

D. Vérification

B. Morales-Nin, J. Panfili

L'étape de vérification permet de contrôler le processus d'interprétation de l'âge à partir des PC, i.e. la répétitivité et/ou la précision des interprétations en termes de valeurs chiffrées, qui peuvent être parfois différentes des âges réels. Par exemple, si deux lecteurs sont d'accord sur le nombre de marques présentes dans une PC, ou si deux PC différentes du même poisson sont interprétées avec le même nombre de marques de croissance, l'étape de vérification est accomplie (Wilson *et al.*, 1983). Des indices de précision sont alors facilement générés et donnent ainsi des informations utiles sur les sources d'erreurs potentielles dans les études d'estimation de l'âge. Les applications les plus courantes concernent les comparaisons d'estimations entre les lecteurs et/ou entre les méthodes employées (Secor & Dean, 1989). Les indices calculés peuvent également servir à juger de la difficulté du processus d'estimation de l'âge pour différentes espèces et à rejeter, par exemple, les échantillons de qualité douteuse (Campana & Jones, 1992). Toutefois, un accord entre les lectures de différentes PC signifie simplement que la formation des marques correspond à des événements majeurs dans la vie des individus et, en aucun cas, il ne peut servir à calculer la fréquence des dépôts sur une base temporelle.

1. Différentes lectures réalisées par un ou plusieurs lecteurs : biais d'uniformité

Lors de l'interprétation d'une PC, il est toujours nécessaire de la lire plus d'une fois de façon à réduire une certaine part de la subjectivité propre au lecteur. Pour garder une certaine indépendance entre les différentes lectures, toutes les données individuelles (e.g. taille, date de capture, etc.) ne doivent pas être connues à l'avance par le(s) lecteur(s). Plusieurs indices et tests statistiques sont disponibles pour déterminer le niveau d'accord entre les lectures. L'une des méthodes les plus simples consiste à comparer les résultats de plusieurs lectures effectuées par un ou plusieurs lecteurs pour la même PC. Le pourcentage d'accord (PA) peut être calculé : il est égal au rapport du nombre de lectures identiques sur le nombre total de lectures (en pourcentage). Le PA dépend cependant de la longévité de l'espèce considérée : un PA de 95 % sur une année entre deux lecteurs pour la morue du Pacifique indiquerait une faible précision des lectures, étant donné le faible nombre de classes d'âge dans la pêcherie ; en contrepartie, un PA de 95 % sur cinq années indiquerait une bonne précision pour une espèce comme l'aiguillat commun (Squalidae), étant donné sa longévité qui atteint 60 ans (Beamish & Fournier,

1981). Ces derniers auteurs ont ainsi proposé l'utilisation de l'indice appelé pourcentage moyen d'erreur (PME) :

$$(IV.D.1) \quad PME = 100 \% \cdot \frac{1}{R} \sum_{i=1}^R \frac{|X_{ij} - \bar{X}_j|}{\bar{X}_j}$$

où X_{ij} est la $i^{\text{ème}}$ estimation d'âge du $j^{\text{ème}}$ poisson, \bar{X}_j est l'âge moyen du $j^{\text{ème}}$ poisson et R le nombre de fois que l'on donne un âge à chaque poisson. Lorsque la moyenne est faite à partir de plusieurs poissons, on obtient un indice sous la forme de PME moyen. Chang (1982) a suggéré d'incorporer un écart type dans l'équation précédente plutôt que d'observer la variance sur l'âge moyen. La nouvelle équation qui en résulte donne l'estimation du coefficient de variation (CV), et ne suppose donc pas que l'écart type est proportionnel à la moyenne :

$$(IV.D.2) \quad CV = 100 \% \cdot \frac{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^R (X_{ij} - \bar{X}_j)^2}{R-1}}}{\bar{X}_j}$$

Le CV peut être moyenné pour un certain nombre d'individus et l'on obtient ainsi un CV moyen. Il est statistiquement plus robuste que le PME et aussi plus souple à utiliser (Kimura & Lyons, 1991). Cependant, il n'existe pas de valeur seuil du CV pour accepter ou rejeter les résultats des lectures, car il est fonction de l'espèce considérée ainsi que de la gamme d'âges représentés. Laine *et al.* (1991) ont suggéré comme limite une valeur maximale de 5 % pour le CV pour considérer que les lectures sont acceptables.

Des efforts considérables sont entrepris par les comités internationaux pour standardiser les processus de lecture d'âge. Des programmes d'échanges et des ateliers de lecture ont été organisés dans ce sens (Eltink *et al.*, 2000). Les résultats des lectures peuvent maintenant être analysés en utilisant des feuilles de calcul spécialement développées (Eltink, 1994, 1997).

Pour la lecture des microstructures journalières des otolithes, il est recommandé de faire une double lecture par un même lecteur, d'abord depuis le *primordium* vers le bord et ensuite à l'inverse, du bord vers le *primordium*, sur le même axe de croissance (Campana, 1992). Pour l'échantillon considéré, si aucune différence significative n'est trouvée entre ces deux lectures à l'aide d'un test t pour échantillons appariés, la moyenne des lectures peut être utilisée comme valeur de l'âge (Campana & Jones, 1992). Ces derniers auteurs ont aussi suggéré d'utiliser une pondération pour permettre de prendre en compte la crédibilité des lectures individuelles.

2. Différentes lectures réalisées à partir de plusieurs pièces calcifiées

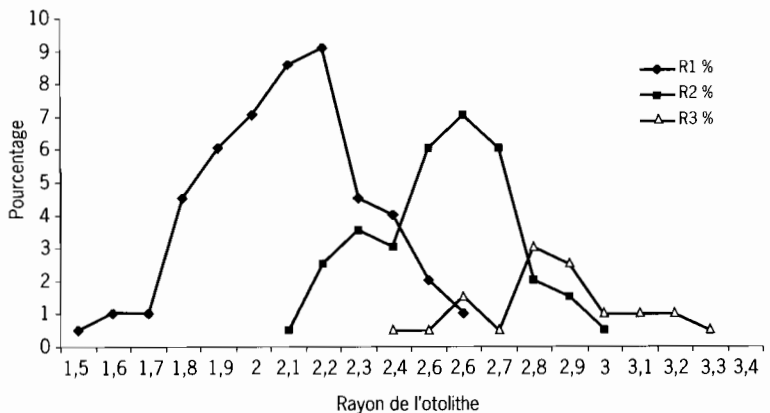
Si la formation des marques de croissance est causée par des événements majeurs au cours de la vie des individus, elles doivent se retrouver sur toutes les PC de l'échantillon considéré. Les différentes lectures de plusieurs PC doivent donc aboutir aux mêmes résultats. Dans le but de comparer ces résultats, les mêmes indices que ceux décrits dans le chapitre précédent (chap. IV.D.1), PME et/ou CV, sont utilisés. Un autre test de comparaison de deux lectures de PC différentes (e.g. otolithes vs vertèbres) consiste à préparer une table de contingence (tableau croisé) à double entrée et à opérer un test de symétrie (Hoenig *et al.*, 1995).

Même si les otolithes droit et gauche sont en général similaires (sauf chez les poissons plats, chap. II.A), la lecture devrait toujours concerner les otolithes du même côté pour éviter d'éventuels biais. Si toutefois un problème d'interprétation survient, l'otolithe restant de l'autre côté peut être utilisé.

3. Tendance dans les patrons de croissance

Un autre critère de vérification peut être représenté par la régularité de formation des marques de croissance. La largeur de chacune des marques doit montrer une diminution des taux de croissance avec l'augmentation de l'âge. Cette décroissance plus ou moins linéaire des intervalles entre les marques saisonnières représente le fondement des méthodes d'estimation de l'âge (May, 1965). De plus, si leur formation est une réponse à des événements environnementaux, un synchronisme doit être observé à l'échelle de la population. La régularité des patrons de croissance peut ainsi être démontrée en traçant le graphique de la fréquence des distances entre le centre de la PC et la marque considérée pour toutes les PC (fig. IV.D.1) et en testant la normalité des distributions par un test de Kolmogorov-Smirnov.

Figure IV.D.1
Distances des trois premiers anneaux des otolithes de *Salpa salpa*, mesurées sur des rayons depuis le centre vers chaque anneau (R1, R2, R3). Les anneaux présentent des distributions normales et une tendance à une diminution de la croissance (de leur rayon) avec l'âge.

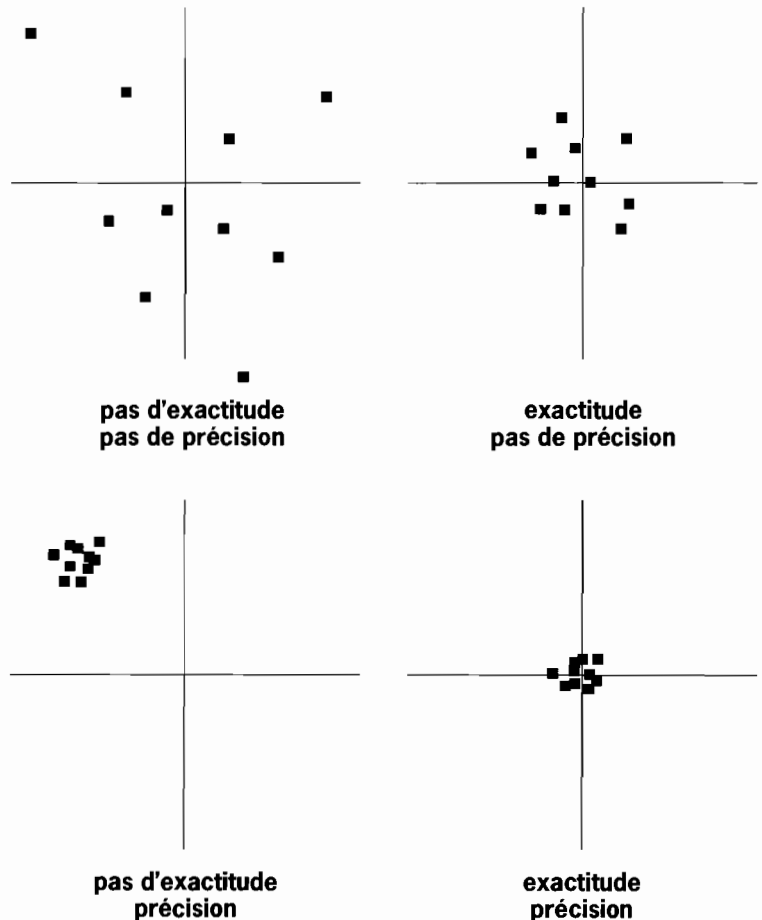


Une autre méthode utilisant les tendances dans les patrons de croissance consiste à comparer les tailles aux âges obtenues directement à partir de la lecture des PC avec les tailles rétrocalculées à chaque âge (chap. V.A.2). Les longueurs aux âges observées à partir de l'interprétation des PC doivent être calculées à l'aide de poissons échantillonnés pendant la période de formation des marques (translucide, opaque, discontinuité, etc.) considérées pour le rétrocalcul. Autrement, la taille à un âge donné correspond à une période d'une année complète pour un groupe d'âge donné tandis que la taille rétrocalculée correspond obligatoirement à un moment donné de l'année (lors de la formation de la marque mesurée) : ceci entraîne des différences à la fois pour les tailles moyennes et les écarts types.

4. Exactitude et précision

L'exactitude correspond à la proximité d'une estimation quantitative (valeur mesurée ou calculée) par rapport à sa vraie valeur (fig. IV.D.2).

Figure IV.D.2
Exactitude et précision
dans les études
de sclérochronologie.
Les résultats
des estimations d'âge
(carrés noirs)
sont tracés
par rapport à la vraie valeur
de l'âge (intersection
des axes X et Y).
L'exactitude correspond
à la proximité par rapport
à la vraie valeur tandis
que la précision correspond
à la proximité de mesures
répétées.



La précision correspond à la proximité de mesures répétées de la même quantité (fig. IV.D.2). Pour des mesures techniques sans biais, la précision implique aussi de l'exactitude mais les deux termes ne sont pas équivalents. Dans toute étude d'estimation de l'âge, il est théoriquement nécessaire de calculer chacun de ces deux paramètres de façon à les améliorer à chaque étape de la méthode utilisée. Cependant, les estimations exactes n'ont pas besoin d'être précises et *vice versa* (Campana & Moksness, 1991). Ainsi, un âge moyen peut être exact alors que les observations individuelles qui conduisent à son estimation ne sont pas précises. À l'opposé, et c'est souvent le cas dans les études sur l'âge, les estimations peuvent être précises (entre les lecteurs ou pour le même lecteur) mais pas nécessairement exactes (Campana & Jones, 1992).