

Relation entre la densité des microstries et le rayon de l'otolithe pour un schéma de croissance de von Bertalanffy

Pascal Bach ⁽¹⁾ et Philippe Chauvelon ⁽²⁾

⁽¹⁾ Centre ORSTOM, B.P. 529, Papeete, Polynésie Française.

⁽²⁾ Station biologique de la Tour du Valat, Le Sambuc, 13200 Arles, France.

Reçu le 15 février 1993; accepté le 30 août 1993.

Bach P., P. Chauvelon, *Aquat. Living Resour.*, 1994, 7, 53-55.

Density of daily growth increments and otolith radius relationship according to the von Bertalanffy growth model.

INTRODUCTION

L'étude de l'âge des poissons au moyen de l'observation des microstries de l'otolithe est réalisée à partir, soit du comptage exhaustif de ces microstructures, soit de la mesure de la densité des microstries supposées journalières (DMJ) pour diverses zones situées entre le nucléus et le bord marginal de l'otolithe où la largeur des dépôts intrazone est supposée constante.

La première méthode nécessite que les microstries soient facilement identifiables et ce, depuis le nucléus jusqu'au bord de l'otolithe. Elle conduit à la détermination de l'âge absolu d'un individu. Très coûteuse en temps (Ralston et Williams, 1989), cette méthode peut être à l'origine d'importantes erreurs de comptage qui occasionnent une mésestimation de l'âge.

La deuxième méthode appelée « méthode de la DMJ » est basée sur la diminution de la largeur des microstries en fonction de l'âge. Elle consiste à rechercher une relation entre la densité de microstries et le rayon de l'otolithe (R) qui, par intégration, conduit à l'estimation de l'âge d'un individu i pour un otolithe de rayon (R_i). Connaissant la relation entre la taille du poisson et le rayon de l'otolithe, la clé âge-taille de la population étudiée est obtenue.

La modélisation de la relation entre la DMJ et R a déjà été proposée (modèles descriptifs pour Ralston et Miyamoto [1983] et Baillon [1988, 1990],

modèle déterministe de Gompertz [1825] pour Smith et Kostlan [1991]). Les relations entre l'âge et la taille du poisson (modèle de croissance) obtenues par combinaison des relations calculées entre la DMJ et R d'une part, entre la taille du poisson et R d'autre part, sont incompatibles avec une croissance en taille du poisson décrite par le modèle de von Bertalanffy (1938), (Chevaillier, 1990).

Ce travail propose une relation entre les variables DMJ et R compatible avec un schéma de croissance de type von Bertalanffy. Disposant de cette relation et de celle calculée entre la longueur du poisson et R, les expressions mathématiques simples des paramètres K et L_∞ sont déduites.

MÉTHODE

La densité de microstries supposées journalières (DMJ) associée à un point situé à une distance R du nucléus est définie par le rapport entre le nombre de microstries (n) et la largeur de la zone (r) sur laquelle le comptage est réalisé :

$$DMJ = n/r$$

Au voisinage du point R, la fonction DMJ(R), sous l'hypothèse de sa linéarité en ce point, s'exprime sous la forme :

$$DMJ(R) = dN/dR \quad (1)$$

On peut donc écrire :

$$dN = DMJ(R) dR \quad (2)$$

Le nombre total de stries (donc l'âge en jour du poisson sous l'hypothèse d'un dépôt journalier des microstries) pour un otolithe de rayon R s'obtient par intégration de (2) entre 0 et R :

$$N = \int_0^R DMJ(R) dR \quad (3)$$

Supposons que les croissances en taille de l'otolithe et du poisson sont décrites par le modèle de von Bertalanffy (1938), la taille au temps t s'exprime sous la forme :

$$L(t) = L_\infty \cdot [1 - \exp(-K \cdot (t - t_0))] \quad (4)$$

et donc l'âge associé à la taille L s'écrit :

$$t_L = t_0 - (1/K) \cdot \ln[1 - (L/L_\infty)] \quad (5)$$

Connaissant la relation $g(R)$ entre la taille du poisson et le rayon de l'otolithe, l'équation (5) devient :

$$t_R = t_0 - (1/K) \cdot \ln[1 - (g(R)/L_\infty)] \quad (6)$$

Si le dépôt des microstries est bien un phénomène périodique de période 1 jour, t_R , âge en jour d'un poisson pour une otolithe de rayon R, est équivalent au nombre de microstries N déposées sur l'otolithe. On a donc :

$$N = \int_0^R DMJ(R) dR \\ = t_0 - (1/K) \cdot \ln[1 - (g(R)/L_\infty)] \quad (7)$$

Si l'expression de $g(R)$ est de la forme $a \cdot R + b$, comme on le rencontre souvent dans la littérature (Campana, 1990), l'équation (7) devient :

$$N = t_R = t_0 - (1/K) \cdot \ln[(L_\infty - a \cdot R - b)/L_\infty] \quad (8)$$

d'où

$$R = (L_\infty/a) \cdot [1 - \exp(-K \cdot (N - t_0))] - (b/a) \quad (9)$$

qui est l'expression de la relation théorique entre le rayon de l'otolithe et le nombre de microstries sous l'hypothèse d'une croissance en taille du poisson de « type von Bertalanffy ».

Dans l'approche qui nous intéresse, l'information disponible n'est pas le nombre de microstries mais la DMJ, ce qui nous amène à reconsidérer les expressions (1) et (6).

En effet, sachant que :

$$DMJ(R) = dN/dR$$

Tableau 1. – Définitions des principales variables utilisées.
Definitions of variables.

Variable et fonction	Définition	
DMJ	Densité des microstries journalières	Number of daily growth increments
R	Rayon de l'otolithe ou distance entre le nucléus et la zone de comptage des microstries	Otolith radius or distance between the nucleus and the reading zone of daily growth increments
n	Nombre de microstries observées sur la zone de comptage	Number of daily growth increments in the reading zone
r	Largeur de la zone de comptage	Width of the reading zone
N	Nombre total de microstries pour un otolithe de rayon R	Total number of daily growth increments for an otolith of radius R
$g(R)$	Relation entre la taille du poisson et le rayon de l'otolithe	Body length – otolith radius relationship

on déduit l'expression de la densité de microstries DMJ(R) en dérivant l'expression (6) :

$$DMJ(R) = dN/dR \\ = (1/K) \cdot [g'(R)/(L_\infty - g(R))] \quad (10)$$

avec $g'(R)$ = dérivée de la fonction $g(R)$.

Si la fonction $g(R)$ est de la forme $a \cdot R + b$, on obtient :

$$DMJ(R) = (1/K) \cdot [a/(L_\infty - a \cdot R - b)] \quad (11)$$

En posant $A = K \cdot (L_\infty - b)$ et $B = -K \cdot a$, on obtient l'expression de la relation théorique entre la densité de microstries et le rayon de l'otolithe sous les hypothèses, d'une part, de la linéarité de la relation entre la taille du poisson et le rayon transversal de l'otolithe, et, d'autre part, d'un schéma de croissance de von Bertalanffy :

$$DMJ(R) = a/(A + B \cdot R) \quad (12)$$

L'ajustement du modèle (12) aux couples de données (DMJ(R), R) conduit à l'estimation des paramètres A et B, qui nous permettent de calculer les valeurs de K et L_∞ . En faisant l'hypothèse que $t_R = 0$ lorsque $R = 0$, on détermine t_0 à partir de (6).

DISCUSSION ET CONCLUSION

La méthode présentée, basée sur l'intégration de la fonction taux de croissance de l'otolithe, conduit à une estimation du nombre moyen de microstries journalières (donc l'âge moyen en jour) d'un individu i dont le rayon de l'otolithe est R_i .

Cette approche est, sur son principe, analogue à celles déjà proposées dans la littérature, mais diffère quant aux critères de choix du modèle $DMJ(R)=f(R)$. Ainsi, Ralston et Miyamoto (1983), Baillon (1988, 1990) privilégient la recherche du modèle expliquant au mieux (selon un critère de minimisation des moindres carrés) la variation de la variable DMJ en fonction de R (modèle formel ou descriptif). Smith et Kostlan (1991) retiennent le modèle déterministe de Gompertz (1825) pour exprimer la relation entre la DMJ et R. Néanmoins, dans tous les cas, la relation $DMJ(R)=f(R)$ est algébriquement incompatible avec un schéma de croissance de type von Bertalanffy.

Dans cette étude, c'est le critère de la portée générale du modèle déterministe de croissance qui a été retenu, *i.e.* son adaptation à de nombreux exemples de croissance moyennant un simple ajustement numérique de ses paramètres. Ainsi, on recherche qu'elle est la formulation de la relation $DMJ(R)=f(R)$ algébriquement cohérente avec une croissance en taille du poisson décrite par le modèle de von Bertalanffy, modèle dont la portée générale en biologie de la croissance des populations ichtyques est largement reconnue. Toutefois, en amont de l'hypothèse du schéma de croissance, il est indispensable de bien garder à l'esprit que l'estimation de l'âge à partir de la méthode de la densité des microstries relève de la validation biologique (1) de la périodicité du dépôt des microstructures qui sous-tend la correspondance entre densité de microstries et taux de croissance de l'otolithe (2) de la valeur de la période du processus biologique de déposition dont dépend la valeur de l'âge.

La méthode présentée doit sa simplicité aux hypothèses biologiques et mathématiques (linéarité de la relation entre la taille du poisson et le rayon transversal de l'otolithe, monotonie de la relation entre la densité de microstries et le rayon de l'otolithe, schéma de croissance de von Bertalanffy) qui la sous-tendent. Son application devrait principalement concerner l'estimation de l'âge d'individus adultes, les données faisant l'objet de la modélisation pouvant

résulter d'observations réalisées sur des axes variables de lecture (Chauvelon et Bach, 1993). Toutefois, son utilité ne pourra être affirmée ou infirmée qu'après de nombreuses vérifications empiriques et comparaisons avec d'autres méthodes envisageables.

RÉFÉRENCES

- Baillon N., 1988. L'utilisation de la densité des stries journalières sur les otolithes pour l'âge des poissons tropicaux coralliens. Journées d'études sur les ressources halieutiques côtières du Pacifique, Nouméa, SPC/Inshore Fish. Res./BP 4, 13 p.
- Baillon N., 1990. Otolithométrie en milieu tropical : Application à 3 espèces du lagon de Nouvelle-Calédonie. Thèse dr. Univ. Aix-Marseille II, 363 p.
- Bertalanffy L. (von), 1938. A quantitative theory of organic growth. *Hum. Biol.*, **10**, 181-213.
- Chauvelon P., P. Bach, 1993. Modelling the otolith shape as an ellipse : an attempt for back-calculation purposes. *ICES J. Mar. Sci.*, **50**, 121-128.
- Campana S.E., 1990. How reliable are growth back-calculation based on otoliths ? *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, **47**, 2219- 2227.
- Chevallier P., 1990. Méthode d'étude de la dynamique des espèces récifales exploitées par une pêche artisanale : le cas de la Martinique. Thèse Docteur-Ingénieur ENSA, Rennes, Univ. Rennes I, 322 p. + ann.
- Gompertz B., 1825. On the nature of the function expressive of the law of human mortality, and on a new method of determining the value of life contingencies. *Philos. Trans. R. Soc. Lond.*, 513-585.
- Ralston S., G. T. Miyamoto, 1983. Analysing the width of daily otolith increments to age the Hawaiian snapper, *Pristipomoides filamentosus*. *Fish. Bull.*, **81**, 523-535.
- Ralston S., H. A. Williams, 1989. Numerical integration of daily growth increments : an efficient means of ageing tropical fishes for stock assessment. *Fish. Bull.*, **87**, 1-16.
- Smith M. K., E. Kostlan, 1991. Estimates of age and growth of Ehu *Etelis carbunculus* in four regions of the Pacific from density of daily increments in otoliths. *Fish. Bull.*, **89**, 461-472.