaque section de la prise triée auparavant devra être prélevée indépendamment et extrapolée ensuite à la prise de cette catégorie (voir section 4.2.6).

En supposant qu'il s'agisse d'échantillons aléatoires de la population, on pourra appliquer les formules présentées à la section 4.2.1 pour identifier les tailles appropriées de l'échantillon par unité. Il faut cependant signaler que l'information nécessaire sur la fréquence de taille d'un niveau d'exactitude requis peut normalement être obtenue (pour les thonidés de plus de 15 kg) en mesurant environ 500 poissons par espèce de chaque zone d'échantillonnage, par période d'échantillonnage et par pays et catégorie d'engins. Lorsque les variances entre bateaux d'échantillonnage et au sein d'un même bateau sont réduites, 200 poissons peuvent fournir des données adéquates. Toutefois, pour les thonidés de plus petite taille, ce nombre devra être accru.

On présente ci-contre des exemples de deux différentes pêcheries. Les nombres sont donnés uniquement à titre indicatif et devront être confirmés pour chaque pêcherie en utilisant les formules statistiques appropriées.

Sachant que la pêcherie palangrière capture les poissons, non groupés en bancs, à une grande profondeur et qu'elle utilise jusqu'à 120 km de lignes pour prendre un petit nombre de poissons relativement gros, la variance entre la taille du poisson entre des échantillons provenant de différents bateaux n'est souvent pas plus grande que celle que l'on observe à l'intérieur d'un échantillon prélevé sur un seul bateau. Pour les espèces visées, (thon rouge, albacore, germon et thon obèse, suivant le type de pêcherie), il est probable qu'on puisse échantillonner 50 poissons sur 10 bateaux pour obtenir 500 poissons par strate spatio-temporelle. Pour les petits palangriers côtiers, il peut s'avérer plus adéquat de prendre 20 poissons sur 25 bateaux (5 jours x 5 bateaux). Pour les espèces qui sont des prises accessoires (istiophoridés, espadon et parfois même des espèces principales de thonidés, suivant le type de pêcherie), il est peu probable qu'on puisse mesurer 500 poissons par strate. Dans ce cas, il est recommandé de mesurer le plus grand nombre possible de poissons.

La senne, la canne et la ligne traînante capturent des poissons relativement jeunes groupés en bancs près de la surface. Les prises journalières sont bien plus importantes que celles des palangriers, et à plus forte raison en nombres de poissons étant donné que la taille et le poids moyens des poissons sont plus petits. Pour obtenir un taux de couverture égal à celui de la pêcherie palangrière, il convient d'augmenter la taille de l'échantillon. Un poisson par tonne métrique de la prise fournirait une couverture d'échantillonnage suffisante et pourrait servir d'indication pour établir le niveau d'échantillonnage. L'échantillonnage devra être suivi et ajusté pour obtenir les échantillons aléatoires nécessaires.

Des poissons de taille semblable tendent à former un banc près de la surface. Un échantillon prélevé sur un banc présentera donc peu de variance de taille. Par contre, la variance de taille des poissons entre différents bancs est grande, ce qui signifie que s'il faut mesurer le même nombre total de poissons, on obtiendra de meilleures estimations si l'on augmente le nombre d'échantillons tout en réduisant la taille de ces derniers.

On peut formuler les recommandations suivantes pour les engins de surface :

- On veillera, dans la mesure du possible, à prélever un échantillon sur une prise effectuée sur un banc unique ;
- Pour l'échantillonnage stratifié (espèce unique), chaque échantillon devra se composer de 50 (si le poisson est gros) à 100 individus (si le poisson est petit) ;
- Pour l'échantillonnage polyvalent (avec des espèces mélangées) et lorsque les tailles du poisson sont relativement grandes (plus de 15 kg), on échantillonnera 100 poissons. Si les tailles du poisson sont petites, le chiffre recommandé est de 200 individus ;
- Dans les grands senneurs industriels, on effectuera deux ou trois échantillonnages dans différents cuves dont on sait qu'ils contiennent des prises issues de différents bancs ;
- On échantillonnera environ dix bateaux (dans le cas des gros bateaux industriels) par strate spatio-temporelle ;
- Pour les petites pêcheries côtières, on prélèvera 20 poissons chaque fois sur 25 bateaux (5 jours x 5 bateaux) pour obtenir 500 poissons par strate spatio-temporelle.

4.3.2 Matériel utilisé pour effectuer les mensurations

Il existe une gamme d'instruments pour mesurer les espèces de grands pélagiques.

Pied à coulisse

Le pied à coulisse (**Figure 4.3.1**) est l'instrument le plus indiqué pour effectuer les mensurations, surtout pour les thonidés (**Figure 4.3.2**). Ils sont faciles à fabriquer en bois, en laiton, en aluminium et/ou en plastique.



Figure 4.3.1. Exemple de pied à coulisse. Photo de Sarralde *et al.* (2005), reproduite avec l'autorisation de l'auteur.

Planchette graduée

On peut aussi utiliser une planchette graduée (**Figure 4.3.2**), qui est particulièrement utile pour mesurer les spécimens de petite taille.



Figure 4.3.2. Exemple de planchette graduée. Photo de Sarralde *et al.* (2005), reproduite avec l'autorisation de l'auteur.

Mètre ruban

On peut également utiliser un mètre ruban en acier ou en fibre de verre à défaut d'autres méthodes. Dans ce cas, il faudra essayer de maintenir le mètre ruban de façon rectiligne. Le mieux serait de poser le mètre sur le sol puis de placer le poisson à mesurer soit sur le mètre soit à côté de celui-ci.

Il existe une exception pour mesurer la longueur maxillaire inférieur-fourche des istiophoridés, auquel cas le mètre doit suivre la courbe du corps du poisson (c'est-à-dire, la longueur courbée du corps). Voir la section 4.3.3 pour de plus amples détails.

Techniques photographiques

Dans certains pays, les pêcheurs n'autorisent pas l'échantillonneur à toucher le poisson. Dans ce cas, on pourrait utiliser des techniques photographiques pour estimer la composition par taille. Le principe de base est de prendre des photos du poisson couché le long d'une échelle. On estimera plus tard la taille du poisson par rapport à l'échelle de la photo. On veillera tout spécialement à ce que l'angle de prise de vue soit perpendiculaire au plan du poisson.

Cette méthode peut être coûteuse (même si les appareils photo numériques éliminent les frais de développement des pellicules) et produit des données moins précises.

4.3.3 Mesures à relever

Le poisson à mesurer doit être placé en position horizontale sur une surface plane. Les poissons dont le museau (si l'on doit prendre la longueur museau-fourche) ou la queue a été endommagée ou les poissons congelés qui sont courbés doivent être rejetés.

Thonidés

Toutes les espèces sauf les istiophoridés doivent être signalées à l'ICCAT en **longueur fourche**, ce qui correspond à la distance droite entre l'extrémité de la mâchoire supérieure et l'extrémité postérieure du rayon caudal le plus court (fourche). Voir la **Figure 4.3.3**.

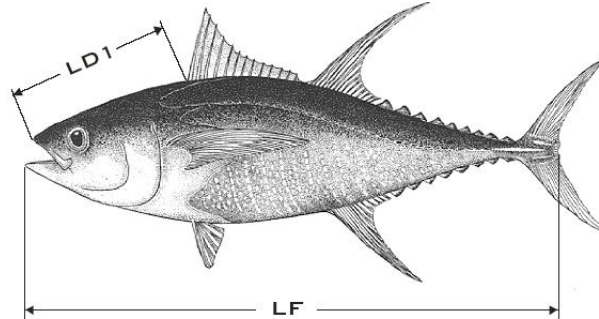


Figure 4.3.3. Mensurations des thonidés – Longueur maxillaire supérieur-fourche (FL) et maxillaire supérieur-1^{re} dorsale (LD1). Photo de Sarralde *et al.* (2005), reproduite avec l'autorisation de l'auteur.

Il est préférable de mesurer les poissons en longueur fourche. En particulier, si les individus de plus petite taille représentent un grand nombre de la capture (par ex. listao, germon de surface), il est recommandé d'utiliser les mesures de longueur fourche bien qu'il soit parfois difficile de les obtenir. Par exemple, il ne sera pas possible de mesurer correctement les poissons s'ils présentent des malformations dues à la congélation ou s'ils sont trop gros pour le matériel (pieds à coulisse) utilisé, s'il n'y a pas assez de place pour manipuler les longs pieds à coulisse (par ex. à bord de petits bateaux de pêche commerciale), si les queues de poissons ont été coupées ou si la plupart des poissons ne sont pas dans une position droite. Dans ces cas là, le mieux est de mesurer la longueur prédorsale (LD1), qui est la ligne droite entre l'extrémité du maxillaire supérieur et la jonction de la première épine dorsale. **On veillera à ne pas** mélanger deux mesures dans un même échantillon.

Si l'on décide de mesurer la longueur prédorsale, ces données doivent être converties en longueur fourche avant d'être transmises à l'ICCAT. La relation entre la longueur prédorsale et la longueur fourche **doit** être établie pour chaque espèce et zone, en se basant sur des échantillons adéquats, étant donné qu'ils sont très variables. Ces facteurs de conversion doivent être indiqués. La longueur prédorsale ne peut être acceptée pour la base de données ICCAT à moins que les données soient converties en longueur fourche ou reçues avec une équation de conversion adéquate.

Istiophoridés

L'échantillonnage des istiophoridés présente une différence importante dans ce sens qu'il vise à obtenir, dans la mesure du possible, la taille **et** le sexe du poisson (voir section 4.8). Il est bien connu que les istiophoridés mâles et femelles présentent des taux de croissance très différents. Cependant, il est parfois impossible d'identifier le sexe, situation dans laquelle on se limitera à la mesure de la taille.

La mesure préférable et la plus fiable de la taille des istiophoridés est la longueur maxillaire inférieur-fourche (LJFL) (voir la **Figure 4.3.4**). Pour les petits individus, les pieds à coulisse sont pratiques et fournissent une mesure en ligne droite précise. Toutefois, il est difficile d'utiliser des pieds à coulisse sur le terrain pour des gros istiophoridés dont la longueur maximale dépasse quatre mètres.

À des fins d'uniformisation, il est préférable que toutes les mesures de longueur des gros poissons soient prises avec un ruban (si possible en fibre de verre ou en acier) sur le contour du poisson (longueur courbée du corps). Ceci dit, on acceptera également les mesures prises en plaçant le poisson sur une planche graduée.

Sachant qu'il existe des différences entre les mesures prises en ligne droite et les mesures courbes, il **faudra** indiquer clairement les mensurations et le matériel utilisé sur les feuilles d'échantillonnage qui seront transmises à l'ICCAT avec ces données.

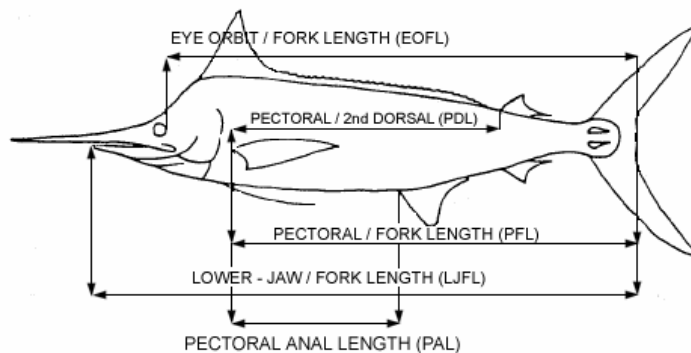


Figure 4.3.4. Mensurations alternatives des istiophoridés.

L'échantillonnage des prises commerciales d'istiophoridés pose parfois de sérieux problèmes étant donné que les poissons sont en général manipulés à bord avant d'être surgelés. Ceci peut causer des difficultés pour identifier les espèces à partir des carcasses et/ou biaiser les mensurations.

Les mensurations alternatives des istiophoridés sont (**Figure 4.3.4**) :

- Longueur cavité oculaire-fourche. Longueur en projection horizontale ou longueur courbe, de l'angle postérieur de la cavité oculaire à la fourche caudale.
- Longueur pectorale-fourche. Longueur en projection horizontale ou longueur courbe, de la jonction antérieure de la nageoire pectorale à la fourche caudale.
- Longueur pectorale-dorsale. Longueur en projection horizontale ou longueur courbe, de la jonction antérieure de la nageoire pectorale à la jonction antérieure de la deuxième épine dorsale.
- Longueur pectorale-anale. Longueur en projection horizontale ou longueur courbe, de la jonction antérieure de la nageoire pectorale au pourtour le plus postérieur du sphincter anal.
- Poids manipulé. Poids de chaque carcasse. Dans ce cas, il est essentiel de donner une description précise de la manière dont le poisson est manipulé (voir plus loin).

Les mensurations doivent être relevées près de la ligne latérale. Par exemple, lorsque la longueur pectorale-deuxième dorsale (PDL) est prise, la distance à la partie antérieure de la deuxième nageoire dorsale devrait être lue près de la ligne latérale **et non** sur l'épine dorsale (que l'on utilise un ruban ou un pied à coulisse).

Les mensurations de taille qui peuvent être relevées sur une carcasse dépendent du type de manipulation. Les mensurations suivantes seront relevées pour les catégories suivantes de poisson manipulé :

- Carcasses entières (poids vif) : longueur maxillaire inférieur-fourche
- Sans épée, nageoire, branchies, éviscéré : longueur maxillaire inférieur-fourche ou cavité oculaire-fourche
- Carcasses manipulées sans tête ni nageoires, mais avec pédoncule caudal : longueur pectorale-fourche
- Carcasses manipulées sans tête ni nageoires, ni pédoncule caudal : longueur pectorale deuxième dorsale et longueur pectorale anale.

Comme pour les mensurations en LD1 pour les thonidés, il est recommandé d'étudier la relation entre toute mesure prise par défaut et la mesure standard (longueur maxillaire inférieur-fourche : LJFL) pour que ces mesures soient converties en mesures standard. On mesurera un échantillon adéquat selon les cinq éléments décrits ci-dessus en plus de la LJFL, dans le but d'obtenir une équation de conversion applicable aux mesures de longueur antérieures, ainsi qu'aux nouvelles mensurations des poissons manipulés lorsque la LJFL n'est pas disponible. Comme les carcasses des poissons débarquées ont déjà été manipulées dans la plupart des lieux d'échantillonnage, il sera presque impossible d'obtenir toutes ces mensurations. On recommande par conséquent que les échantillonneurs essaient de mesurer autant d'éléments que possible, surtout dans le cas où des poissons entiers sont disponibles pour l'échantillonnage, jusqu'à ce que les équations de conversion soient bien établies. Tous les facteurs de conversion qui peuvent être utiles dans le domaine des statistiques des thonidés sont indiqués à l'**Appendice 4**.

Intervalles de classes de taille

La plupart des mensurations mentionnées ci-dessus doivent être relevées en intervalles de classes de taille de 1 cm. Néanmoins, si cela s'avère nécessaire, des poissons de plus de 60 cm de longueur fourche peuvent être mesurés en intervalles de 2 cm. Si le poisson est mesuré en longueur prédorsale (LD1), les mensurations doivent être plus précises vu qu'une longueur prédorsale de 1 cm équivaut à une longueur fourche de 2 à 4 cm, surtout pour les gros poissons. Pour les poissons de moins de 35 cm de longueur fourche, la LD1 peut être mesurée au centimètre près (bien qu'il soit beaucoup plus aisé de mesurer ces petits poissons en longueur fourche qu'en longueur prédorsale). Ceci dit, dans le cas des poissons de plus de 60 cm, la LD1 devra être relevée au moins en intervalles de 5 mm.

On marquera la longueur au centimètre inférieur le plus proche (les fractions de centimètres seront arrondies) ou au demi-centimètre inférieur, comme dans l'exemple suivant :

$13,0 - 13,9 \text{ cm} = 13 \text{ cm}$
 $14,0 - 14,9 \text{ cm} = 14 \text{ cm}$
 $94,0 - 94,9 \text{ cm} = 94 \text{ cm}$

 $24,0 - 24,49 \text{ cm} = 24,0 \text{ cm}$
 $24,5 - 24,99 \text{ cm} = 24,5 \text{ cm}$

Si, pour une raison quelconque, vos mensurations sont relevées au centimètre le plus proche plutôt que d'être arrondies au centimètre inférieur, ceci devra être signalé lorsqu'elles seront transmises à l'ICCAT. Dans le cas contraire, on supposera que les données auront été mesurées de la façon standard.

Enregistrement des données

Les systèmes utilisés pour enregistrer les mesures devront être établis de façon individuelle. Il serait très utile, si c'était possible, d'utiliser du papier imperméabilisé pour enregistrer les données. Un magnétophone serait également pratique si le travail doit être réalisé par une seule personne. Il convient, dans ce cas, de s'assurer que cet appareil fonctionne correctement au moment de mesurer les poissons.

Il existe deux méthodes distinctes d'enregistrement. La première consiste à enregistrer toutes les mensurations individuelles directement telles qu'elles apparaissent ; la seconde consiste à marquer la classe de taille approximative de façon à enregistrer les fréquences.

La fiche d'enregistrement doit être séparée par colonnes pour indiquer la période, le lieu des prises, l'échantillonnage et d'autres données connexes telles que le nom des bateaux, les prises débarquées lors de

l'échantillonnage, le nombre de cuves échantillonnées, le poids de la cuve en poisson, le matériel utilisé, le type de mesure de longueur effectuée, la fréquence d'échantillonnage appliquée, etc.

Si l'échantillonnage est polyvalent et est effectué sur des espèces mélangées, il sera nécessaire de fournir davantage d'informations sur la prise et l'effort, sur les espèces, etc. Dans ce cas, il est souhaitable d'utiliser le formulaire ICCAT 3-1 pour enregistrer les mensurations individuelles étant donné qu'on pourra utiliser une fiche pour les espèces mélangées. Par contre, on utilisera le formulaire ICCAT 3-2 si l'échantillon est relevé par espèce alors qu'on effectue en même temps un échantillonnage de composition par espèce. Si l'échantillonnage de composition par espèce n'est pas nécessaire, on n'utilisera pas la colonne prévue à cet effet sur ce formulaire.

4.3.4 Traitement des données

La procédure détaillée fournit un échantillon aléatoire pour une unité spécifique au sein de la strate d'échantillonnage. Il doit être combiné et extrapolé au niveau de la flottille/population. L'extrapolation a déjà été traitée à la **section 4.2.6**.

La **Figure 4.3.5** présente un schéma illustrant la marche à suivre dans le traitement des données brutes. Notre objectif est d'estimer les prises avec une ventilation adéquate par espèce et par taille. Pour ce faire, nous devons les estimer en prenant les strates adéquates, puis les additionner. Il est indispensable à cet effet de relever les prises par strate et les données par taille (voir section 4.3) ainsi que la composition par espèce (qui ne sera plus mentionnée par la suite mais qui est sous-entendue).

1. Les données brutes obtenues à partir de l'échantillonnage doivent être combinées selon les strates adoptées (données Niveau 1). Pendant cette opération, les données brutes de taille peuvent tout simplement être combinées. Si on prélève un sous-échantillon de prises pré-triées ou si les échantillons proviennent de différentes cuves du même bateau et que les prises sont connues par cuve, elles pourront être partiellement extrapolées à la prise à partir de l'échantillon prélevé avant qu'elles ne soient combinées (voir plus bas).
2. Les données de taille de Niveau 1 doivent ensuite s'ajuster à la prise déclarée de la strate correspondante (Niveau 2). Si des données de taille manquent pour une prise, la composition par taille de cette strate manquante devra être supposée semblable à d'autres fréquences de taille (substitution des données). On utilisera alors ces données par taille pour estimer la prise par taille de chaque strate (en extrapolant la taille à la prise).
3. Cette section explique les procédures à suivre. Si l'échantillonnage est polyvalent (composition par espèce et par taille), on effectuera la substitution et l'extrapolation de la même manière pour la taille et les espèces ensemble ou bien on estimera d'abord les prises par espèce dans chaque strate spatio-temporelle, puis par taille. Dans les deux cas, la technique de substitution et d'extrapolation est identique à celle que nous présentons ici pour les données de taille (voir ci-dessous).

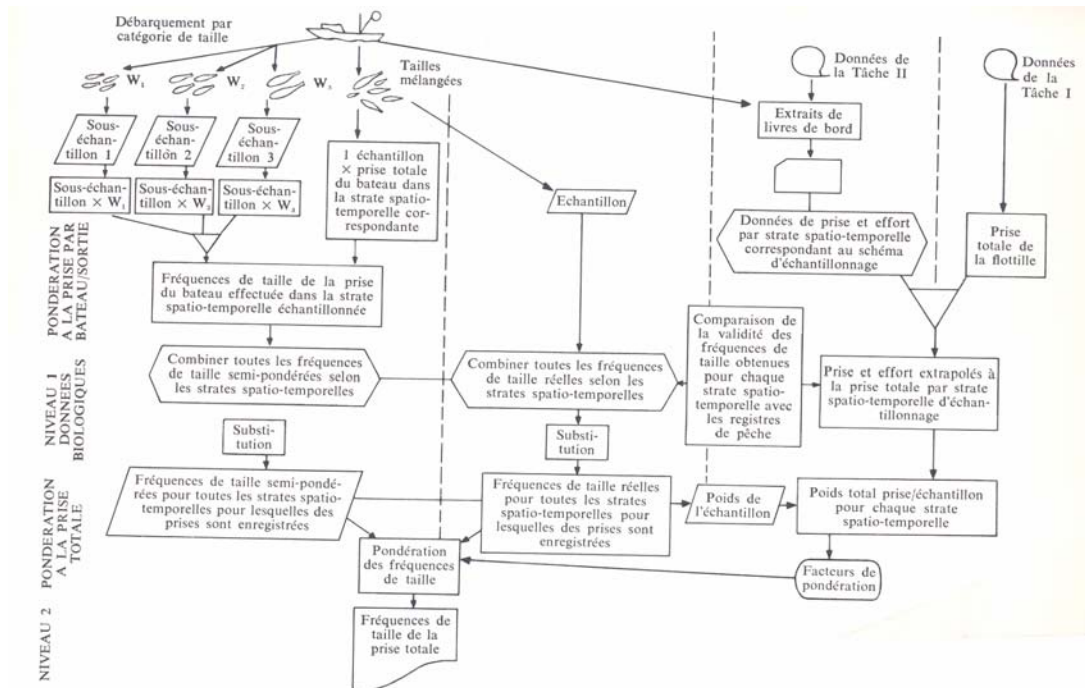


Figure 4.3.5. Schéma de pondération des données de taille.

Obtention des données du Niveau 1

Les données de taille obtenues à partir de l'échantillonnage doivent être échantillonnées selon la procédure recommandée pour les données du Niveau 1, puis éventuellement selon le Niveau 2.

Si les données de taille sont enregistrées, pour une raison quelconque, dans une unité autre que l'unité standard (longueur fourche ou longueur maxillaire inférieur-fourche) telle que la LD1, etc., elles devront être converties en unités standard (voir section 4.3.3). Si toutes les mensurations sont relevées dans la même unité, on pourra effectuer ce type de conversion une fois que toutes les données auront été combinées et extrapolées. Par contre, si plusieurs mensurations sont mélangées, il faudra effectuer la conversion avant de combiner tous les échantillons.

Si les prises ont été pré-triées par taille, etc., avant l'échantillonnage, ce qui a donné lieu au prélèvement de sous-échantillons, ou si l'échantillonnage peut être identifié par les cuves des bateaux et si on dispose d'informations associées (telle que la capture par cuve), on devra d'abord extrapoler les (sous-)échantillons à la prise des catégories pré-triées ou aux cuves échantillonnées en utilisant les techniques décrites dans la section 4.2.6 et plus bas.

Ensuite, ces (sous-)échantillons extrapolés à la prise dont sont extraits les échantillons devront être accumulés à la strate minimale voulue (ex 1° x 1° et par période de 10 jours ou 5° x 5° et par mois).

Si une telle extrapolation immédiate n'est pas possible (par ex. données palangrières de taille), il faudra créer une fréquence de taille en combinant les données de taille enregistrées sur les fiches d'échantillonnage relevées de façon journalière pour chaque strate. Cette opération peut être réalisée de façon manuelle, mais il est plus facile de le faire par ordinateur. Si c'est nécessaire, l'ICCAT peut aider les personnes chargées de la programmation. Les résultats de ces statistiques du Niveau 1 doivent être transmis à l'ICCAT en utilisant les formulaires figurant à l'**Appendice 1**.

Obtention des données du Niveau 2

Présentation des données

La disponibilité des données de taille (Niveau 1) combinées pour chaque strate doit être vérifiée avec les données de prise compilées dans la même strate spatio-temporelle. Si une prise est enregistrée pour une strate mais

qu'aucune donnée de taille n'est disponible, on devra effectuer une substitution des données. Il y a plusieurs façons de le faire :

1. Utiliser les fréquences de taille observées dans le même type de pêcherie d'un autre pays dans la même strate spatio-temporelle ;
2. Utiliser les fréquences de taille observées dans la même pêcherie dans les zones voisines au cours de la même période ;
3. Utiliser les fréquences de taille provenant des mêmes strates spatio-temporelles, mais d'années antérieures ;
4. Utiliser les fréquences de taille observées dans la même zone, mais à une période antérieure ou postérieure à la période à laquelle les données manquent ;
5. Utiliser les fréquences de taille des dernières années combinées pour la même strate spatio-temporelle dans la même pêcherie.

La meilleure substitution varie selon le type de pêcherie, la saison, la zone, etc. Pour les pêcheries de surface, l'option 1) est probablement la meilleure solution. Pour les pêcheries palangrières, les options 2) ou 3) sont plus appropriées que l'option 1). Si les résultats (Niveau 2) vont être utilisés dans les analyses de population virtuelle où la prise par âge de chaque année joue un rôle important, l'option 3) doit être évitée dans la mesure du possible. En utilisant l'option 4), on peut même ajuster la taille en appliquant une courbe de croissance. Lorsque les données sont très rares, on utilise d'habitude l'option 5).

Il faut souligner que la substitution des données peut produire un biais important dans les données du Niveau 2. Le résultat des prises par taille peut être complètement différent suivant la manière dont la substitution a été effectuée et peut même mener les analyses de population à des conclusions différentes. Il est important que **toutes** les procédures de substitution adoptées soient bien documentées avec les données.

Extrapolation à la prise globale

Lorsque la substitution est achevée, les fréquences de taille peuvent être extrapolées à la prise globale (voir également la section 4.2.6). L'extrapolation doit être effectuée pour chaque strate spatio-temporelle.

- 1) La fréquence de taille exprimée en nombre de poissons doit être convertie en poids en utilisant la relation Longueur-poids. (Ceci n'est pas nécessaire si la prise est connue en nombre de poissons plutôt qu'en poids. Le nombre total de poissons de la prise divisé par le nombre total de poissons échantillonnés donnera le facteur d'extrapolation). Le poisson dans chaque classe de taille est désormais exprimé en poids. La somme de ces poids donnera le poids estimé de l'échantillon.

Exemple: Albacore			
<i>Classes de taille</i>	<i>Fréquence (Nbre de poissons)</i>	<i>Poids moyen du poisson</i>	<i>Poids du poisson dans les classes de taille</i>
52 – 53,9 cm	10	2,87 kg	28,70 kg
54 – 55,9 cm	12	3,11 kg	37,32 kg
56 – 57,9 cm	15	3,47 kg	52,05 kg
...
...
...
Total	250		1.050,24 kg*

* Poids de l'échantillon

Si tous les poissons mesurés ont également été pesés, la procédure décrite ci-dessus ne sera pas nécessaire vu que la somme des poids peut être utilisée comme poids de l'échantillon.

- 2) La prise globale (en poids) enregistrée pour chaque strate spatio-temporelle peut ensuite être divisée par le poids de l'échantillon. Ceci donnera le facteur d'extrapolation.

Par exemple : si la prise de l'albacore dans la strate spatio-temporelle correspondante est de 1.520 t, alors que le poids de l'échantillon est de 1,05024 t, le facteur d'extrapolation sera de 1.520 t divisé par 1,05024 t, soit 1.447,2882.

- 3) La fréquence réelle de taille devra être multipliée par les facteurs d'extrapolation afin d'obtenir la prise par taille.

Exemple : Albacore. Facteur de pondération = 1.447,2882		
<i>Classes de taille</i>	<i>Fréquences réelles</i>	<i>Fréquences pondérées (Nbre de poissons pris)</i>
52 cm – 53,9 cm	10	14.473 (=10 x 1.447,2882)
54 cm – 55,9 cm	12	17.367 (=12 x 1.447,2882)
56 cm – 57,9 cm	15	21.709 (=15 x 1.447,2882)
...	...	
...	...	
...	...	
Total	250	36.1822 (=250 x 1.447,2882)

4.3.5 Découpage des âges ou des cohortes

Le découpage des âges divise une gamme de tailles en la fragmentant en prise par âge.

Les distributions en taille sont réparties en classes d'âge en postulant que des classes d'âge contiguës peuvent être séparées par des classes de tailles constituant des limites inférieures et supérieures. Les tailles qui séparent les classes d'âge peuvent être définies de plusieurs façons différentes. Elles sont souvent définies comme étant la taille située à mi-chemin entre les tailles moyennes par âge prédites à partir d'une courbe de croissance. Cette approche postule une variabilité égale dans les tailles à des âges contigus. Quelle que soit la méthode utilisée pour sélectionner les tailles de séparation, celle-ci doit être clairement indiquée de même que la courbe de croissance qui aura été utilisée.

Ces tailles de séparation sont utilisées de la façon suivante. Les poissons dont la taille est inférieure à celle de la première taille de séparation sont considérés comme faisant partie du groupe de classe 0, ceux dont la taille est comprise entre la première et la deuxième taille de séparation font partie du groupe 1 et ainsi de suite. Certaines tailles devront être réparties de façon proportionnelle entre deux groupes d'âge. Si, par exemple, l'intervalle de la classe de taille est de 1 cm et la première taille de division est de 12,6 cm, six dixièmes des poissons de la classe des 12-13 cm seront considérés du groupe 0 et quatre dixièmes du groupe 1. Si l'intervalle de taille est de 6 cm avec une classe de taille de 12-18 cm, seule une fraction de $0,6/6=0,1$ des poissons correspondra au groupe d'âge 0, tandis que neuf dixièmes (0,9) correspondront au groupe d'âge 1.

Le découpage des âges peut se faire sur une base annuelle, trimestrielle ou mensuelle selon le schéma de croissance du poisson (par ex. croissance saisonnière dans le cas de l'albacore) et les données disponibles. S'il faut obtenir les fréquences d'âge annuelles et si le découpage des âges est réalisé à des intervalles plus courts que la base annuelle, le nombre d'individus par âge s'accumulera durant toute l'année.

Les avantages du découpage des âges résident dans le fait que c'est une approche facile à utiliser qui peut tenir compte de schémas de croissance à deux étapes. Par contre, elle requiert une série de postulats solides et notamment l'absence de chevauchement de tailles entre les cohortes. Comme il est peu probable que ce postulat soit vrai, il existe un risque de surestimer l'importance d'une classe d'âge faible et de sous-estimer une classe d'âge forte. Ceci provoque un lissage des données de prise par âge du fait de la diminution de la variabilité entre les cohortes. Il existe également une tendance à avoir un chevauchement important dans la taille par âge des poissons plus âgés, ce qui fausse l'estimation du nombre de ces poissons.

4.3.6 Clefs d'identification âge-longueur (ALK)

Pour utiliser des termes simples, on peut dire que les clefs d'identification âge-longueur (ALK) sont construites en déterminant l'âge d'un sous-échantillon de la population et sont utilisées pour convertir de plus grands échantillons de tailles d'une population en âges. Ces clefs d'identification décrivent les distributions d'une

population en âge et le nombre relatif d'individus à chaque âge, c'est-à-dire, qu'elles représentent une matrice indiquant la probabilité qu'un poisson d'une taille donnée ait un âge déterminé. Une fois qu'une clef de ce type est disponible, elle permettra de reconstituer des groupes d'âge à partir d'échantillons de poissons qui avaient été uniquement mesurés. L'utilisation des clefs suppose que l'échantillon de poissons dont l'âge est connu ainsi que l'échantillon de poissons dont la taille est connue sont des échantillons aléatoires simples de la même population. Dans ce cas, la probabilité qu'un poisson ait un âge donné en fonction de sa taille est la même pour les deux échantillons.

En général, ces clefs d'identification doivent être appliquées aux données de taille de la même période étant donné que la variabilité dans le recrutement et la survie par âge modifiera la composition âge-longueur dans le temps et, par conséquent, que le nombre de survivants par âge utilisés pour pondérer les compositions de taille par âge variera. Il se peut que la clef doive avoir un caractère saisonnier si la croissance varie selon la saison ou s'il existe une migration saisonnière. On n'appliquera une clef unique aux données de taille d'une série d'années que si la croissance est raisonnablement stationnaire et si l'approche de Kimura et Chikuni (1987) est utilisée. L'application pluri saisonnière et pluriannuelle des clefs devra être dûment justifiée. Il faut également souligner que l'application d'une clef issue d'une seule période de l'année peut causer des biais importants si elle est utilisée pour calculer la prise par âge de toute l'année.

Les données d'âge par taille provenant de pièces dures doivent être combinées en groupes de taille adéquats pour les engins, les périodes de temps et les lieux de pêche adéquats. La dimension de ces groupes de taille dépendra de la dispersion des tailles observées au sein des fréquences de prise par taille, du taux de croissance de l'espèce et de la variabilité de la taille par âge. Un échantillonnage stratifié par taille sera nécessaire pour garantir qu'on dispose du nombre de poissons requis (déterminé par la variabilité de la taille par âge) dans tous les groupes de taille. Le développement des clefs étant une opération laborieuse, il est souhaitable d'obtenir le plus d'informations possibles. Il existe des formules pour estimer le nombre de déterminations de l'âge et de mesures de taille nécessaires pour garantir un niveau donné de précision. Oeberst (2000) a mis au point une fonction universelle du coût pour les clefs d'identification.

La proportion par âge est calculée comme suit :

Nombre par âge pour un groupe de taille / Nombre de poissons dont l'âge a été déterminé dans ce groupe

La clef relative à la période de temps est extrapolée à la distribution des tailles pour cette même période :

Nombres par âge extrapolés par groupe de taille = Nombres par taille * Proportion par âge pour cette taille

Si la clef d'identification ne contient pas de données pour tous les groupes de taille dans la distribution par taille, on peut assigner les données de cette distribution par tailles à des groupes de taille contigus dont les données sont contenues dans la clef d'identification. On construit ainsi une distribution âge-longueur adéquate par groupe d'engins et période. Il faut cependant rester prudent car des biais importants pourraient se produire, en particulier dans les grandes tailles où les individus pourraient présenter une grande dispersion d'âge.

Les nombres par âge obtenus par groupe de taille s'ajoutent à l'ensemble de la gamme de taille pour obtenir les nombres par âge. Les variances sont également ajoutées aux groupes de taille et les deux composants sont qualifiés de variance due à la détermination de l'âge et de variance due à l'échantillonnage des tailles. Ceci constitue la composition par âge pour la période requise.

Les nombres par âge pour tous les engins peuvent être calculés comme suit :

$$\sum N_a * \left(\frac{W_{ct}}{W_{cs}} \right)$$

où $\sum N_a$ est la somme des nombres échantillonnés par âge, W_{ct} est le poids de la prise commerciale totale et W_{cs} est le poids de la prise commerciale échantillonnée.

La variance due à la détermination de l'âge des nombres par âge pour tous les engins peut être calculée de la façon suivante :

$$\sum Var_a$$

où $\sum Var_a$ est la somme des variances dues à la détermination de l'âge.

La variance due à l'échantillonnage des tailles des nombres par âge peut être calculée de comme suit :

$$\sum Var_i$$

où $\sum Var_i$ est la somme des variances dues à l'échantillonnage des tailles.

Les variances doivent être extrapolées comme suit :

$$\frac{W_{ct}}{W_{cs}}$$

où W_{ct} est le poids de la prise commerciale totale et W_{cs} est le poids de la prise commerciale échantillonnée.

Une série de progrès ont été présentés au sujet des clefs d'identification. Hoenig *et al.* (1994) décrit une clef généralisée « inverse » qui peut utiliser des informations des années antérieures pour faciliter l'estimation de la composition par âge de l'année en cours. Kimura et Chikuni (1987) ont construit une extension de la clef d'identification en déterminant de façon itérative la structure par âge à partir d'un échantillon de taille et en utilisant la clef issue d'un échantillon différent. Cette approche assume que les distributions des tailles sont connues pour chaque âge, ce qui offre une clef d'identification pour l'analyse. Les proportions par âge sont alors adaptées afin de trouver le meilleur ajustement entre les données observées de fréquence de taille et les données prévues par la proportion par âge et la clef. Cette méthode peut fonctionner correctement si les distributions de taille pour chaque âge sont proches de celles de la fréquence de taille, mais il se peut que la convergence soit lente. Nous renvoyons le lecteur à l'article en question pour de plus amples informations.

4.3.7 Schnute et Fournier

L'approche de Schnute et Fournier (1980) a été développée dans le paquet MULTIFAN (section 4.3.8), qui a été utilisé pour le germon (*Thunnus alalunga*). C'est pour cette raison que cette approche ne fait l'objet que d'une brève description ici.

Cette approche postule que les moyennes des tailles par âge dans une population, qui sont représentées par les données de fréquence de taille de la capture, suivent une courbe de croissance de von Bertalanffy et que la taille à un âge donné présente une distribution normale. Il est possible d'estimer les proportions par âge, les paramètres de croissance et un paramètre définissant les écarts-types des tailles par âge. Cette approche postule que le nombre de classes d'âge est connu. Des paramètres choisis représentent le « meilleur ajustement » entre les fréquences de taille observées et prévues.

L'approche de Schnute et Fournier peut poser des problèmes lorsqu'on essaie d'obtenir des solutions uniques pour tous les paramètres du modèle et il se peut qu'il soit nécessaire de fixer les tailles moyennes pour les plus jeunes âges (qui peuvent être identifiées à partir des modes dans les données des fréquences de taille). Si c'est le cas, il faut l'indiquer et présenter les tailles moyennes par âge qui auront été postulées.

4.3.8 MULTIFAN

L'approche MULTIFAN est décrite en long et en large chez Fournier *et al.* (1990). Elle représente une méthode analytique basée sur la probabilité pour estimer les paramètres de croissance et de composition par âge en partant de multiples jeux de données de fréquence de tailles. Elle utilise un mélange d'approches de distribution et permet d'inclure des contraintes biologiques dans le modèle.

MULTIFAN est une extension de l'approche de Schnute et Fournier (section 4.3.7) qui permet d'analyser simultanément plusieurs jeux de données de fréquence de tailles qui ont été échantillonnées à différents moments. La structure d'erreur postulée diffère entre les méthodes et on emploie des méthodes d'estimation différentes pour estimer les paramètres du modèle.

Le programme MULTIFAN établit une série de postulats clefs qui ont été décrits par Fournier *et al.* (1990). Ceux-ci établissent 1) qu'il existe une distribution normale des tailles dans chaque classe d'âge autour d'une taille moyenne par âge ; 2) que l'écart-type de la taille moyenne par âge varie comme une fonction simple de cette moyenne ; et 3) que la croissance suit la fonction de croissance de von Bertalanffy.

En faisant varier les paramètres de von Bertalanffy et le nombre de classes d'âge, le programme, à l'aide d'une fonction de vraisemblance, compare parmi les ajustements résultants la probabilité d'observer un poisson à un

intervalle donné, défini par l'ensemble des paramètres de croissance, avec la proportion observée des poissons à un intervalle de taille donné. En examinant les résultats des multiples modèles, on peut utiliser un chi-carré du rapport de vraisemblance pour évaluer objectivement des différentes hypothèses. On examine ainsi si l'ajout de paramètres supplémentaires (par ex. les classes d'âge) dans le modèle provoque une augmentation significative de la valeur maximale du logarithme de la vraisemblance.

Les paramètres estimés sont 1) les proportions au sein d'un échantillon par âge ; 2) la taille moyenne du premier groupe d'âge ; 3) la taille moyenne du dernier groupe d'âge ; 4) le paramètre K de von Bertalanffy ; 5) deux paramètres prédisant le schéma de l'écart-type de la taille par âge ; 6) un paramètre associé à la variance globale des erreurs d'échantillonnage dans les jeux de données de fréquence de taille ; et 7) un paramètre décrivant la sélectivité dépendant de l'âge de l'activité halieutique. Si l'âge de la première classe d'âge n'est pas connu, le programme MULTIFAN supposera que t_0 sera zéro.

Le programme MULTIFAN est sensible à l'intervalle de temps choisi entre les échantillons et aux caractéristiques de capturabilité et de sélectivité dans les données. Il peut également y avoir une tendance à grouper les classes d'âge finales si les tailles moyennes par âge ne sont pas très différentes ou si les pourcentages de poissons dans cette gamme de tailles sont limités.

Il faut faire attention à ne pas trop restreindre les limites des tailles moyennes. Compte tenu de la grande variabilité que présente la croissance des poissons, des limites très restreintes pourraient fausser les résultats obtenus. Ceci dit, les limites doivent être suffisamment ajustées pour s'assurer que la classe d'âge correcte est associée à un mode. Il faut prévoir un espace suffisant dans le paramètre pour que le programme puisse effectuer la recherche. Ceci contribuera à éviter l'identification de minimaux locaux pendant la recherche.

4.3.9 Performances des méthodes

Les performances des différentes méthodes dépendront des données auxquelles elles seront appliquées et des connaissances de base de la pêche et de la biologie du stock. La meilleure façon d'identifier la méthode qui fonctionnera le mieux est de recourir à un test de simulation. On trouvera des exemples à cet égard chez Mohn (1994), Goodyear (1997) et Restrepo (1995).

4.3.10 Bibliographie

- BAIRD, J.W. (1983). A method to select optimum numbers for aging in a stratified approach. In: Sampling commercial catches of marine fish and invertebrates. (W.G. Doubleday and D. Rivard, eds.). Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences 66, 161-164.
- FOURNIER, D.A., J.R. Sibert, J. Majkowski, J. Hampton (1990). MULTIFAN a likelihood-based method for estimating growth parameters and age composition from multiple length frequency data sets illustrated using data for southern bluefish tuna (*Thunnus maccoyii*). Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. Vol. 47, no. 2, pp. 301-317.
- GAVARIS, S. and C.A. Gavaris (1983). Estimation of catch at age and its variance for groundfish stocks in the Newfoundland region. In: Sampling commercial catches of marine fish and invertebrates. (W. G. Doubleday and D. Rivard, eds.), Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences 66, 178-182.
- GOODYEAR, C.P. (1997). Fish age determination from length: An evaluation of three methods using simulated data. Fisheries Bulletin 95:39-46.
- HOENIG, J.M., D.M. Heisey and R.C. Hanumara (1994). A new approach to age-length keys: using last year's and this year's data to estimate age composition. Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT 42, 124-128.
- KIMURA, D. and S. Chikuni (1987). Mixtures of empirical distributions: an interactive application of the age-length key. Biometrika 43, 23-35.
- MOHN, R. (1994). A comparison of three methods to convert catch at length data into catch at age. Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 42(1): 110-119.
- OEBERST, R. (2000). A universal cost function for the optimization of the numbers of age readings and length measurements for age-length-key-tables (ALKT). Archive of Fishery and Marine Research 48(1): 43-60.
- POPE, J.G. and B. Knights (1975). Sources of variation in catch at age data and the optimal use of age reading effort. ICES C.M. 1975/F:20.

- RESTREPO, V.R. (1995). Application of cohort slicing and tuned VPA to simulated data that includes variability in length at age. Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 44(2), 67-71.
- SARRALDE, R., A. Delgado de Molina, J. Ariz, J.C. Santana, P. Pallarés, R. Pianet, P. Dewals, A. Herve, R. Dedo and J.J. Areso (2005). Port sampling procedures for tropical tuna in the Atlantic and Indian Oceans. SCRS/2005/101.
- SCHNUTE, J. and D. Fournier (1980). A new approach to length frequency analysis: growth structure. J. Fish. Res. Board Can. 37, 1337-1351.

4.4 La CPUE et la LPUE comme indices d'abondance

La section 4.2.4 a présenté les sources d'information sur les pêcheries de thonidés en indiquant qu'elles sont associées en grande partie aux pêcheries commerciales. La présente section analyse l'utilisation des données dépendant des pêcheries concernant les débarquements ou la capture par unité d'effort (respectivement LPUE et CPUE) en tant qu'indices de l'abondance relative des poissons. Le paragraphe final aborde très brièvement les données de CPUE indépendantes des pêcheries.

On considère, en général, que la CPUE est proportionnelle au nombre de poissons, N , dans le stock présent dans un secteur :

$$CPUE = q \cdot N$$

La constante de proportionnalité, q , est appelée la « capturabilité ». L'équation pourrait être réécrite avec des indices inférieurs, l , pour se rapporter à des classes de taille spécifiques en cas de besoin. Les postulats solides sont inhérents dans la relation générale (Paloheimo et Dickie, 1964; Maunder et Punt, 2004), par exemple :

- La CPUE moyenne est estimée pour les mêmes période, profondeur et région géographique que celles qui supportent le N de poissons du stock.
- q est constante dans toutes les conditions de pêche.
- q n varie pas avec N .

La différence entre la LPUE et la CPUE suscite malheureusement une plus grande incertitude si l'on ne dispose pas d'information sur les rejets ou autres pertes de poissons en mer. Lorsqu'on estime l'abondance comme étant un indice basé sur la LPUE ou CPUE moyenne par strate spatio-temporelle, il est nécessaire de tenir compte de plusieurs facteurs et de savoir, entre autres :

- si la pêche a couvert le même secteur que celui du stock ;
- si la pêche a couvert la même profondeur que celle du stock ;
- quels seraient les effets des migrations, aussi bien horizontalement que verticalement, sur l'abondance locale (ou q) ;
- si les poissons se regroupent et sont moins accessibles dans un stock moins nombreux ; et
- si les technologies et les stratégies utilisées par la flottille de pêche sont suffisamment stables dans le temps pour postuler que q est constante. On constate souvent une amélioration progressive de l'efficacité de pêche d'un bateau au fur et à mesure que le capitaine acquiert plus d'expérience dans la pratique de la pêche et que le bateau est équipé de meilleurs équipements de détection de poissons, parfois accompagnée d'une plus grande capacité d'exploration des zones de pêche, etc. C'est ce que l'on appelle l'évolution technique (« technical creep »).

D'autres questions peuvent être spécifiques aux thonidés :

- les effets de la migration saisonnière sur les données de CPUE d'un seul pays ;
- l'effet des dispositifs de concentration de poissons (DCP) sur la CPUE ;
- la collaboration entre différents types d'engin lors de la pêche sous DCP⁴ ;
- le calcul de la CPUE comme indice d'abondance de la population pour une espèce dont les individus forment des bancs ;

⁴ Il arrive que les canneurs maintiennent un grand banc de poissons en surface tandis que les senneurs prélèvent une partie de ces poissons. Une partie de la prise peut être cédée au canneur qui a coopéré à cette opération. Dans ce cas, lorsque les canneurs sont échantillonnés au port, la composition de leurs prises sera différente de celles qu'ils obtiennent dans des circonstances normales. L'effort déployé pour capturer ces poissons sera également différent de l'effort exercé dans des conditions normales. Il pourrait être nécessaire d'ajouter une catégorie d'engin pour les canneurs participant à la pêche à senne, ce qui renvoie à la question de la détermination de la pêcherie qui doit être soumise à l'échantillonnage. La collaboration des senneurs dans la recherche et la capture du thon rouge en Méditerranée constitue une situation similaire. Dans ce cas, les CPUE des bateaux individuels ne sont pas cohérentes.

- le calcul de la CPUE lorsque les thonidés sont capturés à des fins d'élevage. Les données de taille et de poids obtenues sur le marché (par ex. au Japon) ne seront pas comparables aux données correspondant à des « poissons sauvages ».

Comme on dispose rarement de réponses claires à ces questions, il faudra soit accepter le postulat de proportionnalité avec grande prudence, soit recourir à une modélisation pour essayer d'améliorer la LPUE ou la CPUE comme indice d'abondance (Xiao *et al.*, 2004, part I). Les arbres de régression offrent une autre approche, moins normative, basée sur un modèle (Watters et Deriso, 2000).

La standardisation des CPUE est un véritable exercice de recherche. Les variables explicatives doivent généralement être sélectionnées dans une longue liste de variables candidates qui doivent inclure les interactions entre ces variables (ex. Rodríguez-Marín *et al.*, 2003). L'omission d'une variable importante pourrait provoquer un fonctionnement erratique du modèle lorsqu'il est utilisé pour faire des prédictions au-dehors du cadre spatio-temporel des observations utilisées pour ajuster le modèle. Les connaissances biologiques a priori sont le meilleur guide pour opérer une sélection initiale des variables indépendantes qui pourront ensuite être affinées par des méthodes statistiques (Burnham et Anderson, 2002). Une approche à éviter est celle de la sélection par degrés passant par toutes les variables disponibles. En effet, la signification statistique d'un prédicteur avec un jeu de données et un jeu de prédicteurs additionnels variera souvent de façon considérable en présence de conditions légèrement différentes. La distribution des valeurs résiduelles (=observées-ajustées) doit être sélectionnée parmi plusieurs possibilités statistiques qui comprennent la possibilité d'une CPUE de valeur zéro (Ortiz et Arocha, 2004). Le choix de la modélisation doit être fait en fonction de la distribution de l'erreur. La situation la plus simple est lorsqu'on peut considérer que $\log(\text{CPUE})$ a une distribution à peu près normale autour d'un modèle linéaire ignorant les zéros ; on appliquera dans ce cas les méthodes de régression linéaire des moindres carrés, qui sont décrites dans de nombreux manuels. Les autres distributions, comme celle de Poisson, impliquent l'utilisation d'un Modèle Linéaire Généralisé (McCullagh et Nelder, 1989). Les relations non linéaires peuvent être estimées avec des Modèles Additifs Généralisés (Hastie et Tibshirani, 1990). Ces derniers exigent de déterminer le degré de flexibilité qui sera admis dans les courbes ajustées et de spécifier la forme non linéaire des variables prédictives utilisées. Une autre considération à prendre en compte dans la modélisation est le fait que la pondération différentielle des observations aura différents degrés de fiabilité (Cotter et Buckland, 2004). On trouvera un résumé utile de la théorie de la modélisation dans le contexte des pêcheries chez Venables et Dichmont (2004).

Compte tenu de cette flexibilité associée aux approches de modélisation pour standardiser la LPUE et la CPUE, il est **essentiel** que les responsables qui transmettent les résultats du travail de modélisation à l'ICCAT résumant tous les choix et postulats réalisés et, dans la mesure du possible, justifient leurs décisions. Les graphiques de diagnostic ainsi obtenus (par ex. évolution des résidus par rapport aux CPUE prédites, normalité des résidus) doivent également être présentés pour démontrer que le modèle et la structure d'erreur ont été correctement choisis. La compréhension générale des bases d'une étude de modélisation, de ses points forts et de ses points faibles sera très utile lorsqu'on examinera l'information obtenue aux fins de l'évaluation et de la gestion d'un stock.

Les LPUE des bateaux de pêche peuvent varier considérablement d'une sortie à l'autre. Il est donc important d'utiliser l'estimateur approprié pour la LPUE moyenne dans une strate spatio-temporelle. Pour simplifier, on considérera uniquement deux sorties marquées comme $i = 1, 2$ dans lesquelles on aura retenu L_i poissons pour le débarquement après l'application de E_i unités d'effort de pêche. Il y a deux estimateurs différents de la LPUE moyenne :

$$\text{moyenne}_1(LPUE) = \frac{(L_1/E_1) + (L_2/E_2)}{2}$$

(1)

et

$$\text{moyenne}_2(LPUE) = \frac{L_1 + L_2}{E_1 + E_2}$$

(2)

Supposons, à titre d'exemple, qu'il y ait eu des prises contrastées de poissons de sorte que $L_1 = 1$, $L_2 = 100$, $E_1 = 1$, et $E_2 = 2$. Alors,

Il se peut qu'on dispose de données de CPUE provenant de sources indépendantes des pêcheries telles que des études menées par des bateaux de recherche ou des avions de détection. Ces informations offrent l'avantage de ne pas être influencées par les décisions commerciales affectant les lieux et les périodes de pêche ou, si elles sont correctement standardisées et documentées dans des SOP, par les changements d'engin et de techniques de pêche dans le temps. Par contre, les inconvénients de ces études sont qu'il est peu probable qu'elles couvrent toute la zone occupée par un stock et que le degré de chevauchement peut varier avec la saison, les migrations, voire d'une année sur l'autre. La conception de l'étude est également très importante. Ainsi, un quadrillage systématique sera peu efficace pour détecter des poissons si le stock est limité et regroupé dans de petites concentrations localisées qui se situent entre les nœuds du quadrillage. En général, les indices d'abondance de ces études ont une variance supérieure aux valeurs moyennes de LPUE issues d'une pêcherie commerciale étendue. Par ailleurs, ils sont souvent biaisés à cause de la disparité existant entre les lieux où se trouvent les poissons et les points d'observation des études. L'utilisation d'une série temporelle des résultats d'une étude exige le postulat solide selon lequel le biais de l'étude est constant dans le temps.

4.4.1 Questions spécifiques à l'ICCAT

Une question qui acquiert de plus en plus d'importance est le chevauchement entre le temps-espace « échantillonné » par l'engin et le temps-espace habité par les poissons ; le degré de chevauchement varie-t-il dans le temps ?

Pour les prises accessoires comme le makaire blanc de l'Atlantique, les seules séries temporelles disponibles de l'abondance relative sont les indices de CPUE issus des pêcheries. Les indices commerciaux proviennent de pêcheries très étendues, mais celles-ci peuvent avoir modifié leur distribution spatiale, l'engin (en passant à l'utilisation de palangres pouvant opérer à des eaux plus profondes) ou l'espèce visée dans le temps (des

hameçons placés sur des lignes plus profondes indiquent un changement de cible vers le thon obèse). D'autres données de CPUE proviennent de pêcheries sportives plus localisées qui ont toujours ciblé les makaires. On a proposé des formulations alternatives de GLM afin d'essayer d'éliminer les biais causés par les modifications de profondeur de pêche dans le temps (Babcock et McAllister, 2004).

Une autre méthode destinée aux espèces d'istiophoridés est l'application de modèles de standardisation « basés sur l'habitat » (Hinton et Nakano, 1996). Ces modèles intègrent la connaissance de paramètres comportementaux (préférences de profondeur et de température) et océanographiques pour standardiser des données historiques de séries temporelles de CPUE, ainsi que la prise en compte de changements importants d'engins dans le temps. L'idée de base est que si un hameçon est utilisé dans un environnement préféré par une espèce, il aura plus de probabilité de capturer des poissons de cette espèce (Hinton et Maunder, 2004). Bigelow *et al.* (2002) a utilisé la méthode de standardisation basée sur l'habitat pour créer des indices d'abondance relative basés sur la CPUE pour le thon obèse et l'albacore dans l'océan Pacifique. Ces indices ont été utilisés dans les évaluations menées dans l'océan Pacifique centre-ouest par le SPC (Hampton, 2002) et dans le Pacifique oriental par la CIATT (Maunder 2002). Le débat sur l'utilisation de modèles de standardisation « basés sur l'habitat » bat son plein.

4.4.2 Bibliographie

- BABCOCK, E.A. and M.K. McAllister (2004). Modelling biases and contradictions among catch rate indices of abundance for Atlantic white marlin (*Tetrapterus albidus*). Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT 56(1): 110-119.
- BIGELOW, K.A., J. Hampton, and N. Miyabe (2002). Application of a habitat-based model to estimate effective longline fishing effort and relative abundance of Pacific bigeye tuna (*Thunnus obesus*). Fish. Oceanogr. 11(3): 143-155.
- BURNHAM, K.P. and D.R. Anderson (2002). Model Selection and Multimodel Inference. New York, Springer
- COTTER, A.J.R. and S.T. Buckland (2004). Using the EM algorithm to weight data sets of unknown precision when modeling fish stocks. Mathematical Biosciences 190: 1-7.
- HAMPTON, J. (2002). Stock assessment of bigeye tuna in the western and central Pacific. Secretariat of the Pacific Community, Noumea, New Caledonia, SCTB 15, BET-1, 37 p.
- HASTIE, T.J. and R.J. Tibshirani (1990). Generalized Additive Models. Boca Raton, Chapman & Hall/CRC.335
- HINTON, M.G. and N. Nakano (1996). Standardizing catch and effort statistics using physiological, ecological or behavioural constraints and environmental data, with an application to blue marlin (*Makaira nigricans*) catch and effort data from Japanese longline fisheries in the Pacific. Bull. IATTC 21(4), 171-200.
- HINTON, M.G. and M.N. Maunder (2004). Methods for standardising CPUE and how to select among them. Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT 56(1): 169-177.
- MAUNDER, M.N. (2002). Status of yellowfin tuna in the eastern Pacific Ocean. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm. Stock Assessment Report 3: 47-134.
- MAUNDER, M.N. and A.E. Punt (2004). Standardizing catch and effort data: a review of recent approaches. Fish. Res. 70(2-3): 141-159.
- MCCULLAGH, P. and J.A. Nelder (1989). Generalized Linear Models. Boca Raton, Chapman & Hall/CRC.511
- ORTIZ, M. and F. Arocha (2004). Alternative error distribution models for standardization of catch rates of non-target species from a pelagic longline fishery: billfish species in the Venezuelan tuna longline fishery. Fish. Res. 70: 275-297.
- PALOHEIMO, J.E. and L.M. Dickie (1964). Abundance and fishing success. Rapports et Procès-verbaux des Reunions, Conseil Permanent International pour L'Exploration de la Mer 155(28): 152-163.
- RODRÍGUEZ-MARÍN, E., H. Arrizabalaga, M. Ortiz, C. Rodríguez-Cabello, G. Moreno, and L.T. Kell (2003). Standardisation of bluefin tuna, *Thunnus thynnus*, catch per unit effort in the baitboat fishery of the Bay of Biscay (Eastern Atlantic). ICES J. Mar. Sci. 60, 1216-1231.
- VENABLES, W.N. and C.M. Dichmont (2004). GLMs, GAMs and GLMMs: an overview of theory for applications in fisheries research. Fish. Res. 70(2-3): 319-337.

- WATTERS, G.M. and R.B. Deriso (2000). Catch per unit of effort of bigeye tuna: a new analysis with regression trees and simulated annealing. *Bulletin of the Inter-American tropical Tuna Commission* 21(8): 531-571.
- XIAO, Y.S., A.E. Punt, R.B. Miller, T.J. Quinn, II, eds. (2004). Models in fisheries research: GLMs, GAMs and GLMMs., *Fish. Res.* 70:137-428.

4.5 Échantillonnage génétique

4.5.1 Objectifs de l'échantillonnage génétique

Les outils de la génétique des populations fournissent des méthodes permettant d'identifier une série de caractéristiques dans une population donnée. C'est ainsi qu'il est particulièrement intéressant pour les pêcheries d'identifier certains aspects de l'espèce (groupes d'espèces, types d'espèce (c'est-à-dire les espèces individuelles), sous-espèces, stocks) ainsi que la structure, l'étendue et les limites géographiques de chacun des attributs de l'espèce.

L'identification des espèces peut être utile à appliquer lorsque les erreurs d'identification sont courantes. Par exemple, les petits albacores sont souvent confondus avec le thon obèse.

Aux fins d'une gestion efficace des thonidés grands migrateurs, il est important d'identifier les délimitations du stock (par exemple, pour le thon rouge de l'Atlantique). Cette approche se fonde sur la théorie selon laquelle la sous-division de la population peut aboutir à une différenciation génétique des populations isolées par dérive génétique et par sélection. Pour identifier les populations, l'approche générale consiste par conséquent à examiner la diversité/différence génétique à l'échelle d'une population.

Il est important de souligner que l'absence d'une spécificité génétique dans la sous-structure d'une population ne signifie pas que cette sous-structure n'existe pas. La différenciation génétique entre des stocks partageant le même bassin océanique peut être relativement faible, souvent du même ordre de grandeur que l'erreur d'échantillonnage. Les études génétiques de la structure des stocks doivent par conséquent accorder une attention particulière à la conception expérimentale et aux protocoles d'échantillonnage afin de maximiser le rapport : signal sur bruit, dans les données. Ceci dit, en raison des effets de la migration la différenciation génétique peut ne pas apparaître dans les populations de grandes dimensions. Les modèles théoriques de la différenciation des produits des gènes nucléaires et la différenciation de l'ADN mitochondrial indiquent que la migration de l'ordre des individus par génération peut être suffisante pour annihiler une différenciation génétique. Ce taux d'échange est minimum par rapport à la quantité qui serait nécessaire pour rétablir des populations épuisées à une échelle temporelle intéressante pour ceux qui exploitent ces populations. Compte tenu des limitations inhérentes à chaque méthode, la meilleure méthode pour évaluer la structure d'un stock est une approche holistique qui utilise toutes les informations disponibles à partir des études génétiques, démographiques, écologiques et du cycle vital (Waples, 1998).

4.5.2 Ciblage des échantillons

La sélection des échantillons à prélever sera définie par les objectifs du programme d'échantillonnage. L'échantillonnage local permettra d'appréhender les variations localisées et les mélanges de population à travers des analyses statistiques des données génotypiques. Un échantillonnage plus large identifiera des différences et similitudes génétiques à une plus grande échelle. Par exemple, s'il s'agit d'étudier les caractéristiques natales d'une population, il faudra cibler de petits individus qui devront se trouver dans leur zone natale. Par contre, les examens réalisés au niveau de la population exigeront le prélèvement d'échantillons provenant de toute la dimension géographique connue ou soupçonnée. La comparaison de profils génétiques dans différents échantillons séparés dans l'espace et/ou le temps peut démontrer l'existence de multiples pools génétiques ou stocks.

4.5.3 Dimension de l'échantillon

Les ressources financières disponibles limitent souvent la taille de l'échantillon qui peut cependant influencer de façon considérable les résultats des analyses génétiques. Le nombre de lieux et d'années échantillonnées augmentera également le nombre d'individus à échantillonner. En général, les programmes complets analysent plus de 100 échantillons par unité d'échantillonnage (par ex. espèce, lieu, année, etc.). La taille requise de l'échantillon dépendra de la différenciation génétique entre les individus de l'espèce dans différentes zones géographiques (par exemple). En outre, des études ont montré l'importance de maximiser les tailles de l'échantillon et la couverture temporelle. Les résultats d'études fondées sur des échantillons de petites tailles peuvent produire des valeurs positives erronées (par ex. Ely *et al.*, 2002). C'est pour toutes ces raisons qu'il est essentiel d'obtenir une assistance statistique appropriée lors de la planification du programme pour s'assurer que le programme d'échantillonnage défini permettra d'atteindre les objectifs du programme.

4.5.4 Procédures d'échantillonnage

Propreté des échantillons

Il faut éviter toute contamination. Le couteau doit être nettoyé (par exemple avec de l'éthanol) avant de découper chaque poisson. Il y aura un risque de contamination si l'on utilise un outil coupant sur différents poissons sans l'avoir nettoyé au préalable. Lorsqu'une contamination a pu se produire, cette circonstance devra être indiquée sur le formulaire correspondant à cet échantillon.

Échantillonnage

On peut échantillonner le foie, le cœur, les tissus du muscle squelettique ainsi que le sang, des parties de nageoires ou un morceau d'animal entier (en général, des larves ou des juvéniles). Il est recommandé de prélever les échantillons du cœur, du foie et du muscle sur un seul individu. L'accès à ces tissus peut être limité dans certaines pêcheries où la valeur commerciale du poisson dépend de son état. Le muscle blanc peut être le meilleur tissu dans ce cas. Pour échantillonner le muscle blanc, on prélèvera un lambeau cutané d'environ 9 cm de diamètre dans la partie centrale du corps entre la base de la nageoire dorsale et la ligne latérale afin de découvrir le muscle.

On prendra environ 4 cm³ (~5 g) de muscle, de cœur et de foie dans chaque cas. Le muscle et le foie sont recommandés pour les analyses d'ADN. On les nettoiera, découpera et lavera dans un tampon froid (par ex. 50mM EDTA). Certaines études ont montré que le rinçage augmente le rendement d'ADN mitochondrial circulaire fermé (ADNmt). On recommande d'utiliser de petits morceaux pour les analyses d'ADN afin de s'assurer que l'éthanol pénètre bien dans les tissus à stocker.

Il existe deux méthodes différentes pour stocker du matériel issu des poissons : la congélation ou l'éthanol. L'utilisation de ces deux méthodes dépend de la finalité de l'étude. La congélation est la meilleure méthode pour stocker des spécimens qui seront soumis à une électrophorèse et à d'autres analyses biologiques (ex. biochimie et physiologie) en raison de la fiabilité des enzymes *in vitro*. Un stockage cryogénique approprié préservera l'activité enzymatique et minimisera le risque de rupture (notamment quand on utilise de l'azote liquide). Les échantillons conservés dans de l'éthanol seront utilisés UNIQUEMENT dans des études génétiques telles que l'amplification et le séquençage de l'ADN. Les échantillons peuvent être stockés dans de l'éthanol à 96%.

L'échantillon devra être emballé dans un sac en plastique (s'il va être congelé) ou dans un flacon d'éthanol puis dans un sac en plastique (à éthanol). Dans chaque cas, les sacs doivent être revêtus d'une étiquette comprenant, dans la mesure du possible, la date, le bateau, l'espèce présumée, la taille, le poids, le sexe, le lieu de capture (latitude et longitude), le type de banc de thonidés et d'association, le type de tissu et un numéro unique d'échantillon. Tous les échantillons provenant d'un même poisson doivent être étiquetés sous le même code. Si le poisson a été utilisé dans d'autres études (maturité, etc.), on utilisera le même code dans toutes les études réalisées.

Si on congèle les échantillons, il faudra le faire le plus vite possible après le prélèvement. Si ce n'est pas possible, on conservera l'échantillon dans de la glace jusqu'à l'arrivée au laboratoire où on les mettra dans un congélateur.

Expédition d'échantillons congelés

Les échantillons doivent être expédiés au destinataire correspondant dans de la glace sèche (une glacière en mousse de polystyrène suffira). Si on ne dispose pas de glace sèche, la glacière peut être couverte de glace et mise au congélateur pendant quelques jours avant l'expédition. L'expédition doit être réalisée par fret aérien (Air Cargo System) dans un vol régulier sous forme de bagage personnel. Cette solution est plus rapide et moins coûteuse que les autres alternatives d'expédition. Il est recommandé d'envoyer la lettre de transport aérien au destinataire par télécopieur. Une autre solution consiste à envoyer le numéro d'expédition.

Expédition d'échantillons dans de l'éthanol

L'expédition au destinataire de sacs contenant des flacons peut être réalisée en utilisant le courrier normal ou n'importe quel autre système d'expédition.

4.5.5 Analyse des échantillons

L'analyse d'échantillons de tissus pour l'ADN requiert la participation d'un personnel formé et l'utilisation d'un équipement approprié. Nous allons décrire ci-dessous les techniques générales pour nous assurer que les lecteurs comprennent l'importance des analyses génétiques. Les articles cités dans la section Bibliographie contiennent de plus amples informations à ce sujet.

L'échantillon de tissu peut être divisé et l'on peut incuber de petits échantillons (ex. 100 mg, mais ceci dépendra de la sensibilité de la technique choisie) dans un tampon de digestion de 1 ml. La période d'incubation et la température dépendront du tissu et de la méthode utilisée (voir bibliographie). Les autres méthodes d'extraction de l'ADN comprennent entre autres les procédures standard au phénol/chloroforme suivies d'une précipitation à l'éthanol.

Identification de l'espèce

Les patrons électrophorétiques des allozymes et l'ADN mitochondrial (ADNmt) se sont avérées utiles pour distinguer les différentes espèces de thonidés. L'ADN est le principal objet d'examen étant donné qu'il est identique dans tous les types de cellule d'un organisme, tandis que les protéines peuvent varier d'un tissu à l'autre. En outre, l'ADN est stable et fournit plus d'informations que les protéines. Par ailleurs, on a constaté que les techniques électrophorétiques sont moins efficaces dans la différenciation des espèces de thonidés (Bartlett et Davidson, 1991).

L'analyse des haplotypes de l'ADNmt a également été utilisée pour identifier les espèces. Ainsi, on a utilisé les haplotypes ATCO d'ADNmt pour différencier les prises de thon obèse des prises d'albacore. Ward (1995) a observé que l'analyse du RFLP (polymorphisme de taille des fragments de restriction) de plusieurs gènes mitochondriaux a permis de distinguer sans équivoque les sept espèces *Thunnus* à partir de haplotypes exclusifs. Cette découverte a été étayée par des tests d'allozymes et d'ADNmt (Ward 1995).

Discrimination de la population

Bien qu'on ait analysé des allozymes pour quantifier les niveaux de variation génétique au sein d'une population et entre différentes populations, il existe aujourd'hui des méthodes plus efficaces comme les techniques de microsatellites d'ADN nucléaire et l'analyse de la région de contrôle de l'ADNmt (boucle D).

Même si l'importance de l'ADNmt dans l'identification de la sous-division des populations a été largement documentée, il se peut que les analyses fondées sur les seules fréquences des haplotypes de l'ADNmt reflètent en fait la dispersion spécifique au sexe ou les schémas de migration. Ceci est dû au fait que l'ADNmt n'est transmis que par le parent femelle. En outre, la nature non recombinante du génome de l'ADNmt fait en sorte qu'il se comporte comme un seul locus génétique, ce qui peut réduire le pouvoir de détection d'une différenciation génétique significative (Greig *et al.*, 1999). C'est pour cette raison que les analyses de la structure des populations qui fournissent les meilleures informations combinent de multiples loci pour tester la similitude des caractéristiques phylogénétiques.

4.5.6 Analyse des résultats

Les niveaux de variation génétique peuvent être évalués en termes de nombres d'allèles par locus et d'hétérozygote observée (H_{obs}) et d'hétérozygote attendue de Hardy-Weinberg (H_{exp}) (uniquement pour l'ADN nucléaire). On peut évaluer la signification de la variation génétique en comparant H_{obs} avec H_{exp} et en faisant des tests de détection à partir de l'équilibre de Hardy-Weinberg entre les échantillons.

On peut évaluer l'homogénéité de la fréquence des allèles des microsatellites entre des populations temporelles et spatiales. Les échantillons temporels d'une même zone spatiale peuvent être regroupés s'ils ne présentent pas une différence significative dans la fréquence des allèles. On peut alors comparer les données spatiales. On recommande d'utiliser la procédure de correction de Bonferroni (Rich, 1989) pour ajuster les seuils de significativité permettant de réaliser de comparaisons multiples. La différenciation de la population peut aussi être évaluée en utilisant l'analyse de la variance moléculaire (AMOVA) (Excoffier *et al.*, 1992).

Une autre technique consiste en l'analyse hiérarchique de la diversité nucléotidique en tant que mesure de la différenciation de la population (Holsinger et Mason-Gamer, 1996). Cette méthode permet l'examen de populations structurées sur le plan géographique en utilisant un site de restriction et des données de la séquence

d'ADN où la variation n'est pas héritée de façon indépendante. Les populations sont regroupées en fonction du temps moyen de coalescence pour des paires de haplotypes. Les résultats sont exposés dans un dendrogramme qui montre le rapport entre les populations après avoir rééchantillonné les données 10 000 fois. Des valeurs P significatives indiquent que le temps moyen de coalescence pour deux haplotypes extraits du même nœud d'un arbre est inférieur à celui de deux haplotypes extraits de nœuds différents.

4.5.7 Bibliographie

- APPLEYARD, S.A., P.M. Grewe, B.H. Innes, and R.D. Ward (2001). Population structure of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) in the western Pacific Ocean, inferred from microsatellite loci. *Marine Biology* 139: 383-393.
- BARTLETT, S.E. and W.S. Davidson (1991). Identification of *Thunnus* tuna species by the polymerase chain reaction and direct sequence analysis of their mitochondrial cytochrome b genes. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 48, 309-317.
- ELY, B., D.S. Stoner, J.R. Alvarado Bremer, J.M. Dean, P. Addis, A. Cau, E.J. Thelen, W.J. Jones, D.E. Black, L. Smith, K. Scott, I. Naseri, and J.M. Quattro (2002). Analysis of nuclear *ldhA* gene and mtDNA control region sequences of Atlantic northern bluefin tuna populations. *Mar. Biotechnol.* 4, 583-588.
- EXCOFFIER, L., P.E. Smouse, and J.M. Quattro (1992). Analysis of molecular variance inferred from metric distances among DNA haplotypes-Application to human mitochondrial DNA restriction data. *Genetics* 131, 479-491.
- GREIG, T.W., J.R. Alvarado Bremer, and B. Ely (1999). Preliminary results from genetic analyses of nuclear markers in swordfish, *Xiphias gladius*, reveal concordance with mitochondrial DNA analyses. *Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT*, 49(1): 476-482.
- HOLSINGER, K.E. and R.J. Mason-Gamer (1996). Hierarchical analysis of nucleotide diversity in geographically structured populations. *Genetics* 142, 629-639.
- PUJOLAR, J.M., M.I. Roldán, and C. Pla (2003). Genetic analysis of tuna populations, *Thunnus thynnus* *thynnus* and *T. alalunga*. *Marine Biology* 143, 613-621.
- WAPLES, R. (1998). Identifying stock structure and resolving stock mixtures in tuna. *Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT* 50, 207-208.
- WARD, R.D. (1995). Population genetics of tunas. *J. Fish Biol.* 47, 259-280.

4.6 Marquage

De nombreuses Organisations des Pêches, établies dans le monde entier, marquent actuellement des thonidés et des istiophoridés, ce qui explique que les pêcheurs et les conserveries de nombreux pays différents ont la possibilité de trouver des poissons marqués. L'ICCAT a mis au point un programme international de marquage dans l'océan Atlantique et dans les mers adjacentes. Une série de pays membres participent aujourd'hui à ce programme et libèrent de nombreux thonidés, istiophoridés et espèces voisines après leur avoir apposé des marques soit « conventionnelles » soit électroniques de différents types (émetteurs acoustiques, marques-archives, marques-archives pop-up (voir section 4.7)). Les thonidés et les istiophoridés sont marqués pour obtenir des informations concernant leurs déplacements, leurs migrations, la structure du stock, leur croissance, la taille de leur population, leur mortalité, leur comportement en banc et leur physiologie, ainsi que pour examiner les effets de différents modes de pêche sur les poissons et sur les pêcheries.

Le marquage de ces poissons – grands et très actifs – n'étant pas une tâche facile, les scientifiques qui possèdent une expérience limitée dans ce domaine pourront bénéficier de l'expérience de ceux qui pratiquent le marquage depuis un certain temps.

Ce programme ne sera couronné de succès que si l'on garantit la collaboration entre les pêcheurs et l'industrie pour récupérer ces marques. On pourra prévoir de fortes récompenses associées à la récupération de poissons marqués, en particulier s'il s'agit d'une marque électronique. Ces récompenses seront versées par l'institut de recherche impliqué dans la campagne de marquage. En outre, l'ICCAT procède chaque année à des tirages au sort de récompenses sur la base des marques récupérées (voir le point 4.6.4 ci-dessous) dans le but d'inciter les pêcheurs à reporter la découverte des marques. Ceci dit, bon nombre des marques qui ont été renvoyées par le passé ne contenaient pas de données ou des données incomplètes, ce qui indique la nécessité d'améliorer les systèmes de collecte de l'information requise pour les poissons marqués qui sont recapturés.

Cette section du Manuel d'opération récapitule les méthodes utilisées pour marquer les thonidés et les istiophoridés ainsi que pour garantir la restitution des marques issues de poissons recapturés et de l'information recherchée.

4.6.1 Expériences de marquage dans l'évaluation et la gestion des stocks de thonidés dans la zone ICCAT

Les thonidés sont très appréciés par les pêcheurs commerciaux et récréatifs. Cependant, leur taille et leur vitesse de déplacement font en sorte que l'étude de leur comportement et de leur biologie est une tâche difficile, en particulier lorsqu'ils sont en liberté. Leur physiologie thermorégulatoire et leur taille leur permettent de se déplacer entre les eaux polaires et les eaux chaudes ou tropicales pendant des semaines ou des mois. En revanche, de nombreuses incertitudes persistent sur leur schéma migratoire, de l'endroit où ils fraient ou de la structure de leurs populations. Cette absence d'information s'est accompagnée de la disparition récente de certains stocks de thonidés (par ex. le thon rouge de l'Atlantique). Le rapport du Comité de l'US National Research Council (NRC, 1994) sur la situation du thon rouge de l'Atlantique indiquait que les recherches menées sur la biologie de cette espèce étaient insuffisantes pour aborder les principales questions biologiques concernant la gestion de cette pêcherie. Ce rapport recommandait notamment d'utiliser de nouveaux outils tels que les marques électroniques pour résoudre la question de la structure de la population.

L'ICCAT gère actuellement les ressources de thons rouge de l'Atlantique nord-ouest et de l'Atlantique nord-est/Méditerranée comme étant deux unités de gestion distinctes. On considère qu'il existe un stock dans l'Atlantique Est, avec une zone de reproduction en mer Méditerranée, et on présume l'existence d'un second stock dans l'Atlantique Ouest avec une zone de reproduction dans le Golfe du Mexique (Metcalfé *et al.*, 2002). Le rapport du NRC recommandait de réexaminer cette hypothèse des deux stocks (NRC, 1994). La principale incertitude soulignée dans ce rapport concernait l'étendue des déplacements du thon rouge entre l'Atlantique Est et Ouest et à l'intérieur de chaque zone, la fidélité à la zone de frai et les répercussions que ces déplacements transocéaniques ont sur le choix d'une stratégie de gestion.

Pour comprendre le cycle vital du thon rouge et des autres espèces de thonidés et pour développer des stratégies de gestion efficaces, il faut identifier et quantifier les caractéristiques temporelles et spatiales de leurs déplacements dans les océans. La résolution des questions relatives à la structure du stock de thon rouge de l'Atlantique est cruciale pour la gestion de l'espèce. Il est difficile d'obtenir des informations sur les schémas de dispersion des poissons pélagiques ayant une grande répartition géographique étant donné la faible résolution offerte par les outils analytiques disponibles pour étudier ces poissons en liberté.

Les résultats des études de marquage conventionnel montrent que toutes les classes de thon rouge ont tendance à effectuer des traversées atlantiques (NRC, 1994). On a cependant besoin aujourd'hui de technologies qui permettent d'augmenter le volume de données concernant le marquage conventionnel afin d'améliorer la définition des délimitations géographiques des stocks. Un problème essentiel qui se pose dans la gestion des thonidés, en ce qui concerne la fidélité à la zone de frai, consiste à déterminer si les individus qui traversent l'Atlantique fraient dans une seule zone (par ex. dans le Golfe du Mexique ou en Méditerranée) ou dans les deux zones indiquées. Les recherches récentes menées avec des marques électroniques pour étudier les déplacements et la structure de la population du thon rouge de l'Atlantique soutiennent l'hypothèse de deux stocks et prouvent l'existence de différentes zones de frai qui se chevauchent dans des aires trophiques de l'Atlantique Nord. Les résultats montrent également l'existence de zones très actives de frai du thon rouge dans les eaux du talus nord du Golfe du Mexique (Block *et al.*, 2005).

4.6.2 Programmes de marquage

De nombreuses organisations de recherche mènent des programmes de marquage destinés à collecter des données sur les thonidés et espèces voisines dans différentes régions de l'Atlantique. On trouvera une liste des programmes récents ou en cours d'exécution sur le site : www.iccat.int/tagging.htm

L'ICCAT dresse l'inventaire des marques qui sont apposées sur les poissons. Les scientifiques qui réalisent des campagnes de marquage doivent transmettre les informations utiles (type de marque, numéro, zone, engin, date, espèce, taille, etc.) à l'ICCAT afin que l'inventaire soit constamment mis à jour.

4.6.3 Expériences de marquage opportuniste ou dirigé ?

Le choix de l'approche particulière utilisée pour capturer et marquer des thonidés dépend de l'objectif du programme de marquage.

S'il s'agit de faire participer les pêcheurs aux activités de marquage afin d'accroître leur prise de conscience et leur responsabilité quant à la conservation des poissons (par ex. en encourageant les pêcheurs sportifs à relâcher les poissons vivants au lieu de les tuer), le marquage opportuniste sera approprié, mais limitera considérablement la possibilité d'obtenir des données scientifiques utiles. Cette limitation ne concerne pas uniquement les lieux de marquage et le nombre de poissons marqués dans une population (car aucun objectif n'est posé par rapport aux objectifs scientifiques), mais peut également entraîner de faibles taux de récupération des marques soit parce que les poissons ne sont pas manipulés avec le soin voulu pour garantir une longue survie après le marquage, soit – et c'est plus probable – parce qu'on n'a pas fait les efforts suffisants pour établir un bon programme de récupération des marques, soit parce qu'on n'a pas fait la publicité adéquate ou suffisante au sujet des remises à l'eau de poissons marqués et/ou qu'il n'existe pas de système structuré pour transmettre les informations issues des récupérations aux responsables du marquage et pour payer les récompenses. La récupération dans de bonnes conditions des poissons marqués et la collecte de données précises concernant la récupération constituent la clef du succès de n'importe quel programme de marquage.

Cette constatation indique que les programmes de marquage doivent être soigneusement planifiés en définissant clairement leurs objectifs (par ex., estimation de l'abondance de la population ; estimation des taux de mortalité ; identification des stocks/routes migratoires ; évaluation des pêcheries qui exploitent un stock concret, et.).

Au moment de planifier un programme de marquage, il est important d'avoir une idée de la taille du « stock », de l'étendue de sa distribution géographique et du taux probable de récupération des marques. Ces facteurs sont importants pour estimer le nombre de poissons qui doit être marqué, les lieux et les moments du marquage, afin d'obtenir des résultats solides du point de vue statistique. Il est également important de se demander qui sera susceptible de capturer ces poissons, de savoir s'ils peuvent être utilisés à des fins de marquage ou s'il faut réaliser une pêche expérimentale pour marquer un nombre suffisant de poissons dans le(s) lieu(x) approprié(s).

4.6.4 Récupération des marques, publicité et récompenses

Les expériences de marquage sont d'habitude des opérations coûteuses qui requièrent l'utilisation de bateaux, un personnel expérimenté et, si on utilise des marques électroniques, l'embarquement d'instruments coûteux. Il est donc indispensable d'utiliser les ressources suffisantes pour encourager les pêcheurs à restituer les marques avec les données précises concernant leur récupération et, le cas échéant, la carcasse des poissons. Ces considérations sont particulièrement importantes lorsque les thonidés possèdent une valeur commerciale élevée. Il arrive souvent, surtout dans le cas du marquage opportuniste, que les programmes de marquage n'obtiennent pas tout le

succès escompté parce qu'on n'alloue pas les ressources suffisantes à la publicité et au paiement des récompenses visant à garantir la récupération maximale des marques.

Publicité et récompenses

Le nombre de marques récupérées augmentera de façon considérable si l'on effectue une bonne publicité et si l'on prévoit des systèmes de récompenses associés à un bon programme d'étude de la prise/stock (voir plus bas). À cet effet, les programmes de récupération des marques doivent comprendre :

- la recherche de la zone géographique probable de récupération des marques
- la publicité du programme de marquage dans la zone géographique appropriée et dans la/les langue(s) locale(s)
- des programmes adéquats d'étude des marques et des échantillons d'une taille suffisante
- des instructions claires à l'attention des pêcheurs
- une incitation à déclarer les marques et à envoyer l'information correspondante.

Recherche de la zone géographique probable de récupération

Les programmes de marquage doivent tenir compte de la probabilité de récupération des poissons marqués. Dans les pêches maritimes, la zone de récupération peut être très vaste, mais peut être réduite de façon considérable grâce aux informations issues des données de prise ou des études de marquage antérieures. Dans le cas des programmes de marquage électronique, il faudra réaliser des études avec des marques conventionnelles, avant le marquage, afin d'obtenir une estimation grossière de l'endroit où seront récupérées les marques électroniques et du type de pêcheries qui sera ciblé. Ensuite, on pourra appliquer les techniques de pêche standard pour récupérer les marques ou examiner les prises comme pour les marques conventionnelles.

Publicité du programme de marquage

Au départ, il est important d'annoncer clairement les objectifs, le type de marque, le type de marque secondaire (si elle est utilisée) et les éventuelles récompenses offertes. Les personnes qui pourraient récupérer les marques ou apprendre qu'une récupération s'est produite (pêcheurs, manipulateurs de poisson, pêcheur sportifs, etc.) doivent être informés que le poisson qu'elles manipulent peut contenir des marques de différents types. Il est important de souligner la valeur scientifique du programme de marquage et l'importance des données contenues dans les marques électroniques (si elles sont utilisées) ainsi que les avantages globaux qu'offrent les données pour protéger et, probablement, pour améliorer l'évaluation et la gestion des stocks.

Cette publicité peut comprendre :

Des **annonces** dans des journaux internationaux, nationaux et locaux. Si le programme de marquage a une base locale, il sera probablement plus efficace de l'annoncer uniquement dans la presse locale afin d'insister sur la probabilité de récupérer à cet endroit les poissons marqués.

Des **affiches**. Elles devront montrer les caractéristiques qui permettront d'identifier un poisson marqué (présence d'une marque externe, d'une attache sur une nageoire, d'une marque, etc.) et une adresse de contact clairement identifiée pour restituer le poisson ou la marque. Les affiches ont été largement utilisées dans des études de marquage conventionnel et électronique et ont été exposées à des endroits visibles dans les établissements de transformation des poissons et dans les ports de pêche. La langue dans laquelle l'affiche est imprimée devrait être personnalisée pour les régions dans lesquelles il est prévu de récupérer des marques.

Des **présentations publiques**. L'expérience a montré que les relations directes entre les scientifiques et les pêcheurs commerciaux ou le public améliorent le taux de récupération des marques et laissent une impression plus durable des objectifs du programme. Les présentations publiques doivent être dirigées aux pêcheurs, aux organisations halieutiques, aux centres de transformation, aux groupes de représentation locale et à tous les utilisateurs des ressources sous étude. Le contact direct avec les pêcheurs ou d'autres contacts locaux à travers des entretiens locaux permet de résoudre rapidement les questions éventuelles et d'établir un dialogue précieux entre les scientifiques et le public.

Un **rappel ultérieur**. On a constaté que le rappel du message original et des contacts initiaux est une mesure efficace pour obtenir des marques qui n'auraient probablement pas été récupérées dans le cas contraire, surtout si les marques peuvent être récupérées pendant plus d'une saison de pêche.

Programme de recherche des marques et dimension de l'échantillon

Le problème de la récupération des marques subsiste même si la zone générale d'activité a été identifiée. Dans les pêches maritimes où les bancs peuvent avoir une grande dimension par rapport au nombre de poissons marqués, il se peut qu'on doive capturer un nombre élevé de poissons pour garantir la récupération d'une seule marque. En général, les programmes de marquage en mer sont associés aux pêcheries commerciales dans lesquelles on peut examiner un nombre élevé de poissons. L'idéal serait de pouvoir examiner la capture complète pour trouver les marques. Si ceci n'est pas possible, on examinera une proportion suffisante de la capture. Les nombres d'individus dépendront de la taille estimée des bancs, de leur distribution temporelle et spatiale et du nombre de poissons marqués et remis à l'eau au départ. On pourrait obtenir de meilleurs résultats s'il était possible de soumettre des captures complètes à un examen de routine à bord des bateaux de pêche ou dans les usines de transformation. Ceci pourrait être réalisé par le personnel scientifique au port, par des observateurs scientifiques à bord des bateaux ou par certains pêcheurs dûment formés à cet effet.

Instructions claires aux pêcheurs et aux manipulateurs de poisson

Les instructions relatives à l'extraction des marques et aux procédures à suivre pour enregistrer les informations utiles ou pour retenir le poisson doivent être publiées avant la période de marquage, puis être rappelées lorsque la pêcherie est en cours. Dans certains programmes de recherche, il peut être important de récupérer la carcasse du poisson pour examiner sa croissance et son état ou pour déterminer si le frai a eu lieu. Dans le cours des opérations intensives de pêche commerciale et dans des usines de transformation ayant une grande activité, la récupération des marques ne doit pas interférer outre mesure avec le travail de routine ou avec les opérations commerciales. Si le retrait de la marque est une opération simple, il sera plus facile d'obtenir la collaboration des pêcheurs ou des manipulateurs de poisson qui auront le plus de chance de trouver des poissons marqués. Ceci peut se faire dans le cadre d'un contrat ou en prévoyant le paiement d'un prix pour chaque marque récupérée. Dans certains cas, le temps dont disposeront les pêcheurs ou les manipulateurs pour récupérer les marques sera très limité et il sera préférable de faire appel à un personnel dûment formé pour examiner les débarquements et retirer les poissons marqués.

Incitation à déclarer les marques

Les données de marquage sont surtout utiles si elles impliquent l'utilisation de marques électroniques étant donné que les données enregistrées, ne fût-ce que par une seule marque-archive, peuvent être très importantes. Il est par conséquent essentiel d'offrir une bonne récompense à la récupération des marques, à plus forte raison si celle-ci est le fait de pêcheurs commerciaux ou de manipulateurs de poisson. Les récompenses suivantes ont été utilisées dans le programme de récupération des marques conventionnelles avec des degrés variables de succès :

(a) Récompenses monétaires

Il s'agit d'une coutume ancienne, mais il est souvent difficile de fixer le montant de la récompense monétaire. S'il s'agit de récupérer des marques de transmission pour les réutiliser, le montant doit être inférieur au coût d'une nouvelle marque. Dans le cas des marques qui enregistrent des données, la valeur doit être déterminée par rapport au coût du programme de marquage, à la valeur des données et à l'effort requis pour obtenir les récupérations des marques, bien que ceci soit parfois difficile à estimer en termes de coût/rendement. L'ICCAT offre une récompense de 1 000 US\$ pour la restitution de chaque marque-archive implantable et 500 US\$ pour chaque marque-archive pop-up par satellite externe dans le cadre de ses programmes de marquage de thon rouge et d'istiophoridés de l'Atlantique (Prince & Cort, 1997).

(b) Cadeaux

On préfère souvent les cadeaux parce qu'ils sont plus faciles à administrer et souvent mieux reçus, à plus forte raison s'ils ont une grande « popularité ». Des organismes établis dans de nombreux pays du monde offrent des T-shirts, des survêtements, des badges et des casquettes qui se prêtent tous à la pratique des collections.

(c) Information

La restitution des marques peut souvent être rendue plus attrayante s'il existe un retour d'information à la personne qui a récupéré la marque, en particulier si celle-ci travaille dans l'industrie halieutique. En général,

l'information sera transmise sous forme d'une brochure décrivant les objectifs de l'étude de marquage et contenant des informations sur le poisson marqué qui a été récupéré et sur les résultats généraux du programme.

(d) Reconnaissance

La publication de la liste des personnes qui ont récupéré des marques dans un institut ou dans un bulletin de pêche est souvent utile pour faire la publicité du programme de marquage et pour promouvoir la récupération des marques.

(e) Tirages au sort

Un tirage au sort est une mesure générale qui peut être utile pour améliorer les taux de restitution des poissons marqués. L'ICCAT organise trois tirages au sort annuels - pour les istiophoridés, pour les thonidés tempérés et pour les thonidés tropicaux - qui octroient chaque fois un prix de 500 US\$ au vainqueur. Le tirage au sort des marques de l'ICCAT a lieu chaque année pendant la réunion du SCRS.

4.6.5 Méthodes de capture du poisson

De nombreuses méthodes visant à capturer des thonidés vivants, comme la pêche à la ligne, au filet et à la madrague, peuvent être utilisées dans les programmes de marquage et remise à l'eau à l'aide de marques conventionnelles ou électroniques. Les poissons peuvent être marqués quelques secondes ou minutes après avoir été pris, c'est-à-dire pendant l'opération de capture (canneur, ligneur ou engin de pêche sportive). Dans d'autres circonstances, une période plus longue peut s'écouler entre la prise et le marquage, auquel cas le marquage n'a pas lieu pendant l'opération de capture (sennes, madragues, filets maillants ou palangres). Les expériences dans lesquelles le poisson est marqué quelques secondes ou minutes après avoir été capturé sont nettement plus productives. Les taux de récupération des thonidés pris à la senne pour être marqués sont inférieurs à ceux des thonidés pris par des canneurs pour être marqués, et les taux de récupération diminuent au fur et à mesure qu'augmente le temps que passe le poisson dans le filet avant d'être marqué et remis à l'eau (Bayliff, 1973). Il arrive dans certains cas qu'une partie importante des poissons marqués et remis à l'eau dans des madragues soit recapturée quelques jours plus tard dans les mêmes madragues.

Des méthodes spéciales ont été mises au point pour capturer et marquer les espèces de grands pélagiques telles que les requins, les thonidés, les istiophoridés et les voiliers, qui sont difficiles à manipuler et à endormir à bord du fait de leur taille et de leur force. La principale technique de capture est la pêche à la canne menée par des bateaux qui utilisent des leurres avec des hameçons spéciaux sans barbillon. Le poisson est rapidement manipulé sans anesthésie et on veille à ne pas causer de dommage sur sa peau en utilisant des berceaux de marquage rembourrés par une mousse protectrice recouverte de plastique doux (Williams, 1992).

4.6.6 Manipulation du poisson

Une fois capturé, le poisson doit être manipulé avec soin. Il doit être marqué, libéré et remis à l'eau aussi vite que possible, à condition qu'il semble capable d'avancer dans l'eau. Dans le cas contraire, si le poisson semble épuisé ou s'il présente des signes de stress (c'est-à-dire coloration ou lésions évidentes) l'empêchant de s'éloigner après la remise à l'eau, tous les efforts possibles devraient être déployés en vue de le réanimer (*cf.* Prince *et al.*, 2002 pour les méthodes de réanimation des thonidés et des istiophoridés). Il convient d'éviter de le laisser tomber sur le pont ou de le cogner contre le flanc du bateau ou sur la cloison. Le poisson capturé devra être maintenu à l'horizontale et on veillera à ne pas toucher ses branchies avec les doigts. Seuls les poissons en bonne santé seront marqués et remis à l'eau. Ceci est important non seulement à des fins de conservation du poisson, mais aussi parce que les marques électroniques (si elles sont utilisées) sont coûteuses, raison pour laquelle il est fondamental que le poisson vive longtemps.

On ne dispose pas toujours des conditions idéales pour manipuler le poisson dans les expériences réalisées sur le terrain. L'installation du dispositif destiné à la récupération et à l'anesthésie des poissons peut être difficile en raison des limitations d'espace ou du mauvais temps en mer. L'expérimentateur doit alors évaluer les difficultés relatives que représente l'application de l'anesthésie face au traumatisme éventuel et au dommage que pourrait causer la manipulation d'un poisson non anesthésié, même s'il se peut que les questions légales soient prépondérantes. Lorsque les marques peuvent être appliquées rapidement et sans dommage, l'anesthésie est souvent remplacée par des méthodes plus simples consistant à tranquilliser le poisson pendant le marquage comme, par exemple, le maintien d'un linge humide sur les yeux. De façon générale, on n'utilise pas la méthode de l'anesthésie pour marquer les thonidés ou les istiophoridés. Le processus de capture est probablement beaucoup plus stressant et plus long que l'application de la marque, même si l'on utilise des marques électroniques, qui ne requièrent en général qu'une opération chirurgicale mineure. On pratique donc le bandage

des yeux qui calme normalement le poisson. Des instruments spéciaux ont été mis au point pour faciliter ce processus et pour réduire au minimum le temps de manipulation (voir plus bas et Block *et al.* (1991a, 1991b, 1998a), Carey & Robison (1981), Holland *et al.* (1990a; 1990b), Williams 1992; Prince *et al.* 2002).

Block *et al.* (1998a) a élaboré une méthode très efficace pour capturer et manipuler le thon rouge atlantique (*Thunnus thynnus*) qui peut être utilisée pour placer des marques-archives et pour faire des études de suivi acoustique. Les poissons sont capturés avec de lourds palans en utilisant des hameçons circulaires et un appât présenté sur une perche (« chunk fishing »), une technique qui permet de traquer le poisson afin de réduire le temps de lutte. Le poisson est hissé à bord du navire de marquage en l'accrochant par la bouche, par l'extrémité du maxillaire inférieur à l'aide d'une petite gaffe et en le tirant à travers une « porte à thonidés », située à la poupe, jusqu'au pont sur un tapis humide. Les yeux du poisson sont immédiatement couverts d'un linge humide doux et les branchies sont alors oxygénées à l'aide d'un tuyau de lavage d'eau de mer alors que la marque est apposée à l'intérieur de la cavité corporelle. Cette méthode peut également être utilisée pour manipuler des poissons de grande taille (jusqu'à 250 kg) sans présenter de grands risques de lésions pour les poissons. Une technique similaire a été utilisée pour le thon rouge du sud (Gunn *et al.*, 1994)

Nous reproduisons ci-dessous différentes méthodes de manipulation des thonidés et espèces voisines qui ont été décrites dans l'article technique sur les pêcheries publié par la FAO « Materials and methods for tagging tuna and billfishes, recovering the tags and handling the recapture data » (Bayliff et Holland, 1986). Par ailleurs, un guide plus récent des méthodes de marquage pour l'évaluation des stocks et les recherches des pêcheries a été publié dans un rapport du projet d'action concertée FAIR (CATAG) (Thorsteinsson, 2002).

Méthode de marquage dans l'eau

Cette méthode est employée par les pêcheurs commerciaux, les pêcheurs récréatifs et les scientifiques qui utilisent des marques conventionnelles ou des marques-archives pop-up par satellite pour les poissons généralement trop grands ou trop dangereux pour être hissés à bord du bateau (Prince *et al.*, 2002 ; Ortiz *et al.*, 2003 ; Prince et Goodyear, 2006). Le poisson est emmené le long du navire et, alors que le bateau avance lentement vers l'avant, on procèdera au marquage mais uniquement lorsque le poisson aura été « réduit » jusqu'à un point où il se sera calmé et sera plus facile à manipuler. Par le passé, cette approche a parfois été considérée comme moins avantageuse que d'autres méthodes en raison d'un certain manque de contrôle des poissons dans l'eau et du mauvais état des poissons à la suite de la lutte menée pendant la capture. Par ailleurs, il n'est pas toujours possible de mesurer précisément les poissons manipulés de cette manière. Cependant, de nouveaux dispositifs et de nouvelles techniques de manipulation des poissons ont été mis au point afin de contrôler les poissons le long du bateau et de les positionner dans l'eau de sorte à garantir l'apposition des marques de façon sûre et précise (Prince et Goodyear, 2006 ; **Figure 4.6.1**). En outre, des méthodes novatrices ont également été élaborées afin de réanimer les thonidés et les istiophoridés en utilisant cette méthode et ces procédures ont considérablement accru la survie des poissons marqués et remis l'eau (Prince *et al.*, 2002). De plus en plus, les efforts visant à réanimer les poissons marqués sont considérés comme fondamentaux pour la survie après marquage (Prince et Goodyear, 2006). En d'autres termes, les méthodes de marquage dans l'eau ont évolué au fil du temps, et l'approche initiale relativement rudimentaire a cédé le pas à une approche de plus en plus sophistiquée. Historiquement, cette approche s'est avérée précieuse, notamment pour le marquage d'espèces rares, telles que les istiophoridés, pour lesquelles les méthodes commerciales de capture sont souvent impraticables. Dans d'autres cas, la méthode dans l'eau est utile lorsque aucune autre méthode ne permet de manipuler les très gros poissons de façon sûre et les récupérations de poissons marqués de cette manière ont contribué dans une large mesure à l'enrichissement de nos connaissances sur la biologie des grands thonidés et istiophoridés (Ortiz *et al.*, 2003). Une grande proportion de la base de données de marquage de l'ICCAT sur les espèces de grands pélagiques inclut des données issues de cette méthode, notamment des programmes de marquage opportunistes.

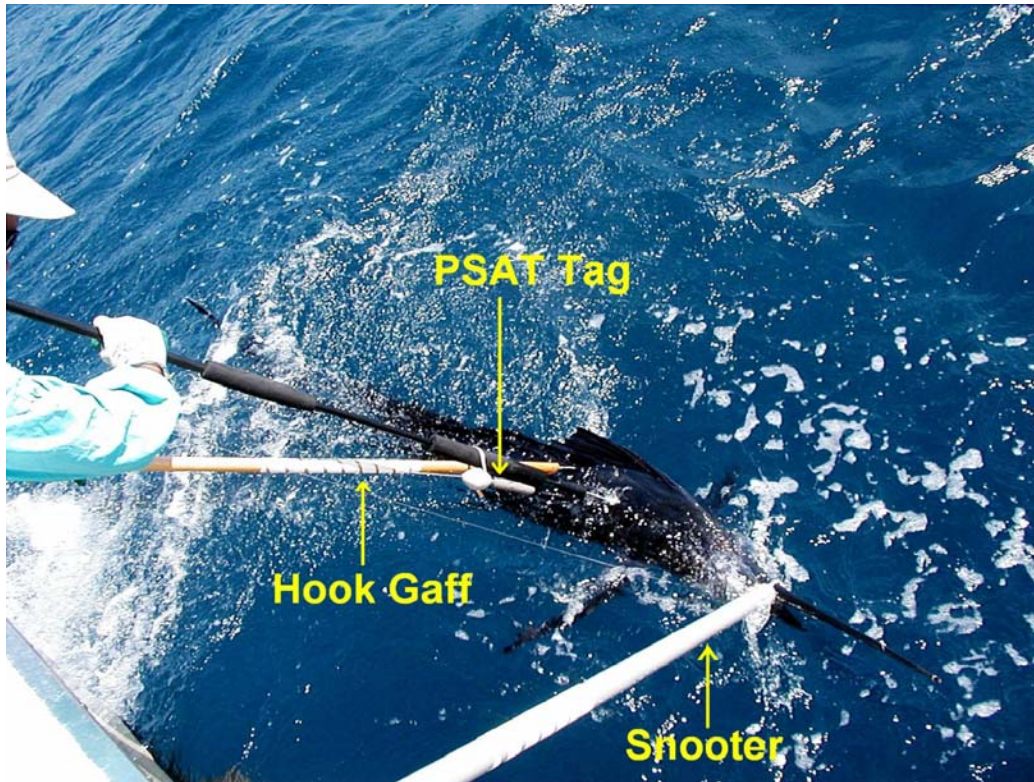


Figure 4.6.1. Un « snooter » (« lasso » composé d'un tube en PVC et de câbles métalliques) et une petite gaffe à hameçon (perche en bois) sont utilisés conjointement pour contrôler ce voilier de l'Atlantique en vue de garantir une apposition sûre et précise d'une marque PSAT. Réimpression avec l'autorisation de l'Océanographie des pêcheries.

Winging (marquage sous le bras)

Cette méthode a été utilisée de temps à autre avec le listao (*Katsuwonus pelamis*, Yamashita & Waldron, 1958) et le germon (*Thunnus alalunga* (Laur, *et al.*, 1976). Lors de l'opération de pêche, le poisson est pris à l'hameçon, hissé à bord, pris sous le bras gauche du pêcheur qui retire l'hameçon. Le marqueur se situe 50 cm derrière le pêcheur (il y a d'habitude un marqueur pour deux pêcheurs). Au moment où l'on retire l'hameçon, on introduit l'aiguille de marquage, d'habitude du côté droit.

Cette méthode est généralement moins efficace que la méthode du berceau (voir plus bas) car elle requiert une grande habileté et ne permet pas une mesure et un pesage précis du poisson. En outre, elle provoque sans doute plus de dommages au poisson que la méthode du berceau. Ceci dit, cette méthode peut être valide si les conditions sont appropriées et s'il s'agit de marquer un petit nombre de poissons.

Méthode du pont

Cette méthode a été surtout utilisée pour les grands thonidés. Son utilisation a été documentée pour la première fois par Fink et Bayliff (1970), pour les grands albacores (*Thunnus albacares*) sur un canneur. Les améliorations apportées à cette méthode ont été décrites dans la publication IATTC/CIAT, 1981:26.

Dans cette méthode, tout le pont de poupe du bateau et les flancs des réservoirs d'appât contigus au pont sont rembourrés à l'aide d'une mousse en plastique absorbant l'énergie (cellules fermées) de Herculite, un matériau en plastique mou. Ceci permet de glisser relativement facilement le poisson sans qu'il ne perde trop de mucosité. La pêche n'est pratiquée qu'au coin bâbord de la poupe du bateau et les poissons sont marqués aux coins tribord et bâbord à environ 4 mètres devant la poupe. Le rembourrage horizontal est relevé légèrement à l'aide de rembourrages supplémentaires au coin bâbord de poupe de sorte que des portions à peu près égales de poissons

glissent vers les deux postes de marquage. Les poissons sont placés sur des berceaux plats, le museau contre un butoir, afin d'être mesurés de façon précise. Après avoir été marqués et mesurés, les poissons situés dans le coin tribord de poupe sont glissés par-dessus bord à travers une trappe pratiquée dans le pavois de tribord du bateau et ceux qui se trouvent sur le côté bâbord sont glissés par-dessus la rambarde.

La méthode du pont a également été utilisée pour les poissons pris à la senne et avec appât qui sont trop grands pour être introduits et évacués des berceaux qui sont décrits plus bas. Bien qu'il s'agisse de la meilleure méthode pour marquer les poissons pris à la senne, ceux-ci souffrent d'être confinés dans les filets et leurs taux de récupération sont généralement faibles.

Méthode du berceau

C'est la méthode la plus utilisée pour marquer les thonidés. Il existe fondamentalement deux types de berceau : ceux qui ne peuvent contenir qu'un seul poisson et ceux qui peuvent en contenir plusieurs. On les appellera respectivement les petits et les grands berceaux.

Le petit berceau (Wilson, 1953; Fink, 1965) est essentiellement une auge en V, construite d'habitude en aluminium, fermée à une ou aux deux extrémités (**Figure 4.6.2**). Il est rembourré et, en général, recouvert d'un tissu en plastique mou. On place le poisson dans le berceau, on retire l'hameçon, on le marque, puis on le remet à l'eau. Les marques sont rangées à distance du berceau pour éviter que le poisson ne les heurte durant sa lutte. Les flancs du berceau maintiennent le poisson en place et semblent également freiner quelque peu sa lutte. Il est important que le rembourrage soit recouvert d'un tissu mou étant donné que Bayliff (1973) a montré que les taux de récupération étaient plus élevés chez les poissons marqués dans des berceaux recouverts que chez les poissons marqués dans des berceaux non recouverts. Dans certains cas, les petits berceaux sont solidement attachés à une partie du bateau, d'habitude sur une des rambardes, et dans d'autres cas, ils ne sont pas attachés et sont déplacés lorsqu'ils ne sont pas utilisés.

Les grands berceaux (Kearney *et al.*, 1972 ; Kearney et Gillett, 1982) sont plus utiles que les petits berceaux parce qu'il est plus facile d'y transférer le poisson de l'hameçon au berceau sans risque de le laisser tomber sur le pont. On peut également poser de façon provisoire le poisson sur l'extrémité large du berceau si, pendant une courte période, la prise de poissons est plus rapide que le marquage de ces derniers. Par contre, les grands berceaux ont besoin de plus d'espace et ne peuvent pas être retirés aussi facilement que les petits berceaux lorsqu'ils ne sont pas utilisés. En général, les petits berceaux sont utiles lorsque l'espace est limité et que le nombre de poissons à marquer est relativement peu élevé, tandis qu'on préférera les grands berceaux pour les expériences à grande échelle.



Figure 4.6.2. Utilisation de la méthode du petit berceau à la poupe d'un bateau de pêche à la canne et à l'hameçon avec appât vivant lors d'une campagne de marquage de thon obèse de la CIATT (courtoisie de Kurt Schaefer).

Méthode du toboggan

Des scientifiques de l'U.S. National Marine Fisheries Service, La Jolla, Californie, (États-Unis) ont modifié de la façon suivante les petits berceaux pour marquer le germon.

Un toboggan d'environ 90 cm de long est attaché à la base de la partie avant du berceau à l'aide d'une charnière. Cette partie avant est attachée au reste du berceau au moyen d'un pivot de sorte qu'on puisse la lever pour faire glisser le poisson du berceau sur le toboggan. Lorsque le poisson est marqué, au lieu de le lever et de le lancer par-dessus bord, on lève la partie avant pour faire glisser le poisson par-dessus bord via le toboggan incliné vers le bas. Ceci augmente la vitesse de l'opération de marquage, réduit la manipulation du poisson et empêche que le poisson marqué ne tombe par terre, ce qui arrivait parfois quand on utilisait des berceaux sans toboggan. Il est important que le poisson pénètre dans l'eau la tête la première et vers la proue du bateau. Avant que le berceau modifié ne soit utilisé, les poissons qui étaient lancés par-dessus bord pénétraient dans l'eau à la poupe, au milieu du banc, et avaient tendance à effrayer les poissons, surtout s'ils n'entraient pas la tête la première dans l'eau (Bayliff, 1979).

La CIATT a construit un système de toboggan plus élaboré. Ce système permet aux pêcheurs de déposer les poissons dans des auges fabriquées dans un tissu solide et doux (par exemple Shelterite) sur une grille de tuyaux. Les auges sont inclinées vers les berceaux de sorte que les poissons glissent dans cette direction. Les assistants situés près des berceaux retirent l'hameçon, si c'est nécessaire, puis poussent un poisson à la fois, la tête la première, dans chaque berceau. Les poissons sont marqués par les marqueurs puis rejetés par-dessus bord (**Figure 4.6.3**). Cette méthode présente les principaux avantages suivants :

1. Les pêcheurs disposent d'un grand espace où déposer les poissons ;
2. Le processus de marquage est plus facile à contrôler ;
3. Le lieu de marquage est assez éloigné du lieu de pêche, ce qui signifie que les poissons sont remis à l'eau à l'écart de l'endroit où ils sont capturés.

Les rembourrages, les berceaux et les toboggans sont marqués à des intervalles de 1 cm de sorte que les poissons peuvent facilement être mesurés pendant le marquage. Ces marques doivent être rafraîchies fréquemment car elles s'effacent ou s'abîment avec le temps.

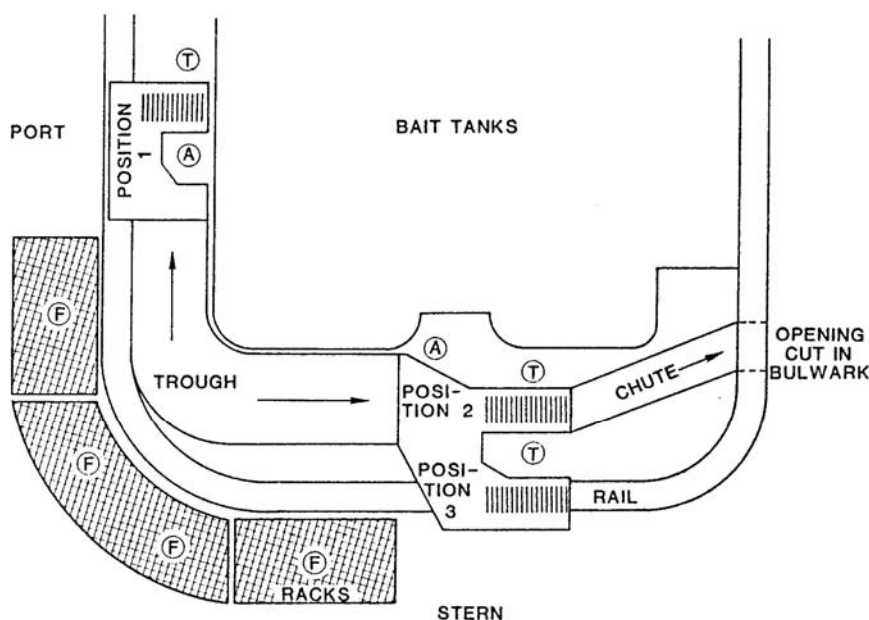


Figure 4.6.3. Système de toboggan utilisé par la CIATT. Les cercles F, A et T indiquent respectivement la position des pêcheurs, des assistants et des marqueurs (de Bayliff et Holland, 1986).

4.6.7 Marques conventionnelles

Les marques conventionnelles sont des marques simples possédant un numéro unique. Elles se constituent d'habitude d'un tube en plastique attaché à un grappin de nylon de qualité chirurgicale ou de dard métallique (**Figure 4.6.4** et **Figure 4.6.5**). Les marques contiennent d'habitude l'adresse à laquelle il faut renvoyer la marque (et le poisson). Elles peuvent également indiquer la récompense et l'information additionnelle qui est requise au sujet de la recapture. La plupart des têtes de marque en nylon sont fabriquées ou fournies par **Floy Tag Manufacturing Inc.** (www.floytag.com, ou à l'adresse : 4616 Union Bay Place NE, Seattle, WA 98105, USA, Tél. 206-524-2700, Fax 206-524-8260, Email: floytag@halcyon.com), par Hallprint (www.hallprint.com ou par **Hallprint Pty Ltd.**, 15 Crozier Rd. Victor Harbor, South Australia 5211. Tél. (International) + 61 8 8552 3149, Fax (International) + 61 8552 2874, Email: davidhall@hallprint.com.au).

Marques, applicateurs et supports

Dans les années 1950 et au début des années 1960, les thonidés et les istiophoridés étaient marqués avec des marques en boucle qui ont aujourd'hui été remplacées par des marques à dard. Le type de marque le plus courant se compose d'une tête en nylon avec un seul barbillon. Les marques ont généralement 15 cm de long et environ 2,5 mm de diamètre, même si des marques plus courtes (7-8 cm) ont également été utilisées sur les petits listaos. On a utilisé des marques ayant un dard plus grand et une tête en nylon ou en acier inoxydable pour marquer des istiophoridés et de grands thonidés sur des bateaux de pêche sportive. La plupart des marques se constituent d'un tube de vinyle à basse température muni d'une tête en nylon. Ce tube se fragilise à des températures proches de la congélation (au-dessous de 4°C). Sachant que certains bateaux de pêche congèlent leurs prises, ces marques risquent de se détacher et de se perdre. C'est pour remédier à ce problème qu'on a introduit des marques constituées d'un tube en polyéthylène uni aux têtes en nylon (Anon., 1986). Le polyéthylène résiste à la cassure à basses températures et est moins élastique que le vinyle. Cette dernière caractéristique pourrait être avantageuse dans la mesure où la marque conserverait la configuration qui offre le moins de résistance à l'eau lorsque le poisson nage en ligne droite à sa vitesse normale.

La plupart des marques sont jaunes, même si d'autres couleurs ont également été utilisées dans certaines occasions. Les données présentées par Broadhead (1959) et Blunt et Messersmith (1960) indiquent que les marques jaunes sont plus faciles à repérer que les rouges, bleues, blanches ou transparentes. Les poissons qui ont reçu une injection de tétracycline (voir ci-dessous) se sont vus apposer des marques jaunes aux pointes rouges ou des marques de couleur rouge ou orange international pour permettre aux personnes qui les récupèrent de savoir que ces poissons présentent un intérêt particulier. Les marques doivent contenir le nom de l'organisation à laquelle elles doivent être renvoyées et les codes correspondants. Ces codes doivent être imprimés sur les deux extrémités des marques de sorte à réduire le risque de perte de l'information si la marque se casse ou est abîmée pendant le renvoi. Les marques sont souvent codées à l'aide de cinq chiffres (100 000 combinaisons possibles), d'une lettre et quatre chiffres (260 000 combinaisons possibles pour l'alphabet anglais), ou de deux lettres et quatre chiffres (6 760 000 combinaisons possibles pour l'alphabet anglais). Le fabricant les envoie d'habitude par lots de 100 unités qui sont presque toujours confiées aux différents marqueurs en mer dans la même quantité. Aux fins des analyses informatisées, il est plus facile de travailler avec des lots qui contiennent, par exemple, les marques A0000-A0099, A0100-A0199. etc., plutôt que A0001-A0100, A0101-A0200. etc. (Kearney et Gillett, 1982).

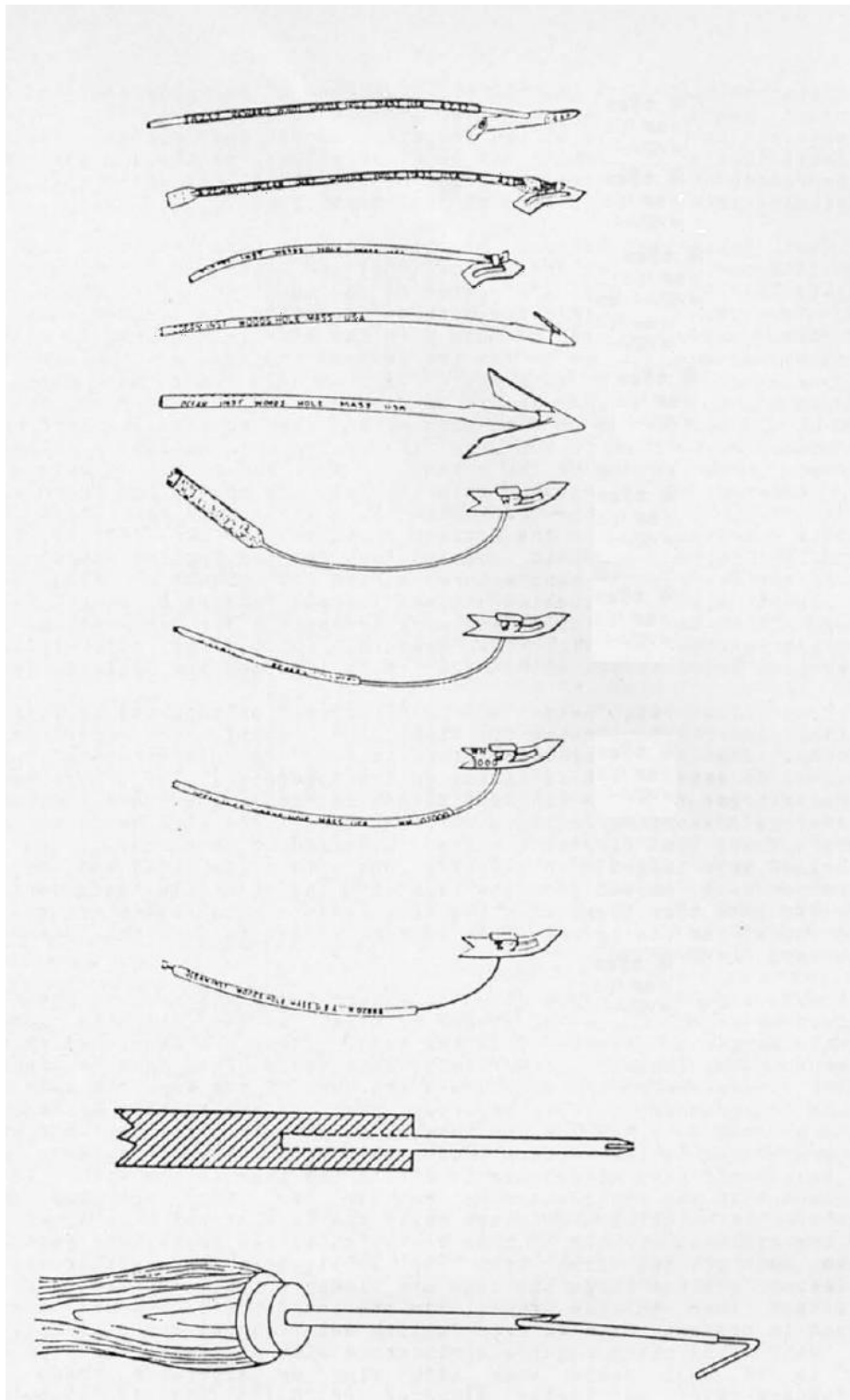


Figure 4.6.4. Différents types de marques conventionnelles et d'applicateurs de marques utilisés pour marquer les thonidés et espèces voisines (de Bayliff et Holland, 1986. Reproduction autorisée par la FAO).



Figure 4.6.5. Marque à dard en acier inoxydable, Marque A (en haut) et marque à dard en nylon à double barbillion hydroscopique, Marque B (en bas) utilisée dans l'étude de double-marquage pour évaluer la rétention des deux types de marques sur les istiophoridés (1990-1999). Réimpression de Prince *et al.* avec l'autorisation des auteurs.

Selon Mather *et al.* (1974), les têtes métalliques sont meilleures que les têtes en nylon lorsqu'on utilise la méthode de marquage dans l'eau. Par contre, Prince *et al.* (2002) recommande d'utiliser des marques à dard en nylon à double barbillion sur les grands poissons étant donné qu'elles donnent lieu à des taux de récupération supérieurs. Ortiz *et al.* (2003), qui ont révisé les résultats du marquage des cinq principaux programmes opportunistes de marquage d'istiophoridés du monde, ont conclu que les qualités de rétention des marques avec grappins de nylon de qualité médicale étaient supérieures à celles des marques avec dard en acier inoxydable. Ce type de marque est malgré tout peu adapté pour les opérations massives de marquage réalisées sur les thonidés tropicaux et provoque une mortalité additionnelle juste après le marquage (Gaertner *et al.*, 2004).

Les marques à dard du type montré à la **Figure 4.6.4** et la **Figure 6.4.5** sont apposées sur les poissons à l'aide d'applicateurs qui se constituent de pièces (tubes ou compactes) en acier légèrement plus long et/ou au diamètre plus large que celui des marques. Comme le montre la figure, les applicateurs ont une extrémité affilée. Les têtes commercialisées sont souvent munies d'un enfoncement à l'extrémité affilée pour recevoir le barbillion de la marque, mais il semble que cette caractéristique ne soit pas indispensable. Il est important que les applicateurs soient plus longs que les marques, sans quoi ces dernières ne pénétreront pas à fond lorsqu'elles seront introduites dans les supports avant d'être utilisées et leur tête se coupera au moment d'apposer la marque sur le poisson. Il est également important que le diamètre des applicateurs ne soit ni trop grand, ni trop petit. En effet, si le diamètre est beaucoup trop petit, les marques ne pourront pas être introduites à l'intérieur des applicateurs et si le diamètre est un peu trop grand, les marques risquent de sortir du poisson lorsqu'on retirera les applicateurs. Par contre, si les applicateurs sont trop grands, les marques auront tendance à tomber au moment du marquage. Dans ce cas, on pourra plier les applicateurs afin d'éviter qu'elles ne tombent (Kearney et Gillett, 1982). On recommande à toutes les organisations qui prévoient de marquer des thonidés ou des istiophoridés pour la première fois de commander les marques et les applicateurs chez le même fabricant de sorte à s'assurer que les marques s'ajustent parfaitement aux applicateurs.

Prince *et al.* (2002) recommande d'utiliser une perche de marquage à double applicateur (**Figure 4.6.6**) pour effectuer le marquage dans l'eau étant donné que ce type d'applicateur possède un angle de pénétration plus flexible qui peut être utile lorsque le poisson se met sur le flanc.

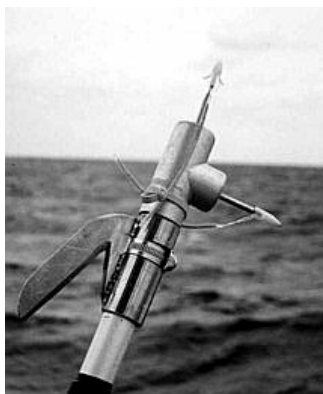


Figure 4.6.6. Perche de marquage à double applicateur (Courtoisie d'Eric Prince, NOAA).

4.6.8 Procédure de marquage

Pour minimiser les pertes, on veillera à ce que chaque marque soit introduite dans la musculature dorsale à une profondeur suffisante pour que les barbillons passent entre les ptérygiophores sous la base de la deuxième nageoire dorsale, chez les thonidés, et dans la protubérance située derrière la tête ou près de la base de la première nageoire dorsale chez les istiophoridés (**Figure 4.6.7**). Idéalement, la marque devrait être placée dans un angle maximum 45° par rapport à l'axe du poisson afin de minimiser la résistance de l'eau. La marque ne doit pas pénétrer trop profondément afin d'éviter d'endommager inutilement le tissu sous-jacent. Lorsque la marque a été introduite, on ne doit voir que le tube ou la capsule. L'expérience permettra au marqueur de savoir si le barbillon est bien passé entre les ptérygiophores. Le taux de perte des marques diffère entre les marqueurs (Bayliff, 1973 ; Prince *et al.*, 2002), ce qui montre l'importance d'apposer soigneusement les marques et de soumettre les marqueurs à une formation adéquate (voir également plus bas la section sur le double marquage).

Les marques doivent être introduites au préalable dans les applicateurs. Si l'on prétend marquer un nombre important de poissons dans un court laps de temps, on peut stocker des applicateurs armés de marques par lot de 100 unités dans les supports fabriqués en tissu (Wilson, 1953) ou en bois (Fink, 1965 ; Bayliff, 1973 ; Kearney et Gillett, 1982). Les supports possèdent des compartiments ou orifices numérotés de 00 à 99, ce qui permettra d'associer une marque à chaque numéro. Les supports en tissu sont appropriés pour un marquage à petite échelle comme sur un ligneur ou un bateau de pêche sportive, tandis que les supports en bois sont préférables pour réaliser un marquage à grande échelle. On armera un maximum de 30 supports avec des marques avant de commencer la pêche. Sachant que les pointes affilées des applicateurs sont à découvert, on rangera tous les supports, hormis les premiers qui seront utilisés, dans des caisses en bois (ouvertes sur un côté, mais fermées sur le haut) d'où l'on pourra les retirer facilement.

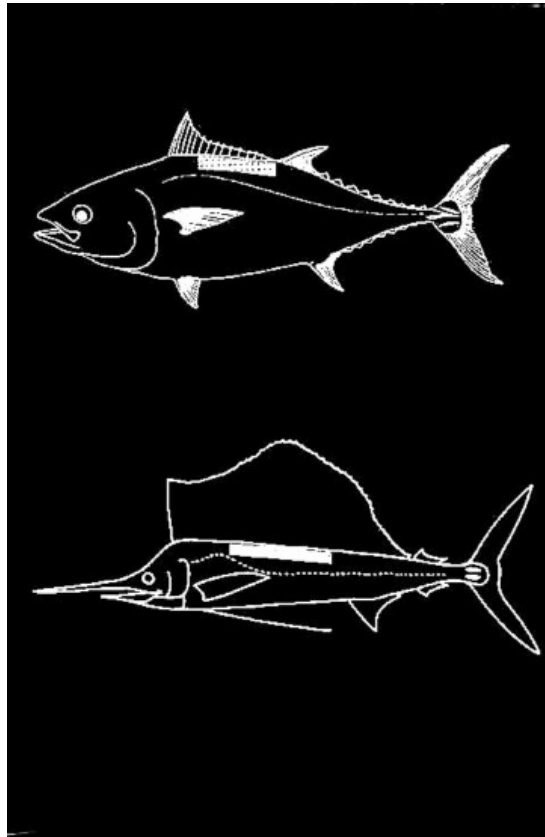


Figure 4.6.7. Zone cible (rectangles) pour le marquage de thonidés (en haut) et d'istiophoridés (en bas) recommandée par le Centre de marquage en coopération du Southeast Fisheries Science Center. Les marques doivent être placées au-dessus de la ligne latérale, loin de la tête et d'autres organes vitaux le long de la musculature dorsale. Réimpression avec l'autorisation des auteurs (Prince *et al.*, 2002).

Équipement d'enregistrement et matériels

Il faut transcrire les données correspondant à chaque marque utilisée (position, date, espèce, taille, observation concernant l'état du poisson, etc.). On trouvera ci-dessous la liste des données qui sont consignées d'habitude à cet effet. Comme il arrive parfois qu'on doive marquer un nombre élevé de poissons dans un court laps de temps à bord de canneurs (et parfois aussi de senneurs), il est fondamental que l'opération soit parfaitement organisée. En revanche, le marquage réalisé à bord d'autres types de bateau est en général beaucoup plus lent et ne requiert par conséquent pas autant d'organisation. Il faudra avoir chargé un nombre adéquat de marques et d'applicateurs dans les supports avant de commencer le marquage. On peut coller un morceau de ruban adhésif comprenant le numéro de série de la marque sur l'extrémité de chaque support de sorte que le marqueur puisse choisir rapidement la série ayant le chiffre le plus bas et noter le numéro de série qu'il est en train d'utiliser sans devoir retirer les marques de leur applicateur. Les supports doivent être placés dans des caisses à proximité de chaque berceau ou position de marquage. S'il utilise un magnétophone, le marqueur devra s'assurer qu'il fonctionne correctement et qu'il possède une capacité suffisante. Il enregistrera le lieu, la date, le temps, le berceau ou la position, etc. Les marqueurs et les assistants porteront d'habitude des gants de coton ou de laine pendant le marquage afin de se protéger contre les coupures et d'avoir une meilleure prise sur le poisson. Lorsqu'elles doivent marquer un grand nombre de poissons, les personnes qui manipulent les poissons peuvent souffrir d'éruptions ou de cloques aux mains. Elles pourront éviter ce problème en portant de fins gants en caoutchouc sous les gants de coton ou de laine. Il faudra asperger ou verser de l'eau sur les berceaux ou les toboggans et bien mouiller les gants avant de commencer le marquage.

Données pouvant être incluses dans un registre de remise à l'eau/recapture d'un poisson marqué

Données de la remise à l'eau

- Numéro de campagne
- Code de la marque, type de marque, nom de l'espèce
- Pays de la remise à l'eau et engin utilisé
- Date
- Heure du jour
- Taille
- Température de surface de la mer
- Marqueur
- Position ou berceau
- Injecté ou non injecté avec de la tétracycline
- État du poisson

Données de la récupération

Lorsqu'une marque est récupérée, il faudra consigner les informations suivantes :

- L'espèce
- Le(s) numéro(s) figurant sur la marque
- La date et le lieu où elle a été récupérée et l'engin/pays utilisé
- La taille (longueur) et/ou le poids du poisson, avec le type de mensuration utilisé
- Eventuellement le sexe et information sur le mode de pêche (ex banc libre, DCP, requin-baleine, etc)

Les marques récupérées peuvent être envoyées au Secrétariat de l'ICCAT ou aux responsables du marquage de l'ICCAT (voir www.iccat.int/tagging.htm)

NOTE : Pour retirer une marque-archive, on fera une incision d'environ 15 cm dans la cavité ventrale, en face de l'endroit où le capteur pénètre dans le poisson. La marque-archive argentée ou blanche (avec le capteur optique) doit ensuite être retirée à la main. **NE PAS RETIRER LA MARQUE-ARCHIVE EN TIRANT SUR LE CAPTEUR OPTIQUE.** Laver la marque à l'eau et la ranger à température ambiante.

Les données additionnelles qu'il serait utile de recueillir lors d'une recapture sont :

- Sexe
- État du poisson pendant la mesure (frais, congelé, décongelé après congélation, etc.)
- Bateau
- Activité durant laquelle s'est produite la recapture (pêche, déchargement d'un bateau de pêche, déchargement d'un cargo congélateur, dépeçage, etc.)
- Port de retour
- Situation
- Statut de la réglementation
- Personne chargée des données de récupération

Les poissons sont enregistrés d'habitude en centimètres complets/entiers. La CIATT les enregistre au centimètre le plus proche et les organisations qui participent au programme de marquage de l'ICCAT le font au centimètre inférieur le plus proche (c'est-à-dire que les tailles de 60,0 à 60,9 cm sont enregistrées comme étant de 60 cm).

Double marquage

Il existe au moins trois raisons pour procéder au double marquage des poissons. D'abord, l'information concernant les effets du marquage sur la mortalité et sur la croissance peut être obtenue en comparant les taux de récupération et les taux de croissance des poissons ayant reçu une et deux marques. Par exemple, si les taux de

récupération ou de croissance d'un animal ayant reçu une double marque sont inférieurs à ceux d'un poisson ayant reçu une seule marque, cela signifie probablement que les marques sont préjudiciables (I-ATTC/CIAT, 1984:31-32). Deuxièmement, la comparaison des taux de récupération de poissons ayant fait l'objet d'un marquage simple et double et qui ont conservé une ou deux marques permet d'estimer le taux de perte des marques (Bayliff et Mobrand, 1972 ; Laurs *et al.*, 1976 ; Baglin *et al.*, 1980 ; Kirkwood, 1981 ; Wetherall, 1982 ; Xiao, 1996 ; Adam et Kirkwood, 2001 ; Prince *et al.* 2002). Il faut signaler à cet égard que l'estimation indépendante des taux de perte des marques issue d'expériences de double marquage s'inscrit parfaitement dans le cadre d'une expérience de marquage bien conçue. Troisièmement, on observe souvent des taux de récupération supérieurs, en particulier chez les individus ayant passé de longues périodes en liberté, lorsque ces poissons ont été doublement marqués (Hynd, 1969 ; Bayliff, 1973). Le Centre de marquage en coopération du Southeast Fisheries Science Center, conjointement avec le Programme de marquage de la Fondation Istiophoridés, a procédé au double-marquage d'istiophoridés et d'espadons afin de tester la rétention des deux types de marques (Prince *et al.* 2002). Ce programme a recommandé d'insérer une marque sur les deux côtés du poisson en vue d'accroître la visibilité. Cela n'a toutefois pas été toujours possible, comme l'indique la **Figure 4.6.8**.



Figure 4.6.8 Une marque à dard avec double barbillon en nylon hydroscopique (à gauche) et une marque à dard en acier inoxydable (à droite) utilisées afin de procéder au double marquage d'istiophoridés, tel que ce makaire bleu, pour évaluer la rétention relative de ces deux types de marques. Réimpression avec l'autorisation des auteurs (Prince *et al.*, 2002).

La CIATT a réalisé un double marquage sur un grand nombre d'albacores et sur un nombre plus réduit de listaos et de thons rouges du nord. Les marques ont été apposées sur chaque flan du poisson, l'une étant avancée d'environ 1 cm par rapport à l'autre. Les marqueurs n'ont pas essayé d'introduire ces deux marques en même temps pour éviter qu'une ou les deux marques ne soient trop profondes ou trop superficielles. Ils ont reçu l'instruction de faire des paires de marques de sorte que le plus petit des deux numéros soit un nombre pair comme, par exemple, A3900-A3901, A3902-A3903, etc., plutôt que A3901-A3902, A3903-A3904, etc. Les supports et les formulaires en plastique et en papier qui sont utilisés pour consigner les données ont des numéros regroupés par paire tel qu'expliqué plus haut. Ceci permet d'éviter que le marqueur ne mélange les numéros pendant le marquage. La Commission du Pacifique Sud (SPC, 1981) a réalisé un double marquage sur des listaos en introduisant les deux marques sur le même flanc du poisson. Ces marques sont introduites séparément ou en même temps.

4.6 9. Bibliographie

- ADAM, M.S. and G.P. Kirkwood (2001). Estimating tag-shedding rates for skipjack tuna, *Katsuwonus pelamis*, off the Maldives. *Fish. Bull.* 99: 193-196.
- ANON. (1986). Wide range of tags made in Australia. *Aust. Fish.*, 44(7):32-3.
- BAGLIN, R.E., Jr., M.I. Farber, W.H. Lenarz, J.M. Mason, Jr. (1980). Shedding rates of plastic and metal dart tags from Atlantic bluefin tuna, *Thunnus thunnus*. *Fish. Bull. NOAA/NMFS*, 78(1):179-85.
- BAYLIFF, W.H. (1973). Materials and methods for tagging purse seine and baitboat-caught tunas. *Bull. I-ATTC/Bol. CIAT*, 15(6):463-503.

- BAYLIFF, W.H. (1979). Memorandum to the members of the FAO Working Party on tuna and billfish tagging in the Pacific and Indian Oceans, February 27, 1979 (mimeo).
- BAYLIFF, W.H. and K.N. Holland (1986). Materials and methods for tagging tuna and billfishes, recovering the tags and handling the recapture data. FAO. Fish. Tech. Pap. (279):36p
- BAYLIFF, W.H. and L.M. Mobernd (1972). Estimates of the rates of shedding 167 of dart tags from yellowfin tuna. Bull. I-ATTC/Bol. CIAT, 15(5): 439-62.
- BLOCK, B.A., H. Dewar, T. Williams, E.D. Prince, C. Farwell, and D. Fudge (1998a). Archival tagging of Atlantic Bluefin Tuna (*Thunnus thynnus thynnus*). Mar. Technol. Soc. Journal. 32(1): 37-46.
- BLOCK, B.A., S.L.H. Teo, A. Walli, A. Boustany, M.J.W. Stokesbury, C.J. Farwell, K.C. Weng, H. Dewar and T.D. Williams (2005). Electronic tagging and population structure of Atlantic bluefin tuna. Nature, 434, 1121-1127.
- BLUNT, C.E., Jr., and J.D. Messersmith (1960). Tuna tagging in the eastern tropical Pacific, 1952-1959. Calif. Fish. Game, 46(3): 301-69.
- BROADHEAD, G.C. (1959). Techniques used in the tagging of yellowfin and skipjack tunas in the eastern tropical Pacific Ocean during 1955-1957. Proc. Gulf Carib. Fish. Inst., 11:91-7.
- FINK, B.D., (1965). A technique, and the equipment used, for tagging tunas caught by the pole and line method. J. Cons. CIEM, 29(3):335-9.
- FINK, B.D. and W.H. Bayliff (1970). Migrations of yellowfin and skipjack tuna in the eastern Pacific Ocean as determined by tagging experiments, 1952-1964. Bull. I-ATTC/Bol. CIAT, 15(1):227 p.
- GAERTNER, D., J.P. Hallier and M.N. Maunder (2004). A tag attrition model as a means to estimate the efficiency of two types of tags used in tropical tuna fisheries. Fishery Research, 69: 171-180
- GRAVES, J. P., B.E. Luckhurst and E.D. Prince. 2002. An evaluation of pop-up satellite tags to estimate post-release survival of blue marlin (*Makaira nigricans*). Fishery Bulletin, Vol. 100(1): 134-142.
- GUNN, J., T. Polacheck, T. Davis, M. Sherlock, and A. Betlehem (1994) The development and use of archival tags for studying the migration, behaviour and physiology of southern bluefin tuna, with an assessment of the potential for transfer of the technology to groundfish research. ICES CM 1994/Mini: 2.1 (21)
- HYND, J.S. (1969). New evidence on southern bluefin stocks and migrations, 1969. Aust. Fish., 28(5):26-30.
- KEARNEY, R.E. and R.D. Gillett (1982). Methods used by the skipjack Survey and Assessment Programme for tagging skipjack and other tuna. Tech. Rep. Skipjack Surv. Assess. Programme S. Pac. Comm.,(7):21-43
- KEARNEY, R.E., A.D. Lawis and B.R. Smith (1972). Cruise report Tagula 71-1 survey of skipjack tuna and bait resources in Papua New Guinea waters. Res. Bull. Dep. Agric. Stock Fish. Port Moresby (8):145 p.
- KIRKWOOD, G.P. (1981). Generalized models for the estimation of rates of tag shedding by southern bluefin tuna (*Thunnus maccoyii*). J. Cons. CIEM, 39(3):256-60.
- LAURS, R.M., W.H. Lenarz and R.N. Nishimoto (1976). Estimates of rates of tag shedding by north Pacific albacore, *Thunnus alalunga*. Fish. Bull. NOAA/NMFS, 74(3):675-8.
- MATHER, F.J. III, D.C. Tabb, J.M. Mason, Jr., H.L. Clark (1974). Results of sailfish tagging in the western North Atlantic Ocean. NOAA Tech. Rep. NMFS (Spec. Sci. Rep.-Fish. Ser.), (675): 194-210.
- METCALFE, J.D. (2001). Summary report of a workshop on daylight measurements for geolocation in animal telemetry. "Electronic Tagging and Tracking in Marine Fisheries" Reviews: Methods and Technologies in Fish Biology and Fisheries, Vol 1. (J. Sibert and J. Nielsen, eds.) Kluwer Academic Press, Dordrecht, The Netherlands. pp 331-342.
- METCALFE, J.D., G.P. Arnold and R.A. McDowall (2002). Migration. Chapter 8, In: Handbook of Fish Biology and Fisheries Vol. I. (P.J.B Hart and J.D Reynolds, eds.). Blackwell Science. pp 175-199.
- MIYAKE, P.M. (1990). History of the ICCAT tagging program, 1971-1986. American Fisheries Society Symposium 7: 746-764.
- NRC (1994). An assesment of Atlantic blufin tuna. Washington, D.C.:National Academy, 148 pp.

- ORTIZ, M., E.D. Prince, J.E. Serafy, D.B. Holts, K.B. Davy, J.G. Pepperell, M.B. Lowry and J.C. Holdsworth. (2003). A global overview of the major constituent-based billfish tagging programs and their results since 1954. *Marine and Freshwater Research* 54: 489-507.
- PRINCE, E.D. and J.L. Cort (1997). Development of an Atlantic-wide archival tag recovery program under the auspices of ICCAT. *Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT*, 46(4): 468-471.
- PRINCE, E.D., M. Ortiz, A. Venizelos and D.S. Rosenthal. (2002). In-water conventional tagging techniques developed by the Cooperative Tagging Center for Large, Highly-migratory Species. *American Fisheries Society Symposium* 30: 155-171.
- PRINCE, E.D. and C.P. Goodyear (2006). Hypoxia based habitat compression of tropical pelagic fishes. *Fisheries Oceanography*. 15(6): 451-464.
- SPC (South Pacific Commission) (1981). Effects of skipjack tagging procedures on subsequent tag recoveries. South Pacific Commission, Thirteenth Regional Technical Meeting on Fisheries, Working paper (8):15 p. (mimeo).
- THORSTEINSSON, V. (2002). Tagging Methods for Stock Assessment and Research in Fisheries. Report of a Concerted Action FAIR CT.96.1394 (CATAG). Reykjavik. Marine Research Institute Technical Report (79). Pp 179.
- WETHERALL, J. (1982). Analysis of double-tagging experiments. *Fish. Bull. NOAA/NMFS* 80 (4): 687-701.
- WILLIAMS, K. (1992). The tagging technique. *Aust. Fish.* 51(6): 15-17.
- WILSON, R.C. (1953). Tuna marking, a progress report. *Calif. Fish Game*, 39(4):429-42.
- XIAO, Y. (1996). A general model for estimating tag-shedding rates and tag interactions from exact or pooled times at liberty for a double tagging experiment. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 53(8): 1852-1861.
- YAMASHITA, D.T. and K.D. Waldron (1958). An all-plastic dart-type fish tag. *Calif. Fish Game*, 44(4): 311-7.

4.7 Marquage à l'aide de marques électroniques

Les expériences de marquage conventionnel peuvent être très utiles pour décrire dans les grandes lignes les schémas de déplacement de la population (c'est-à-dire la position lors de la remise à l'eau et de la récupération), mais cette méthode n'est pas capable de fournir des informations à des échelles temporelles fines (c'est-à-dire savoir où le poisson s'est déplacé entre la remise à l'eau et la récupération) ni des informations détaillées sur le comportement des individus. Par ailleurs, les déplacements de la population provenant des études de marquage conventionnel se fondent sur les informations relatives au temps et au lieu des récupérations des poissons marqués que donnent les pêcheurs commerciaux et récréatifs. Il s'ensuit que les résultats de ces études sont inévitablement une composition entre le comportement des poissons et l'activité halieutique, ce qui produit une confusion dans n'importe quelle analyse des déplacements de la population. Les données de marquage peuvent être ajustées selon les variations spatiales dans l'effort de pêche, si ce facteur est connu, mais les déplacements de poissons dans des secteurs non exploités ou non exploitables ou les changements de comportement des poissons, qui modifient la disponibilité ou la capturabilité, sont des facteurs difficiles à expliquer. Les marques électroniques fournissent des informations plus détaillées et plus étendues qui facilitent la compréhension de la biologie des thonidés, ce qui s'avère nécessaire pour effectuer une évaluation et une gestion efficaces.

4.7.1 Marques acoustiques

Depuis la fin des années 60, on utilise de plus en plus souvent les marques électroniques qui transmettent des signaux acoustiques (les signaux radio ne sont pas transmis de façon efficace dans l'eau de mer) pour suivre les déplacements des poissons individuels pendant des périodes limitées. Ces travaux ont permis de faire des progrès considérables dans la connaissance du comportement des thonidés et autres grands pélagiques (Yuen, 1970 ; Carey et Lawson, 1973 ; Laurs *et al.*, 1977 ; Carey et Robinson, 1981 ; Brill *et al.* 1993). Cependant, cette technique est limitée dans la mesure où, dans la plupart des cas, on ne peut suivre qu'un seul poisson à la fois, chaque poisson ne peut être suivi que pendant une courte période (souvent quelques jours seulement) et le travail en mer réalisé à bord d'un bateau est coûteux. Les progrès substantiels qui ont été réalisés récemment dans la technologie microélectronique ont permis de développer un « stockage de données » électronique et des marques « archives » qui sont suffisamment petites pour être attachées aux poissons.

4.7.2 Marques-archives

Les marques-archives enregistrent et stockent des données environnementales et comportementales. Comme aucune présence humaine n'est nécessaire pour suivre les poissons, elles permettent de surveiller le comportement et les déplacements d'un grand nombre de poissons en même temps pendant de longues périodes pouvant inclure une migration complète. Une série de dispositifs de ce genre est utilisée actuellement pour étudier les déplacements des thonidés (Gunn 1994, Gunn *et al.* 1994, Block *et al.* 1998a, Gunn et Block 2001), des istiophoridés (Graves *et al.*, 2002 ; Kerstetter *et al.*, 2003 ; Prince *et al.*, 2005 ; Prince et Goodyear 2006) et d'autres grands pélagiques.

Bien que la plupart des marques de stockage de données ne mesurent actuellement que de simples variables environnementales telles que la pression (profondeur), la température (interne et externe) et la lumière ambiante du jour, ces données peuvent être utilisées pour obtenir des informations relativement détaillées sur le lieu et les déplacements des poissons. En haute mer, les registres de la lumière ambiante du jour peuvent être utilisés pour obtenir les estimations de la longitude (à partir de l'heure locale à midi) (Hill 1994, Gunn *et al.*, 1994, Metcalfe, 2001) et la latitude (à partir de la longueur du jour et/ou de la température de la surface de la mer (Hill 1994, Gunn *et al.* 1994, Metcalfe, 2001, Block *et al.*, 2005, Teo *et al.*, 2004). Le développement de nouveaux capteurs à bord pouvant surveiller des variables plus complexes comme le cap au compas, la vitesse de nage, l'oxygène dissous ou l'activité trophique sera très utile pour améliorer la connaissance des déplacements, des migrations et de l'écologie des thonidés et d'autres espèces de grands pélagiques.

4.7.3 Marques-archives implantables

Bien que la capacité de stockage des données des marques-archives soit élevée, leur principale limitation réside dans la nécessité de recapturer l'animal pour accéder aux données. Ceci implique le déploiement d'un nombre élevé de marques sur des espèces ayant des taux d'exploitation élevés. En outre, la nature multinationale de la plupart des pêcheries océaniques complique la coordination des récupérations des marques-archives. Celles-ci ont été déployées récemment sur le thon rouge de l'Atlantique (Block *et al.*, 1998a), mais il faut attendre quelques années avant de récupérer un nombre significatif de données. On a utilisé des marques satellites (généralement attachées à l'animal) pour étudier les déplacements à grande échelle et la physiologie des

mammifères marins, des oiseaux et des tortues marines (voir Block *et al.*, 1998b). Ces marques ont été déployées avec succès sur des requins pélerins (Priede, 1984), mais elles ne sont applicables que sur les grands pélagiques qui fréquentent la surface.

4.7.4 Marques-archives pop-up par satellite avec application externe

C'est pour éviter ce problème et pour augmenter la probabilité de récupérer les données qu'on a mis au point les marques « pop-up ». Ces marques sont externes et munies d'un mécanisme de libération qui permet à la marque de se détacher du poisson à un moment prédéterminé. Une fois à la surface de l'eau les données peuvent être récupérées via le système ARGOS à bord de satellites à orbite polaire de la NOAA. La première génération de marques pop-up ne fournissait que des données très limitées : la position de remontée à la surface telle que déterminée par l'ARGOS et une petite quantité de données environnementales (en général, la température de la mer). Ces marques fournissent par conséquent une mesure, indépendante de la pêche, de la distance parcourue en ligne droite par les poissons à partir du lieu de marquage. Les versions plus récentes des marques pop-up enregistrent la température, la profondeur et la lumière ambiante du jour qui peuvent être réduites (par ex. en histogrammes heure/profondeur et heure/température et en données profil/profondeur/température) à bord de la marque avant la transmission des données. Ces dispositifs sont déployés actuellement sur les thonidés (Block *et al.*, 1998b, Lutcavage *et al.*, 1999). Bien que la capacité de transmission des données soit aujourd'hui encore très limitée, les progrès réalisés dans ce domaine laissent entrevoir la possibilité d'obtenir prochainement des taux de récupération nettement plus élevés, tandis que la miniaturisation permettra d'appliquer cette technologie aux espèces de petites tailles. Lorsque la marque pop-up est physiquement récupérée, soit parce que le poisson a été récupéré avant le détachement de la marque, soit parce que la marque a échoué sur le rivage et a été retrouvée, on peut récupérer les données complètes de profondeur et de température qui auront été enregistrées minute après minute.

4.7.5 Méthodes de pose des marques électroniques

Fixation externe des marques électroniques (acoustiques ou archives)

Trois techniques ont été utilisées pour poser des marques externes sur les poissons pélagiques : la technique du « harpon », l'insertion stomacale et les sutures intramusculaires. La technique du harpon a été utilisée avec succès sur les grandes espèces (thons rouges, makaires, requins etc.), même si la plupart des chercheurs préféreraient une technique plus fiable si elle pouvait être mise au point. Toutefois, comme cela était indiqué pour le marquage conventionnel, cette approche est devenue plus fiable avec l'apparition de dispositifs spéciaux conçus pour contrôler le poisson le long du navire afin d'assurer une apposition des marques exacte, précise et sûre et de permettre la réanimation aux fins d'une survie accrue des poissons marqués (**Figure 4.6.1**). La méthode du harpon implique l'utilisation d'un guide monofilament en nylon ou en acier inoxydable pour attacher le corps de la marque sur la pointe d'un harpon plat en acier inoxydable ou d'un grappin de nylon de qualité médicale. Pour les grappins en acier inoxydable ou en titane, la pointe est ajustée dans une encoche située à l'extrémité de la perche (harpon) et le corps de la marque est attaché à la perche à l'aide de rubans élastiques. La marque est apposée sur le poisson en introduisant la pointe dans la musculature dorsale ; la pointe du harpon pénètre dans le muscle ou sous la peau, ce qui permet de retirer le harpon et de maintenir la marque le long du corps. Si le poisson a été amené le long du bateau à l'aide d'un hameçon, on coupe le guide, ce qui permet de libérer le poisson (Yuen *et al.*, 1974). Cette méthode a également fait ses preuves avec l'espadon en liberté qui a été pris au harpon par le haut lorsqu'il nage à la surface (Carey et Robison, 1981). Même si ce type de fixation à l'aide d'un harpon n'a suscité aucune réaction négative, le principal problème de cette technique est l'incertitude quant à la fixation de la marque et à la durée pendant laquelle elle restera en place avant de se perdre. Cette technique a néanmoins permis de faire des suivis de plusieurs jours.

La tendance générale dans le suivi des thonidés réalisés ces dernières années est d'attacher la marque sur la surface externe du poisson en utilisant des sutures intramusculaires. Deux techniques sont appliquées à cet effet. On a attaché des marques sur des albacores en utilisant une seule suture en nylon de type « tie-wrap » (attache autobloquante) passée à travers le muscle et les ptérygiophores de la nageoire anale, ce qui fait pendre la marque sous le poisson (Carey et Olson, 1982). L'autre méthode consiste à utiliser deux sutures pour attacher la marque à la surface dorsale du poisson. Cette technique a été utilisée avec succès sur l'albacore (Laurs *et al.*, 1977) et pour étudier les déplacements de cette espèce dans les environs d'Oahu, Hawaii (Holland *et al.*, 1985). Cette technique implique de hisser le poisson à bord du bateau et de l'immobiliser dans un berceau recouvert de mousse. On place un linge humide sur les yeux du poisson pour le calmer pendant qu'on pose la marque. On utilise des aiguilles creuses affilées pour faire passer les sutures à travers la musculature dorsale et les ptérygiophores associés à la deuxième nageoire dorsale. On place une suture dans une boucle à l'extrémité de la

marque et l'autre autour du milieu du corps de la marque pour éviter qu'elle ne ballote d'un côté à l'autre. On sécurise et on recoupe les deux sutures avant de relâcher le poisson. On a observé des albacores marqués de cette façon qui nageaient normalement en captivité et qui produisaient des données cohérentes dans le cadre de tests pratiques. Par ailleurs, un poisson portant un émetteur placé sur le dos a été recapturé 4 semaines après la remise à l'eau par un pêcheur ayant utilisé un leurre de ligne traînante (Holland *et al.*, 1985). Ces résultats montrent que l'attache intramusculaire est une méthode viable qui a très peu d'effets sur le comportement du poisson. Le principal problème que pose cette technique est la nécessité de hisser le poisson à bord du bateau, ce qui peut rendre son utilisation impossible avec des grands spécimens.

Insertion stomacale

L'insertion stomacale consiste à introduire doucement la marque à travers l'œsophage jusque dans l'estomac du poisson. Pour ce faire, on utilise généralement une tige qui est retirée lorsque la marque est à sa place (Yuen, 1970 ; Carey et Lawson, 1973 ; Laurs *et al.*, 1977 ; Dizon *et al.*, 1978). Il semble que cette technique soit particulièrement efficace avec des grands poissons comme le thon rouge du nord (Carey et Lawson, 1973). Pour les plus petites espèces telles que le listao et le germon, cette technique a posé des problèmes en raison de la régurgitation de la marque ou de l'atténuation du signal (Laurs *et al.*, 1977 ; Dizon *et al.*, 1978). Il va de soi que, lorsque la température de l'estomac constitue une donnée revêtant un intérêt particulier (Carey et Lawson, 1973), il n'existe pas d'autre solution que de placer l'émetteur dans l'estomac.

Implantation interne des marques électroniques (acoustiques ou archives)

Comme pour les méthodes de pose externe (hormis la technique du harpon), cette méthode exige que le poisson soit hissé à bord du bateau et/ou immobilisé dans un berceau. Une fois qu'il est immobilisé, on réalise une incision d'environ 2 cm de long dans la paroi abdominale, située 5 à 10 cm devant l'anus et environ 2 cm à gauche de l'axe du poisson. On fera très attention à ne traverser que le derme et une partie du muscle, sans atteindre la cavité péritonéale (Block *et al.*, 2001 a&b). On introduit ensuite un doigt recouvert d'un gant dans l'incision, à travers le muscle jusqu'à la cavité péritonéale. La marque, qui aura été stérilisée auparavant dans une solution de bétadine ou similaire, est ensuite introduite à travers l'incision dans la cavité péritonéale. En générale, deux sutures sont suffisantes pour fermer l'incision en utilisant une aiguille stérile et du matériel de suture [ex Ethicon (PDS II) taille 0, coupe cp-1, 70 cm]. Le poisson est mesuré en utilisant les graduations marquées sur le rembourrage du berceau, puis est remis à la mer (Schaefer et Fuller, 2005).

Fixation externe des marques électroniques (archives et pop-up)

En général, les marques pop-up reliées à des satellites sont attachées aux thonidés ou aux istiophoridés en utilisant un dard fabriqué en acier inoxydable, en titane ou moulé dans un nylon de qualité médicale (Block *et al.*, 1998b ; Graves *et al.*, 2002 ; Prince *et al.*, 2005 ; Prince et Goodyear 2006). Le dard est introduit à une profondeur de 10 cm environ (selon la taille du poisson), à la base de la deuxième nageoire dorsale (voir **Figure 4.6.1**), où il pénètre entre les ptérygiophores et le tissu conjonctif situé entre le ventre et la nageoire. La marque est fixée à cet ancrage à l'aide d'un monofilament de 20 à 25 cm de long et 136 kg, qui est introduit à travers la boucle-œil située au bout de la marque. La boucle-œil est fixée à sa place par un fin fil d'acier inoxydable dont l'extérieur est exposé à l'eau de mer et l'intérieur est relié à une pile. À un moment programmé, une faible charge passe dans le fil et provoque la corrosion et la libération de la marque. Le poisson reste environ 2 minutes sur le pont pendant le marquage. Les poissons peuvent aussi être marqués en recourant à la méthode dans l'eau (**Figure 4.6.1**) alors que le navire avance doucement vers l'avant. Des expériences menées sur des thonidés en captivité montrent que, comme le corps de ces poissons se rétrécit après la deuxième nageoire dorsale, les marques placées à cet endroit ont un contact minimal avec le corps et ne gênent nullement leurs mouvements normaux pendant la nage.

4.7.6 Après-marquage et remise à l'eau du poisson

Si l'on n'a pas utilisé d'anesthésie, le consensus général consiste à remettre le poisson à l'eau dès que possible, dans la mesure où le poisson semble être suffisamment en bonne santé pour se déplacer vers l'avant. Etant donné que tous les thonidés et istiophoridés pélagiques doivent avancer pour respirer, la capacité à se déplacer vers l'avant est fondamentale pour la fonction respiratoire et la survie après marquage. Si le poisson présente des signes de stress (sur la base de son aspect physique ou de sa couleur), tous les efforts possibles doivent être déployés en vue de réanimer le poisson jusqu'à ce qu'il redevienne vigoureux et qu'il retrouve des couleurs. Les méthodes visant à la réanimation des thonidés et des istiophoridés sont incluses dans Prince *et al.*, 2002. Des

informations détaillées relatives à l'état du poisson (attitude dans l'eau, vigueur de nage, etc.) à la remise à l'eau doivent être consignées.

Antibiotiques pour prévenir les infections

Bayliff (1973) aspergeait les pointes d'environ la moitié des applicateurs et des marques utilisées lors d'une campagne avec du chlorhydrate d'oxytétracycline à raison de 3,5 mg/g, de 1,2 mg par gramme d'hydrocortisone et de 1 200 unités de polymixine B comme sulfate. Les taux de récupération des poissons (albacore) portant des marques aspergées et non-aspergées n'ont pas présenté de différence significative. Majkowski (1982) a signalé que le thon rouge du sud *Thunnus maccoyi* marqué au début des années 60 « recevait une injection d'antibiotique pour combattre le choc de la marque, la manipulation et l'infection. »

Injection de tétracycline

Les thonidés et les istiophoridés reçoivent parfois une injection de tétracycline pendant le marquage pour obtenir des informations sur la signification des marques naturelles se formant dans les différentes pièces dures (otolithes, vertèbres, épines, etc.) du poisson qui pourraient être utilisées pour déterminer leur âge (Antoine et Mendoza, 1986). On utilise à cette fin une solution vétérinaire de chlorhydrate d'oxytétracycline (100 mg d'oxytétracycline base par ml sous forme de chlorhydrate d'oxytétracycline). La tétracycline qui a dépassé sa date d'expiration en tant qu'antibiotique est tout aussi inefficace en tant que marqueur. La tétracycline pénètre dans les périphéries des otolithes (et probablement des autres pièces dures) en 24 heures. Lorsqu'on récupère un poisson et qu'on examine les otolithes sous une lampe à ultraviolet, il est possible de voir la marque de tétracycline et de compter le nombre de marques naturelles entre la marque de tétracycline et le bord de l'otolithe ainsi que de les mettre en corrélation avec le temps écoulé entre le marquage et la récupération.

Les doses suivantes de tétracycline ont été utilisées par différents opérateurs :

<i>Espèce</i>	<i>Taille</i>	<i>Dose</i>	<i>Référence</i>
Albacore	42-95 cm (1,5-17,4 kg)	1,25 ml	Wild et Foreman, 1980
Listao	41-61 cm (1,3-5,0 kg)	1,25 ml	Wild et Foreman, 1980
Thon obèse	88-134 cm	5-10 ml	Schaefer et Fuller, 2005
Germon	51-85 cm (3,3-14,7 kg)	1,5 ml	Laurs, <i>et al.</i> , 1985

Tous les poissons ont reçu une injection intramusculaire. Les individus de petite et moyenne taille se sont vus appliquer une seule injection latérale dans la première nageoire dorsale, tandis que les individus de grande taille ont reçu deux ou trois injections de 1,25 ml à plusieurs endroits du corps.

L'injection de tétracycline ne semble pas affecter la survie de l'albacore ou du listao étant donné que les taux de récupération des poissons ayant reçu une injection et des poissons-témoins ne présentent pas de différence significative (Wild et Foreman, 1980). Le processus de l'injection prend du temps, ce qui implique que le nombre de poissons marqués de cette façon sera souvent plus réduit qu'avec d'autres techniques.

4.7.7 Bibliographie

- ANTOINE, L. et J. Mendoza (1986). L'utilisation du rayon de la nageoire dorsale pour l'étude de la croissance et l'écologie du listao. Proc. ICCAT Intl. Skipjack Yr. Prog.: 317-324.
- BLOCK, B.A., H. Dewar, C. Farwell, and E.D. Prince (1998b). A new satellite technology for tracking the movements of Atlantic bluefin tuna. Proceedings National Academy Sciences USA, 95: 9384-9389,
- BLOCK, B.A., H. Dewar, S.B. Blackwell, T.D. Williams, E.D. Prince, C.J. Farwell, A. Boustany, S.L.H. Teo, A. Seitz, A. Walli, A. and D. Fudge (2001a). Migratory movements, depth preferences, and thermal biology of Atlantic bluefin tuna. Science, 293: 1310-1314.
- BLOCK, B.A., H. Dewar, S.B. Blackwell, T. Williams, E. Prince, A.M. Boustany, C. Farwell, D.J. Dau and A. Seitz (2001b). Archival and pop-up satellite tagging of Atlantic bluefin tuna. Pp 65-88 in Sibert, J. and Nielsen, J. (eds.), Electronic Tagging and Tracking in Marine Fisheries. Reviews: Methods and

Technologies in Fish Biology and Fisheries, Volume 1, Kluwer Academic Press, Dordrecht, The Netherlands.

- BLOCK, B.A., S.L.H. Teo, A. Walli, A. Boustany, M.J.W. Stokesbury, C.J. Farwell, K.C. Weng, H. Dewar and T.D. Williams (2005). Electronic tagging and population structure of Atlantic bluefin tuna *Nature* 434: 1121-1127.
- BRILL, R.W., D.B. Holts, R.K.C. Chang, S. Sullivan, H. Dewar and F.G. Carey (1993). Vertical and horizontal movements of striped marlin (*Tetrapturus audax*) near the Hawaiian Islands, determined by ultrasonic telemetry, with simultaneous measurement of oceanic currents. *Mar. Bio.* 117:567-574.
- CAREY, F.G. and K.D. Lawson (1973). Temperature regulation in free-swimming bluefin tuna. *Comp. Biochem. Physiol. (A Comp. Physiol.)*, 44(2): 375-92.
- CAREY, F.G. and R.J. Olson (1982). Sonic tracking experiments with tunas. *Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT*, 17(2): 458-66.
- CAREY, F.G. and B.H. Robinson (1981). Daily patterns in the activities of swordfish, *Xiphias gladius*, observed by acoustic telemetry. *Fish. Bull. NOAA/NMFS*, 79(2):277-92.
- DIZON, A.R., R.W. Brill and H.S.H. Yuen (1978). Correlations between environment, physiology, and activity and the effects of thermoregulation in skipjack tuna. In the physiological ecology of tunas, edited by Dizon, A.E. and C.D. Sharp, New York Academic Press, pp. 233-59.
- GRAVES, J.P., B.E. Luckhurst and E.D. Prince. (2002). An evaluation of pop-up satellite tags to estimate post-release survival of blue marlin (*Makaira nigricans*) from a recreational fishery. *Fishery Bulletin*, Vol. 100(1): 134-142.
- GUNN, J. (1994). Smart archival tag comes up trumps for tuna. *Australian Fisheries*. 53: 10-11
- GUNN, J and B. Block (2001). Advances in Acoustic, Archival and satellite Tagging of Tunas. In: *TUNA Physiology, Ecology and Evolution*. B.A. Block & E.D. Stevens (eds.). Academic Press. San Diego, San Francisco, New York, Boston, London, Sydney, Tokyo.
- HILL, R.D. (1994). Theory of geolocation by light levels. Pp 227-236 in Le Bouef, B.J., and Laws. R.M. (eds.), *Elephant Seals: Population Ecology, Behavior, and Physiology*, University of California Press, Berkley, CA.
- HOLLAND, K., R. Brill, S. Ferguson, R. Chang and R. Yost (1985). A small vessel technique for tracking pelagic fish. *Mar. Fish. Rev.* 47(4): 26-32.
- HOLLAND, K., R. Brill and R.K.C. Chang (1990a). Horizontal and vertical movements of Pacific blue marlin captured and released using sportfishing gear. *Fishery Bulletin*, U.S., 88: 397-402.
- HOLLAND, K.N., R.W. Brill and R.K.C. Chang (1990b). Horizontal and vertical movements of yellowfin and bigeye tuna associated with fish aggregating devices. *Fishery Bulletin*, U.S., 88: 493-507.
- I-ATTC/CIAT (1981). (Inter-American Tropical Tuna Commission/Comisión Interamericana del Atún Tropical). Annual report of the Inter-American Tropical Tuna Commission. Informe anual de la Comisión Interamericana del Atún Tropical, 1980. *Annu. Rep. I-ATTC/Inf. Anu. CIAT*, (1980):234 p.
- I-ATTC/CIAT (1984). (Inter-American Tropical Tuna Commission/Comisión Interamericana del Atún Tropical). Annual report of the Inter-American Tropical Tuna Commission. Informe anual de la Comisión Interamericana del Atún Tropical, 1983. *Annu. Rep. I-ATTC/Inf. Anu. CIAT*, (1983):272 p.
- KERSTETTER, D.W., B.E. Luckhurst, E.D. Prince and J.E. Graves. (2003). Use of pop-up satellite archival tags to demonstrate survival of blue marlin (*Makaira nigricans*) released from pelagic longline gear. *Fishery Bulletin*, 101:939-948.
- LAURS, R.M., R. Nishimoto and J.A. Wetherall (1985). Frequency of increment formation on sagittae and north Pacific albacore (*Thunnus alalunga*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 42(9):1552-5.
- LAURS, R.M., H.S.R. Yuen and J. H. Johnson (1977). Small-scale movements of albacore *Thunnus alalunga* in relation to ocean features as indicated by ultrasonic tracking and oceanographic sampling. *Serv. NMFS*, 75(2):347-55.

- LUTCAVAGE, M.E., R. W. Brill, G.G. Skomal, B.C. Chase, P.W. Howey (1999). Results of pop up satellite tagging of spawning size class fish in the Gulf of Maine: Do North Atlantic bluefin tuna spawn in the mid Atlantic? *Can J Fish Aquat Sci*; 56, no. 2, pp. 173-177
- MAJKOWSKI, J. (ed.) (1982). CSIRO database for southern bluefin tuna (*Thunnus maccoyii* (Castlenau)). Rep. CSIRO Mar. Lab. (142):23 p.
- METCALFE, J.D. (2001). Summary report of a workshop on daylight measurements for geolocation in animal telemetry. "Electronic Tagging and Tracking in Marine Fisheries" Reviews: Methods and Technologies in Fish Biology and Fisheries, Vol 1. (J. Sibert and J. Nielsen, eds.) Kluwer Academic Press, Dordrecht, The Netherlands. pp 331-342.
- PRIEDE, I.G. (1984). A basking shark (*Cetorhinus maximus*) tracked by satellite together with simultaneous remote- sensing. *Fish. Res.* 2: 201-216.
- PRINCE, E.D., R.K. Cowen, E.S. Orbesen, S.A. Luthy, J.K. Llopiz, D.E. Richardson and J.E. Serafy (2005). Movements and spawning of white marlin (*Tetrapturus albidus*) and blue marlin (*Makaira nigricans*) off Punta Cana, Dominican Republic. *Fishery Bulletin*.103: 659-669.
- PRINCE, E.D. and C.P. Goodyear. (2006). Hypoxia based habitat compression of tropical pelagic fishes. *Fisheries Oceanography*. 15(6): 451-464.
- ORTIZ, M., E.D. Prince, J.E. Serafy, D.B. Holts, K.B. Davy, J.G. Pepperell, M.B. Lowry and J.C. Holdsworth (2003). A global overview of the major constituent-based billfish tagging programs and their results since 1954. *Marine and Freshwater Research* 54: 489-507.
- SCHAEFER, K.M. and D.W. Fuller (2005). Behavior of bigeye (*Thunnus obesus*) and skipjack (*Katsuwonus pelamis*) tunas within aggregations associated with floating objects in the equatorial eastern Pacific. *Marine Biology*. 146: 781-792.
- SEDBERRY, G.R. and J.K. Loefer (2001). Satellite telemetry tracking of swordfish, *Xiphias gladius*, off the eastern United States. *Mar. Biol.* 139: 355-360.
- STEVENS, J. (1996). Archival tagging of sharks in Australia. *Shark News*, (7): 10.
- TAKAHASI, M., H. Okuimina, K. Yokawa and M. Okazaki (2003). Swimming behaviour and migration of a swordfish recorded by an archival tag. *Marine and Freshwater Research*. 54: 527-534.
- TEO, S.L.H., A. Boustany, S. Blackwell, A. Walli, K.C. Weng and B.A. Block (2004). Validation of geolocation estimates based on light level and sea surface temperature from electronic tags. *Marine Ecology Progress Series* 283: 81-98.
- WILD, A. and T.J. Foreman (1980). The relationship between otolith increments and time for yellowfin and skipjack tuna marked with tetracycline. *Bull.1-ATTC/Bol.CIAT*, 17(7): 507-60.
- YUEN, H.S.H. (1970). Behavior of skipjack tuna, *Katsuwonus pelamis*, as determined by tracking with ultrasonic devices. *J. Fish. Res. Board Can.*, 27(11): 2071-9
- YUEN, H.S.H., A.E. Dizon and J.H. Uchiyama (1974). Notes on the tracking of the Pacific blue marlin, *Makaira nigricans*. NOAA Tech. Rep. NMFS (Spec. Sci. Rep. Fish. Ser.), (675) 265-8.

4.8 Échantillonnage associé à la maturité

La connaissance des schémas de reproduction des grands pélagiques ainsi que les caractéristiques de croissance et de mortalité définiront dans les grandes lignes la capacité de régénération que possède une population donnée. Ces informations sont par conséquent très importantes pour la gestion et la conservation, de même que la construction de modèles fiables le sera pour l'évaluation efficace des stocks.

En général, les grands pélagiques sont des géniteurs à ponte fractionnée, ce qui signifie qu'ils ont besoin de longues périodes de fécondité dans leur cycle vital pour assurer la reproduction. Ils y parviennent grâce à différents degrés de reproduction prolongée et en combinant une fécondité fréquente et des fécondités par fraction de ponte relativement élevées (Cayré et Farrugio, 1986 ; Schaefer, 2003). Cette caractéristique biologique accroît la complexité des études de maturité.

La principale approche pour évaluer les schémas de maturité des thonidés et des istiophoridés se fonde sur le prélèvement de gonades afin de réaliser un examen histologique détaillé au microscope. Si cette méthode est précise et fournit des informations précieuses, elle requiert cependant beaucoup de travail, est coûteuse et mortelle pour le poisson. Par ailleurs, il n'est pas toujours possible d'obtenir des échantillons de gonades car les thonidés sont parfois vendus entiers à la criée et les espadons sont éviscérés en mer. Ceci dit, des techniques chimiques visant à déterminer la maturité ont été récemment mises au point. Nous allons les aborder ci-contre.

4.8.1 Échantillonnage associé au sexe et à la maturité

Le lieu et l'heure de l'échantillonnage seront déterminés en fonction de l'objectif du programme. L'obtention d'échantillons tout au long de l'année permet de vérifier les schémas temporels de la maturité. Une couverture plus détaillée dans le temps peut permettre de confirmer l'existence de cycles journaliers dans la reproduction. Par exemple, des études ont indiqué que la reproduction pourrait être synchronisée de sorte à se produire à la tombée du jour chez certaines espèces. Une large couverture spatiale peut déterminer l'existence de lieux de ponte. Il faudra tenir compte de ces facteurs lorsqu'on réalisera des échantillonnages pour obtenir des données de maturité et des informations préalables afin d'orienter de façon appropriée les campagnes d'échantillonnage. La détermination du sexe et le prélèvement de gonades dépendent en général de la possibilité d'accéder à des carcasses qui n'auront pas été éviscérées. Il se peut que cet accès soit restreint lorsqu'il s'agit d'espèces ayant une grande valeur commerciale.

Les gonades peuvent être trouvées dans la partie ventrale du coelome interne. Chez le poisson sexuellement mature, les gonades mâles et femelles remplissent souvent tout l'espace disponible dans le coelome interne. Les ovaires ont d'habitude une forme tubulaire, une couleur rose/rouge et une texture granulaire, tandis que les testicules sont aplatis, blancs/gris et leurs bords ventraux ont souvent une forme ondulée. Chez les istiophoridés, les gonades mâles ont un aspect et une forme relativement irrégulière, avec de nombreux nodules sur la surface externe. Les coupes transversales des gonades mâles montrent une forme rectangulaire caractéristique et, lorsqu'elles sont sexuellement matures, présentent souvent de la laitance. Par contre, les gonades femelles ont un aspect externe plus régulier et la coupe transversale montre une forme ovale et parfois un lumen (orifice) au milieu. Le poids du poisson est un autre facteur permettant de déterminer le sexe d'un istiophoridé, sachant que les mâles de la plupart des espèces sont considérablement plus petits (en moyenne) que les femelles. Ainsi, les makaires bleus mâles dépassent rarement les 100 kg (220 livres), tandis que les femelles peuvent dépasser 400 kg (880 livres) et ont souvent un poids supérieur à 125 kg (275 livres). En théorie, il est peu probable de trouver un makaire bleu mâle ayant un poids manipulé de plus de 125 kg !

L'utilisation d'un plan d'échantillonnage stratifié par taille est appropriée pour estimer la taille par maturité et la fécondité. On peut utiliser des gammes de taille comparables aux distributions attendues de taille par âge ou des gammes plus petites. Il se peut qu'il soit nécessaire de modifier le plan d'échantillonnage pour des questions financières sachant qu'il faut échantillonner différentes saisons, zones et années. Il pourrait être nécessaire d'ajouter une stratification pour compenser le comportement des poissons, notamment la concentration des reproducteurs ou la migration génétique.

Les détails suivants doivent être consignés lors du prélèvement des échantillons (voir ci-dessous) :

Date, bateau, espèce, taille, poids, sexe, poids des gonades, poids du sous-échantillon de gonades, lieu de capture (latitude et longitude), type de banc de thonidés et d'association, et un numéro unique d'échantillon par poisson, un échantillon de ce poisson et la zone de la gonade échantillonnée.

Il faut définir des critères précis relatifs aux degrés de maturité pour estimer les proportions d'individus sexuellement matures. Cette question est abordée dans les sections suivantes.

4.8.2 Stades de maturité

L'examen visuel des ovaires pour déterminer le degré de maturité est considéré comme un indicateur imprécis de l'état de reproduction (West, 1990). On recommande par conséquent d'utiliser des méthodes histologiques et/ou chimiques. Les différents stades sont présentés dans le tableau suivant (**Tableau 4.8.1**).

Tableau 4.8.1. Stades de maturité lors de l'examen visuel des gonades des grands pélagiques.

Stade	Critères	
	Mâles	Femelles
I	Gonades en forme de petits rubans, impossible de déterminer le sexe à l'œil nu	Gonades en forme de petits rubans, impossible de déterminer le sexe à l'œil nu
1	Immatures ; testicules très fins, aplatis et en forme de ruban, mais détermination du sexe possible à l'œil nu	Immatures ; gonades allongées et minces, mais détermination du sexe possible à l'œil nu
2	Testicules gonflés, triangulaires dans la coupe transversale, pas de laitance dans le canal central	Maturité précoce ; gonades gonflées, mais pas d'ovule visible à l'œil nu
3	En maturation ; la laitance s'écoule si l'on presse ou pince les testicules	Maturité tardive ; gonades gonflées, ovules visibles à l'œil nu
4	Matures ; grands testicules, la laitance s'écoule facilement des testicules	Matures ; ovaires très gonflés, ovules translucides, sortant facilement des follicules ou libres dans la lumière de l'ovaire
5	Ayant frayé ; testicules flasques, injectés de sang, surface rouge foncé, peu ou pas de laitance dans le canal central	Ayant frayé ; comprend les poissons qui ont frayé et les poissons d'après-ponte, restes d'ovules matures à divers degrés de résorption et reste d'ovules matures de 1,0 mm de diamètre

4.8.3 Échantillonnage histologique et analyse

L'échantillonnage histologique est la méthode la plus utilisée pour évaluer le degré de maturité chez les espèces de grands pélagiques.

Il faut prélever, immédiatement après la capture du poisson, soit la gonade entière soit, si elle est trop grande, des sections de celle-ci (de 1 cm d'épaisseur) provenant de la région centrale de l'ovaire. On les fixera dans une solution de Bouin, formaline neutre à 10% ou formaline à 4% dans l'eau de mer, afin de les envoyer au laboratoire.

Les échantillons doivent être déshydratés dans des concentrations croissantes d'éthanol, rincés à l'histolemon et imprégnés dans de la paraffine. On peut ensuite prendre des sections (5-10 µm d'épaisseur) en utilisant un microtome. Des sections peuvent être colorées uniquement avec de l'hématoxyline-éosine (l'hématoxyline de Harris suivie d'une contre-colorant à l'éosine) ou complétées avec le trichrome de Mallory et la réaction acide périodique Shiff (Pas), avant l'examen au microscope. Il faut indiquer le grossissement (oculaire et objectif).

Pour les femelles, on recommande d'utiliser le schéma de classement des ovocytes développé par Hunter *et al.* (1986) (**Tableau 4.8.2**). Ce type de classification comprend à la fois la fréquence de ponte et la probabilité qu'une femelle continue de frayer (dans l'état atrétique de l'ovaire). Si l'on utilise d'autres schémas (ex Corriero *et al.* (2003) pour le thon rouge), il faudra en donner les références et détailler les interprétations des états immature et mature.

Tableau 4.8.2. Stades de maturité résultant de l'examen histologique des ovaires.

Stade	Maturité	État des ovocytes	Atrésie	Commentaires
1	Immature	Majorité des ovocytes à la fin du stade diplotène tardif ou au début du stade périnucléaire	Pas d'atrésie	Haute densité d'ovocytes de coloration foncée due à l'hématoxyline
2	Immature	Mélange d'ovocytes au début et à la fin du stade périnucléaire. Pas de granules vitellines.	Pas d'atrésie ou atrésie mineure des ovocytes sans vitellus	Premier stade de développement
3	Immature	Partiellement vitellins	Pas d'atrésie ou atrésie mineure des ovocytes sans vitellus	Granules ou globules vitellins rougeâtres visibles depuis la périphérie de la cellule jusqu'à ¼ de la zone périnucléaire
4	Mature	Peuvent être sans vitellus ou partiellement vitellins	Atrésie évidente d'ovocytes tout à fait vitellins	On estime qu'ils ont atteint un stade tout à fait vitellin et de reproducteur en puissance, mais qu'ils sont retournés à un stade d'inactivité reproductive
5	Mature	Ovocytes tout à fait vitellins, mais pas de follicules post-ovulatoires observés	Atrésie nulle ou de moins de 50% des ovocytes tout à fait vitellins	Poisson mature, potentiellement reproducteur
6	Mature	Ovocytes tout à fait vitellins. Ils peuvent se trouver au stade du noyau migrateur ou être hydratés et/ou présenter des follicules post-ovulatoires	Atrésie de moins de 50% des ovocytes tout à fait vitellins, généralement atrésie nulle ou mineure	Poisson reproducteur nageant de façon active avec une atrésie nulle ou mineure
7	Mature	Ovocytes tout à fait vitellins. Ils peuvent se trouver au stade du noyau migrateur ou être hydratés et/ou présenter des follicules post-ovulatoires	Atrésie d'au moins 50% des ovocytes tout à fait vitellins	Poisson reproducteur nageant de façon active avec une atrésie significative
8	Mature	Certains ovocytes tout à fait vitellins, mais aucun au stade de noyau migrateur ou d'hydratation. Pas de POF observé.	Atrésie d'au moins 50% des ovocytes tout à fait vitellins	Poisson potentiellement reproducteur avec une atrésie significative
9	Mature	Pas d'ovocytes tout à fait vitellins, mais l'atrésie d'ovocytes tout à fait vitellins est évidente	Atrésie de 100% des ovocytes tout à fait vitellins	Poisson mature dans une phase de non-reproduction
10	Mature	Pas d'ovocytes tout à fait vitellins. Les ovocytes semblent être au stade 1 ou 2.	Atrésie avancée des ovocytes	Poisson mature dans une phase atrétique de post-reproduction avancée

Ce schéma de classification peut être simplifié en un système de classification de maturité (**Tableau 4.8.3**).

Tableau 4.8.3. Système de classification de maturité fondé sur Hunter *et al.* (1986).

Catégorie	Stade	Présence d'ovocytes tout à fait vitellins	POF présent	Commentaires
Immature	1, 2, 3	Non	Non	Les ovocytes n'ont jamais atteint le stade tout à fait vitellin
Mature	4 à 10	Oui pour stades 5-8	Oui pour St. 6, 7	Ils ont développé des ovocytes tout à fait vitellins
Reproducteur actif	5, 6, 7	Oui	Oui pour St. 6, 7	Présence d'ovocytes tout à fait vitellins
En reproduction	6, 7, 5*	Oui	Oui pour St. 6, 7. Non pour St. 5	Évidence histologique d'un frai récent ou imminent
Reproducteur inactif/ atrétique/post-reproduction	4, 8, 9, 10	Oui pour le stade 8	Non	Ils avaient développé des ovocytes tout à fait vitellins, mais sont retournés au stade d'inactivité partielle ou totale

* Un poisson n'est considéré en reproduction que si l'on observe des ovocytes dans des noyaux migrateurs ou en état d'hydratation.

Le diamètre d'un certain nombre d'ovocytes (par ex. 350-400 par section) doit être mesuré en microns pour obtenir les distributions de fréquence des étapes sélectionnées du développement des ovocytes.

On peut déterminer le moment et le lieu de frai à partir de spécimens ayant des ovocytes hydratés dans les ovaires, ce qui indique une ponte imminente.

En ce qui concerne les mâles, Abascal *et al.* (2004) et Schaefer (1996) ont développé tous les deux des clefs associées au développement des testicules dans différentes espèces de thonidés. La clef de Schaefer sert de guide pour analyser la situation de reproduction des mâles, tandis que les descriptions d'Abascal *et al.* décrivent les stades microstructuraux et histologiques que peuvent présenter les testicules des thonidés.

La classification de Schaefer (**Tableau 4.8.4**), développée pour *T. albacares* dans l'océan Pacifique oriental, se fonde sur la taille du canal déférent, sur l'épaisseur du tissu myoïde entourant le canal, sur la quantité de spermatozoïdes contenus à l'intérieur du canal, sur le degré de torsion que présente le canal, sur le fait que le tissu adjacent au canal est ou non très nucléé et sur les caractéristiques de coloration du tissu adjacent au canal (avec la coloration l'hématoxyline-éosine).

Tableau 4.8.4. Stades de développement fondés sur l'examen microscopique des testicules.

Stade	Contenus et structure du canal déférent	Coloration épithéliale du canal déférent
Pré-reproduction	Sans sperme, très enroulé	Coloration foncée
En frai ou ayant frayé récemment	Rempli de sperme, canal ouvert arrondi aux bords	Pas de coloration foncée apparente

La preuve d'un frai récent chez un mâle de *T. albacares* du Pacifique oriental n'a été constatée qu'environ 12 heures après la reproduction. L'échantillonnage doit par conséquent tenir compte du facteur temporel.

Abascal *et al.* (2004) a observé l'existence de deux zones distinctes dans la section transversale des testicules de *T. thynnus*. Dans la zone extérieure, les lobules séminifères possèdent une fine paroi formée par l'épithélium germinatif dans lequel se développent les cellules germinales en association avec les cellules de Sertoli. Les lumens des lobules sont remplis de spermatozoïdes qui ont été libérés à la fin du processus de spermiogenèse. L'émission de sperme mature depuis les spermatocytes dans les lumens des lobules provoque la discontinuité de l'épithélium germinal. Dans la zone centrale du testicule, les lobules testiculaires perdent l'épithélium germinal et deviennent des canaux dans lesquels les lobules n'ont plus la fonction de produire, mais de stocker le sperme. On ne trouve dans cette zone que des spermatozoïdes matures qui remplissent les lumens enflés des lobules. Les différents stades des gamètes sont indiqués dans le **Tableau 4.8.5**.

Tableau 4.8.5. Stades de développement des spermatozoïdes d'après un examen histologique et moléculaire de type SEM.

Stade	Description	Position
Spermatogonies primaires	Grandes cellules ovoïdes, noyau à chromatine diffuse et un seul nucléole central. Nombre élevé de corps chromatides dans le cytoplasme.	Distribuées le long de l'épithélium germinal
Spermatogonies	Résultat de mitoses successives de spermatogonies primaires. Formation en petits groupes. Le noyau contient de la chromatine clairsemée.	
Spermatocytes de premier ordre	Groupes, avec des cellules reliées par des ponts cytoplasmiques. Noyau hétérochromatique. Le cytoplasme contient des ribosomes libres.	
Spermatocytes de deuxième ordre	Rarement trouvés dans des échantillons histologiques. Le cytoplasme est réduit, le noyau présente une chromatine diffuse formant des groupes relativement opaques aux électrons	
Spermatides et spermatozoïdes	Formation en groupes, la tête face aux parois des lobules et faisceaux de flagelles dirigés vers le lumen du lobule séminifère. Les jeunes spermatides ont un noyau sphérique à chromatine dense. La chromatine devient plus homogène chez les spermatides moyens. La chromatine se condense en une forme granulaire épaisse chez les spermatides âgés. Le noyau prend également une forme ovoïde et constitue une encoche basale sur le segment proximal de l'axonème. Le flagelle s'allonge, la masse cytoplasmique se réduit et les mitochondries confluent autour de la partie proximale de l'axonème. Le flagelle reste parallèle à la base du noyau dans le spermatozoïde.	Restent dans les spermatocytes

4.8.4 Méthodes chimiques

Dans de nombreuses pêcheries, les poissons sont déchargés déjà éviscérés et, si ce n'est pas le cas, la valeur de leur chair empêche d'ouvrir leur ventre pour déterminer leur sexe et leur maturation sexuelle. L'identification externe est une tâche difficile du fait de l'absence de dimorphismes sexuels. Dans ce cas, les méthodes endocrinologiques moléculaires permettent d'identifier le sexe et le stade de maturation à partir d'échantillons sanguins et de tissus. La maturité par taille peut être estimée en collectant des échantillons de muscles sur une vaste gamme d'individus de chacune des unités de gestion.

On peut prélever des échantillons de sang et de muscle pour réaliser des analyses chimiques d'hormones de reproduction. Il va de soi que les échantillons provenant d'individus matures présentent un grand intérêt. On a développé une biopsie à l'emporte-pièce (Bridges *et al.*, 2000) qui permet de prélever des échantillons d'environ 100 à 150 g de muscle sans causer de dommages apparents au poisson. Les échantillons de sang et de muscle doivent être congelés après l'extraction.

Le sang doit être centrifugé pour obtenir le plasma (par ex. 5 000 g pendant 15 minutes). Les échantillons de plasma ainsi obtenus peuvent être directement analysés. Les échantillons de muscle doivent être homogénéisés et il faut extraire les stéroïdes avec du dichlorométhane avant d'effectuer les mesures.

On peut faire une évaluation en utilisant les méthodes standard ELISA (Enzyme-Linked ImmunoSorbent Assay) pour les hormones sexuelles (ex. 17β -estradiol (E_2), 17α - 20β -dihydroxy-4-pregnen-3-one ($17,20\beta$ P), 11-ketotestostérone (11-KT)) et la lipoprotéine vitellogénine (Vtg), qui est synthétisée sous l'action de E_2 .

En général, les changements observés dans les hormones stéroïdes et dans la vitellogénine peuvent être mis en corrélation avec l'indice gonadosomatique (GSI) et avec le diamètre des ovocytes. La $17,20\beta$ -P peut servir à déterminer le type d'émission de sperme et des ovules. La relation entre la testostérone et la 11-KT peut être utilisée pour identifier le sexe, tandis qu'on peut prendre plusieurs portions de stéroïdes sexuelles pour définir la maturité et le sexe d'un poisson donné (par ex. présence/absence d'estradiol, vitellogénine).

Il faut signaler que si les stéroïdes restent stables pendant plusieurs semaines à une température ambiante, les échantillons de vitellogénine doivent être stockés à basse température.

4.8.5 Estimation des caractéristiques associées à la maturité

La procédure statistique visant à obtenir un schéma de maturité implique d'ajuster un modèle prédictif de régression non-linéaire correctement pondéré directement aux données de maturité. Le modèle peut être ensuite utilisé pour prédire des proportions de poissons sexuellement matures à des tailles et/ou âges spécifiques. On peut également utiliser ces données pour faire des évaluations statistiques de la variation spatiale et temporelle dans les fonctions de maturité. La maturité par âge peut être estimée à l'aide d'une courbe logistique de la façon suivante :

$$\%mature = \frac{100}{1 + e^{-a(\text{taille}+b)}}$$

ou de façon linéaire :

$$\ln\left[\frac{p}{1-p}\right] = \alpha + \beta * \text{taille}$$

où p est la probabilité qu'un thonidé soit mature, α et β sont les paramètres de régression du modèle, et la taille est la taille du poisson. Il faut calculer des intervalles de confiance de 95%. Si l'on n'a pas utilisé d'échantillonnage stratifié par taille, l'ajustement du modèle doit être pondéré par le nombre d'échantillons dans chaque classe de taille afin de s'assurer que les tailles limitées situées aux extrémités de la gamme de taille échantillonnée n'auront pas une répercussion excessive sur l'ajustement du modèle.

Pour les espèces d'istiophoridés, on peut calculer l'indice gonadique (IG). C'est le rapport entre le poids de l'ovaire (O_w) et la taille. On utilise d'habitude la longueur maxillaire inférieur-fourche (LJFL). L'IG est alors :

$$GI_{LJFL} = \frac{O_w}{LJFL^3} * 10^4$$

Au-delà d'une valeur critique de l'IG, propre à chaque espèce, il est admis que l'individu étudié est en état de maturité sexuelle (Albaret, 1977 ; Cayré et Laloé, 1986). Chez l'espadon, un IG supérieur ou égal à 2,09 est une indication *a priori* de femelles en phase de reproduction active (García Cortés et Mejuto, 2003). Dans la mesure du possible, il faudra calculer des intervalles de confiance de 95% pour l'IG.

L'indice gonadosomatique (IGS) est le rapport entre le poids des gonades et le poids du corps. Il peut indiquer l'état de maturation :

$$GSI = \frac{W_G}{W} * 100$$

où W_G est le poids des gonades et W est le poids de l'individu sans gonades. Si un indice gonadosomatique est calibré, par exemple à travers l'histologie, il pourra être utilisé pour déterminer les distributions spatio-temporelles de la reproduction. Ceci dit, il ne sera pas assez précis pour obtenir une classification de la maturité ou de l'activité reproductive. Cet aspect requiert l'analyse de données histologiques détaillées.

L'estimation de la fécondité annuelle chez les thonidés requiert le calcul d'estimations des fréquences de ponte par classe de taille et des estimations correspondantes des fécondités par acte de ponte dans toute la gamme de taille des femelles matures. Il est nécessaire de connaître l'aspect et la longévité des follicules post-ovulatoires dans les ovaires après la ponte pour estimer la fréquence de celle-ci. La fréquence à laquelle les ovaires des femelles matures contiennent des follicules post-ovulatoires peut être ensuite utilisée pour estimer la fréquence de ponte. Les femelles de grande taille semblent capables de maintenir une fréquence de ponte plus élevée.

Ce n'est que dans les stades finaux de la maturation des ovocytes, qui commence par la phase de migration du noyau et est suivie par la phase d'hydratation, qu'on observe une discordance dans la distribution des ovocytes d'où l'on peut extraire des estimations de la fécondité par acte de ponte. Celle-ci ne doit être estimée qu'à partir d'ovaires se trouvant à l'état hydraté, mais pré-ovulatoire. Toute perte d'ovocytes fausserait les estimations de fécondité. Sachant que de nombreux thonidés sont des géniteurs avec des pontes séquentielles (par ex. Corriero *et al.*, 2003), les estimations de la fécondité fondées sur des ovaires non-hydratés peuvent surestimer de façon considérable la fécondité par acte de ponte étant donné qu'il n'est pas possible de distinguer des épisodes successifs de ponte avant le début de l'hydratation. La fécondité par acte de ponte doit être déterminée en utilisant la méthode gravimétrique qui compte le nombre d'ovocytes hydratés présents dans un sous-échantillon pondéré du tissu ovarien (O_w). On prélèvera à cet effet des sections de lamelles ovigères de la région antérieure, moyenne et postérieure de l'ovaire. Chacun de ces échantillons doit être disposé sur une lame pour microscope (l'échelle longitudinale de la lame peut faciliter le comptage), saturé avec une solution de glycérine et recouvert d'une lame. On comptera trois fois le nombre d'ovocytes hydratés présents dans chaque échantillon et on prendra la moyenne numérique des ovocytes hydratés pour calculer la fécondité par acte de ponte :

$$B_f = H_c * O_w$$

où B_f est la fécondité par acte de ponte, H_c est le nombre d'ovocytes hydratés par unité de poids dans l'échantillon de tissu et O_w est le poids de l'ovaire. On peut ensuite calculer la moyenne des estimations des sections antérieure, moyenne et postérieure de l'ovaire afin d'obtenir une estimation représentative de tout l'échantillon. Il faut prendre un nombre élevé d'échantillons et d'individus afin d'obtenir une mesure de la variabilité dans les estimations de la fécondité par acte de ponte.

La fécondité par acte de ponte est généralement décrite par une fonction de puissance de la forme suivante :

$$B_f = cL^b$$

où L est la taille du poisson, et c et b sont des paramètres estimés. La fécondité par acte de ponte par poids est généralement décrite par un rapport linéaire sous la forme suivante :

$$B_f = aW + b$$

où W est le poids du poisson.

La fécondité annuelle peut être estimée à partir des estimations de la fécondité par acte de ponte (nombre d'ovocytes libérés par ponte) et de la fréquence de ponte.

4.8.6 Bibliographie

- ALBARET, J.J. (1977). La reproduction de l'albacore (*Thunnus albacares*) dans le Golfe de Guinée. Cah. ORSTOM, Sér. Océanogr. 15(4): 389-419.
- ABASCAL, F.J., C. Megina and A. Medina (2004). Testicular development in migrant and spawning bluefin tuna (*Thunnus thynnus* (L.)) from the eastern Atlantic and Mediterranean. Fish. Bull. 102, 407-417.
- AROCHA, F. (2002). Oocyte development and maturity classification of swordfish from the north-western Atlantic. J. Fish Biol. 60, 13-27.
- BRIDGES, C.R., P. Schröder, V. Susca, A. Corriero, M. Deflorio, G. De Metrio (2001). A new muscle biopsy technique for sex and sexual maturity determination in large pelagic fisheries. Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 52(2): 752-758.
- CAYRÉ, P. and H. Farrugio (1986). Biologie de la reproduction du listao (*Katsuwonus pelamis*) de l'océan Atlantique. In: Symons, P.E.K., P.M. Miyake, G.T. Sakagawa (eds.), Proc. ICCAT Conference on the International Skipjack Year Program, Madrid, pp. 252-272.
- CAYRÉ, P. and F. Laloé (1986). Review of the gonad index (GI) and an introduction to the concept of its "critical value": Application to the skipjack tuna, *Katsuwonus pelamis*, in the Atlantic Ocean. Marine Biology 90:345-351.
- CORRIERO, A., S. Desantis, M. Deflorio, F. Acone, C.R. Bridges, J.M. De la Serna, P. Megalofonou and G. De Metrio (2003). Histological investigation on the ovarian cycle of the bluefin tuna in the western and central Mediterranean. J. Fish Biol. 63(1), 108-119.
- GARCÍA-CORTÉS, B. and J. Mejuto (2003). Sex ratio patterns and gonadal indices of the swordfish (*Xiphias gladius*) caught by the Spanish surface longline fleet in the Indian Ocean. IOTC Proceedings no 6, 287-299.
- HUNTER, J.R., B. Macewicz and J.R. Sibert (1986). The spawning frequency of skipjack tuna, *Katsuwonus pelamis*, from the South Pacific. Fish. Bull. 84, 895-903.
- SCHAEFER, K.M. (1996). Spawning time, frequency, and batch fecundity of yellowfin tuna, *Thunnus albacares*, near Clipperton Atoll in the eastern Pacific Ocean. Fish. Bull., 94, 98-112.
- SCHAEFER, K.M. (2003). Estimation of the maturity and fecundity of tunas. Report of the working group on modern approaches to assess maturity and fecundity of warm- and cold-water fish and squids. Fisker og Havet 12, 117-124.
- SUSCA, V., A. Corriero, C.R. Bridges and D. De Metrio (2001). Study of the sexual maturity of female bluefin tuna: purification and partial characterisation of vitellogenin and its use in an enzyme-linked immunosorbent assay. J. Fish Biol. 58, 815-831.
- WEST, G. (1990). Methods of assessing ovarian development in fishes: a review. Aus. J. Mar. Freshwater Res. 41, 199-222.

4.9 Pièces dures

On considère qu'il existe de nombreux paramètres critiques pour l'évaluation et la gestion des espèces (comme nous l'avons déjà indiqué dans ce chapitre). Il s'agit notamment de l'âge et du taux de croissance des poissons.

Les pièces dures qui présentent des marques formées à des intervalles de temps réguliers peuvent être utilisées pour déterminer l'âge du poisson. Les marques peuvent être de type saisonnier ou annuel (macrostries) et comprendre une bande opaque et translucide qui est visible au microscope optique. Les marques peuvent également avoir une base journalière (microstries) et seront visibles à l'aide d'une microscopie à haute résolution ou d'un microscope électronique d'exploration. Les microstries peuvent être particulièrement utiles pour déterminer l'âge des larves et des juvéniles. La formation et la biominéralisation de ces bandes de croissance dépendent de nombreux facteurs métaboliques et environnementaux comme le climat, les migrations, la nutrition, etc.

Il est recommandé d'utiliser la nomenclature détaillée dans Kalish *et al.* (1995) dans toutes les études présentées à ce sujet.

On renvoie également le lecteur à l'excellent manuel préparé par la CCSBT pour le thon rouge, qui est disponible à l'adresse suivante : http://www.ccsbt.org/docs/pdf/about_the_commission/age_determination_manual.pdf.

4.9.1 Validation

Avant de pouvoir être utilisées dans la détermination routinière de l'âge des poissons, les stries des pièces dures doivent être validées en utilisant une technique adéquate (Beamish et McFarlane, 1983).

L'interaction de différents facteurs influençant la formation des bandes peut faire en sorte que celles-ci se forment une ou deux fois par an (ex. Ortiz de Zárate *et al.*, 1996 pour le germon). Il faut par conséquent valider la périodicité de la formation des bandes afin de s'assurer que celles-ci puissent permettre une lecture correcte de l'âge. Une erreur dans la validation des âges peut provoquer des erreurs considérables dans l'évaluation du stock.

Il existe une panoplie de méthodes qui peuvent être utilisées pour essayer de valider les bandes dans les pièces dures. Il s'agit notamment du rétrocalcul et de l'analyse de croissance marginale. La méthode la plus concluante est l'utilisation de techniques de marquage-recapture en utilisant des marqueurs tels que l'oxytétracycline (ex. Ortiz de Zárate *et al.*, 1996). L'oxytétracycline peut être injectée par voie intramusculaire dans des poissons capturés et marqués à des doses d'environ 70mg/kg de masse corporelle, administrée à la seringue dans la zone corporelle de la nageoire dorsale. La marque ainsi obtenue apparaît aux UV comme une bande fluorescente de couleur jaune/or et peut être mise en relation avec le temps écoulé depuis la remise à l'eau et avec la formation de marques naturelles dans la pièce dure. Le chlorure de strontium (SrCl_2) peut également être utilisé lorsque les risques pour la santé publique excluent l'utilisation de l'oxytétracycline. Les marques au SrCl_2 réalisées dans des otolithes sectionnés sont visibles au microscope électronique d'exploration avec le détecteur de rétrodiffusion de Robinson (Clear *et al.*, 2000). Il faut s'assurer que le schéma de croissance ne subit pas de variation après avoir réalisé ce marquage.

Lors de la présentation d'une étude quelconque, il **faut** indiquer si la validation a été réalisée et préciser les âges pour lesquels cette validation a été obtenue.

4.9.2 Échantillonnage des pièces dures

On a utilisé une gamme étendue de pièces dures pour déterminer l'âge des thonidés et des istiophoridés. Il s'agit notamment des otolithes (sagittae, ex. thon rouge de l'Atlantique), de la 1^{ère} épine/rayon de la nageoire dorsale (où les épines sont d'habitude dures et les rayons mous) ou des épines/rayons de la nageoire anale (ex. espadons (épines), albacore, thon obèse (rayons), des vertèbres (en général du pédoncule caudal, la vertèbre n° 35, ex. thon rouge de l'Atlantique, thon obèse).

Certaines structures sont plus appropriées pour une espèce ou pour un âge en particulier que d'autres. Il faut également tenir compte d'autres considérations pratiques comme, par exemple, le fait que les épines peuvent être retirées sans causer de dommage au poisson. Ceci constitue un avantage considérable notamment lorsqu'on est contraint d'acheter des poissons coûteux pour examiner des pièces dures comme les vertèbres. On peut également accéder au pédoncule caudal sans affecter le processus commercial.

On utilise d'habitude deux stratégies pour réaliser l'échantillonnage : l'échantillonnage aléatoire ou l'échantillonnage par taille (dans lequel on prélève un certain nombre d'échantillons dans chaque groupe de taille, voir section 4.2.2). La technique d'échantillonnage dépendra de l'objectif du programme. Il peut être nécessaire de prélever des échantillons mensuels pour valider l'utilisation des pièces dures pour déterminer l'âge à l'aide de l'analyse de croissance marginale (section 4.9.2), tandis qu'on peut se contenter d'un échantillonnage moins fréquent (voire annuel) pour développer des clés d'identification âge-longueur (section 4.3), ou encore moins fréquent s'il s'agit d'estimer des paramètres de croissance générale. L'échantillonnage des deux sexes sera nécessaire pour identifier des taux de croissance spécifiques du sexe.

On préférera un programme d'échantillonnage stratifié par taille étant donné qu'il garantira un échantillonnage adéquat de toute la gamme de tailles et qu'il améliorera les estimations des paramètres de croissance (voir section 4.9.5) et l'utilité des ALK. Il est cependant parfois difficile d'obtenir des poissons dans les extrémités inférieure et supérieure de la gamme de tailles. Dans ce cas, il se peut qu'il soit nécessaire de former un groupe inférieur ou supérieur et de combiner toutes les pièces dures au sein de ce groupe.

Ruiz *et al.* (2005) a élaboré des recommandations concernant l'échantillonnage stratifié par tailles des pièces dures dont on s'est inspiré (avec son autorisation) pour rédiger une partie importante du texte qui suit. Il faut prélever chaque mois une série de pièces dures (ex. épines) pour chaque gamme de tailles de 5 cm. L'échantillonnage doit être réalisé durant différents jours du mois jusqu'à ce qu'on obtienne un nombre suffisant de pièces dures pour compléter, dans la mesure du possible, la gamme de tailles des débarquements. Les échantillonnages doivent provenir de différentes zones de prise du stock étudié afin d'inclure la plus grande partie de celles-ci. L'échantillonnage doit également viser différents bateaux et ports de débarquement.

Les pièces dures doivent être prélevées des mêmes débarquements que les échantillons de tailles lorsqu'il s'agit de générer des ALK. Si l'on travaille avec des débarquements séparés, on veillera à ce que les échantillons proviendront de zones/engins qui auront fait l'objet de mesures de tailles.

Il faudra obtenir des informations sur le poisson d'où proviennent les pièces dures et sur sa capture. Ces informations comprendront :

Données	Notes
Espèces	
Nombre unique d'identification du poisson	
Taille du spécimen	<p>La mensuration la plus commune est la longueur-fourche (FL). (Voir section 4.3.3). La longueur-fourche est la ligne droite entre l'extrémité de la mâchoire supérieure (bout du museau) et l'extrémité du rayon caudal le plus court (fourche de la nageoire caudale) (Figure 4.9.1). Le mieux pour obtenir cette mesure est d'utiliser un pied à coulisse. À défaut, on peut également utiliser un mètre ruban, mais il faudrait absolument le tenir bien tendu pendant le mesurage. Le poisson doit être mis en position horizontale sur une surface plane. Dans le cas des espèces de grandes dimensions qui sont difficiles à mesurer de cette manière, on pourra remplacer cette technique par une des deux mesures suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Longueur de la première dorsale (LD1) : la ligne droite entre la mâchoire supérieure (bout du museau) et la base de la première épine dorsale (début de la première nageoire dorsale) (Figure 4.9.1). - Longueur courbée à la fourche (CFL) : longueur entre la mâchoire supérieure (bout du museau) et la fourche en suivant une ligne longitudinale imaginaire suivant la courbure du poisson (Figure 4.9.1). <p>Il faut indiquer clairement le type de mesure réalisé et l'unité utilisée (cm). Les FL et CFL sont mesurées au centimètre inférieur (un spécimen de 70,8 cm ou 70,2 cm correspondra à la classe de 70 cm), la LD1 est mesurée au demi-centimètre inférieur (un spécimen de 30,4 cm correspondra à 30 cm et un spécimen de 30,7 cm correspondra à 30,5 cm).</p>
Date de la capture du spécimen	Jour, mois et année
Zone de pêche	C'est le lieu de capture d'où provient l'échantillon et non le lieu où a été réalisé

	l'échantillonnage. Il faut établir une délimitation géographique précise. L'information la plus précise est la latitude et la longitude où le poisson a été capturé. Sachant que cette information n'est pas toujours disponible, dans le cas des exemplaires capturés lors de différentes opérations de pêche, on indiquera la latitude et la longitude de la zone (par exemple, entre 44°-45°N et 5°-7° W) ou au moins une zone géographique plus ou moins définie comme le Golf de Gascogne ou la mer d'Alboran.
Pays	Le pays auquel correspondent les échantillons, l'organisation et le personnel responsable de l'échantillonnage.
Date de l'échantillonnage	Jour, mois et année
Poids vif et/ou éviscéré du spécimen	kg
Sexe	Mâle, femelle, inconnu
Type de bateau et engin de pêche utilisé	Senne, palangre, canneur, etc.
Type de banc	Banc libre, associé aux DCP
Nom du bateau	Non du bateau qui a capturé le poisson et du port où il a été débarqué
Pièce dure	Otolithe (gauche, droite, les deux), vertèbre (et indication du numéro de la vertèbre) ou épine (et numéro de l'épine)

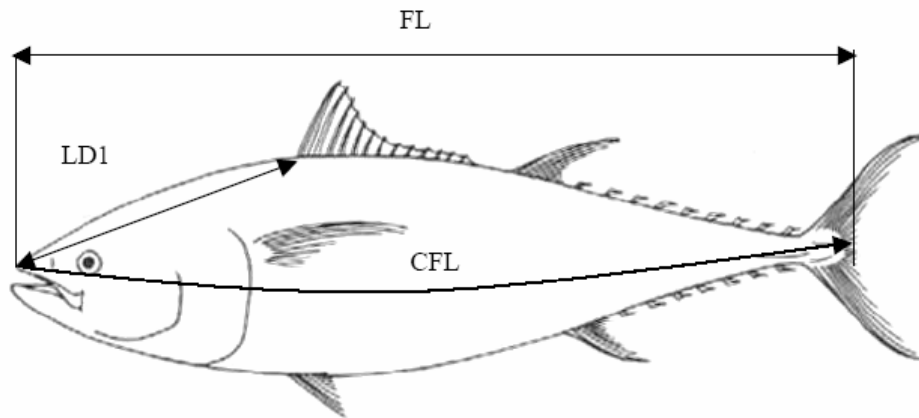


Figure 4.9.1. Types de mensurations du thon rouge : Longueur-fourche (FL), longueur de la première dorsale (LD1), longueur courbée à la fourche (CFL) (de Ruiz *et al.*, 2005, reproduits avec l'autorisation de l'auteur).

Les détails doivent être inscrits sur la fiche statistique appropriée pour s'assurer que le programme d'échantillonnage a été achevé.

Échantillonnage des épines

Il faut extraire la première épine de la première nageoire dorsale de chaque individu de l'espèce visée. L'épine doit être retirée tout entière à partir de la base.

On utilisera un couteau pour couper la membrane qui unit le premier et le deuxième rayon de la nageoire dorsale (**Figure 4.9.2**). On poussera l'épine petit à petit vers l'avant (**Figure 4.9.3B**) jusqu'à ce que le ligament casse (**Figure 4.9.3C**). On tournera l'épine à tour de rôle vers la droite et vers la gauche jusqu'à ce qu'elle se détache, puis on tirera sur celle-ci pour la retirer (**Figure 4.9.3D**).

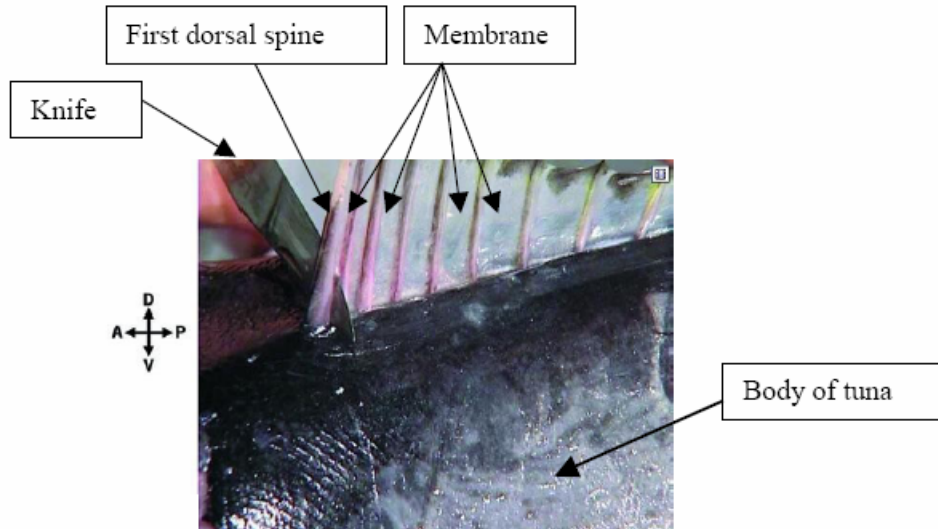


Figure 4.9.2. Insertion du couteau dans la membrane séparant les deux premières épines de la première nageoire dorsale. (Figure prise chez Panfili *et al.*, 2002).

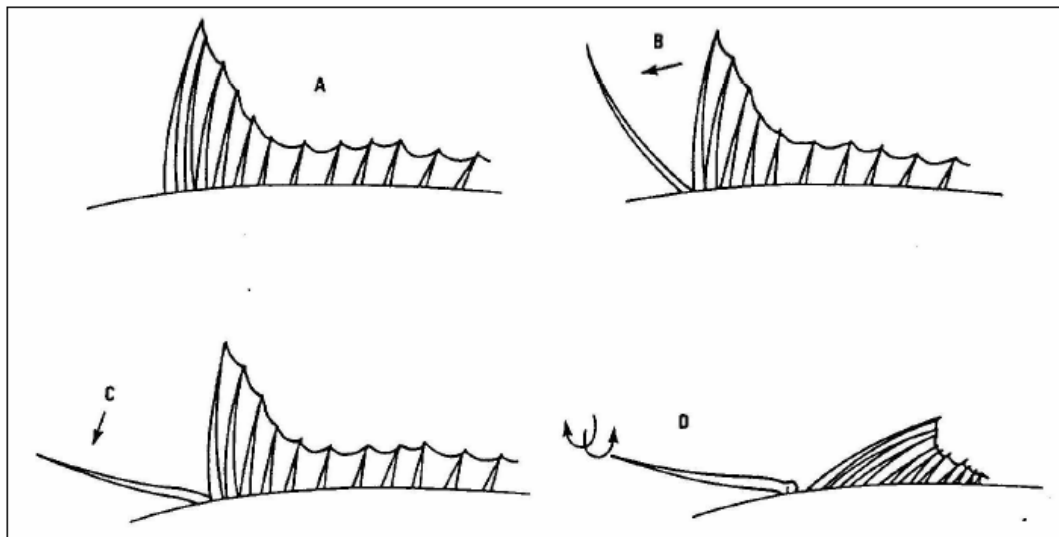


Figure 4.9.3. Technique d'extraction de la première épine de la nageoire dorsale du thon rouge. (Figures prises chez Compeán-Jiménez, 1980).

L'idéal est de conserver les épines à l'état sec dans une enveloppe en papier que l'on gardera dans un lieu froid (réfrigéré). Si l'épine prélevée est trop grande pour être mise dans une enveloppe, on pourra la couper en deux voire trois morceaux afin de la placer dans une enveloppe. Il faut savoir que la partie qui constitue la base de l'épine est la plus importante car c'est celle qui est utilisée pour interpréter l'âge du poisson. Les données du spécimen échantillonné ou son code correspondant doivent être inscrites sur l'enveloppe.

Échantillonnage des otolithes

Les otolithes sagittaux sont de petites structures calcifiées qui se trouvent dans les cavités semi-circulaires de l'oreille interne, situées à la base du cerveau. Elles se forment par accumulation de carbonate de calcium et de protéines. L'otolithe sagittal est le plus grand de trois otolithes existant dans chaque oreille interne du thon rouge.

Il existe deux techniques principales pour les extraire : la réalisation d'une section transversale de la tête ou d'une section frontale de la tête. Dans le second cas, on effectue une section frontale de la partie supérieure du crâne en passant au-dessus de l'œil et parallèlement à l'axe principal du poisson. La première technique est détaillée ci-contre.

La méthode de la section transversale de la tête consiste à faire une incision dans la partie supérieure ou postérieure de la tête au niveau d'une ligne imaginaire tracée perpendiculairement au poisson horizontal et qui passe par le point central entre le coin de la bouche et le préopercule (**Figure 4.9.4A**). On recommande à cet effet d'utiliser une règle afin de diviser cette distance en deux puis de faire une incision dans la partie supérieure du poisson qui suive cette ligne imaginaire. Après avoir marqué le point où faire l'incision, on introduira la scie métallique dans la tête perpendiculairement à l'axe du poisson.

La partie sectionnée de la tête contient les otolithes. Si la section décrite ci-dessus a été réalisée correctement, on cherchera les otolithes dans les cavités situées sous le cerveau dans la partie supérieure de la tête (**Figure 4.9.4B**). S'ils ne s'y trouvent pas, il se peut qu'ils soient logés dans l'autre partie du poisson sectionné. On extraira chaque otolithe en utilisant de petits forceps et en faisant très attention à ne pas casser ces éléments fragiles. Il faut les sortir d'une capsule transparente très fine qui les recouvre. Les otolithes ont une dimension comprise entre 7 et 20 mm et il faut prélever les deux otolithes de chaque individu. Si l'otolithe casse, il faut essayer de récupérer les morceaux et de les conserver ensemble. Après les avoir extraits, on les rincera à l'eau ou dans une dilution d'alcool, puis on les laissera sécher.

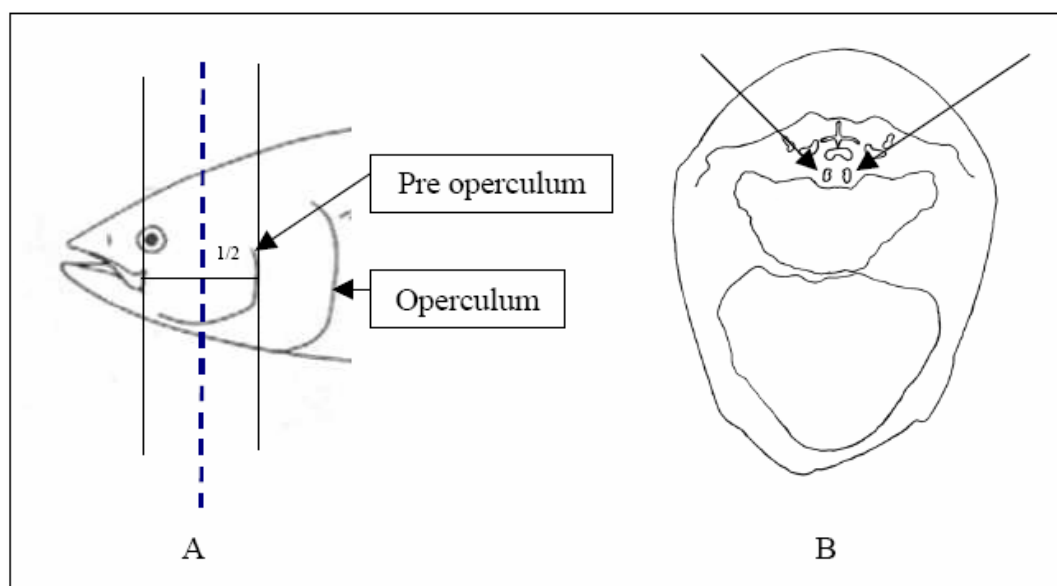


Figure 4.9.4. A. Tracer la ligne imaginaire (en pointillé) le long de laquelle on fera l'incision. B. Vue des cavités contenant les paires d'otolithes à l'arrière de la tête (de Ruiz *et al.*, 2005, utilisé avec l'autorisation de l'auteur)

La meilleure façon de conserver les otolithes est de les mettre au sec dans un tube ou une enveloppe. Si l'on utilise une enveloppe, il faut éviter d'appliquer toute pression qui pourrait les briser. Les données du spécimen échantillonné ou son code correspondant doivent figurer sur l'enveloppe ou le tube.

Vertèbres caudales

On utilise la vertèbre 35 pour étudier la croissance (Farber et Lee 1981). Il est cependant préférable de prélever les vertèbres 35 et 36 sans les séparer. Le fait de disposer des deux vertèbres permet de comparer les méthodes dites « de la vertèbre entière » et de la « section de la vertèbre ». Par ailleurs, la conservation des vertèbres 35 et 36 unies préserve la qualité de la surface intérieure et empêche la déshydratation que provoque la réfrigération. Lorsqu'elle entre en contact avec l'air, la surface se sèche et est plus difficile à lire.

Pour trouver la vertèbre 35, on fait une incision verticale dans la zone caudale entre la 4^e et la 5^e pinnule (en comptant à partir de l'extrémité de la queue vers l'avant, c'est-à-dire qu'il doit y avoir 4 pinnules derrière la pinnule indiquée). L'incision fera apparaître la vertèbre 35 et doit coïncider avec l'espace intervertébral, ce qui

permettra de couper facilement la queue. Si ce n'est pas le cas, il faudra chercher l'espace intervertébral vers l'avant du poisson. La vertèbre 35 est la première vertèbre dans la partie sectionnée. Elle peut être retirée avec la vertèbre 36 du reste des vertèbres caudales, être nettoyée et pelée en retirant les restes de chair.

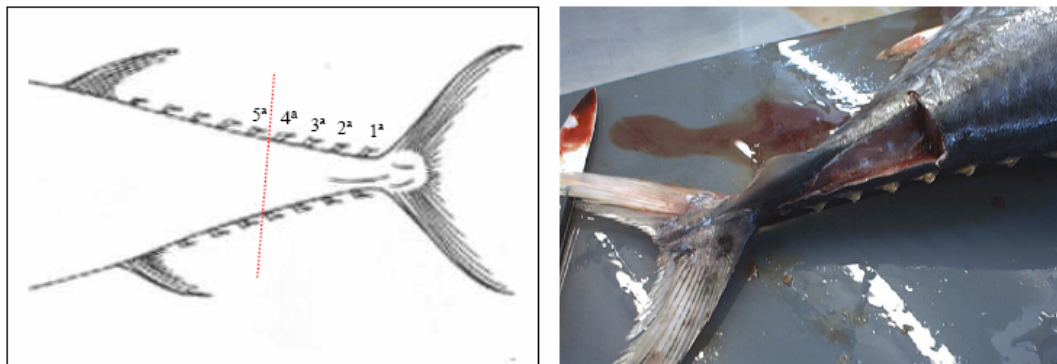


Figure 4.9.5. Ligne de coupe pour trouver la vertèbre 35. La photo montre la coupe transversale, la queue ayant été pelée pour faire apparaître les vertèbres (marques blanches). (Ruiz *et al.*, 2005, utilisé avec l'autorisation de l'auteur).

Les deux vertèbres doivent être conservées ensemble et ne doivent pas être séparées avant d'être analysées. Elles doivent être conservées au sec dans une enveloppe et dans un lieu réfrigéré (il reste toujours des morceaux de chair). Les vertèbres peuvent être conservées avec l'épine dans la même enveloppe.

4.9.3 Comment préparer les pièces dures pour la lecture

On préparera les épines en prenant une section transversale de la base de celles-ci (où l'épine a environ la moitié de la largeur maximale de la base du condyle). Ces sections sont montées dans de la résine et sont coupées à l'aide d'une scie à basse vitesse pour obtenir une fine section (ex. 0,5 mm d'épaisseur). Ces fines sections sont ensuite placées sur une lame avec de la résine et, si nécessaire, elles peuvent être plongées dans 95% d'éthanol pendant 5 minutes. Elles pourront ensuite être examinées au microscope.

S'il est possible de lire les otolithes entiers, il s'avère parfois difficile de déterminer l'âge des otolithes des individus plus âgés qui risque d'être sous-estimé. C'est pour cette raison qu'il est recommandé de les couper. Les otolithes doivent être enrobés dans une résine de polyester et il faut faire une incision transversale dans le primordium en utilisant une scie à basse vitesse. La tranche peut être fixée sur une lame pour microscope avec de la résine et, si nécessaire, être nettoyée avec du grès pour polissage. L'otolithe peut ensuite être lu à l'aide d'un microscope binoculaire.

Les vertèbres peuvent être coupées en tranches fines dans le plan sagittal (dorso-ventral), en utilisant une scie à basse vitesse. On les place ensuite sur une lame pour microscope et on les teint au nitrate d'argent ou on les polit afin de faciliter leur lecture. Les sections colorées peuvent être lues au microscope binoculaire.

4.9.4 Lecture

La lecture des pièces dures préparées permet d'attribuer un âge complet pour un poisson déterminé et, en fonction de la taille de cet individu, une taille par âge.

Les âges sont établis en fonction d'une « date de naissance » assignée à une espèce. Cette date de naissance est d'habitude associée à la période de frai de l'espèce. Lorsque l'âge est établi en fonction de cette date de naissance, un anneau annuel complet ne sera compté qu'après avoir dépassé cette date. Par exemple, si la date est le 1^{er} juin, un poisson qui présenterait un troisième anneau annuel qui vient de se terminer sera considéré comme ayant deux ans jusqu'à sa capture le 1^{er} juin ou à une date ultérieure.

En général, les responsables de la lecture ne doivent pas recevoir d'informations complémentaires sur le poisson (ex. taille, date de capture) afin d'éviter tout risque de biais. La date de la capture peut être importante au moment d'assigner des âges autour de la date de naissance de l'espèce.

Il faut être prudent lors de la lecture des épines étant donné que la partie centrale de l'épine peut être vascularisée chez les poissons âgés. Cette vascularisation peut recouvrir les bandes d'âge qui se forment lorsque le poisson est jeune. On a tenu compte de ces bandes dans la détermination de l'âge en effectuant un rétrocalcul du nombre probable d'anneaux soupçonnés (ex. Lee et Yeh, 1993) ou en utilisant des valeurs fournies dans des études antérieures (ex. chez Cort (1991) pour le thon rouge).

Une mesure simple de la précision des estimations d'âge dans les pièces dures, provenant de plusieurs lecteurs, est le pourcentage d'erreur moyen annuel (IAPE, Beamish et Fournier, 1981). Cette valeur peut être calculée comme suit :

$$IAPE = \frac{100}{N} \sum_{j=1}^N \left[\frac{1}{R} \sum_{i=1}^R \frac{|X_{ij} - X_j|}{X_j} \right]$$

où N est le nombre de poissons dont l'âge a été déterminé, R est le nombre de lectures, X_{ij} est la i ème détermination de l'âge du j ème poisson, et X_j est l'âge moyen calculé pour le j ème poisson.

4.9.5 Estimation des paramètres de croissance

Les données de taille par âge peuvent être ajustées à des équations de croissance dans le but d'estimer des paramètres importants pour l'évaluation et la gestion des stocks. En général, on ajuste une équation de croissance de von Bertalanffy à ces données. Cette équation remplit deux critères importants en s'ajustant à la plupart des données observées de la croissance du poisson et en s'intégrant aux modèles d'évaluation des stocks. La formule de cette équation est la suivante :

$$L_t = L_\infty \left[1 - e^{-K(t-t_0)} \right]$$

où L_t est la taille à l'âge t , L_∞ est la taille asymptotique, K est le coefficient de croissance, et t_0 l'âge théorique pour une taille zéro.

Gascuel *et al.* (1992) a proposé une fonction de croissance à cinq paramètres pour modéliser les courbes de croissance à deux étapes chez l'albacore de l'Atlantique. Ce modèle combinait une fonction linéaire et le modèle généralisé de von Bertalanffy :

$$L_t = L_0 + bt + [L_\infty - (L_0 + bt)] \left[1 - e^{-Kt} \right]^m$$

où L_t est la taille à l'âge t , L_0 est la taille à l'âge 0, L_∞ est la taille asymptotique, K est le coefficient de croissance, b est le taux initial de croissance, et m est un paramètre estimé.

Les équations de croissance peuvent être ajustées aux données de taille par âge issues des pièces dures en appliquant des méthodes des moindres carrés ou des méthodes de probabilité (Kimura, 1980). Dans les deux cas, il faudra présenter les erreurs types des paramètres.

Il faut être prudent quand on interprète les estimations des paramètres de croissance étant donné qu'elles sont très sensibles à la qualité et à la quantité des données disponibles. On observe en effet des problèmes causés par l'absence des individus les plus petits et les plus jeunes à cause de la sélectivité des engins et par l'absence des individus les plus grands à cause de la pression de la pêche historique. Le fait de ne pas inclure les individus les plus grands et les plus âgés réduit les informations sur le paramètre L_∞ de l'équation de croissance de von Bertalanffy, tandis que l'absence des individus les plus jeunes limite les informations sur le paramètre K . Le résultat peut contenir une incertitude considérable qui est transposée aux évaluations du stock lorsqu'on utilise ces paramètres de croissance.

4.9.6 Clefs d'identification âge-longueur (ALK)

La construction de clefs d'identification âge-longueur requiert l'utilisation de données d'âge et de taille. Le processus d'élaboration de ces clefs a été décrit à la section 4.3.6.

4.9.7 Analyses des microéléments

L'analyse des microéléments représente l'examen des oligoéléments existant dans les otolithes (Secor et Chesney, 1998). La méthode se fonde sur deux propriétés des otolithes : le fait qu'ils ne cessent de grandir tout au long de la vie du poisson et, à l'inverse des os, qu'ils sont inertes du point de vue métabolique ; le carbonate de calcium et les oligoéléments qui constituent plus de 90% de la structure de l'otolithe sont issus essentiellement de l'eau de mer modifiée par la température ambiante (Humphreys *et al.*, 2005). Certains éléments particuliers s'intègrent aux otolithes dans un rapport direct avec leur présence dans l'eau ou dans les aliments environnants. C'est pour cette raison que les individus issus de différentes zones peuvent intégrer différents mélanges d'éléments dans leurs otolithes et former une empreinte digitale unique de la zone/stock. L'analyse des microéléments des otolithes peut donc mesurer une série de caractéristiques du cycle vital. Elle peut être utilisée pour valider et pour étudier la fidélité au *homing*, les zones de nurricerie (où l'on examine les otolithes des juvéniles ; Rooker *et al.*, 2003), la structure du stock structure, le taux de migration, etc.

Le magnésium (Mg), le calcium (Ca), le strontium (Sr) et le baryum (Ba) s'intègrent et subsistent dans la structure réticulaire inorganique des otolithes. On peut par conséquent les utiliser pour examiner l'historique de l'environnement. D'autres éléments comme le sodium (Na), le soufre (S), le potassium (K) et le chlore (Cl) sont associés à un matériel organique ou à des espaces interstitiels et sont probablement moins stables.

Il est nécessaire d'appliquer des processus adéquats de décontamination et de manipulation pour éviter la lixiviation des éléments après leur extraction. La contamination peut se produire pendant les opérations de dissection, de manipulation, de stockage ou de nettoyage. En général, on plongera les otolithes dans de l'eau hautement purifiée (ex. de l'eau doublement désionisée) afin de les hydrater et de faciliter l'élimination des tissus biologiques résiduels. Après cela, on les plongera dans du peroxyde d'hydrogène à 3% pendant 5 minutes afin de dissoudre ce tissu. Ensuite, on les plongera dans de l'acide nitrique à 1% pendant 5 minutes pour éliminer la contamination superficielle, puis dans de l'eau doublement désionisée pendant 5 minutes pour éliminer l'acide. On séchera ensuite les otolithes sous une hotte à flux laminaire. Ce processus de décontamination s'est avéré efficace pour éliminer les contaminations de Mg, Mn et Ba, sans affecter la composition originale de l'otolithe.

La principale technique utilisée pour étudier les microéléments des otolithes est l'ICP-MS (Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry). Cette technique permet de tester de multiples éléments en même temps avec une très haute sensibilité (dans des limites de détection établies en sous-parties par million). L'ICP-MS basé sur une solution exige que le matériel soit plongé dans une solution après avoir dissous l'acide.

On peut utiliser les proportions d'isotopes stables d'oxygène ($\delta^{18}\text{O}:\delta^{16}\text{O}$) dans les otolithes comme indice approchant de la température ambiante de l'eau. À des températures plus élevées, les otolithes contiennent une proportion supérieure de l'isotope le plus léger $\delta^{16}\text{O}$. Les proportions d'isotopes de carbone ($\delta^{13}\text{C}$) peuvent être associées au métabolisme. Ceci dit, les facteurs qui contrôlent la composition des isotopes de carbone ($\delta^{13}\text{C}$) dans les otolithes sont plus complexes que ceux qui contrôlent les isotopes d'oxygène étant donné que le ^{13}C est également influencé par le métabolisme du poisson et par le schéma trophique. Les techniques d'échantillonnage à petite échelle appliquées sur les otolithes à l'aide d'un microbroyeur ou les méthodes d'ablation laser permettent d'évaluer les informations environnementales sous une haute résolution temporelle, avec la limitation que posent les contraintes du spectromètre de masse. L'échantillonnage précis du matériel provenant d'otolithes en utilisant un microbroyeur ou des techniques d'ablation laser permet d'associer les schémas de température à l'âge et, par conséquent, au cycle vital du poisson.

4.9.8 Bibliographie

- BEAMISH, R.J. and G.A. McFarlane (1983). The forgotten requirement for age validation in fisheries biology. *Trans. Am. Fish. Soc.* 112, 735-743.
- CLEAR, N.P., J.S. Gunn, and A.J. Rees (2000). Direct validation of annual increments in the otoliths of juvenile southern bluefin tuna, *Thunnus maccoyii*, by means of a large-scale mark-recapture experiment with strontium chloride. *Fish. Bull.* 98, 25-40.
- COMPEAN-JIMENEZ, G. 1980. Comparaison de techniques de détermination de l'âge chez les principales espèces de thonidés atlantiques (Tesis doctoral). Univ. Aix Marseille II, 153 pp.
- CORT, J.L. (1991). Age and growth of the bluefin tuna, *Thunnus thynnus* (L.) of the northwest Atlantic. *Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT*, 35(2): 213-230.

- FARBER, M. I. and D.W. Lee (1981). Ageing western Atlantic bluefin tuna, *Thunnus thynnus*, using tagging data, caudal vertebrae and otoliths. Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 15(2): 288-301.
- GASCUEL, D., A. Fonteneau and C. Capisano (1992). Modélisation d'une croissance en deux stances chez l'albacore (*Thunnus albacares*) de l'Atlantique Est. Aquat. Living Resour. 5, 155-172.
- HUMPHREYS, R.L., S.E. Campana and E.E. De Martini (2005). Otolith elemental fingerprints of juvenile Pacific swordfish *Xiphias gladius*. J. Fish Biol. 66, 1660-1670.
- KALISH, J.M., R.J. Beamish, E.B. Brothers, J.M. Casselman, R.I.C.C. Francis, H. Mosegaard, J. Panfili, E.D. Prince, R.E. Thresher, C.A. Wilson and P.J. Wright (1995). Glossary for otolith studies. In Recent developments in fish otolith research. (D.H. Secor, J.M. Dean and S.E. Campana, eds.). The Bella W. Baruch library in marine sciences, USA. pp.723-729.
- KIMURA, D.K. (1980). Likelihood methods for the von Bertalanffy growth curve. Fish. Bull. 77, 765-776.
- LEE, L.K. and S.Y. Yeh (1993). Studies on the age and growth of South Atlantic albacore (*Thunnus alalunga*) specimens collected from Taiwanese longliners. Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 40(2): 354-360.
- ORTIZ DE ZARATE, V., P. Megalofonou, D. De Metrio and C. Rodriguez-Cabello (1996). Preliminary age validation results from tagged-recaptured fluorochrome label albacore in north east Atlantic. Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 43(1): 331-338.
- PANFILI, J., H. De Pontual, H. Troadec and P.J. Wright (eds.) (2002). Manual of Fish Sclerochronology. Brest, France: IFREMER-IRD co-edition, 464 p.
- PRINCE, ED., D.W. Lee, J.L. Cort, G.A. McFarlane, A. Wild (1995). Age validation evidence for two tag-recaptured Atlantic albacore, *Thunnus alalunga*, based on dorsal, anal and pectoral fin rays, vertebrae, and otoliths. In Recent developments in fish otolith research. (D.H. Secor, J.M. Dean and S.E. Campana, eds.). The Bella W Baruch library in marine sciences, USA. pp. 375-396.
- ROOKER, J.A., D.A. Secor, V.S. Zdanowicz, G. de Metrio, L. Orsi Relini (2003). Identification of Atlantic bluefin tuna (*Thunnus thynnus*) stocks from putative nurseries using otolith chemistry. Fish. Oceanogr. 12, 75-84.
- RUIZ, M., E. Rodríguez-Marín and J. Landa. (2005). Protocol for sampling of hard parts for bluefin tuna (*Thunnus thynnus*) growth studies. In: Report of the bluefin tuna direct ageing network (under the BYP framework). Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 58(4): 1403-1419.
- SECOR, D.H. and E.J. Chesney (1998). Summary of a workshop: otolith microconstituent analysis of Atlantic bluefin tuna. Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 48(1): 51-58.

4.10 Informations des observateurs et autres échantillons biologiques

Le rôle des programmes d'observateurs peut varier considérablement. Un des principaux objectifs de ces derniers peut être le respect des normes en s'assurant que les exigences nationales et internationales sont observées durant les sorties des bateaux de pêche. Dans le cadre de ce manuel, on accordera plus d'importance aux observateurs scientifiques, qui sont chargés de la collecte de données scientifiques, du suivi de l'effort de pêche et des volumes et taux que représentent les prises accessoires. Les programmes d'observateurs représentent également une des rares méthodes qui permet d'obtenir des informations sur le lieu précis, sur la prise et sur l'effort des thonidés capturés à des fins d'élevage. Ces informations sont particulièrement importantes, compte tenu de l'augmentation des efforts d'élevage qui est observée en Méditerranée. L'accès aux poissons dans le but de recueillir des données biologiques est parfois difficile étant donné que les pêcheurs n'aiment pas que l'on manipule les poissons destinés aux enclos à cause du stress qui leur est infligé.

L'échantillonnage en mer peut être réalisé par un biologiste, par un technicien entraîné à bord du bateau ou encore par des pêcheurs dûment formés à cet effet. Cette option peut être particulièrement intéressante pour les palangriers opérant loin de leur port de d'attache étant donné que les sorties de ces bateaux peuvent durer plusieurs mois. Les prises journalières peuvent être limitées, ce qui implique que lorsque le bateau rentre au port pour décharger ses prises, la plupart des poissons contenus dans la cale auront perdu leur identité en termes de date et lieu de capture. Sachant que la prise journalière est peu abondante, il est plus simple de demander aux pêcheurs de mesurer quelques-uns de ces poissons.

4.10.1 Couverture des marées avec observateurs à bord

Le taux de couverture des sorties des observateurs représente la partie de l'effort de pêche (par exemple, les sorties des bateaux) qui est échantillonnée en mer par des spécialistes de la collecte de données scientifiques. Comme il est indiqué à la section 4.2.4, les exigences de l'échantillonnage dépendront des objectifs de l'étude comme, par exemple, la collecte de données de taille, d'informations relatives à des espèces non ciblées ou à un oiseau marin ou un mammifère protégé. Les exigences d'échantillonnage concernant une espèce particulière dépendront de la fréquence de l'espèce, de la distribution, du degré d'agrégation, du caractère saisonnier, de la variabilité du recrutement parmi d'autres facteurs.

On trouve une application de cette modalité dans l'analyse des taux de couverture menée par des observateurs dans le but d'évaluer des espèces menacées ou en danger dont les faibles taux de mortalité peuvent compromettre la récupération. Dans cette situation, il peut être nécessaire d'effectuer un comptage exact de la mortalité accidentelle, ce qui implique un taux de couverture des observateurs de 100%. C'est notamment le cas des pêcheries à la senne visant les thonidés dans le Pacifique oriental tropical, où la Commission interaméricaine du thon tropical exige une couverture de 100% de sorte que l'on puisse appliquer les quotas par bateau des prises accessoires de dauphins.

Comme il a été indiqué à la section 4.2.4, le pourcentage de couverture des observateurs est souvent limitée pour des raisons financières, ce qui signifie qu'il ne sera pas toujours possible d'assurer une couverture à 100%. Dans ce cas, le taux de couverture devra être suffisant pour garantir des estimations exactes et précises aux fins de l'évaluation et de la gestion. La précision dépend de la dimension de l'échantillon, de la taille de la pêcherie et de la variabilité du facteur. L'exactitude dépend de ces facteurs ainsi que du fait que la partie de la pêcherie qui fait l'objet de l'échantillonnage soit représentative de toute la pêcherie.

Il est difficile de définir le pourcentage de sorties des observateurs en se fondant sur une précision souhaitée dans la valeur des résultats. Les taux de capture peuvent varier considérablement d'une sortie à l'autre suite à des influences environnementales, économiques, sociales et de gestion. Dans ces limites, l'approche la plus réaliste peut consister à assurer la couverture maximale en tenant compte des fonds alloués et des observateurs disponibles ainsi que des considérations opérationnelles. Il peut être nécessaire de regrouper les données pour réduire l'incertitude dans les résultats. Il faut toutefois prévenir le lecteur que les estimations des paramètres provenant de données obtenues par des observateurs peuvent facilement être biaisées (c'est-à-dire, non précises) si la couverture est inférieure à 100%.

Comme nous l'avons déjà indiqué, le niveau de précision obtenu avec un taux de couverture donné dépend d'une série de facteurs dont le nombre de catégories de temps/zone/engin à couvrir et le niveau de la variabilité entre les sorties et entre les bateaux dans le facteur à examiner. Le premier critère exige d'étendre la couverture des observateurs à tous les pays/types de bateau/engins/stratégies de pêche/zones afin d'inclure toute la gamme de situations possibles. Par exemple, les échantillons pris dans une seule partie de l'année ou dans une des

différentes zones couvertes par la pêche ne seront normalement pas représentatifs des débarquements annuels. Le second critère requiert un niveau raisonnable de couverture au sein de la catégorie pays/bateau/engin, etc. Ces facteurs conflictuels exigent de calculer une grande quantité de données des observateurs.

Une fois qu'on a identifié les strates homogènes espace/temps/engin, on peut sélectionner les bateaux de façon aléatoire. Si l'échantillon est réellement aléatoire, on peut définir des niveaux de couverture en utilisant les formules d'échantillonnage définies à la section 4.2.1. Comme il a été indiqué dans la section 4.2.4, il faut cependant tenir compte à cet égard des aspects pratiques, de la sécurité et de la faisabilité.

On peut également utiliser des méthodes d'échantillonnage adaptables dans lesquelles la couverture est modifiée en fonction des observations faites pendant le programme des observateurs. Ainsi, on peut soumettre des zones identifiées comme ayant une haute abondance à un échantillonnage plus intense en utilisant plusieurs observateurs sur différents bateaux. Le lecteur trouvera des informations plus complètes à ce sujet dans les textes statistiques (ex. Thompson, 1992).

Le lecteur doit être conscient que les données des observateurs peuvent contenir une série de biais qu'il convient d'éviter. Il s'agit des éléments suivants :

- Biais causé par le propre observateur (ex. le comportement du bateau est modifié à cause de la présence d'un observateur)
- Biais causé par l'assignation non-aléatoire de l'effort d'échantillonnage
- Biais causé par des contraintes logistiques (ex. des éléments de la pêche qui sont difficiles à échantillonner pour des raisons logistiques)
- Biais causé par un enregistrement inexact des données des observateurs
- Biais causé par la faible dimension de l'échantillon
- Biais causé par une stratification inadéquate

4.10.2 Examen des pratiques halieutiques

Les observateurs sont idéalement placés pour examiner les caractéristiques du bateau sur lequel ils sont postés ainsi que ses opérations de mouillage et halage (palangres), de recherche et mouillage (sennes) etc. Des formulaires ICCAT sont disponibles à cet effet (voir **Annexe 1**). Les détails à examiner sont les suivants :

Détails	Données spécifiques
Caractéristiques du bateau	Nom du bateau, code, pavillon, type, capacité de stockage, tonnage, puissance, vitesses de croisière et maximum, équipements à bord
Caractéristiques de l'engin	Senne : longueur, profondeur, maille, taille de la salabarde, puissance du winch Palangre : longueur de ligne, nombre d'hameçons, hameçons entre les flotteurs Canneur : type d'appât, capacité d'appât, panier/épuisette
Caractéristiques de la sortie	Port d'origine, date de départ, port de retour, date de retour
Observation (surtout pour les senneurs)	Recherche et mouillage selon les oiseaux, mammifères, déchets flottants, DCP, sauts de poissons, avions
Caractéristiques de la recherche (senneurs) ou du mouillage (palangre)	Cap (en degrés), vitesse du bateau, puissance et nombre de jumelles, spécifications du radar, temps et échelle de Beaufort

Il faut souligner que cette liste n'est pas exhaustive. Les observateurs doivent consulter les formulaires de données établis à cet effet Gaertner et Pallares (2002a).

Même s'il est probable que l'effort pour les calculs de la CPUE (voir section 4.4) sera prédéfini par les données provenant des livres de bord comme les « journées de pêche », le « nombre de sorties », le « nombre d'hameçons » etc., les observateurs peuvent identifier des facteurs à une échelle plus fine, y compris ceux qui ont trait à la réussite de la recherche (Gaertner *et al*, 1999; par exemple, le nombre et la puissance des jumelles, la puissance du radar, la puissance et la vitesse du bateau, et du skip). Ces facteurs pourraient permettre d'affiner l'estimation de l'effort à l'avenir (Gaertner et Pallares (2002b).

La capture pourrait être plus difficile à observer si l'échantillonnage biologique est réalisé au fur et à mesure que le poisson entre dans le bateau. Par ailleurs, les informations des observateurs peuvent constituer un contrôle général des niveaux inscrits sur le livre de bord du bateau.

Comme il a été signalé à la section 4.2.4, les prises et les débarquements des espèces principales diffèrent souvent en raison des rejets réalisés en mer. Il peut également arriver que d'autres espèces accessoires ayant une faible valeur économique soient capturées par l'engin puis rejetées en mer, sans pour autant avoir été consignées sur les livres de bord du bateau. Les observateurs scientifiques sont bien placés pour surveiller ces prises accessoires et ces rejets, qui jouent un rôle essentiel pour déterminer l'impact des opérations halieutiques sur l'écosystème au sens large (Gaertner *et al.*, 2002). Certaines espèces peuvent être rejetées en raison de la situation du marché ou de réglementations en vigueur affectant par exemple la taille minimale ou des limites de capture. En outre, les prises accessoires, qui peuvent s'accrocher aux hameçons ou s'emmêler à l'engin, peuvent également être rejetées. Une partie de ces prises sera rejetée à la mer comme des poissons morts. Les données collectées par les observateurs concernant le nombre et l'état des espèces rejetées ont une valeur précieuse. Le calcul des taux de rejet est examiné ci-dessous à la section 4.10.4.

4.10.3 Informations biologiques

La collecte d'informations biologiques a été analysée en détail dans les sections précédentes de ce manuel. L'avantage qu'offre la collecte de ces informations par les observateurs en mer est la capacité de les associer directement au lieu d'où proviennent les échantillons (comme dans la localisation géographique des prises). Ce n'est pas le cas de l'échantillonnage de cuves qui contiennent des individus d'un grand nombre de prises obtenues dans une zone générale ou de prises palangrières qui peuvent contenir des individus issus de sorties réalisées pendant une longue période et dans une zone géographique étendue. On peut également signaler l'association d'individus capturés dans des circonstances particulières (ex. sous DCP).

4.10.4 Rejets et estimation des taux de rejet

Comme il a déjà été indiqué plus haut, l'estimation des taux de rejet est une question très importante dans les pêcheries de thonidés. Elle a fait l'objet d'un long débat, en particulier dans les pêcheries des États-Unis, et l'IAATC a analysé en détail l'interaction des engins avec les dauphins. Comme nous l'avons déjà signalé, lorsqu'une espèce secondaire est en danger d'extinction, le niveau de précision exigé dans l'estimation des prises accessoires peut requérir une couverture de 100% des bateaux. Lorsque des estimations des prises accessoires sont nécessaires pour évaluer le stock, le niveau de précision requis pourrait dépendre de la méthodologie d'évaluation et du propre système de gestion. Lorsque la mortalité par prise accidentelle est élevée comparée aux autres sources de mortalité, il peut être nécessaire d'assurer un niveau de couverture supérieur.

Nous n'allons pas détailler ici la méthodologie utilisée pour estimer les taux de rejets. On signalera, à titre de référence, que Brown (2001) présente une méthode d'estimation pour évaluer les rejets de thon rouge mort dans la flottille palangrière pélagique des États-Unis dans l'Atlantique. O'Brien *et al.* (2003) a élaboré une méthode alternative pour estimer les taux de rejet et les volumes globaux de rejet dans la pêche palangrière visant les thonidés aux États-Unis, en utilisant les concepts de conditionnalité, de distributions flexibles du mélange (dans ce cas, le binomial négatif) et de modèles linéaires généralisés. Il est souvent recommandable de tester les données en utilisant plusieurs modèles différents. En effet, une étude ultérieure a démontré que les estimations conçues par Brown (2001) n'étaient pas inappropriées, en dépit des problèmes que pouvaient poser les postulats statistiques établis. Ceci dit, les avantages de la conditionnalité doivent être analysés au moment d'estimer les rejets.

4.10.5 Bibliographie

- ALLEN, A., D. Kilpatrick, M. Armstrong, R. Briggs, G. Course and N. Pérez (2002). Multistage cluster sampling design and optimal sample sizes for estimation of fish discards from commercial trawlers. *Fish. Res.* 55, 11-24.
- BROWN, C.A. (2001). Revised estimates of bluefin tuna dead discards by the U.S. Atlantic pelagic longline fleet, 1992-1999. *Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT*, 52(3): 1007-1021.
- COTTER, A.J.R., G. Course, S.T. Buckland and C. Garrod (2002). A PPS sample survey of English fishing vessels to estimate discarding and retention of North Sea cod, haddock and whiting. *Fish. Res.* 55, 25-35.

- EDWARDS, E.F. and C. Perrin (1993). Effects of dolphin group type, percent coverage, and fleet size on estimates of annual dolphin mortality derived from 1987 U.S. tuna vessel observer data. *Fish. Bull.* 91, 628-640.
- GAERTNER, D., M. Pagavino and J. Marcano (1999). Influence of fisher's behaviour on the catchability of surface tuna schools in the Venezuelan purse-seiner fishery in the Caribbean Sea. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 56:394-406.
- GAERTNER, D., F. Ménard, C. Develter, J. Ariz and A. Delgado de Molina (2002). By-catch of billfishes by the European tuna purse seine fishery in the Atlantic Ocean. *Fish. Bull.* 100:683-689.
- GAERTNER, D. and P. Pallarés (2002a). The European Union Research Project, Efficiency of Tuna Purse-Seiners and Effective Effort (ESTHER): Scientific report of project. Doc. SCTB15-FTWG-3.
- GAERTNER, D. and P. Pallarés (2002b) Efficacité des senneurs thoniers et effort réels (ESTHER). Programme no. 98/061. Union Européenne, DG 'Fisheries' (DG XIV). Rapport Scientifique, Bruxelles, Belgique, 187 pp.
- O'BRIEN, C.M., G.M. Pilling and C. Brown (2003). Development of an estimation system for U.S. longline discard estimates. In Payne, A., C. O'Brien and S. Rogers, S. (eds). *Management of shared fish stocks*. Blackwell Publishing, Oxford. 384p.
- ORTIZ, M., C.M. Legault and N.M. Ehrhardt (2002). An alternative method for estimating bycatch from the U.S. shrimp trawl fishery in the Gulf of Mexico, 1972-1995. *Fish. Bull.* 98, 583-599.

Annex 1 to Chapter 4

PART I: Example Logbook Forms

- 1- Daily Catch Records and Landings Records forms used in Ghana for Surface Fisheries (Source: ICCAT).
- 2- Cuaderno de pesca para flota de cerqueros congeladores (Source: IEO, Spain)
- 3 - Libro de pesca para pesquerías de túnidos y afines (Source: IEO, Spain)
- 4- Logbook for Japanese longliners (Source: NRIFSF, Japan)
- 5- Trip-by-trip and set-by-set logbook forms for USA (Source: NMFS, USA)

Part II: Example Scientific Observer Forms

- 1- Bitácora diaria de observadores pesquería de palangre en Venezuela (Source: F. Arocha, Venezuela)
- 2- Formularios del Plan Nacional de Datos Básicos de España (Source: IEO, Spain)

Mon 月 월	Day 日 일	LOCATION 位置 위 치	CATCH (IN NO. FISH AND/OR KG) 漁獲量 (尾数または重量または兩者)											어획량 (미수/중량)	
			Unit 單位 단 위	YELLOWFIN				SKIPJACK				BIGEYE	OTHERS	TOTAL	WELL NO.
				キハダ				カツオ				メバチ	その他	計	魚倉番号
				황다랭이 1.8KG				가다랭이 1.4KG				눈다랭이	기 타	계	어창번호
GG	R1 3/4	R2	R3	Jumbo	R1 1/8	R2	R3								
		0- N S	No.										★		
		0- E W	Kg.												
		0- N S	No.										★		
		0- E W	Kg.												
		0- N S	No.										★		
		0- E W	Kg.												
		0- N S	No.										★		
		0- E W	Kg.												
		0- N S	No.										★		
		0- E W	Kg.												
		0- N S	No.										★		
		0- E W	Kg.												
		0- N S	No.										★		
		0- E W	Kg.												
		0- N S	No.										★		
		0- E W	Kg.												
		0- N S	No.										★		
		0- E W	Kg.												
		0- N S	No.										★		
		0- E W	Kg.												

★ Fill in major species. その他の魚種のうち主要魚種名を記入する。 혼획량에는 중요어종을 표시

LANDING RECORDS 水揚記録 양육량 기록

BOAT NAME		OWNER		FLAG		NO. OF CREW	
漁船名		所属会社		船籍国		乗組員数	
선명		소유자		국기명		승무원수	

PORT OF DEPARTURE	DATE OF DEPARTURE	DATE ARRIVAL-ABIDJAN	DATE ARRIVAL-TEMA	NO. DAYS AT SEA	NO. DAYS AT BAITING	NO. DAYS TUNA FISHING
出発港	出港月日	アビジャン入港月日	テマ入港月日	航海日数	餌場滞在日数	マグロ漁業日数
출항지	출항일자	아비잔 입항일자	테마 입항일자	항해일수	아료어장 체류일수	다랭이 어획일수

TOTAL LANDING (IN METRIC TONS) 総水揚重量 (MT) 총양륙량 (톤)

LANDING PORTS 水揚港 양륙항	YELLOWFIN		BIGEYE		SKIPJACK		OTHERS その他 기타	
	キハダ		メバチ		カツオ		Major Species	Weight
	황다랭이		눈다랭이		가다랭이		主要魚種	重量
							중요어종	중량
ABIDJAN アビジャン 아비잔	GG > 13.6		GG		Jumbo > 3.4			
	R1 13.6kg 3.4		R1		R1 3.4kg 1.8			
	R2 3.4kg 1.8		R2		R2 1.8kg 1.4			
	R3 < 1.8		R3		R3 < 1.4			
	Total		Total		Total		Total	
TEMA テマ 테마	GG		GG		Jumbo			
	R1		R1		R1			
	R2		R2		R2			
	R3		R3		R3			
	Total		Total		Total		Total	
OTHERS その他 기타	GG		GG		Jumbo			
	R1		R1		R1			
	R2		R2		R2			
	R3		R3		R3			
	Total		Total		Total		Total	

MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN
SECRETARÍA GENERAL DE PESCA MARÍTIMA

INSTITUTO ESPAÑOL DE OCEANOGRAFÍA



CUADERNO DE PESCA



Flota atunera - Cerqueros congeladores

BARCO _____

AL FINAL DE CADA MAREA ENTREGUE LAS HOJAS DEL CUADERNO DE PESCA, JUNTO CON LA HOJA DE DISPOSICIÓN DE LAS CAPTURAS EN LAS CUBAS, AL **BIÓLOGO O TÉCNICOS QUE MIDEN EL PESCADO DURANTE LA DESCARGA.**

TAMBIÉN PUEDE ENVIARLAS A LA SIGUIENTE DIRECCIÓN:

CENTRO OCEANOGRÁFICO DE CANARIAS
INSTITUTO ESPAÑOL DE OCEANOGRAFÍA
APDO. 1373 - 38080 SANTA CRUZ DE TENERIFE

BIEN DIRECTAMENTE O A TRAVÉS DE LA OFICINA DE LA COMPAÑÍA ARMADORA.

ATENCIÓN

Las hojas de este cuaderno son: original en blanco y dos copias, una en verde y otra en amarillo. Para la copia no se necesita papel carbón, únicamente interponga una cartulina entre la hoja amarilla y la siguiente hoja blanca.

INSTRUCCIONES PARA RELLENAR EL CUADERNO DIARIO DE PESCA

Los recursos pesqueros no son ilimitados e inagotables. Si se administran mal se agotan o se obtienen rendimientos bajos. Unas estadísticas completas y fiables son la base para conocer el grado de explotación de los recursos pesqueros y sus posibilidades.

Las instrucciones que siguen le ayudarán a rellenar este Cuaderno de Pesca correctamente. Informaciones complementarias, como por ejemplo qué hacer con las marcas recuperadas, las diferentes especies y la forma de distinguirlas, y la relación entre la talla, el peso y la edad, se ofrecen al final de las instrucciones.

Se ha diseñado este Cuaderno de Pesca de una forma sencilla, para que no ofrezca dificultades a la hora de cumplimentarlo. Si al final de cada día anota los datos solicitados, encontrará que el trabajo que exige rellenarlo es muy pequeño.

1. DATOS SOBRE LA PESCA

- ◆ Se rellenará el Cuaderno de Pesca por mareas o viajes completos, desde el día de salida hasta el de llegada al puerto de descarga.
- ◆ Anote todos y cada uno de los días aunque no haya habido pesca. En este caso con la situación del mediodía, o una próxima, es suficiente.
- ◆ Cubra una línea por cada lance. Si en un día hay mas de uno, numérelos correlativamente y anote todos ellos, aunque hayan sido en blanco.

Se han incorporado pequeños cambios a esta nueva edición del Cuaderno de Pesca, con la finalidad de facilitarle el trabajo que supone el cumplimentar los datos del mismo. Los cambios, con respecto al anterior Cuaderno, son los siguientes:

- ◆ HORA: Se incorpora una casilla para anotar la hora a la que se efectúa cada lance.
- ◆ LANCE (+) / (-) : Marcar con una cruz según el lance sea positivo o nulo.
- ◆ ASOCIACIONES (banco rabil, banco listado, objeto, baliza, pinto, ballena, tiburón): Marcar con una cruz, si el lance se realiza sobre alguno de estos supuestos.

EN EL CASO EN QUE EL LANCE SE PRODUZCA EN OTRAS CIRCUNSTANCIAS O CON OTRO TIPO DE ASOCIACIÓN ANOTAR EN OBSERVACIONES.

2. DATOS SOBRE TEMPERATURA

En la parte derecha de cada hoja del Cuaderno de Pesca hay una columna reservada para anotar la temperatura del agua en la superficie del mar en °C (con una precisión de una décima de grado).

3. DATOS GENERALES DE LA MAREA.

- ◆ Al finalizar la marea, rellenar la parte superior de la hoja. Esto sólo es necesario con la primera de las hojas de cada marea.
- ◆ En los apartados *Corredera comienzo de marea* y *Corredera final de la marea* se anotarán las millas que marca la corredera (o el satélite). Se trata de saber con ello las millas que recorrió el barco durante cada viaje.

4. DISPOSICIÓN DE LAS CAPTURAS EN LAS CUBAS.

Al final de este Cuaderno se incluyen unas hojas para anotar la disposición de las capturas en las cubas de congelación. Se trata con ello de identificar, fácilmente, la fecha y la situación en que se capturaron los peces cuando se muestra pescado a bordo durante la descarga.

- ◆ Se rellena una hoja para cada marea y se adjunta a las hojas correspondientes del Cuaderno de Pesca.



RELACIÓN ENTRE LA TALLA (longitud a la horquilla o furca en cm) Y LA EDAD

RABIL		PATUDO		LISTADO	
Edad	Talla cm	Edad.....	Talla cm	Edad	Talla cm
0.5	43.9	0.5.....	30.4	1	35.75
1.0	52.7	1.0.....	44.4	2	39.92
1.5	61.6	1.5.....	57.6	3	44.09
2.0	68.6	2.0.....	70.1	4	48.26
2.5	92.5	2.5.....	81.9	5	52.43
3.0	111.9	3.0.....	93.0	6	56.60
4.0	140.3	4.0.....	113.5	7	60.77
5.0	159.0	5.0.....	131.8		
6.0	171.3	6.0.....	148.2		
7.0	179.3	7.0.....	162.8		

RELACIÓN ENTRE LA TALLA (longitud a la horquilla o furca en cm) Y EL PESO (en kg)

RABIL		PATUDO		LISTADO	
Talla cm.	Peso kg.	Talla cm.	Peso kg.	Talla cm.	Peso kg.
30	0.54	30	0.60	30	0.48
35	0.85	35	0.95	32	0.59
40	1.26	40	1.41	34	0.72
45	1.79	45	2.00	36	0.86
50	2.45	50	2.74	38	1.03
55	3.25	55	3.64	40	1.22
60	4.22	60	4.72	42	1.42
65	5.35	65	5.99	44	1.66
70	6.67	70	7.47	46	1.92
75	8.19	75	9.17	48	2.20
80	9.92	80	11.11	50	2.51
85	11.88	85	13.31	52	2.85
90	14.09	90	15.78	54	3.23
95	16.55	95	18.53	56	3.63
100	19.28	100	21.59	58	4.07
105	22.29	105	24.97	60	4.54
110	25.60	110	28.68	62	5.06
115	29.22	115	32.73	64	5.61
120	33.17	120	37.16	66	6.20
125	37.45	125	41.96	68	6.83
130	42.09	130	47.16	70	7.50
135	47.09	135	52.76	72	8.22
140	52.47	140	58.80	74	8.99
145	58.25	145	65.27	76	9.80
150	64.43	150	72.21	78	10.67
155	71.03	155	79.61	80	11.58
160	78.07	160	87.51		
165	85.56	165	95.90		
170	93.51	170	104.82		

EL MERCADO DE PECES

Desde hace años se están realizando campañas de marcado de las principales especies de tónicos, pero ¿qué interés tiene esta actividad?

- ◆ CONOCER LAS MIGRACIONES.
- ◆ CONOCER SU CRECIMIENTO.

La marca convencional consiste en un *espagueti* de plástico, que se sujeta clavándolo en la carne del pez, cerca de la primera aleta dorsal.



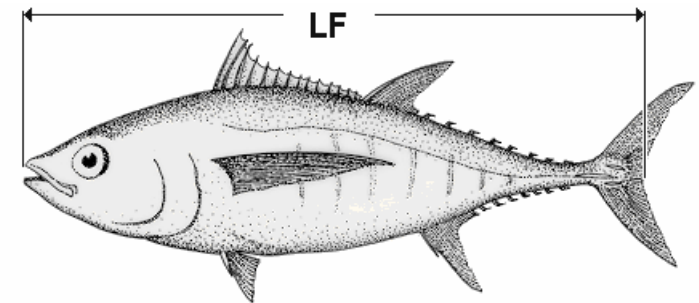
Cada marca lleva un número de serie y una dirección donde enviarla. Hay dos tipos de marcas convencionales: unas ROJAS y otras AMARILLAS.

¿QUÉ DEBE HACER SI ENCUENTRA UNA MARCA?

MARCA AMARILLA:

Anote: *SITUACIÓN* donde se capturó, *FECHA* de la captura y *TALLA* del pez, medida según el dibujo adjunto.

Arranque la marca y envíela, junto con estos datos y su nombre y dirección al biólogo o técnicos que miden el pescado en el puerto o a la dirección que indica la marca.



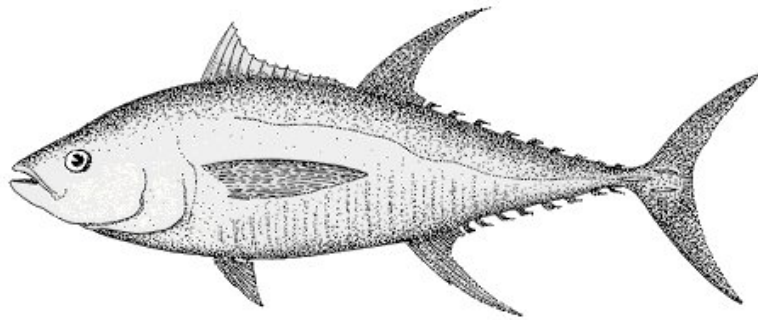
MARCA ROJA:

Anote los mismos datos que para una marca amarilla pero, si es posible, guarde el pez entero, congelado, sin arrancar la marca. Comunique la recuperación a la misma dirección, o a los científicos que trabajan en los puertos de desembarco.

Después de recuperar una marca, se comunica al pescador el lugar y fecha en que fue marcado el pez, y se le da una *RECOMPENSA*.

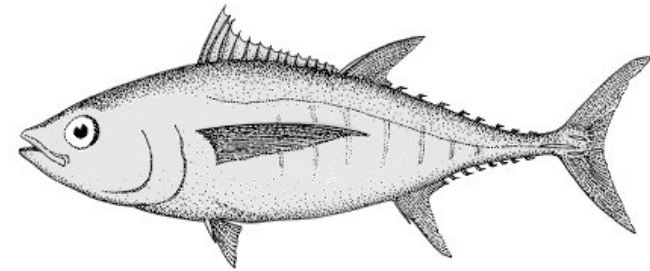
Recientemente se ha comenzado a utilizar una MARCA ARCHIVO que se implanta en la cavidad estomacal de los atunes. Unas marcas externas convencionales avisan de la existencia de *marca electrónica en estómago* y de una gran recompensa (*Big \$\$\$ reward*). Si captura un ejemplar con *marca archivo* **NO QUITE LA MARCA TIRANDO DEL CABLE EXTERNO EN LA CAVIDAD ESTOMACAL**, avise al biólogo o técnicos del puerto de descarga. Tras verificar la marca se le recompensará con 1000 \$ USA.

PRINCIPALES ESPECIES DE TÚNIDOS TROPICALES



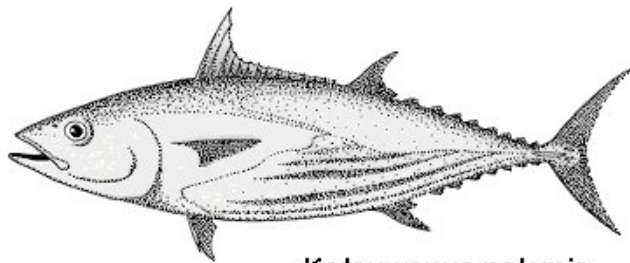
Thunnus albacares

RABIL (Esp.) YELLOWFIN TUNA (Ing.) ALBACORE (Fra.)
Otros: Atún, cimarrón.



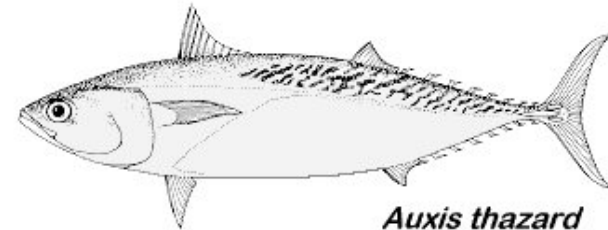
Thunnus obesus

PATUDO (Esp.) BIGEYE TUNA (Ing.) PATUDO (Fra.)
Otros: Atún, monja.



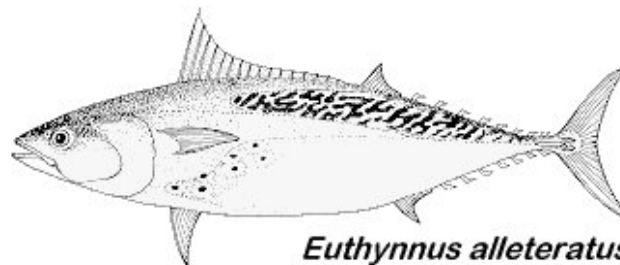
Katsuwonus pelamis

LISTADO (Esp.) SKIPJACK (Ing.) LISTAO (Fra.)
Otros: Alistado, serrutxue.



Auxis thazard

MELVA (Esp.) FRIGATE TUNA (Ing.) AUXIDE (Fra.)
Otros: Melva blanca



Euthynnus alleteratus

BACORETA (Esp.) ATLANTIC LITTLE TUNA (Ing.) THONINE (Fra.)
Otros: Melva negra.



**INSTITUTO ESPAÑOL
OCEANOGRAFIA**
LABORATORIO DE A CORUÑA
PESQUERIAS DE TUNIDOS Y AFINES
APARTADO 130
15080 A CORUÑA • España

Teléfonos: 981 20 53 62 • 20 53 66
Telefax: 981 22 90 77
e-mail: tunidos.corunha@co.ieo.es

LIBRO DE PESCA

NOMBRE DEL BARCO: PATRON/ CAPITAN:

PUERTO BASE: DIRECCION (*):

BANDERA:

TELEFONO/ FAX:

MAREAS DE FECHA: HASTA FECHA:

(*) Indique una dirección completa donde podamos contactar con usted.

NOTA: *Este libro de Pesca es de carácter voluntario, para fines exclusivamente científicos.
Le rogamos que nos lo remita cubierto una vez concluida cada marea. El original le será devuelto*

Estimado amigo:

Al igual que hacen otras flotas del mundo, la mejor forma de conocer los cambios en una pesquería es mediante el uso de libros de pesca que reflejen de forma fiable las faenas de pesca lance a lance.

El análisis año tras año de la información recibida puede ayudarnos a comprender aspectos fundamentales de la biología de las especies, además de aportar datos básicos para la evaluación de los stocks.

Como Vd. recordará, durante 1989 y 1990 hemos distribuido entre la flota unos borradores de libro de pesca que han sido probados por varios patrones. Hemos recibido opiniones a favor de tal libro y otras en contra, sobre todo en relación a la comodidad que ofrecía ese libro para ser cubierto. Agradecemos todos los comentarios y críticas que hemos recibido.

Pensando en todo ello, hemos confeccionado este nuevo libro para ser cubierto por la flota, pensando en las necesidades de información que tenemos los equipos de biología pesquera, pero también se ha pretendido que este libro pueda ser útil para que patrones y capitanes puedan llevar sus anotaciones de una forma completa y ordenada, en un libro diseñado especialmente para esta flota.

Le recomendamos que lea las instrucciones y vea los ejemplos antes de ponerse a cubrir el libro. Le aseguramos que es muy sencillo y hemos tratado de incluir la mayoría de las anotaciones que los patrones hacen en sus libretas personales.

*Una vez cubierto el libro nos lo puede enviar por correo, puede entregárselo a nuestros informadores de puerto del Instituto Español de Oceanografía, o por cualquier otro medio que considere oportuno. **Nosotros le devolveremos el original íntegro junto con un nuevo libro.** De esta forma Vd. podrá tener archivadas las mareas previas.*

NOTA IMPORTANTE: Le rogamos que cubra el libro de pesca de la forma mas completa posible y con Datos Reales.

*Si nosotros recibimos información sesgada las conclusiones de los análisis no serán realistas. Asimismo le pedimos que, a ser posible, tome nota de los pesos de cada pieza capturada, **incluso de los peces pequeños.***

Esperamos que le sea de utilidad y no dude en hacernos llegar sus comentarios o sugerencias. Le agradecemos su colaboración.

Túridos I.E.O.

SUGERENCIAS PARA CUBRIR EL LIBRO DE PESCA.

Hemos estructurado este libro en varios bloques:

EL PRIMER BLOQUE, ofrece unos ejemplos cubiertos para que, de una forma práctica, se vean algunas de las posibilidades que existen para cubrir este libro. Las hojas de ejemplo corresponden al modelo de libro de pesca anterior, por lo que encontrará ligeras diferencias con relación a las hojas actuales que deben ser cubiertas.

EL SEGUNDO BLOQUE, a cubrir por los patrones y capitanes, consiste en hojas donde se pregunta el tipo de peso que se anota en este libro (peso total, eviscerado, en canal, etc.).

Las demás hojas de este apartado están pensadas para que Vd. anote el resultado de cada marea. Es por tanto un resumen de **descargas** de cada una de las mareas efectuadas y le permitirán conocer rápidamente el resultado global de las mareas efectuadas con anterioridad.

EL TERCER BLOQUE, quizás el más importante, está pensado para que **Vd. anote lance a lance** una serie de datos que normalmente son anotados por los patrones en sus notas personales. Algunos de esos datos son imprescindibles para nosotros (casillas sombreadas). Hemos incluido unas líneas para que Vd. pueda anotar el peso individual de las piezas capturadas por si Vd. tiene costumbre de pesarlas o medirlas para estimar luego su peso. Le rogamos que anote en estas casillas los pesos de **todas las piezas capturadas, incluso de las pequeñas, aunque nos las contabilice en sus sumatorios.**

TIPO DE PESO.

Como Vd. conoce, el pez espada y las otras especies capturadas pueden ser estibadas a bordo de diferentes formas.

PESO VIVO: El pez es estibado según sale del mar. En el caso del pez espada, generalmente se le corta la espada.

PESO EVISCERADO: El pez es estibado a bordo abierto por la barriga y sin las vísceras (estómago, intestino, hígado, gónadas, etc.) pero se le conserva la cabeza, aletas y cola.

PESO EN CANAL: También llamado "peso limpio" o "tronco". Al pez se le sacan las vísceras, se le corta la cabeza (a la altura de las agallas y la cola)

Le rogamos nos indique en el siguiente apartado que **TIPO DE PESO** usa Vd. para cada especie.

(INDIQUE PARA CADA ESPECIE SI USA PESO: VIVO, EVISCERADO, EN CANAL)

ESPECIE	TIPO DE PESO	ESPECIE	TIPO DE PESO	ESPECIE	TIPO DE PESO		
ESPADA	Canal	PEZ VELA	Canal	CAELLA (tintorera)	Canal		
ATUN RABIL	Eviscerado	AGUJA AZUL	Canal	MARRAJOS	Canal		
ATUN PATUDO	Eviscerado	AGU. BLANCA		JAQUETON	Canal		
ATUN ROJO	—	AGU. PICUDA		CORNUDAS	Canal		
ATUN BLANCO	—	AGU. NEGRA		ZORROS	Canal		

DATOS DE BASCULA EN LA DESCARGA

RESUMEN AL TERMINAR LA MAREA

Año

Fresco

Congelado

Puerto de salida VIGO Fecha 20-05-89

Puerto de llegada VIGO Fecha 20-08-89

Lugar de descarga FRIGALSA Fecha 21-08-89

Nº DE MAREA Nº DE LANCES

ZONAS DE PESCA

1	55	BISSAU-CONAKRY LIBERIA
---	----	---------------------------

ESPECIE	Nº DESCARGA	Kgs. DESCARGA	Nº TIRADO	Kgs. TIRADOS
ESPADA	1670	75520	0	0
MARRASO AZUL	150	9150	0	0
JAGUETON	70	6300	0	0
ATUN RABIL	120	4800	0	0
ATUN PATUDO	50	1500	0	0
P. VELA	42	2940	5	520
CAELLA	102	2040	± 670	± 10000
OTROS	—	10000	—	2500
ALETAS	—	500	—	—
OTROS	40	3205	0	0

DATOS DE BASCULA EN LA DESCARGA

RESUMEN AL TERMINAR LA MAREA

Año

Fresco

Congelado

Puerto de salida VIGO Fecha 30-08-89

Puerto de llegada VIGO Fecha 20-11-89

Lugar de descarga VIETRASA Fecha 21-11-89

Nº DE MAREA Nº DE LANCES

ZONAS DE PESCA

2	50	de 10° al 15° N de 10° a 20° W
---	----	-----------------------------------

ESPECIE	Nº DESCARGA	Kgs. DESCARGA	Nº TIRADO	Kgs. TIRADOS
ESPADA	2300	110000	0	0
MARRASO AZUL	200	18000	0	0
JAGUETON	50	3000	0	0
ATUN RABIL	12	785	0	0
ATUN PATUDO	127	8570	0	0
P. VELA	58	3407	0	0
CAELLA	0	0	± 2500	± 20000
CORNUDAS	53	6205	0	0
ZORROS	35	2801	0	0
AGUA AZUL	10	975	5	500

EJEMPLO

OBSERVACIONES

Nº MAREA MES AÑO CONGELADO FRESCO

Falsa Orca Cetáceos

Pescando junto al barco "Espadero"
 Nos comieron 7 espadas

Fecha lance	Nº lance	Posición inicial / final	Rumbo	Fondo	Viento	Corriente	Nº anzuelos	Boyas	Tº	Color	Luna	Falsa Orca Cetáceos
10-09	5	02°45'N, 06°24'W 03°24'N, 06°24'W		300 500	S	0'5 E	2800	28	27 27'5	---	Llena	Si

ESPECIE	ESPADA GRANDE		ESPADA PEQUEÑO		MARRAJO		ATUN PATUDO		JAQUETONES		CORNUDAS		QUELLAS		Nº	Kgs.
	Nº	Kgs.	Nº	Kgs.	Nº	Kgs.	Nº	Kgs.	Nº	Kgs.	Nº	Kgs.	Nº	Kgs.		
CAPTURAS DEL LANCE	11	645	3	55	1	35	7	410	2	50	7	320	10	150		

PESOS O TALLAS DE CADA PIEZA CAPTURADA (ANOTE TAMBIEN LAS PIEZAS PEQUEÑAS)

30		22		35												
60		13														
68		20														
86																
42																
55		CHUPAS														
82		5	7													
35		6	9													
54		SIN SUMAR														
55																
78																

SUMA LANCE PREVIOS	84	4555	34	423	20	1000	2	70	20	410	2	50	115	1200		
TOTAL ACUMULADO	95	5200	37	478	21	1035	9	480	22	460	9	370	125	1350		

OTRO EJEMPLO

OBSERVACIONES

Nº MAREA MES AÑO CONGELADO FRESCO

Primero las vismos y nos comieron el cebo, pero no comieron espadas.

DATOS DEL LANCE	Fecha lance	Nº lance	Posición inicial / final	Rumbo	Fondo	Viento	Corriente	Nº anzuelos	Boyas	Tº	Color	Luna	Cetáceos
	1-05	1	01°50'N, 15°20'W 01°40'N, 15°00'W	S	+1000	N		2400	28	27° 27°	---		Si

ESPECIE	ESPADA -40		ESPADA +40		MARRAJO		ATUN PATUDO		JAQUETON		CORNUDAS		QUELLAS		ALETAS	
	Nº	Kgs.	Nº	Kgs.	Nº	Kgs.	Nº	Kgs.	Nº	Kgs.	Nº	Kgs.	Nº	Kgs.	Nº	Kgs.
CAPTURAS DEL LANCE	6	128	9	580	1	35	5	237	2	50	7	320	10	150		50+20=70

[0-20] 20-30 30-40 40-50 50-60 60-70 +70

PESOS O TALLAS DE CADA PIEZA CAPTURADA (ANOTE TAMBIEN LAS PIEZAS PEQUEÑAS)

	8	13	20	30	42	55	68	78	35					42	60			25	25			40	50	52	57	10	15	12	14						
			22	35		54		86						44								51	34	36		17	20	10	18					QUELLA = 50	
						55		82						43												17	17							CORNUDAS = 20	
						60								48																					
	CHUPAS												TIRADAS:				TIRADAS:																		
	4	5	7	6									1 pieza				5 piezas																		
	Sin contabilizar en los sumatorios												12 kg.				60 kg.																		

SUMA LANCE PREVIOS	37	478	95	5200	21	1035	9	480	22	460	9	370	125	1350	—	—
TOTAL ACUMULADO	43	606	104	5780	22	1070	14	717	24	490	16	690	135	1500	—	70

TIPO DE PESO.

Como Vd. conoce, el pez espada y las otras especies capturadas pueden ser estibadas a bordo de diferentes formas.

PESO VIVO: El pez es estibado según sale del mar. En el caso del pez espada, generalmente se le corta la espada.

PESO EVISCERADO: El pez es estibado a bordo abierto por la barriga y sin las vísceras (estómago, intestino, hígado, gónadas, etc.) pero se le conserva la cabeza, aletas y cola.

PESO EN CANAL: También llamado "peso limpio" o "tronco". Al pez se le sacan las vísceras, se le corta la cabeza (a la altura de las agallas y la cola)

Le rogamos nos indique en el siguiente apartado que **TIPO DE PESO** usa Vd. para cada especie.

(INDIQUE PARA CADA ESPECIE SI USA PESO: VIVO, EVISCERADO, EN CANAL)

ESPECIE	TIPO DE PESO	ESPECIE	TIPO DE PESO	ESPECIE	TIPO DE PESO		
ESPADA		PEZ VELA		CAELLA (tintorera)			
ATUN RABIL		AGUJA AZUL		MARRAJOS			
ATUN PATUDO		AGU. BLANCA		JAQUETON			
ATUN ROJO		AGU. PICUDA		CORNUDAS			
ATUN BLANCO		AGU. NEGRA		ZORROS			

The Japanese Catch Report (Log Sheet) for Tuna Longliner

The catch report is prepared in Japanese and the form shown here is not exactly the same one, but it was attempted to reproduce the original one in English. Instruction for the users is also given in Japanese.

Instructions in filling out catch report of longline fishery.

- 1 . Catch report should be submitted for each fishing trip within 30 days of its completion. Fishing trip is defined as the duration between port calls with fishing activity. For offshore and coastal fisheries fishing trip is defined as between departure and arrival at domestic port when catches were not unloaded at foreign port.
- 2 . Date reported : Fill date when catch report was reported.
- 3 . Name of reporting person : List a name and telephone number of reporting person.
- 4 . Departure and Arrival dates : Fill departure and arrival dates and names of port.
- 5 . Days at sea : Number of days at sea spent in the fishing trip. Include departure and arrival days.
- 6 . Number of sets : Total number of sets made in the fishing trip.
- 7 . Name of boat, gross tonnage, license number, call sign : Fill respective characteristics.
- 8 . Number of crews : Fill number of crews including foreign crews.
- 9 . Kind of license : Select a kind of license.
- 1 0 . Gear (Target) : Identify target. Tuna is included in others. When several targets were set, pick up one of the most important species.
- 1 1 . Gear (Kind of main line) : Separate nylon gear from others.
- 1 2 . Gear (Kind of branch line) : Separate nylon gear from others. Nylon gear could be defined such that most parts are made of nylon.
- 1 3 . Gear configuration (Branch line length) : Length in meter between snap and hook. See Fig. 1.
- 1 4 . Gear configuration (Float line length) : Length in meter from the float to the snap.
- 1 5 . Gear configuration (Length between branch) : Length of main line in meter between successive branch lines.
- 1 6 . Duration of trip : Give dates for the first and the last sets.
- 1 7 . Date : Fill date when set was made.
- 1 8 . Noon position : Fill latitude and longitude (in degree) at noon.
- 1 9 . SST : Record sea surface temperature at noon with one decimal point, if available.
- 2 0 . Hooks between floats : Specify number of hooks between floats (hooks per basket). If different hooks between floats were used in a single set, select most representative one.
- 2 1 . Number of hooks : Fill number of hooks used in a set.
- 2 2 . Catch by species for tunas, billfishes, sharkes and other fishes : Fill number of catch by species in upper row and processed weight in kg in lower row. Refer to Talble 1 for the classification of shark species.
- 2 3 . Total landings : Fill total landings in processed weight in tons.
- 2 4 . Amount of sales : Give an amount of sales in 10,000 yen on the first sheet, if possible.
- 2 5 . Total number landed : Fill total number of catch by species on the first sheet.
- 2 6 . Total landed product : Fill total catch by species in processed weight in tons on the first sheet.
- 2 7 . Put the total number of log sheets and respective sheet number in the upper right corner.

Table 1 Classification of shark species.

Standard name	Local name
Blue shark	Mizubuka, Ao, Aota, Aobuka, Guda, Mizuzame
Salmon shark	Mouka, Rakudazame, Goushika, Nezumi, Rakuda
Shortfin mako shark	Ao, Aoyagi, Katsuozone, Katsuzame, Maira, Moro
Oceanic whitechip shark	Hiragashira, Mobuka, Nagarebuka
Thresher sharks	Onaga, Nezumi, Ginnezumi, Dobunezumi, Hataori, Chuuta

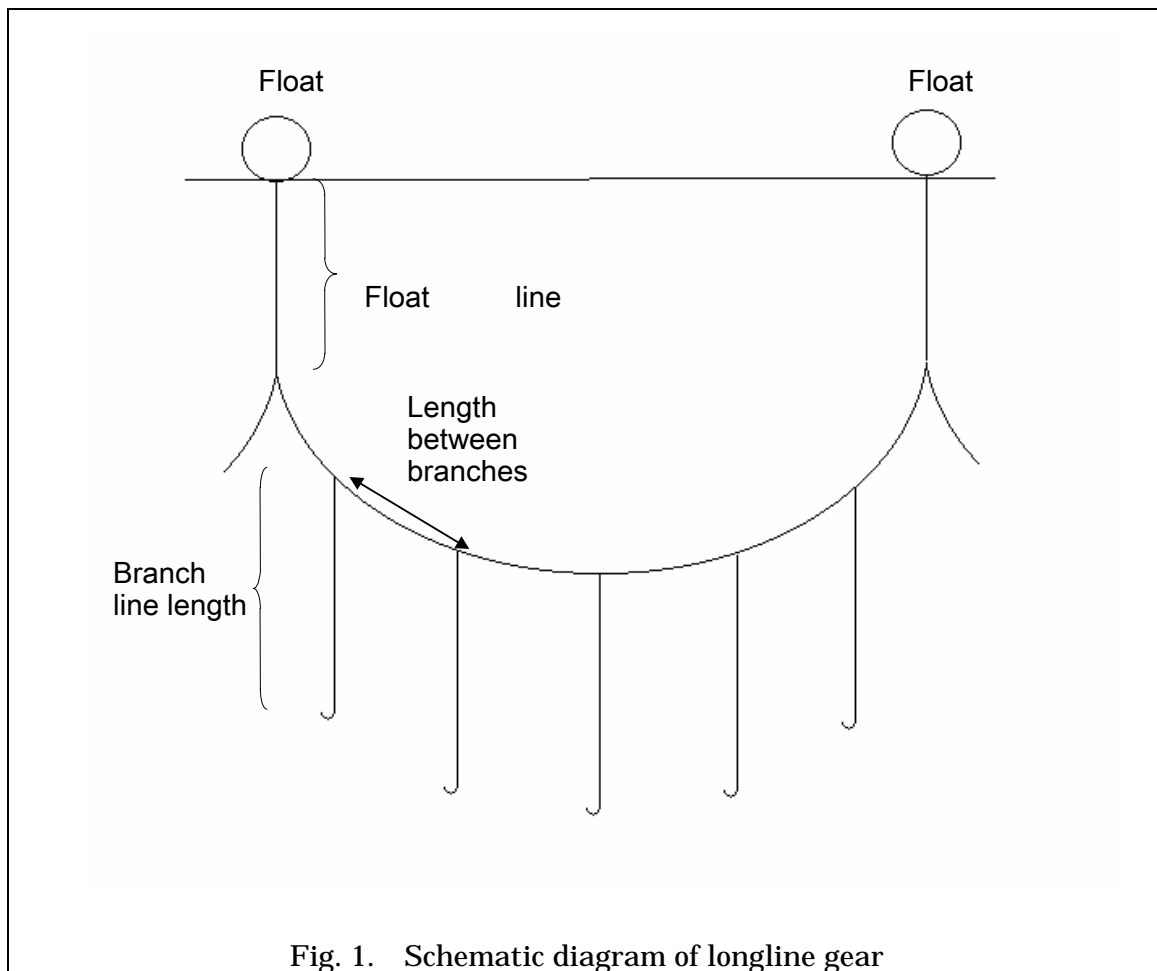


Fig. 1. Schematic diagram of longline gear

UNITED STATES DEPARTMENT OF COMMERCE
NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMIN.
NATIONAL MARINE FISHERIES SERVICE

2006

TRIP SUMMARY FORMS

FISHING VESSEL LOGBOOK RECORD
ATLANTIC HIGHLY MIGRATORY SPECIES
FISHERIES

YOU ARE ADVISED THAT DISCLOSURE OF THE INFORMATION REQUESTED IN THIS REPORT IS MANDATORY FOR THE PURPOSE OF MANAGING THE FISHERIES IN ACCORDANCE WITH THE ATLANTIC TUNAS CONVENTION ACT (16 U.S. 971 ET. SEQ.) AND THE FISHERY CONSERVATION AND MANAGEMENT ACT OF 1976 (16 U.S.C. 1801 ET. SEQ.). FAILURE TO REPORT MAY RESULT IN CIVIL OR CRIMINAL SANCTIONS.

NAME OF VESSEL : _____

PERMIT NUMBER : _____

2006 ATLANTIC HIGHLY MIGRATORY SPECIES TRIP SUMMARY FORM

<i>NMFS USE Only</i>	Received Date	Schedule #
----------------------	---------------	------------

Vessel Name: _____

Vessel Number: _____

Contact Phone Number: (_____) _____ - _____

Contact Name (Please Print): _____

I certify the information contained on this form is accurate and complete to the best of my knowledge:

Captain Signature: _____

Captain Name (Please Print): _____

Port & State of Departure: _____

--	--

Port & State of Landing: _____

--	--

Dealer Names:

Month Day Year

Date of Departure

		/			/	2006
--	--	---	--	--	---	------

Date of First Set

		/			/	2006
--	--	---	--	--	---	------

Date of Last Set

		/			/	2006
--	--	---	--	--	---	------

Date of Landing

		/			/	2006
--	--	---	--	--	---	------

First Day Offload

		/			/	2006
--	--	---	--	--	---	------

Number of Sets

--	--

Number of Crew Members
(excluding captain)

--	--

State Trip Ticket #: _____

2006 ATLANTIC HIGHLY MIGRATORY SPECIES TRIP SUMMARY FORM

<i>NMFS USE Only</i>	Received Date	Schedule #
----------------------	---------------	------------

Vessel Name: _____

Vessel Number: _____

Contact Phone Number: (_____) _____ - _____

Contact Name (Please Print): _____

I certify the information contained on this form is accurate and complete to the best of my knowledge:

Captain Signature: _____

Captain Name (Please Print): _____

Port & State of Departure: _____

Port & State of Landing: _____

Dealer Names:

Date of Departure:

Month	Day	Year
<input type="text"/>	<input type="text"/>	2006

Date of First Set:

<input type="text"/>	<input type="text"/>	2006
----------------------	----------------------	------

Date of Last Set:

<input type="text"/>	<input type="text"/>	2006
----------------------	----------------------	------

Date of Landing:

<input type="text"/>	<input type="text"/>	2006
----------------------	----------------------	------

First Day Offload:

<input type="text"/>	<input type="text"/>	2006
----------------------	----------------------	------

Number of Sets:

<input type="text"/>	<input type="text"/>
----------------------	----------------------

Number of Crew Members (excluding captain):

<input type="text"/>	<input type="text"/>
----------------------	----------------------

State Trip Ticket #: _____

TRIP EXPENSE & PAYMENT SUMMARY (Mandatory if selected; otherwise voluntary)

	Unit Cost	Quantities Used (Whole numbers only)								
Fuel	Price Per Gallon \$ <table border="1"><tr><td><input type="text"/></td><td><input type="text"/></td><td><input type="text"/></td></tr></table>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	Gallons used <table border="1"><tr><td><input type="text"/></td><td><input type="text"/></td><td><input type="text"/></td><td><input type="text"/></td><td><input type="text"/></td></tr></table>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>								
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>						
Bait	Price per pound \$ <table border="1"><tr><td><input type="text"/></td><td><input type="text"/></td><td><input type="text"/></td></tr></table>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	Pounds <table border="1"><tr><td><input type="text"/></td><td><input type="text"/></td><td><input type="text"/></td><td><input type="text"/></td><td><input type="text"/></td></tr></table>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>								
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>						
Light Sticks	Price per stick \$ <table border="1"><tr><td><input type="text"/></td><td><input type="text"/></td><td><input type="text"/></td></tr></table>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	Light Sticks Used <table border="1"><tr><td><input type="text"/></td><td><input type="text"/></td><td><input type="text"/></td><td><input type="text"/></td><td><input type="text"/></td></tr></table>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>								
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>						
Ice	Price per unit \$ <table border="1"><tr><td><input type="text"/></td><td><input type="text"/></td><td><input type="text"/></td></tr></table>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	Quantity of Ice <table border="1"><tr><td><input type="text"/></td><td><input type="text"/></td><td><input type="text"/></td><td><input type="text"/></td><td><input type="text"/></td></tr></table> Please circle one: Tons <input type="checkbox"/> Blocks <input type="checkbox"/> Lbs <input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>								
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>						
Ice Maker	Yes <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>									
Grocery Expenses		\$ <table border="1"><tr><td><input type="text"/></td><td><input type="text"/></td><td><input type="text"/></td><td><input type="text"/></td><td><input type="text"/></td></tr></table>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>			
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>						
Other Trip Costs (Other costs incurred on this trip, excluding items listed elsewhere on this trip summary form. See instructions.)		\$ <table border="1"><tr><td><input type="text"/></td><td><input type="text"/></td><td><input type="text"/></td><td><input type="text"/></td><td><input type="text"/></td></tr></table>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>			
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>						

Percent Share									
Crew Shares	Owner: <table border="1"><tr><td><input type="text"/></td><td><input type="text"/></td><td><input type="text"/></td></tr></table> %	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	Was crew share compensation used?	Yes <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>			
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>							
	Captain: <table border="1"><tr><td><input type="text"/></td><td><input type="text"/></td><td><input type="text"/></td></tr></table> %	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	Was the owner on board?	Yes <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>			
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>							
	Crew Average: <table border="1"><tr><td><input type="text"/></td><td><input type="text"/></td><td><input type="text"/></td></tr></table> %	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>					
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>							
Total Shared Costs (Includes only those costs subtracted from gross revenues to calculate crew payments. See instructions.)		\$ <table border="1"><tr><td><input type="text"/></td><td><input type="text"/></td><td><input type="text"/></td><td><input type="text"/></td><td><input type="text"/></td></tr></table>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>		
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>					
Did you use a Broker?	Yes <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>								
Broker/Selling Expense	\$ <table border="1"><tr><td><input type="text"/></td><td><input type="text"/></td><td><input type="text"/></td><td><input type="text"/></td></tr></table> OR Broker Percentage <table border="1"><tr><td><input type="text"/></td><td><input type="text"/></td></tr></table> %	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	By Revenue? <input type="checkbox"/>	or By Weight? <input type="checkbox"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>						
<input type="text"/>	<input type="text"/>								
Captain License Number: _____		State	<table border="1"><tr><td><input type="text"/></td><td><input type="text"/></td></tr></table>	<input type="text"/>	<input type="text"/>				
<input type="text"/>	<input type="text"/>								

2006 ATLANTIC HIGHLY MIGRATORY SPECIES TRIP SUMMARY FORM

<i>NMFS USE Only</i>	Received Date	Schedule #
----------------------	---------------	------------

Vessel Name: _____

Vessel Number: _____

Contact Phone Number: (_____) _____ - _____

Contact Name (Please Print): _____

I certify the information contained on this form is accurate and complete to the best of my knowledge:

Captain Signature: _____

Captain Name (Please Print): _____

Port & State of Departure: _____

Port & State of Landing: _____

Dealer Names: _____

Date of Departure:

--	--

 /

--	--

 / 2006

Date of First Set:

--	--

 /

--	--

 / 2006

Date of Last Set:

--	--

 /

--	--

 / 2006

Date of Landing:

--	--

 /

--	--

 / 2006

First Day Offload:

--	--

 /

--	--

 / 2006

Number of Sets:

--	--

Number of Crew Members (excluding captain):

--	--

State Trip Ticket #: _____

TRIP EXPENSE & PAYMENT SUMMARY (Mandatory if selected; otherwise voluntary)

	Unit Cost	Quantities Used (Whole numbers only)									
Fuel	Price Per Gallon \$ <table border="1" style="display: inline-table;"><tr><td> </td><td> </td></tr></table> . <table border="1" style="display: inline-table;"><tr><td> </td><td> </td></tr></table>					Gallons used <table border="1" style="display: inline-table;"><tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr></table>					
Bait	Price per pound \$ <table border="1" style="display: inline-table;"><tr><td> </td><td> </td></tr></table> . <table border="1" style="display: inline-table;"><tr><td> </td><td> </td></tr></table>					Pounds <table border="1" style="display: inline-table;"><tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr></table>					
Light Sticks	Price per stick \$ <table border="1" style="display: inline-table;"><tr><td> </td><td> </td></tr></table> . <table border="1" style="display: inline-table;"><tr><td> </td><td> </td></tr></table>					Light Sticks Used <table border="1" style="display: inline-table;"><tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr></table>					
Ice	Price per unit \$ <table border="1" style="display: inline-table;"><tr><td> </td><td> </td></tr></table> . <table border="1" style="display: inline-table;"><tr><td> </td><td> </td></tr></table>					Quantity of Ice <table border="1" style="display: inline-table;"><tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr></table> Please circle one: Tons <input type="checkbox"/> Blocks <input type="checkbox"/> Lbs <input type="checkbox"/>					
Ice Maker	Yes <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>										
Grocery Expenses	\$ <table border="1" style="display: inline-table;"><tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr></table> . <table border="1" style="display: inline-table;"><tr><td> </td><td> </td></tr></table>										
Other Trip Costs (Other costs incurred on this trip, excluding items listed elsewhere on this trip summary form. See instructions.)	\$ <table border="1" style="display: inline-table;"><tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr></table> . <table border="1" style="display: inline-table;"><tr><td> </td><td> </td></tr></table>										

Percent Share										
Crew Shares	Owner: <table border="1" style="display: inline-table;"><tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr></table> %				Was crew share compensation used?	Yes <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>				
	Captain: <table border="1" style="display: inline-table;"><tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr></table> %				Was the owner on board?	Yes <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>				
	Crew Average: <table border="1" style="display: inline-table;"><tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr></table> %									
Total Shared Costs (Includes only those costs subtracted from gross revenues to calculate crew payments. See instructions.)	\$ <table border="1" style="display: inline-table;"><tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr></table> . <table border="1" style="display: inline-table;"><tr><td> </td><td> </td></tr></table>									
Did you use a Broker?	Yes <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>									
Broker/Selling Expense \$ <table border="1" style="display: inline-table;"><tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr></table>						OR Broker Percentage <table border="1" style="display: inline-table;"><tr><td> </td><td> </td></tr></table> %			By Revenue? <input type="checkbox"/>	or By Weight? <input type="checkbox"/>
Captain License Number: _____		State	<table border="1" style="display: inline-table;"><tr><td> </td><td> </td></tr></table>							

Instructions for the Trip Summary form

NOTE: All data provided are CONFIDENTIAL and will be used to determine the effects of existing and proposed management policies on fishery participants. Consistent and accurate reporting is critical for achieving the benefits of conservation and management of Atlantic Highly Migratory Species fisheries. The blue page is a continuation of the set form and is *mandatory* for all permitted vessels. The green page (Trip Expense and Payment Summary) is *mandatory only if your vessel has been selected and you have been notified in writing by NOAA Fisheries that this information is required of you*. Vessels not selected are encouraged to supply the information on the green page on a **voluntary basis. If you have any questions, please contact the Logbook Program at (305) 361-4581, or Mr. Andy Bertolino at (305) 361-4240, or alternatively, visit our website (<http://www.sefsc.noaa.gov/fls.jsp>). For additional logbook supplies, include a written request with your logbook submission. If your vessel **did not fish** during a given calendar month, fill out a No Fishing Reporting Form located at the back of this logbook. Instructions have been included in the Set Form Logbook, pg. 1. These reports **must be mailed (faxes are no longer accepted)** within the time period delineated below to NATIONAL MARINE FISHERIES SERVICE, P.O. BOX 491740, MIAMI, FL, 33149.**

Please use a ballpoint pen and print clearly to record the following on the Blue Page:

- **Vessel Name and Vessel Number:** U.S. Coast Guard vessel identification number or state registration number as recorded on permit.
- **Contact Telephone Number and Name:** Printed name and telephone number of the person completing the form.
- **Captain Signature and Name:** Signature of the person completing the form (normally, this would be the captain for the trip, although the vessel owner may complete the second portion of the form).
- **Port & State of Departure:** Location of port from which the vessel departed.
- **Port & State of Landing:** Location of port that vessel returned.
- **Dealer Name(s):** List of names of dealers purchasing the harvest.
- **Date of Departure:** Calendar date (month/day/2006) on which the trip was started.
- **Date of First Set:** Calendar date (month/day/2006) of first set made on trip.
- **Date of Last Set:** Calendar date (month/day/2006) of last set made on trip.
- **Date of Landing:** Calendar date (month/day/2006) the vessel arrived back at port. This can be different from the offloading date.
- **First Day Offload:** Calendar date (month/day/2006) that vessel began offloading fish.
- **Number of Sets:** Number of times the fishing gear was set out during the trip.
- **Number of Crew Members:** Number of persons paid as crew (excluding captain).
- **State Trip Ticket #:** For states that require trip tickets, include the ticket # from your sales receipt.

Remove the blue page, attach corresponding set forms and tally sheet, and mail within 7 days after last offloading date.

The following information (found on the Green Page) is mandatory for selected vessels and voluntary for all other vessels.

For selected vessels, the following information must be mailed within 30 days after last offloading date.

- **Fuel:** Price per gallon paid for fuel used during trip. (*If you did not refuel for the trip, record price paid when fuel was last purchased.*); indicate gallons actually **used** during the trip. (*Exclude fuel purchased but not used.*)
- **Bait:** Record price per pound purchased and amount of bait **used** during trip in pounds. If no bait is purchased, then record a zero.
- **Light Sticks:** Record price per light stick and number of light sticks **used** during the trip (*If a light stick was re-used, only count it once.*)
- **Ice:** Indicate the price per unit. Also indicate the **Quantity of Ice** purchased and circle the correct unit size.
- **Ice Maker:** Indicate if an ice maker is used on the vessel by marking 'Yes' or 'No.'
- **Grocery expenses:** Indicate grocery costs (food, toiletries, etc.).
- **Other Trip Costs:** Other costs incurred for this trip **excluding** items listed elsewhere on this trip summary form (for example, docking/offloading fees (if separate from broker fee), crew travel/lodging, fishing supplies).
- **Crew Shares:** Crew share is compensation based upon percentage of net revenues. If you did not use crew share compensation on a trip, then calculate payments as percentage of (*estimated*) gross revenues.
 - **Owner Share:** Percentage of net revenue (*gross revenue less total shared costs*) paid to owner.
 - **Captain Share:** Percentage of net revenue paid to captain.
 - **Crew Average Share:** Average percent share of net revenue paid to crew, excluding captain.
 - **Was Crew Share Compensation Used:** Indicate 'yes' or 'no'.
 - **Was the Owner on Board:** Indicate 'yes' or 'no'.
- **Total Shared Costs:** Record the sum of all costs incurred for this trip that are subtracted from gross revenues prior to calculating crew share payments, **including** (*estimated*) shared gear, repair and maintenance costs. If vessel does not use crew shares, record zero.
- **Broker Used:** Indicate if a broker was used to sell your catch by marking 'Yes' or 'No.'
- **Broker/Selling Expense or Broker/ Percentage:** Report either the (*estimated*) broker/dealer fee or the percentage by gross revenue or weight of fish charged by the broker. (*If catch is sold to multiple brokers/dealers, please report for broker/dealer handling the majority of catch or report the average charged across brokers/dealers.*)
- **Captain License Number and State:** Record license number and issuing state.

PAPERWORK REDUCTION ACT STATEMENT: Atlantic highly migratory species (HMS) vessel logbooks provide information on fishing effort, target catch and bycatch in the fisheries for tunas, sharks and swordfish. This is the basis for quota monitoring and stock assessment and is used to meet international obligations to report fishery statistics to the International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas. Collection of economic information through vessel logbooks provides current data on costs and earnings for vessels participating in the Atlantic HMS fisheries and aids NMFS in assessment of impacts of fishery regulations. Public reporting burden for this information collection, including time for reviewing instructions, searching existing data sources, gathering and maintaining data, and reviewing completed collection of information, is estimated to average: 12 minutes per response for set form (daily report); 30 minutes per response for the trip expense and earnings summary; 2 minutes per response for no-fishing report; and 30 minutes per response for annual expenditures form. Send comments regarding this burden estimate or any other aspect of this information collection, including suggestions for reducing this burden to: National Marine Fisheries Service, F/SF1, 1315 East West Highway, Silver Spring MD 20910. Providing requested information on the trip summary form is mandatory, if selected, for managing the Atlantic HMS fisheries in accordance with Atlantic Tunas Convention Act (16 U.S.C. 971 et seq.) and Magnuson-Stevens Fishery Conservation and Management Act (16 U.S.C. 1801 et seq.). In accordance with NOAA Administrative Order 216-100, it is agency policy not to release confidential information, other than in aggregate form. Notwithstanding any other provision of law, no person is required to respond, nor shall any person be subject to a penalty for failure to comply with information collection subject to requirements of Paperwork Reduction Act, unless that collection of information displays a currently valid OMB Control Number. This is an approved information collection under OMB #0648-0371 that expires July 31, 2008.

UNITED STATES DEPARTMENT OF COMMERCE
NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMIN.
NATIONAL MARINE FISHERIES SERVICE

2006

SET FORMS

FISHING VESSEL LOGBOOK RECORD
ATLANTIC HIGHLY MIGRATORY SPECIES
FISHERIES

YOU ARE ADVISED THAT DISCLOSURE OF THE INFORMATION REQUESTED IN THIS REPORT IS MANDATORY FOR THE PURPOSE OF MANAGING THE FISHERIES IN ACCORDANCE WITH THE ATLANTIC TUNAS CONVENTION ACT (16 U.S. 971 ET. SEQ.) AND THE FISHERY CONSERVATION AND MANAGEMENT ACT OF 1976 (16 U.S.C. 1801 ET. SEQ.). FAILURE TO REPORT MAY RESULT IN CIVIL OR CRIMINAL SANCTIONS.

NAME OF VESSEL : _____

PERMIT NUMBER : _____

**2006 FISHING VESSEL LOGBOOK RECORD
ATLANTIC HIGHLY MIGRATORY SPECIES FISHERIES
SET FORM INSTRUCTIONS**

This form is to be used to report fishing activity for Atlantic highly migratory species permits. Under current regulations, all fishermen are responsible for submitting a logbook for every fishing trip. Set forms must be filled out within 48 hours of that day's activities or before offloading.

Please print all requested information clearly. A form with incomplete or unclear information may delay processing and not be credited towards your compliance. This lack of compliance may result in your permit renewal being denied.

Monthly reporting for individuals holding a Swordfish and Shark permit will be considered complete and in compliance with the regulations only if: 1) the (a) Trip Summaries for each trip completed during the month, (b) individual Set Records for each set made during the trip(s), and (c) Tally Records for all fish sold are provided; or 2) a no fishing report is provided.

If a permitted vessel did NOT fish during a calendar month, a No Fishing Reporting Form must be completed. No Fish Reports are located in the back of the Trip Summary Logbook, behind the trip report forms. Please note the following for No Fish Reports:

- A separate form must be completed for each month that no fishing occurred.
- Please do not submit one form for multiple months.
- Do not submit more than one form for each month.
- Put a check by each permit for the fishery(ies) that no fishing occurred.
- Multiple fisheries can be reported on one form.
- Do not check fisheries for which you do NOT have a permit.

In the pre-addressed envelopes provided, please mail original set forms, along with the Trip Summary Form and weighout slips (tally records), or a No Fishing Reporting Form, to:

**National Marine Fisheries Service
Logbook Program
P.O. Box 491740
Key Biscayne, Florida 33149-9915**

Mailing should be postmarked no later than the 7th day after offloading all Atlantic Highly Migratory Species, or (7) days after the end of a month which you are reporting no fishing activity. **Faxed reports are no longer accepted.**

When additional forms or envelopes are needed, please include a note with your logbook submission or call the Logbook Program at the number listed below. Include your name, address and your vessel identification number. If you have any questions, please contact the Logbook Program at (305) 361-4581, or Mr. Andy Bertolino at (305) 361-4240. Alternatively, you can visit our website at <http://www.sefsc.noaa.gov/fls.jsp>.

DESTROY OLD UNUSED FORMS. USE ONLY CURRENT YEAR FORMS.

Please use a separate log sheet for each set. If using a gear that is not fished in sets, use one sheet for each day of fishing.

- Record the **Official Vessel Number**.
- **Signature**, each set form must be signed by the captain or a person responsible for maintaining the records for the vessel.
- Designate primary **Target** species.
- Record **Gear Used**.
- Record **Set Date** and **Haulback Date** (calendar day when set or haulback began).
- Enter Times when using longlines or gillnets for:
 - **Begin Set** and **End Set** (designate **AM** or **PM**)

- **Begin Haulback and End Haulback** (designate **AM** or **PM**)
(Please note, do not use military time).
- At the start of each set, record the location to the nearest degree and minutes of **Latitude** and **Longitude**, and the **Surface Water Temperature**, in degrees Fahrenheit.
- Enter the following data for each set if using **Longline** gear:
 - **Number of hooks per set**
 - **Number of hooks between floats**
 - **Number of light sticks**
 - **Length of Mainline** (in miles)
 - **Average Length of Gangions** (in fathoms)
 - **Average Length of Floatline** (in fathoms)
 - **Indicate whether “J” Hooks or Circle Hooks were used**
 - **Indicate what size hooks were used: 16° or 18°**
 - **Indicate whether offset hooks were used: Yes or No**
 - **Bait Type: indicate Live, Dead or Artificial**
 - **Bait Used: indicate the type of bait used: Squid, Mackerel, or Other**
- Enter the following data for each set if using **Gillnet**:
 - **Mesh Size** (in inches)
 - **Total drift gillnet net length** (in fathoms)
 - **Fishing Depth Range** (Depth of top and of Bottom of net in fathoms)
- Record **NUMBERS OF SWORDFISH, TUNAS, SHARKS AND OTHER SPECIES KEPT AND THROWN BACK**. For the fish that were thrown back, please specify the number of those that were **Alive** and the number of those thrown back that were **Dead**. For **Est. Lbs Kept.**, write down the estimated dressed weight in pounds of fish kept for each species. For catches of species not listed on the form, print the species name in the blank spaces and record the appropriate catch information.
- Record **NUMBERS OF ENDANGERED SPECIES INVOLVED**
 - **Total Number Involved**. Write down the total number of each sea turtle species that were caught in, or interacted with, your fishing gear for the period of your report.
 - **Number Injured**. Write down the number of each sea turtle species that were injured while in, or by, your fishing gear.
 - **Number Dead**. Write down the number of each sea turtle species that were observed to be dead while in, or by, your fishing gear.

Remove page(s), and with the corresponding Trip Summary form and tally sheet(s), mail within 7 days after the last offloading date.

Retain the second copy of set forms for your records.

PAPERWORK REDUCTION ACT STATEMENT: Atlantic highly migratory species vessel logbooks provide information on fishing effort, target catch and bycatch in the fisheries for tunas, sharks and swordfish. This information is the basis for quota monitoring and stock assessment and is used to meet international obligations to report fishery statistics to the International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas. Public reporting burden for this information collection, including time for reviewing instructions, searching existing data sources, gathering and maintaining data needed, and completed & reviewing the collection of information, is estimated to average: 12 minutes per response for the set form (daily report); 30 minutes per response for the trip expense and earnings summary; 2 minutes per response for the no-fishing report; and 30 minutes per response for the annual expenditures form. Send comments regarding this burden estimate or any other aspect of this collection of information, including suggestions for reducing this burden to: Highly Migratory Species Management Division, National Marine Fisheries Service, F/SF1, 1315 East West Highway, Silver Spring, MD 20910. Providing the requested information in the vessel logbook is mandatory, if selected, and is necessary for managing the Atlantic highly migratory species fisheries in accordance with the Atlantic Tunas Convention Act (16 U.S.C. 971 et seq.) and the Magnuson-Stevens Fishery Conservation and Management Act (16 U.S.C. 1801 et seq.). In accordance with NOAA Administrative Order 216-100, it is agency policy not to release confidential fisheries statistics, other than in aggregate form. Notwithstanding any other provision of the law, no person is required to respond to, nor shall any person be subject to a penalty for failure to comply with a collection of information subject to the requirements of the Paperwork Reduction Act, unless that collection of information displays a currently valid OMB Control Number. This is an approved information collection under OMB #0648-0371 and expires July 31, 2008.

Please Use Black or Blue Ink only

Official Vessel Number: Signature: _____

I certify that the information contained on this form is accurate and complete to the best of my knowledge. NMFS Use Only:

TARGET: Swordfish Yellowfin Bigeye Mixed Tuna Sharks Dolphin Other (list) _____

GEAR: Pelagic Longline Bottom Longline Handline Harpoon Gillnet Bandit Rod & Reel Otter Trawl Squid Trawl Other (list) _____

Set Date: / / 2006 Haulback Date: / / 2006

Begin Set: : am pm End Set: : am pm

Begin Haulback: : am pm End Haulback: : am pm

Latitude at beginning: North Longitude at beginning: West Surface Water Temp: . °F

Deg Min Deg Min

Date Received: (NMFS Use Only)

LONGLINE: Please do not use decimals or ranges. Use whole numbers only.

No. of Hooks: Mainline Length (nm): Hook Type: "J" Circle

No. of Hooks between Floats: Average Gangion Length (fm): Hook Size: 16° 18°

No. of Light Sticks: Average Floatline Length (fm): Hook Offset: Yes No

Bait Type: Dead Live Artificial

Bait Used: Squid Mackerel Other

GILLNET: Mesh size (in): Total Net Length (fm): Fishing Depth Range (fm): to

SWORDFISH and TUNA				SHARKS					
	No. Kept	No. Thrown Back		Est. Lbs. Kept		No. Kept	No. Thrown Back		Est. Lbs. Kept
		Alive	Dead				Alive	Dead	
Swordfish					PELAGIC SHARK				
Bonito Tuna					Blue				
Bluefin Tuna					Mako, Longfin				
Skipjack Tuna					Mako, Shortfin				
Yellowfin Tuna					Oceanic Whitetip				
Blackfin Tuna					Porbeagle				
Albacore Tuna					Thresher, Bigeye				
Bigeye Tuna					Thresher, Common				

OTHER SPECIES				COASTAL SHARK			
White Marlin				Bignose			
Blue Marlin				Blacktip			
Sailfish				Dusky			
Spearfish				Bonnethead			
Escolar				Hammerhead			
Dolphin (Mahi)				Night			
Wahoo				Sandbar			
King Mackerel				Sharpnose			
Greater Amberjack				Silky			
Banded Rudderfish				Spinner			
				Tiger			
				White			

ENDANGERED SPECIES							
	Involved	Injured	Dead		Involved	Injured	Dead
Leatherback				Kemp's Ridley			
Loggerhead				Hawksbill			
Green				Sm. tooth Sawfish			

CICAA FORMA C

BITACORA DIARIA DE OBSERVADORES

(Palangre Pelágico)

Fecha de Salida: _____

Fecha de Llegada: _____

AÑO:

--	--	--

Nombre del Barco:
Nombre del Capitan:
Nombre del Observador:

NUMERO DEL LANCE:

--	--	--	--

ESPECIE OBJETIVO:

--	--	--	--	--	--

	Mes	Dia	Hora	Latitud	Longitud	Temp (°C)
Comienzo del lance						
Fin del lance						
Comienzo de recoger						
Fin de recoger						

Carnada1 _____ viva

Rendal de acero Si No

Carnada2 _____ muerta

Tipo de Anz : Circular "J" Tamaño.

--

Palito fosforesnte. Si No

Marca anzuelo

--

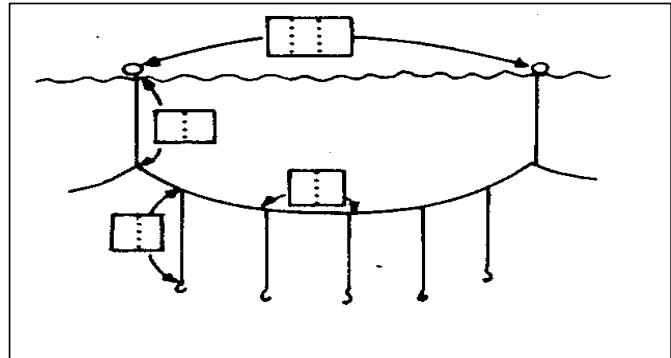
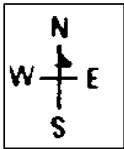
Baño fosforesnte. Si No

Longitud del palangre (m):

--

Dirección del lance

Dirección de recogida



Indique dimensiones de la unidad en metros

Número total de unidades:

--

Número de anzuelos por unidad:

--

Número total de anzuelos:

--

CAPTURA DEL DIA

ESPECIES	Numero	kg		
Atun aleta amarilla (YFT)				
Atun albacora (ALB)				
Atun ojo gordo (BET)				
Pez espada (SWO)				
Aguja blanca (WHM)				
Aguja azul (BUM)				
Pez vela (SAI)				
Pez lanza (SPF)				
TIB:				
TIB:				
TIB:				
TIB:				
Atun aleta negra (BLF)				
Dorado (DOL)				
Peto (WAH)				

CICAA FORMA D

MUESTREO DE ESPECIES (observadores abordo)

(SIRVE PARA TODAS LAS ESPECIES)

NUMERO DEL LANCE:

NOMBRE DEL BARCO					FECHA DE MUESTRA			OBSERVADOR		EQUIPO USADO				
										<input type="checkbox"/> Vernier <input type="checkbox"/> Cinta				
Conteo	ESPECIES	Muerto	Vivo	Hora embarq		Medidas de longitud L1 (cm)		Medidas de longitud L2 (cm)			Peso (kg)		Sexo M/H/J	Número de muestra u Observaciones
				hrs	min	MILH	LH	CK	PELH	TRNC	Est.	Med.		
1											<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
2											<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
3											<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
4											<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
5											<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
6											<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
7											<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
8											<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
9											<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
10											<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
11											<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
12											<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
13											<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
14											<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
15											<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
16											<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
17											<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
18											<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
19											<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
20											<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
21											<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
22											<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
23											<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
24											<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
25											<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		

RUTA Y PARAMETROS MEDIOAMBIENTALES

Formulario ruta n°:
 Fecha:

Corredera mañana:
 Corredera tarde:

Nombre del barco:
 Nombre del observador:
 Barco n°:

Linea	Hora				Cua-	Latitud				Longitud				Activid.	Activid.	Veloci-	Temperatura de superficie	Veloc. viento	Modo deteccion	Sistemas observados	Distancia	Razón no lance	Formul.															
	h	h	m	m	drante	g	g	m	m	g	g	m	m	barco	circund.	dad							B	D														
0	0	9	2	5	3	0	6	5	6	1	4	0	4	0	3	4	1	2	2	6	7	2	2	0	7	0	7	0	7	0	8	6	0	7	11	22		
1																																						
2																																						
3																																						
4																																						
5																																						
6																																						
7																																						
8																																						
9																																						
10																																						
11																																						
12																																						
13																																						
14																																						
15																																						
16																																						
17																																						
18																																						
19																																						
20																																						
21																																						
22																																						
23																																						
24																																						
25																																						
26																																						
27																																						
28																																						
29																																						
30																																						
31																																						
32																																						
33																																						
34																																						
35																																						

Notas:

Datos verificados:

CARACTERISTICAS DE LA PESCA

Lance n°:	Fecha:	Nobre del barco:	Barco n°:
Formulario ruta n°:		Línea ruta n°:	Nombre observador :

Características de la pesca

<table border="1"> <tr><td colspan="4">Hora comienzo lance</td></tr> <tr><td>h</td><td>h</td><td>m</td><td>m</td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </table>	Hora comienzo lance				h	h	m	m					<table border="1"> <tr><td colspan="4">Hor.fin recogida jareta</td></tr> <tr><td>h</td><td>h</td><td>m</td><td>m</td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </table>	Hor.fin recogida jareta				h	h	m	m					<table border="1"> <tr><td colspan="4">Hora final del lance</td></tr> <tr><td>h</td><td>h</td><td>m</td><td>m</td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </table>	Hora final del lance				h	h	m	m					<table border="1"> <tr><td>Profundidad ⁽¹⁾</td></tr> <tr><td>cierre jareta</td></tr> <tr><td> </td></tr> </table>	Profundidad ⁽¹⁾	cierre jareta		<table border="1"> <tr><td>Razón lance nulo</td></tr> <tr><td> </td></tr> </table>	Razón lance nulo	
Hora comienzo lance																																													
h	h	m	m																																										
Hor.fin recogida jareta																																													
h	h	m	m																																										
Hora final del lance																																													
h	h	m	m																																										
Profundidad ⁽¹⁾																																													
cierre jareta																																													
Razón lance nulo																																													

Estimación tamaño del banco (t) y Peso medio (kg)	YFT: /	Utilización del Sonar	Antes maniobra	Espesor del banco		Sistemas observados
	SKJ: /		Durante maniobra	Profundidad media		
	BET: /			SI	NO	
	Total: /		Profundidad comienzo			

Capturas atunes

Especie	Cat.	Peso	Cuba	Especie	Cat.	Peso	Cuba	Especie	Cat.	Peso	Cuba	Especie	Cat.	Peso

Descartes de atunes

Izado a bordo	Si	No
---------------	----	----

Especie	Cat.	Peso	Especie	Cat.	Peso	Especie	Cat.	Peso	Especie	Cat.	Peso

Otras especies

Especie	Estimac. cuantitat.	p n°	talla peso	Deve-nir	Especie	Estimac. cuantitat.	p n°	talla peso	Deve-nir	Especie	Estimac. cuantitat.	p n°	talla peso	Deve-nir

Notas

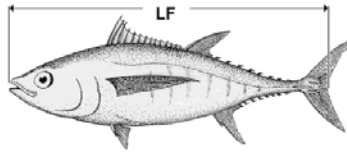
Datos verificados:

MUESTREO ATUNES

Formulario muestreo n°:	Lance n°:	Fecha:	Nombre observador:
Formulario ruta n°:	Línea ruta n°:	Nombre barco:	Barco n°:

Captura

Descartes



RABIL		LISTADO		PATUDO		MELVA		BACORETA	
LF	LF	LF	LF	LF	LF	LF	LF	LF	LF
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9	9	9	9

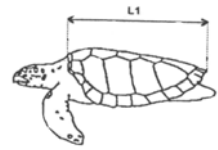
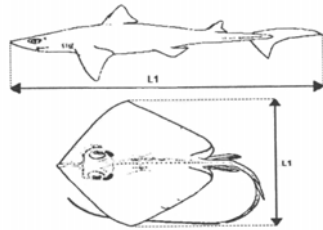
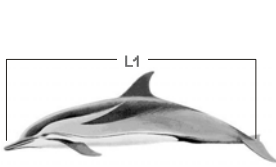
MUESTREO ESPECIES ASOCIADAS

Formulario muestreo n°: Lance n°:

Fecha: Nombre observador:

Formulario ruta n°: Línea ruta n°:

Nombre barco: Barco n°:



	ESPECIE	L1	SEXO	FOTO n°	ROLLO n°
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					

	ESPECIE	L1	SEXO	FOTO n°	ROLLO n°
26					
27					
28					
29					
30					
31					
32					
33					
34					
35					
36					
37					
38					
39					
40					
41					
42					
43					
44					
45					
46					
47					
48					
49					
50					

NOTAS:

SEGUIMIENTO DE OBJETOS FLOTANTES

Formulario D nº:									
Formulario ruta nº:	Linea ruta nº:	OPERACIÓN CON OBJETO	TIPO DE OBJETO	DEVENIR del OBJETO	TIPO BALIZA	CODIGO BALIZA			
						Al recoger	Al plantar	Al visitar	
		Plantado			Radiogoniometro				
		Visitado			Radiogoniometro + GPS				
		Pesca			GPS Tipo SHERPE (Bola)			Días en el mar	
		Recogido sin pescar			Satelite + Ecosonda				
					Satelite sin Ecosonda				

	EN CASO DE NO REALIZACIÓN DEL LANCE	
	ASOCIADA (en Tm.)	CATEGORIA COMERCIAL
Rabil		
Patudo		
Listado		
Melva		
Bacoreta		
Total Túnidos		

OBSERVACIONES:

ESTADILLO A
LINEA

OBJETO

Naturaleza (codigo tabla 8) actividad

Plantado
Visitado
Pesca

Codigo

Al recoger
Al plantar

Tipo

Radiogoniometro
Radiogoniometro + GPS
GPS Tipo SHERPE (Bola)
Satelite + Ecosonda