

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**.

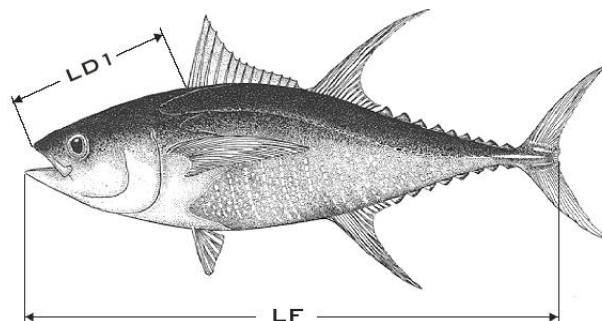


Figure 4.3.3. Mensurations des thonidés – Longueur maxillaire supérieur-fourche (FL) et maxillaire supérieur-1^{re} dorsale (LD1). Photo de Sarralde *et al.* (2005), reproduite avec l'autorisation de l'auteur.

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.

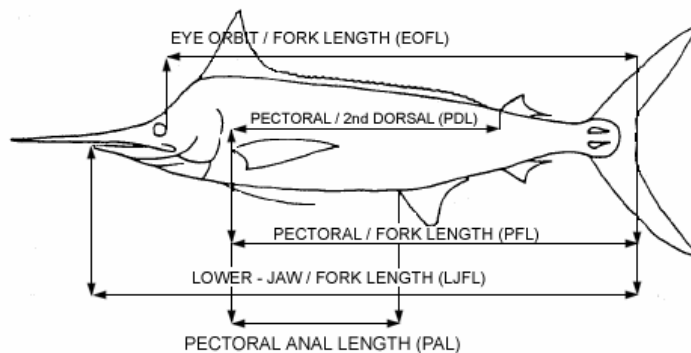


Figure 4.3.4. Mensurations alternatives des istiophoridés.

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 :

$$\begin{aligned}
 13,0 - 13,9 \text{ cm} &= 13 \text{ cm} \\
 14,0 - 14,9 \text{ cm} &= 14 \text{ cm} \\
 94,0 - 94,9 \text{ cm} &= 94 \text{ cm} \\
 \\
 24,0 - 24,49 \text{ cm} &= 24,0 \text{ cm} \\
 24,5 - 24,99 \text{ cm} &= 24,5 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

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).

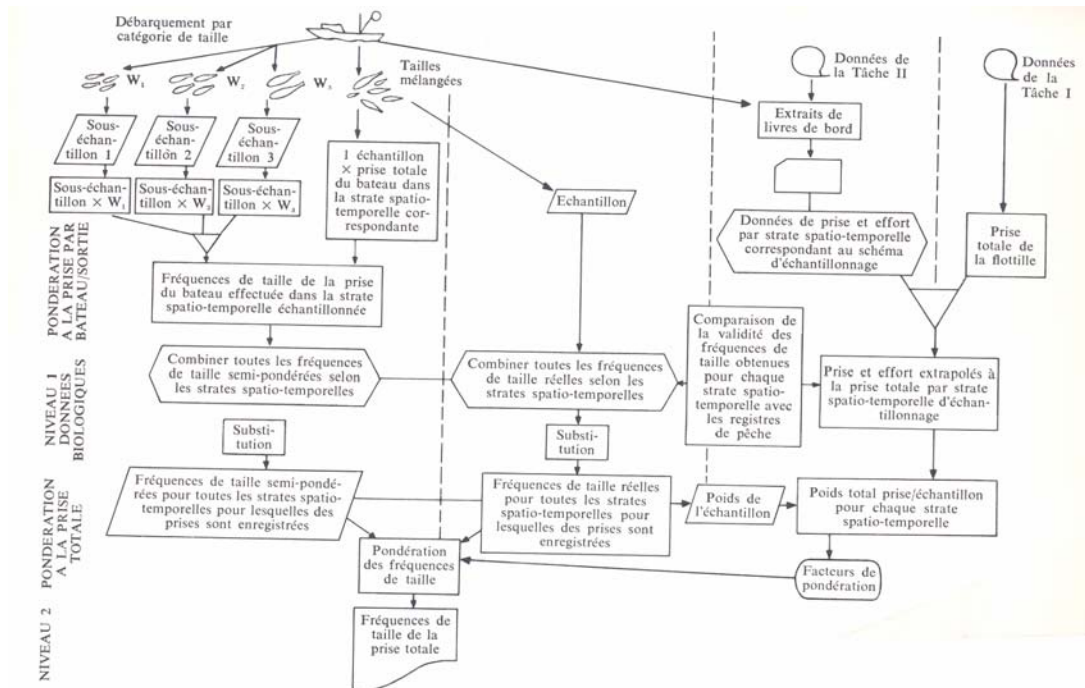


Figure 4.3.5. Schéma de pondération des données de taille.

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 :

$$\sum Var_l$$

où $\sum Var_l$ 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.