
Croissance des juvéniles du merlu (*Merluccius merluccius*) des eaux septentrionales de la Tunisie à partir de l'analyse des microstructures des otolithes

Growth of hake juveniles (*Merluccius merluccius*) from the Northern coast of Tunisia, determined from otolith microstructure

Widien Khoufi^{1,2,3}, Romain Elleboode², Héla Jaziri^{1,2}, Safouène El Fehri¹, Elise Bellamy²,
Sadok Ben Meriem¹, Mohamed Salah Romdhane³, Kélig Mahé²

¹ INSTM (Institut National des Sciences et Technologie de la Mer), Port La Goulette, 2060 Tunis

² IFREMER (Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la MER), 150, quai Gambette. BP. 699. 62321 Boulogne-sur-Mer, France

³ INAT (Institut National d'Agronomie de Tunisie), 43, Avenue Charles Nicolle 1082-Tunis-Mahrajène-Tunisie.

*: Corresponding author : Widien Khoufi, email address : khoufi_widien@yahoo.fr

Résumé :

Parmi les espèces dotées d'une haute valeur commerciale et présentant des priorités pour la commission générale des pêches pour la Méditerranée (CGPM) ainsi que pour le conseil international pour l'exploration de la mer (CIEM), le merlu (*Merluccius merluccius*) occupe une place importante. Malgré la richesse de la bibliographie sur cette espèce, des lacunes persistent encore, particulièrement sur les modalités de sa croissance. A partir de l'analyse des accroissements journaliers des otolithes des juvéniles du merlu provenant de la côte nord de la Tunisie, les deux phases de croissance, pélagique puis démersale, ont été décrites.

La durée de la phase pélagique a été estimée à 54 jours et, à la fin de cette phase, la longueur totale du merlu est estimée à 8 mm. Durant cette période, le taux de croissance est estimé à 0,159 mm jour⁻¹, tandis que durant la phase démersale, le merlu a une croissance qui augmente fortement avec un taux de croissance moyen de 0,734 mm jour⁻¹. A la fin de la première année, le merlu atteint alors une taille de 28 cm dans les eaux tunisiennes.

Abstract:

Hake (*Merluccius merluccius*) is widely distributed in the Atlantic Ocean and the Mediterranean Sea. It is one of the most exploited demersal fish. In Tunisia, hake is captured from the north to the south (KHOUI *et al.*, 2010).

Hake is an important species of economic interest and thus the subject of a large literature, but its biology remains insufficiently known, particularly on terms of age and growth estimations, which are essential for stock assessment and management. Otolith microstructure provides a useful tool for age determination of juvenile hake, based on daily increment deposition (ARNERI & MORALES-NIN, 2000; MORALES-NIN *et al.*, 2005; KACHER & AMARA, 2005; BELCARI *et al.*, 2006). Consequently, we studied growth and estimated age, using otolith microstructure, during the first year of the hake's

life off the northern coast of Tunisia. Specimens were caught from November 2010 to January 2011 and in March 2011, using bottom trawlers. Each specimen was measured to the nearest lower centimetre. The range of lengths obtained was from 8 to 30.5 cm. Left sagittae otoliths were removed from fishes, cleaned and stored dry. Twenty-three calcified pieces were used for micro-increment analysis. Length ($\pm 1 \mu\text{m}$) of the otolith major axis was measured with the TNPC software (numerical treatment of calcified pieces).

Sagittae were mounted on glass slides and polished with fine abrasive grit to obtain thin sections. Sections were viewed under transmitted light using a microscope, connected to the image analysis software (TNPC) via a camera. Otolith interpretation was made by estimating the daily growing increments, from the core to the radius, and from the radius to the otolith edge. Specimens were examined double blind and only measurements that agreed in two successive readings were accepted.

Two phases were analysed: the pelagic phase, which corresponds to the duration in daily growing increments from nucleus to the edge of accessory growth centre, and the juvenile phase, corresponding to the age of the fish from the nucleus to the edge of the otolith.

The duration, rate growth and total length of the fish were estimated, analysed and described for both phases through linear and power regressions.

Statistical analyses were carried out using the software R and the text editor Tinn-R.

The linear regression between somatic growth and otolith growth was significant ($\text{Radius}=3.959.\text{Age}+16.3$; $R^2=0.683$; $P<0.001$), which is concordant with previous studies in the Mediterranean (GARCÍAS-RODRÍGUEZ & ESTEBAN, 2002; MORALES-NIN & MORANTA, 2004; BELCARI *et al.*, 2006) and in the Atlantic (OTXOTORENA *et al.*, 2010). The mean pelagic phase duration was estimated at 54 ± 8 days. Compared to other studies in the Mediterranean Sea and the Atlantic, this result is similar to those reported for the Tyrrhenian Sea (BELCARI *et al.*, 2006) and the northwestern Spanish Atlantic (PINEIRO *et al.*, 2008). Hake total length at the end of the pelagic phase was estimated to be 8 mm and, during this period, growth rate was found to be 0.159 ± 0.018 mm.day⁻¹, which was near to the estimated growth rate in the Catalan sea ($0.15\text{-}0.17$ mm.day⁻¹, PALOMERA *et al.*, 2005). After settlement at the bottom, growth rate increased greatly, reaching a mean value of 0.743 ± 0.122 mm.day⁻¹. Consequently, the mean growth rate during the first year of *Merluccius merluccius* off northern Tunisia was estimated to be 0.635 ± 0.114 mm.day⁻¹.

Our study indicates that, during their first year of life, hakes grow at a faster rate than is commonly accepted. Estimation of hake size at one year is in agreement with the growth model derived from recent tag-recapture data for hake (DE PONTUAL *et al.*, 2006; MELLON-DUVAL *et al.*, 2010).

Mots clés : *Merluccius merluccius* ; microstructure journalière ; phase pélagique ; taux de croissance

Keywords: *Merluccius merluccius* ; daily microstructure ; pelagic phase ; growth rate

Introduction

Dans le cadre de l'aménagement des stocks des espèces marines d'intérêt halieutique en Tunisie, une évaluation de l'état du stock de *Merluccius merluccius* est en cours actuellement. La méthode choisie pour analyser l'état du stock se base sur les paramètres de croissance déterminés à partir de l'estimation de l'âge.

Le choix de la méthodologie pour l'étude de la croissance et l'estimation de l'âge est primordial ; en effet, la méthode directe (analyse des pièces calcifiées ou sclérochronologie) s'est avérée plus informative et précise que les méthodes indirectes (analyse des données de fréquence de taille) (PANFILI *et al.*, 2002).

Parmi les pièces calcifiées, l'otolithe, présent dans l'oreille interne des poissons, est un outil de choix chez les téléostéens (STEVENSON & CAMPANA, 1992). En effet, il est utilisé pour étudier les cycles journaliers et annuels de croissance et ainsi pour reconstruire les étapes de la vie des individus du stade larvaire au stade adulte. Plusieurs études concernant l'âge du merlu ont été réalisées, montrant que l'interprétation des otolithes est très difficile (BOUHLAL, 1975; ALDEBERT, 1981; ALDEBERT & CARRIES, 1988; ORSI RELINI *et al.*, 1989; OLIVER, 1991; RECASENS, 1992; ALDEBERT & MORALES-NIN, 1992; MORALES-NIN & ALDEBERT, 1997; MORALES-NIN *et al.*, 1998; MORALES-NIN & MORANTA, 2004, FERRATON, 2007 ; COURBIN *et al.*, 2007). Deux principales raisons expliquent ces difficultés : (1) l'activité reproductrice continue sur l'année qui entraîne un étalement dans le temps du recrutement des juvéniles, et rend donc très complexe le suivi des différentes cohortes par analyse des fréquences de taille ; (2) les problèmes d'identification des macrostructures des otolithes (anneaux saisonniers) (MORALES-NIN & ALDEBERT, 1997). Cependant, des études de marquage dans le golfe de Gascogne (Atlantique ; DE PONTUAL *et al.*, 2003) et dans le golfe du Lion (Méditerranée Nord-Ouest, MELLON-DUVAL *et al.*, 2010) ont été réalisées. Elles ont mis en évidence la sous-estimation de l'âge estimé lors des études antérieures (DE PONTUAL *et al.*, 2006). De plus, des études analysant les micro-stries des otolithes ont permis d'améliorer les connaissances de la croissance du merlu durant ses premiers stades de vie aussi bien en Méditerranée (MORALES-NIN & ALDEBERT, 1997 ; ARNERI & MORALES-NIN, 2000 ; MORALES-NIN & MORANTA, 2004 ; BELCARI *et al.*, 2006) qu'en Atlantique (KACHER & AMARA, 2005; PINEIRO *et al.*, 2008).

Ces études sont nécessaires pour connaître la croissance des espèces pendant les premiers stades de la vie, c'est-à-dire au stade larvaire lorsque le merlu est présent en haut de la colonne d'eau (phase pélagique), puis au stade juvénile lorsqu'il descend dans la colonne d'eau pour devenir une espèce démersale. Elles permettent aussi de déterminer le premier anneau de croissance annuel et ainsi d'améliorer l'estimation de l'âge des merlus adultes. Cette réduction des biais dans l'estimation de l'âge des merlus permet d'améliorer l'évaluation des stocks et donc leur gestion (BERTIGNAC & DE PONTUAL, 2007). Les études préalablement citées ont été réalisées au nord de la Méditerranée. Ainsi, ce présent travail se propose d'analyser la croissance et l'âge des juvéniles de merlu au sud de la méditerranée et en particulier sur la côte tunisienne à partir de l'étude des accroissements journaliers du merlu.

Matériel et méthodes

Echantillonnage

Dans les eaux septentrionales de la Tunisie, des échantillons de merlu composés d'un individu par classe de taille de 1 cm, allant de 8 cm jusqu'à 31 cm ont été collectés.

Les caractéristiques de l'échantillon sont présentées dans le tableau 1 : la longueur totale (Lt) a été mesurée avec un ichtyomètre au demi-centimètre, l'identification du sexe et la détermination du stade de maturité sexuelle est faite en se basant sur l'observation macroscopique des gonades selon une échelle de référence de maturité sexuelle pour les mâles (LUCIO *et al.*, 2000) et pour les femelles (RECASENS *et al.*, 2008). Lorsqu'il est difficile de distinguer le sexe des juvéniles, ceux-ci sont considérés dans ce cas comme étant immatures.

Tableau 1 : Répartition de l'échantillon des juvéniles du merlu de la côte tunisienne.
Table 1 : Distribution of a sample of juvenile Tunisian hakes.

Date	Lt (cm)	Poids (g)	Sexe	Nombre de stries nucleus limite radius	Nombre total de stries
30/03/2011	8	3,5	Immature	57,12	204
30/03/2011	9,5	5,6	Immature	53,53	210
30/03/2011	10,5	6,9	Immature	52,19	206
30/03/2011	11,5	9,5	Immature	51,41	231
08/11/2010	12,5	12,8	Immature	50,50	265
08/11/2010	13,5	15,9	Femelle	66,73	242
08/11/2010	14,5	19,1	Femelle	51,71	253
08/11/2010	15,5	23,9	Femelle	53,67	290
08/11/2010	16,5	27,3	Mâle	50,33	294
08/11/2010	17,5	36,3	Mâle	52,96	299
08/11/2010	18,5	43,4	Femelle	63,85	282
08/11/2010	19	48,7	Mâle	58,69	291
08/11/2010	20,5	58,1	Femelle	71,38	298
08/11/2010	21,5	71,4	Femelle	51,79	323
06/12/2010	22,5	83,8	Mâle	51,79	310
06/12/2010	23,5	86,7	Mâle	62,23	338
06/12/2010	24,5	109,3	Femelle	56,19	318
08/11/2010	25,5	144,2	Femelle	59,44	341
08/11/2010	26,5	129,6	Femelle	44,43	335
08/11/2010	27,5	163,9	Femelle	43,38	393
06/12/2010	28,5	166,9	Femelle	43,78	384
27/01/2011	29,5	170,3	Mâle	51,31	372
06/12/2010	30,5	215,3	Femelle	40,02	420

Extraction et préparation des otolithes

Les otolithes (*sagittae*) ont été prélevés puis nettoyés et séchés avant d'être stockés dans des pochettes.

L'otolithe gauche est habituellement utilisé pour déterminer l'âge journalier des juvéniles (BELCARI *et al.*, 2006). Une fois inclus dans de la colle Crystalbond sur une lame de verre, l'otolithe gauche est poli à l'aide de papier abrasif. Le polissage est réalisé des deux côtés pour une bonne visualisation des anneaux de croissance.

Toujours collé sur la lame de verre, l'otolithe poli est observé à l'aide d'un microscope en lumière transmise, relié au logiciel de traitement d'image TNPC (traitement numérique des pièces calcifiées, www.tnpc.fr).

Estimation de l'âge

L'âge a été estimé en comptant les accroissements journaliers compris entre le *nucleus* et le bord de l'otolithe. Cette opération a été réalisée deux fois pour obtenir une valeur moyenne de l'âge en jours du juvénile de merlu.

Des mesures ont été réalisées sur l'otolithe : la taille du *radius* (*nucleus/nuclei* accessoires $\pm 1 \mu\text{m}$), le nombre de stries journalières du *radius* et la longueur du rayon de l'otolithe (*nucleus*-bord $\pm 1 \mu\text{m}$).

Analyses

L'analyse de la relation entre l'âge du poisson et le nombre de stries journalières au niveau du *radius* a été effectuée à partir de régressions linéaire et puissance :

$$\begin{aligned} \text{Lt} &= a * \text{Age} + b \\ \text{Lt} &= a * \text{Age}^b \end{aligned}$$

Avec

$$\left\{ \begin{array}{l} a : \text{taux de croissance (J}^{-1}\text{)} \\ \text{Age} : \text{nombre de jours ou de stries d'accroissement} \\ b : \text{constante} \end{array} \right.$$

Ces équations ont été ajustées avec $b = 16,3 \mu\text{m}$, valeur qui correspond au diamètre du premier anneau après l'éclosion pour les larves du merlu (nord-ouest du Méditerranée) (PALOMERA *et al.*, 2005).

La durée de la phase pélagique (en jours) est calculée à partir de la moyenne des phases pélagiques individuelles observées ($N = 23$). De même, la taille moyenne de l'otolithe est représentée par la taille moyenne des *radius* mesurés. La taille du poisson lors du passage de la phase pélagique à la phase démersale est retro-calculée à partir de la longueur moyenne du *radius* appliquée à la relation puissance entre l'âge du poisson et la taille observée entre le *nucleus* et le bord de l'otolithe.

La phase juvénile est représentée par tout l'otolithe. La régression de type linéaire ou puissance, décrite ci-dessus, entre la longueur totale du merlu et son âge avec une précision en jours, a aussi été calculée. De même, le taux de croissance (mm.j^{-1}) a été mesuré.

A partir de la régression entre la longueur totale du merlu et son âge, il est possible de rétro-calculer la longueur totale du poisson lorsque le poisson est âgé de 1 an.

Toutes les régressions linéaires ont été testées statistiquement utilisant le logiciel R.

Résultats

L'otolithe du merlu présente une forme asymétrique. Au centre on trouve un *nucleus*, entouré par des *nuclei* accessoires appelés aussi les *primordia* accessoires. L'ensemble formant un polygone, dont le rayon est le *radius* (*nucleus/nuclei* accessoires) de l'otolithe. Cette zone caractérise la phase pélagique (FISHER, 1999; MORALES-NIN, 2000; MORALES-NIN *et al.*, 2005; KACHER & AMARA, 2005). Ce polygone est entouré par une forme prismatique jusqu'à atteindre le bord de l'otolithe (MORALES-NIN & ALDEBERT, 1997) (Fig. 1).

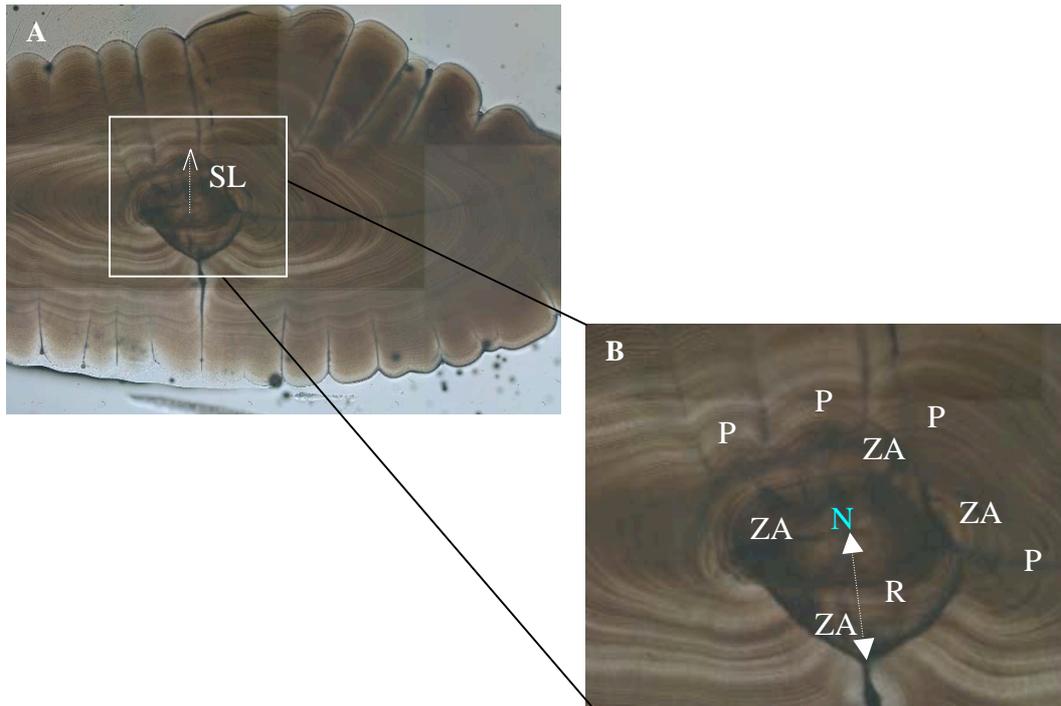


Figure 1: Otolithe poli de Merlu. A. présentation du sens de lecture (SL) (grossissement 0,63 X 20). B. Forme multiprismatique du noyau d'un otolithe, N (*nucleus*), R (*radius*), ZA (zone accessoire ou *nucleus* accessoire ou *primodium* accessoire), P (prisme de croissance).

Figure 1: Polished otolith of hake. A. Presentation of reading sense (SL) (magnification 0.63 × 20). B. Multiprismatic shape of the nucleus, N (*nucleus*), R (*radius*), ZA (*accessory zone or accessory nucleus or accessory primodium*), P (*growth prism*).

Les 23 individus collectés ont une taille qui varie entre 8 et 30,5 cm. L'analyse de la phase pélagique montre que les régressions linéaire et puissance établies entre la taille de l'otolithe (mesure du *radius*) et l'âge (nombre de stries journalières) dans le *radius* (Fig. 2) sont significatives ($P < 0.001$).

En fixant la valeur $b = 16,3 \mu\text{m}$ (anneau d'éclosion - PALOMERA *et al.*, 2005), le nouvel ajustement présente un coefficient de corrélation linéaire de 0,743, alors qu'il n'est que de 0,694 sans avoir préalablement ajusté le modèle avec la valeur de b . Les relations linéaire et puissance montrent toutes les deux une corrélation significative entre la taille du *radius* et le nombre de stries présentes sur le *radius*.

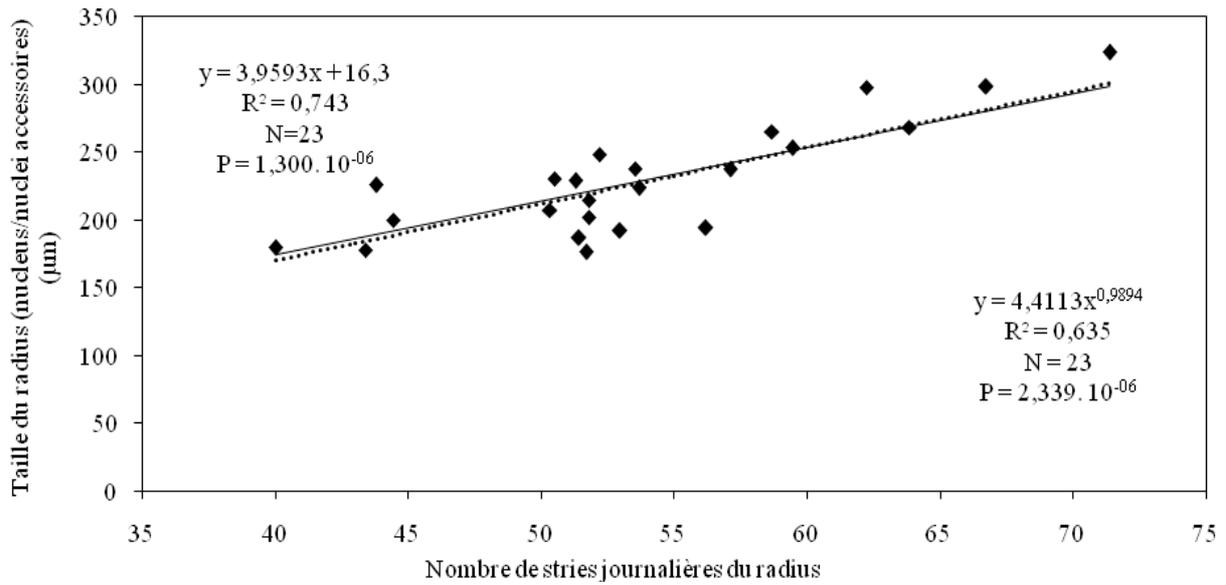


Figure 2 : Relation entre la taille du *radius* (μm) et le nombre de jours observés chez le merlu.

Figure 2: Relationship between radius length (μm) and number of days observed for hake.

La durée moyenne de la phase pélagique a été estimée à 54 ± 8 jours.

De même, les deux modèles de régression (linéaire et puissance) mettent en évidence une relation significative entre la longueur totale des juvéniles de merlu et leur âge exprimé en jours ($P < 0,001$; Fig. 3).

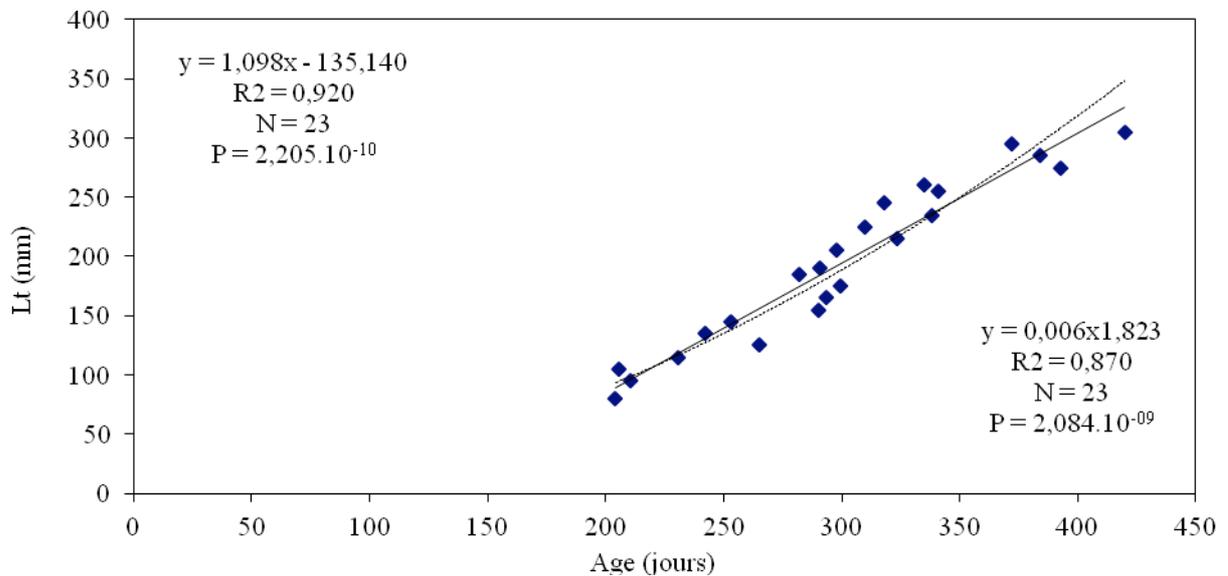


Figure 3 : Modèles de croissance (linéaire et puissance) pour les juvéniles du merlu.

Figure 3: Growth models (linear and power) for juvenile hakes.

La taille calculée observée pour des merlus âgés de 1 an est de 28,1 cm. De plus, la relation entre la taille de l'otolithe et la longueur totale du poisson est significative ($P < 0,001$; Fig. 4). Ainsi, lorsque la longueur totale du poisson est de 28,1 cm, le rayon de l'otolithe est de 2,651 mm de radiale (*nucleus*/bord).

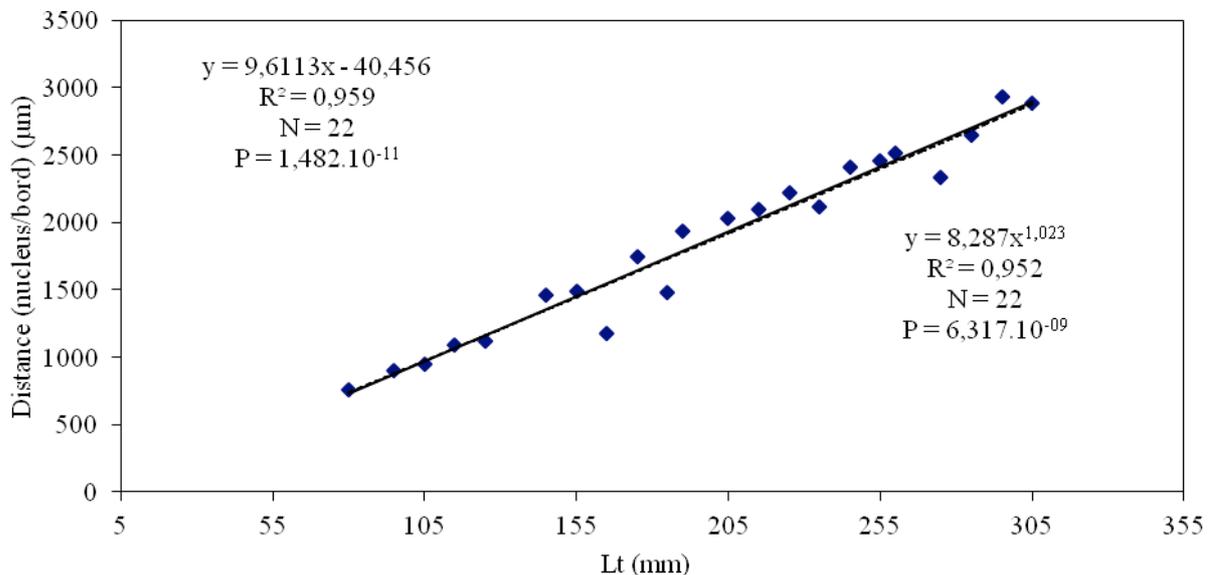


Figure 4 : Relation entre le rayon (distance *nucleus*-bord) de l'otolithe et la longueur totale (Lt, mm) du merlu.

Figure 4: Relationship between otolith radius (nucleus-edge distance) and total length (Lt, in mm) of hake.

De même, à partir du nombre de jours, la taille du merlu retro-calculée lors de son passage du stade pélagique au stade démersal est de 8,81 mm. Ainsi, durant la phase pélagique, le taux de croissance est estimé à $0,159 \text{ mm} \cdot \text{J}^{-1}$; il augmente fortement durant la phase démersale avec une valeur moyenne de $0,734 \text{ mm} \cdot \text{J}^{-1}$. En conséquence, le taux de croissance durant la phase juvénile est de $0,635 \pm 0,114 \text{ mm} \cdot \text{J}^{-1}$.

Discussion et Conclusions

La validation indirecte de l'âge à partir de l'analyse des accroissements journaliers chez les juvéniles de merlu, a fait l'objet de plusieurs travaux dans le nord-ouest de la Méditerranée avec le golfe de Lion (MORALES-NIN & ALDEBERT, 1997), dans la mer Adriatique (ARNERI & MORALES-NIN, 2000), dans la mer Tyrrhénienne (BELCARI *et al.*, 2006), dans la mer Catalane (PALOMERA *et al.*, 2005) mais aussi dans le nord-est de l'océan Atlantique sur la côte nord ouest ibérique (PIÑEIRO *et al.*, 2008) et dans le golfe de Gascogne (OTXOTORENA *et al.*, 2010).

Notre étude a permis d'estimer la durée de la phase pélagique à 54 ± 8 jours pour le merlu sur la côte nord de la Tunisie. En Atlantique, trois études ont été réalisées avec des valeurs comprises entre 39 ± 7 jours pour les juvéniles vivant dans le golfe de Gascogne et en mer Celtique (KACHER & AMARA, 2005) et 65 ± 6 jours dans le golfe de Gascogne (OTXOTORENA *et al.*, 2010). Au nord de la Méditerranée, 3 études ont montré de fortes différences allant de $43,9 \pm 19,7$ jours dans le golfe de Lion (MORALES-NIN & ALDEBERT, 1997) à 63 jours dans l'ouest de la Méditerranée (MORALES-NIN & MORANTA, 2004). Dans des conditions d'élevage, avec une température et une salinité

stable, la durée de la phase pélagique a été estimée à 64 jours (MORALES-NIN *et al.*, 2005). Ainsi, selon la zone géographique, la phase pélagique a été estimée entre 39 et 65 jours. La valeur estimée de 54 jours pour le nord de la Tunisie se situe dans la moyenne; cette valeur est très proche de celles obtenues en mer de Tyrrhénienne (52 ± 2 jours; BELCARI *et al.*, 2006) et dans le nord-ouest de l'Espagne (51 ± 8 jours ; PINEIRO *et al.*, 2008). La différence entre ces résultats peut être expliquée par la variation de la largeur des accroissements journaliers, à cause des facteurs environnementaux (OTXOTORENA *et al.*, 2010), ce qui induit un impact sur les interprétations des otolithes.

La taille moyenne des poissons passant de la phase pélagique à la phase démersale dans les eaux nord tunisiennes a été estimée à 8 mm (N=23 individus). En mer Catalane, PALOMERA *et al.* (2005) suggèrent une taille des larves comprise entre 11 et 16 mm, déduite à partir de la description des otolithes des larves du merlu. D'autres études présentent une taille maximale des larves pélagiques comprise entre 16 mm (ARNERI & MORALES-NIN, 2000) et 32 mm (LOBIANCO, 1933, *In* D'ANCONA, 1933; BELLOC, 1929). Cette étude permet d'obtenir un taux de croissance durant la phase pélagique, qui est estimé à $0,159 \text{ mm.J}^{-1}$. Cette valeur est très proche de celle ($0,15-0,17 \text{ mm.J}^{-1}$) obtenue en Méditerranée occidentale sur la côte Catalane (PALOMERA *et al.*, 2005). Durant la phase démersale, le merlu des eaux tunisiennes a une croissance qui augmente fortement avec un taux de croissance moyen de $0,734 \text{ mm.J}^{-1}$.

Le taux moyen de croissance des juvéniles (phases pélagique et démersale) du merlu des côtes tunisiennes est estimé à $0,63 \text{ mm.J}^{-1}$. Cette valeur présente les eaux tunisiennes comme la zone géographique appartenant à la Méditerranée avec le plus fort taux de croissance ($0,5 \text{ mm.J}^{-1}$ dans le golfe de Lion (MORALES-NIN & ALDEBERT, 1997); entre $0,35$ et $0,6 \text{ mm.J}^{-1}$ en mer Adriatique (ARNERI & MORALES-NIN, 2000)). Cependant il reste inférieur à ceux calculés dans le nord-est de l'océan Atlantique avec une valeur variant entre $0,61 \text{ mm.J}^{-1}$ (OTXOTORENA *et al.*, 2010) et $0,7 \text{ mm.J}^{-1}$ (KACHER & AMARA, 2005) dans le golfe Gascogne et $0,66 \text{ mm.J}^{-1}$ pour le merlu au nord ouest de l'Espagne (PIÑEIRO *et al.*, 2008).

A la fin de la première année, le merlu atteint une taille moyenne de 28,1 cm dans les eaux tunisiennes. Comparée à la valeur estimée ($L_t = 17 \text{ cm}$), sans validation directe ou indirecte, par BOUHLAL (1975) en Tunisie, on constate qu'il y avait précédemment une surestimation de l'âge du merlu. Cette taille moyenne à 1 an sur les côtes de Tunisie est supérieure à celle de 22 cm obtenue par une analyse des incréments journaliers dans le golfe du Lion (K. MAHE, comm. pers.) et supérieure à celle de 22,2 cm obtenue de même dans le golfe de Gascogne (OTXOTORENA *et al.*, 2010).

Remerciements

W.K. remercie toutes les équipes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail à savoir l'INSTM (Institut National des Sciences et Technologie de la Mer), l'INAT (Institut National Agronomique de Tunisie), l'IFREMER (Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la MER) et le centre de la formation professionnelle de pêche de Kélibia.

W.K. exprime ses profonds remerciements à tous les pêcheurs des deux bateaux *Mostakbel* et *Jaziret Kerkenah* pour leurs précieuses collaborations et particulièrement Mr Omrani Lotfi et Mr Ejirbi Saiif Eddine.

Références bibliographiques

ALDEBERT, Y. (1981).- Contribution à la biologie du merlu du golfe du Lion : premières données sur la croissance. *Rapp. Comm. Int. Mer médit*, **27**, (5), 47-48.

- ALDEBERT, Y. & CARRIES, C. (1988).- Problèmes d'exploitation du merlu du golfe du Lion. Fuengirola, C.G.P.M., 5ème Consultation technique sur l'évaluation des stocks Baléares et golfe du Lion, 87-91.
- ALDEBERT, Y. & MORALES-NIN, B. (1992).- La croissance des juvéniles de merlu dans le golfe du Lion: nouvelles méthodes d'approche. *Rapp. Comm. Int. Mer Médit*, **33**, 281p.
- ARNERI, E. & MORALES-NIN, B. (2000).- Aspects of the early life history of European hake from the central Adriatic. *J. Fish. Biol.*, **56**, 1368-1380.
- BELCARI, P., LIGAS, A. & VIVA, C. (2006).- Age determination and growth of juveniles of the European hake (*Merluccius merluccius* L., 1758). *Fish. Res*, **78**, 211-217.
- BELLOC, G., (1929).- Etude monographique du merlu, *Merluccius merluccius* L. *Revue Trav. Off. Pêches marit.*, **2**, 153-199.
- BERTIGNAC, M. & DE PONTUAL, H. (2007).- Consequences of bias in age estimation on assessment of the northern stock of European hake (*Merluccius merluccius*) and on management advice. *ICES. J. Mar. Sci.*, **64**, 981-988.
- BOUHLAL, M. (1975).- Contribution à l'étude biologique et dynamique du merlu (*Merluccius merluccius mediterraneus* (L. 1758)) du golfe de Tunis. Thèse de doctorat, Faculté des sciences de Tunis. 177p.
- COURBIN, N. FABLET, R. MELLON, C. & DE PONTUAL, H. (2007).- Are hake otolith macrostructures randomly deposited? Insights from an unsupervised statistical and quantitative approach applied to Mediterranean hake otoliths. *ICES J. Mar. Sci.*, **64**: 1191-1201.
- D'ANCONA, U. (1933).- Gadidae. In *Fauna e Flora del Golfo di Napoli* (Lo Bianco, S., ed.), pp. 178-255. *Monografia 38: Uova, larve e stadi giovanili di Teleostei*. Naples: Edizione della Stazione Zoologica di Napoli.
- DE PONTUAL, H. BERTIGNAC, M. BATTAGLIA, A. BAVOUZET, G. MOGUEDET, P. & GROISON, A.L. (2003).- A pilot tagging experiment on European hake (*Merluccius merluccius*): methodology and preliminary results. *ICES J. Mar. Sci.*, **60**, 1318-1327.
- DE PONTUAL, H. GROISON, A. L. PIÑEIRO, C. & BERTIGNAC, M. (2006).- Evidence of underestimation of European hake growth in the Bay of Biscay, and its relationship with bias in the agreed method of age estimation. *ICES J. Mar. Sci.*, **63**, 1674-1681.
- FERRATON, F. (2007).- *Écologie trophique des juvéniles de merlu (Merluccius merluccius) dans le golfe du Lion : Implications biologiques de la variabilité spatio-temporelle des ressources alimentaires exploitées dans les zones de nourricerie*. Thèse de doctorat, Université Montpellier II. 213p.
- FISCHER, P. (1999).- Otolith microstructure during the pelagic, settlement and benthic phases in burbot. *J. Fish Biol.*, **54**, 1231-1243.
- GARCIA-RODRIGUEZ, M. & ESTEBAN, A. (2002).- How fast does hake grow? A study on the Mediterranean hake (*Merluccius merluccius* L.) comparing whole otoliths readings and length frequency distributions data. *Sci. Mar.*, **66**, 145-156.
- KACHER, M. & AMARA, R. (2005).- Distribution and growth of 0-group European hake in the Bay of Biscay and Celtic Sea: a spatial and inter-annual analyses. *Fish. Res*, **71**, (3), 373-378.
- KHOUFI, W., BEN MERIEM, S. & ROMDHANE, M. S. (2010).- Les pêcheries de *Merluccius merluccius Smiridus* (Rafinesque, 1810) des côtes Tunisiennes. Acta of the International Conference on Biodiversity of the Aquatic Environment (Syrie), pp. 552-561.
- LUCIO, P., MURÚA, H. & SANTURTÚN, M. (2000).- Growth and reproduction of hake (*Merluccius merluccius*) in the Bay of Biscay during the period 1996-1997. *Ozeanografika*, **3**, 325-354.

- MELLON-DUVAL, C., DE PONTUAL, H. METRAL, L. & QUEMENER, L. (2010).- Growth of European hake (*Merluccius merluccius*) in the Gulf of Lions based on conventional tagging. *ICES J. Mar. Sci*, **67**, 62-70.
- MORALES-NIN, B. (2000).- Review of the growth regulation processes of otolith daily increment formation. *Fish. Res*, **46**, 53-67.
- MORALES-NIN, B. & ALDEBERT, Y. (1997).- Growth of juvenile *Merluccius merluccius* in the Gulf of Lions (NW Mediterranean) based on otolith microstructure and length frequency analysis. *Fish. Res*, **30**, 77-85.
- MORALES-NIN, B., BJELLAND, R.M. & MOKSNESS, E. (2005).- Otolith microstructure of a hatchery reared European hake (*Merluccius merluccius*). *Fish. Res*, **74**, 300-305.
- MORALES-NIN, B. & MORANTA, J. (2004).- Recruitment and post-settlement growth of juvenile *Merluccius merluccius* on the western Mediterranean shelf. *Sci. Mar*, **63**, 399-409.
- MORALES-NIN, B., TORRES, G.J., LOMBARTE, A. & RECASENS, L. (1998).- Otolith growth and age estimation in the European hake. *J. Fish Biol*, **53**, 1155-1168.
- OLIVER, P.A. (1991).- Dinamica de la población de merluza (*Merluccius merluccius* Linnaeus, 1758) de Mallorca (Reclutamento, Crecimiento y Mortalidad). Tesi doctoral, Università delle Isole Baleari Dipartimento di Biologica Ambientale, 391 p.
- ORSI-RELINI, L., CAPPANERA, M. & FIORENTINO, F. (1989).- Spatial temporal distribution and growth of *Merluccius merluccius* recruits in the Ligurian Sea, observations on the 0 group. *Cybium*, **13**, 263-270.
- OTXOTORENA, U., LOEZ DE ABECHUCO, L. SANTURTUN, M, & LUCIO, P. (2010).- Estimation of age and growth of juvenile hakes (*Merluccius merluccius* Linnaeus, 1758) of the Bay of Biscay and Great Sole by means of the analysis of macro and microstructure of the otoliths. *Fish. Res.*, **106**, 337-343.
- PALOMERA, I., OLIVAR, M.P. & MORALES-NIN, B. (2005).- Larval development and growth of the European hake *Merluccius merluccius* in the northwestern Mediterranean. *Sci. Mar.*, **69**(2), 251-258.
- PANFILI, J., DE PONTUAL, H., TROADEC, H. & WRIGHT, P.J. (ed.), 2002.- *Manuel de sclérochronologie des poissons*. Coédition Ifremer-IRD, Brest, France, 464 p.
- PIÑEIRO, C., REY, J., DE PONTUAL, H. & GARCÍA, A. (2008).- Growth of Northwest Iberian juvenile hake estimated by combining sagittal and transversal otolith microstructure analyses. *Fish. Res.*, **93**, 173-178.
- RECASENS, L. (1992).- L'état d'exploitation du merlu (*Merluccius merluccius*) de la Mer Catalane (Nord Ouest Méditerranée). *Rapp. Comm. Int. Mer. Médit*, **33**, 309p.
- RECASENS, L., CHIERICONI, V. & BELCARI, P. (2008).- Spawning pattern and batch fecundity of the European hake (*Merluccius merluccius* (Linnaeus, 1758)) in the western Mediterranean. *Sci. Mar*, **72**, (4), 721-732.
- STEVENSON, D.K. & CAMPANA, S.E. [ed]. (1992).- Otolith microstructure examination and analysis. *Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci*, **117**, 130 p.