

ÂGE ET CROISSANCE DE LA CARANGUE COUBALI *CARANX CRYOSOS* DU GOLFE DE GABÈS (TUNISIE)

Ayda SLEY^{1*}, Ghailen HAJJEJ², Othman JARBOUI¹ & Abderrahmen BOUAÏN³

¹ National Institute of Marine Sciences and Technology of Tunisia, Box 1035, Sfax 3018, Tunisia

² National Institute of Marine Sciences and Technology of Tunisia, Street Habib Thamer, Gabès 6000, Tunisia

³ Faculty of Sciences of Sfax, Box 1171, Sfax 3000, Tunisia

* Auteur correspondant. Fax : 00 216 74 497 989. E-mail: sley_aida@yahoo.fr

SUMMARY.— *Age and growth of Blue runner Caranx crysos from the Gulf of Gabes (Tunisia).*—This work was executed for the research programs carried out for the sustainable management of pelagic resources in Tunisia by estimating exploitable biomasses, establishing biological parameters and analysing the exploitation. The study was based on reading the otoliths of 1238 specimens to determine the age and growth of *Caranx crysos* from the Gulf of Gabes in Southeastern Mediterranean. Marginal increment analysis showed a single annual minimum during winter (January). Eight age classes, ranging from 0+ to 7+ years, were determined for both sexes. Growth was modelled using standard and generalized von Bertalanffy equations. The relationship between observed total length TL and age « t » was described by the following standard equations: $TL = 46.67 (1 - e^{-0.17(t+1.92)})$ for females and $TL = 47.66 (1 - e^{-0.17(t+1.86)})$ for males. Relationships between body mass (W) and total length (L) showed difference of nature of allometry according to sex. The calculation of the theoretical maximum mass ($M_{p\infty}$) used the formulas: $M_{p\infty} = 1244.98 (1 - e^{-0.17(t+1.92)})^{3.01}$ for females et $M_{p\infty} = 1372.46 (1 - e^{-0.17(t+1.86)})^{3.06}$ for males. The age at first sexual maturity (t_{50}) was 2.8 years for females and 2.4 years for males. The maximum theoretical age (t_{max}) or longevity reached 15.5 years and 15.6 years for females and males, respectively.

RÉSUMÉ.— Ce travail entre dans le cadre des programmes de recherche réalisés pour la gestion durable des ressources pélagiques en Tunisie par l'estimation des biomasses exploitables, l'établissement des paramètres biologiques et l'analyse de l'exploitation. L'étude est basée sur la lecture des otolithes de 1238 spécimens pour déterminer l'âge et la croissance de *Caranx crysos* du golfe de Gabès dans le Sud-Est de la Méditerranée. La croissance en longueur a montré que la formation de l'anneau d'arrêt de croissance est marquée en hiver (janvier). Le comptage des anneaux d'arrêt de croissance révèle huit groupes d'âge pour les deux sexes (0+ à 7+). Les équations de croissance en longueur selon le modèle de von Bertalanffy sont : $LT = 46,67 (1 - e^{-0,17(t+1,92)})$ pour les femelles et $LT = 47,66 (1 - e^{-0,17(t+1,86)})$ pour les mâles. La relation taille-masse a montré que la nature de l'allométrie diffère selon le sexe. Le calcul de la masse maximale théorique ($M_{p\infty}$) s'exprime par les formules suivantes : $M_{p\infty} = 1244,98 (1 - e^{-0,17(t+1,92)})^{3,01}$ pour les femelles et $M_{p\infty} = 1372,46 (1 - e^{-0,17(t+1,86)})^{3,06}$ pour les mâles. L'âge de la première maturité sexuelle (t_{50}) est estimé à 2,8 ans pour les femelles et 2,4 ans pour les mâles. L'âge théorique maximal (t_{max}) ou longévité atteint 15,5 ans et 15,6 ans pour les femelles et les mâles, respectivement.

Aussi bien à l'échelle internationale que régionale, les poissons pélagiques représentent la plus grande part des captures marines. Néanmoins, de grandes fluctuations des débarquements et de la biomasse des poissons pélagiques ont été enregistrées dans de nombreuses zones du globe, particulièrement pour les petits pélagiques. Il est actuellement admis que la gestion rentable et durable des espèces démersales ne peut être assurée que par l'identification des différentes unités des stocks, par le suivi annuel de l'évolution de leur densité et de leur biomasse et par la maîtrise de leur croissance et de leur stratégie de reproduction.

La Carangue coubali *Caranx crysos* est une espèce parmi les plus exploitées au niveau des eaux tunisiennes, notamment dans le golfe de Gabès. Elle y était autrefois rare. La production de cette espèce est devenue de plus en plus importante et régulière dans la région du golfe de Gabès (Sley, 2010 ; Bradai et al., 2004). Les statistiques de pêche de cette espèce sont incluses dans une catégorie statistique qui regroupe deux genres de la famille des Carangidae : *Caranx* et *Trachurus*.

À part celles de Ben Salem & Ktari (1980), Ould Mohamed Abdallahi (1999), Sley (2010) et Sley et al. (2009, 2012), très peu d'études se sont intéressées à la biologie de ce poisson en Méditerranée. Par ailleurs, Berry (1965) et Goodwin & Johnson (1986) ont étudié la croissance de *C. crysos* du nord du golfe du Mexique.

Ce travail entre dans le cadre des programmes de recherche réalisés pour la gestion durable des ressources pélagiques en Tunisie par l'estimation des biomasses exploitables, l'établissement des paramètres biologiques et l'analyse de l'exploitation. Ses objectifs spécifiques peuvent être résumés comme suit (i) la validation de la périodicité annuelle des anneaux saisonniers de croissance à partir de l'étude de l'accroissement marginal sur les otolithes de *Caranx crysos* du golfe de Gabès ; (ii) la détermination de l'âge des différentes classes de tailles de *Caranx crysos* du golfe de Gabès et l'ajustement des courbes de croissance ; (iii) la détermination des différentes relations taille-masse.

Cette étude a été conduite dans le but de démarrer les études dynamiques de *Caranx crysos* du golfe de Gabès et d'appliquer les modèles analytiques d'évaluation des stocks. Ceci nous permettra, en effet, de statuer sur l'état de leur exploitation et de suggérer d'éventuelles mesures d'aménagement de leurs pêcheries pour une gestion durable de cette espèce commerciale.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Le golfe de Gabès s'étend sur 750 kilomètres des côtes Sud-tunisiennes, de 35°N à la frontière libyenne. Cette région est connue pour avoir un plateau continental très étendu dont la superficie est peu commune en Méditerranée (Ben Othmen, 1973).

ÉCHANTILLONNAGE

L'étude de la croissance de *Caranx crysos* du golfe de Gabès a porté sur 1310 spécimens.

Pour chaque poisson, nous avons relevé la longueur totale (LT). Nous avons également déterminé, au gramme près, la masse pleine (Mp). Ainsi, nous avons analysé 1238 spécimens dont 573 femelles de longueur totale (LT) comprise entre 99 mm et 414 mm (8,3-855 g Mp) et 665 mâles de longueur totale (LT) comprise entre 95 mm et 416 mm (8,7-880 g Mp).

PRÉPARATION ET MESURE DES OTOLITHES

Après incision au niveau de l'oreille interne, les deux otolithes (Sagitta) de *C. crysos* ont été prélevés, nettoyés à l'eau et conservés à sec dans de petites pochettes. Pour mieux observer les anneaux, l'otolithe gauche a été poli, sur les deux faces avec du papier abrasif très fin, puis légèrement brûlé au feu d'une bougie. Cette opération est délicate et peut endommager l'otolithe. L'observation se fait sous une loupe binoculaire munie d'un micromètre oculaire, qui assure la mise en évidence des arrêts de croissance. Un anneau de croissance est constitué d'une zone opaque suivie d'une autre translucide. Le nucléus est la partie centrale de l'otolithe dont le centre est nommé le primordium (Baglinière et al., 1992). Des coupes sagittales des otolithes ont été effectuées pour confirmer les résultats obtenus suite à la lecture des otolithes brûlés. Pour obtenir une fiabilité statistique suffisante lors de l'exploitation des résultats deux personnes ont suivi la lecture des otolithes, ce qui a permis une double lecture systématique, afin de corriger les éventuelles erreurs dans la détermination de l'âge des poissons. Entre les deux lectures d'âge, nous avons obtenu un accord de 94,5%.

Nous avons mesuré, pour chaque otolithe, le rayon total (R) selon un axe antéro-postérieur, du focus au bord antérieur (rostre), et les rayons (R1, R2, R3, ... Rn) correspondant aux différents anneaux d'arrêt de croissance. Les divisions micrométriques ont ensuite été converties en millimètres.

PÉRIODE D'ARRÊT DE CROISSANCE ET ÂGE APPROXIMATIF

Pour déterminer la période d'apparition des anneaux d'arrêt de croissance, nous avons analysé les variations de l'allongement marginal (AM) en fonction du temps (date de capture) (Pikitch & Demory, 1988). La formule de l'allongement marginal s'exprime de la façon suivante :

$$AM = [(R - R_n) / (R_n - R_{n-1})] \times 100$$

avec R = rayon total de l'otolithe ; R_n = rayon du dernier anneau ; R_{n-1} = rayon de l'avant-dernier anneau.

En utilisant la méthode de l'accroissement marginal, nous avons suivi l'évolution de la moyenne mensuelle de la taille de la bande marginale sur une période de deux années (juin 2005 à mai 2007), ce qui nous a permis de déterminer la saisonnalité de l'apparition des anneaux d'arrêt de croissance.

Pour attribuer un âge approximatif à l'individu, il faut prendre en compte, en plus du nombre d'anneaux que montrent ses pièces, la date de naissance, la période de formation des anneaux d'arrêt de croissance ainsi que la date exacte de capture, étant connue, durant la période de juin 2005 à mai 2007.

CLÉS ÂGE -TAILLE

Les clés âge-taille du *C. crysos* du golfe de Gabès ont été établies pour l'ensemble des individus échantillonnés, et séparément pour les femelles et les mâles, par une méthode indirecte basée sur la lecture des otolithes, en groupant les individus traités, suivant le nombre d'anneaux qu'ils présentent. Ceci nous permet d'attribuer une moyenne de longueur totale (LT) à chaque groupe d'âge.

RELATION TAILLE DU POISSON-RAYON DE L'OTOLITHE ET CALCUL RÉTROSPECTIF

La relation qui lie la longueur totale (LT) de l'individu au rayon total (R) de ses otolithes a été établie sous la forme générale : $LT = aR^b$ avec LT = longueur totale du poisson ; R = rayon total de l'otolithe ; a et b = deux constantes. L'Anova est utilisée pour vérifier si la différence est significative entre les sexes pour la relation $LT = aR^b$.

Cette équation a été utilisée pour rétrocalculer chaque longueur totale (LT_n) qui correspondrait à chaque rayon (R_n) de l'otolithe.

La longueur estimée (L_i) à la formation de l'anneau i est corrigée selon la formule :

$$L_i = (aR_i^b \times L) / aR^b$$

avec L = longueur totale du poisson à la capture ; L_i = longueur totale du poisson à la i^{ème} marque ; R = rayon de l'otolithe à la capture ; R_i = rayon de l'otolithe à la i^{ème} marque.

Selon la loi de l'allométrie, la variable b prendrait une valeur proche de 1. Pour tester cette valeur, nous avons utilisé le test t de Student :

$$t_c = |b-1| / \sqrt{[(s_y^2(1-R^2) / s_x^2(n-2))]}$$

avec s_y² = variance de la variable y (Log LT) ; s_x² = variance de la variable x (Log R) ; R² = coefficient de détermination ; n = nombre d'individus examinés ; n-2 = degrés de liberté.

Ensuite, nous avons comparé t calculé (t_c) à la valeur théorique de t (t_{th}) à un seuil d'erreur de 5 % (Spiegel, 1991).

Le taux de croissance relatif (Cr%) d'un certain âge au suivant a été exprimé par la formule de Deniel (1984) :

$$Cr\% = [(LT_{n+1} - LT_n) / ((LT_{n+1} + LT_n)/2)] \times 100$$

avec LT_n = longueur totale correspondant à l'anneau n ; LT_{n+1} = longueur totale correspondant à l'anneau suivant.

MODÉLISATION DE LA CROISSANCE EN LONGUEUR

Les données âge-longueur ont été ajustées au modèle de Von Bertalanffy (1938 & 1957) utilisé pour l'estimation de la croissance en longueur permettant le calcul de la taille en fonction du temps. La formule s'écrit de la façon suivante :

$$L_t = L_\infty(1 - e^{-k(t-t_0)})$$

avec L_t = longueur du poisson au temps t ; L_∞ = longueur théorique pour un accroissement nul ; t₀ = temps théorique correspondant à L = 0 ; k = constante de la vitesse de croissance.

L'ajustement de la courbe de croissance ainsi que la détermination de ses paramètres (L_∞, K et t₀) ont été effectués à l'aide d'un logiciel informatique "FSAS", basé sur la méthode itérative de l'adaptation non linéaire de Maquardt (Saul *et al.*, 1987).

ÂGE DE LA PREMIÈRE MATURITÉ SEXUELLE ET ÂGE MAXIMAL

L'âge théorique de la première maturité sexuelle a été déduit à partir des longueurs théoriques calculées tout en utilisant le modèle de croissance de Von Bertalanffy et en remplaçant les L_t par les L₅₀ trouvées chez les deux sexes :

$$t = (t_0 - 1/k) \text{Log} [(L_\infty - L_t) / L_\infty]$$

puisque L_∞ est la taille correspondant à un âge qui tend vers l'infini, l'âge maximal considéré correspondrait à 95 % de L_∞ (Gulland, 1969):

$$t_{\max} = \{1/k \text{Log} [L_\infty - 0,95 L_\infty / L_\infty]\} \Rightarrow t_{\max} = t_0 - 1/k \text{Log} 0,05 \approx t_0 + 3/k$$

MODÉLISATION DE LA CROISSANCE MASSIQUE

L'évolution de la masse (M) en fonction de la taille (L) est décrite par une fonction puissance de la forme $M = aL^b$. La constante 'b' qui décrit l'allométrie de la croissance relative devrait avoir une valeur proche de 3. Pour tester cette valeur, nous avons utilisé le test t de Student.

La croissance absolue en masse est décrite également par l'équation de Von Bertalanffy : $M_t = M_\infty(1 - e^{-k(t-t_0)})^b$ avec M_t = masse du poisson à l'instant t ; M_∞ = masse maximale correspondante à L_∞ : $M = a(L_\infty)^b$; k = constante de l'équation de Von Bertalanffy ; t₀ = âge théorique quand L = 0 ; b = taux de croissance dans la relation masse - taille ; a = constante.

L'ANOVA à un facteur (analyse de la variance qui a pour but la comparaison des moyennes de k populations, à partir d'échantillons aléatoires et indépendants prélevés dans chacune d'elles) a été utilisée pour comparer la masse ou l'âge t entre les deux sexes.

RÉSULTATS

PÉRIODE D'ARRÊT DE CROISSANCE ET ÂGE APPROXIMATIF

Croissance marginale

La détermination de la période de formation des anneaux d'arrêt de croissance de *Caranx crysos* du golfe de Gabès est faite après calcul de l'allongement marginal. L'analyse des variations mensuelles de l'allongement marginal des otolithes chez les mâles et les femelles a permis d'enregistrer une chute hivernale à partir du mois de janvier (Fig. 1).

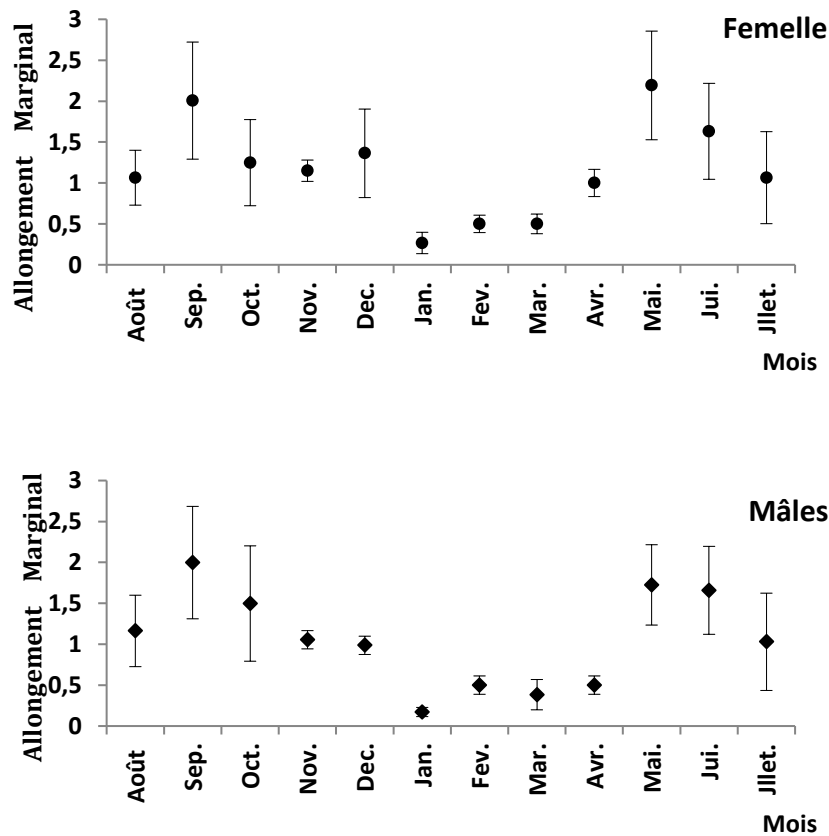


Figure 1.— Variations mensuelles de l'allongement marginal (A.M) des otolithes chez les femelles et les mâles de *C. crysos* du golfe de Gabès. *Monthly variations of marginal increment (M.I) of otoliths for females and males of C. crysos from the Gulf of Gabes.*

Estimation de l'âge approximatif

L'estimation de l'âge d'un groupe de poissons nécessite, d'une part, la connaissance de la date de naissance moyenne des individus qui le compose (période de ponte) et d'autre part, la

période de formation de l'anneau d'arrêt de croissance. Chez *C. crysos*, la période de ponte est située en septembre (Sley, 2010, 2012).

Sachant que la période d'arrêt de croissance est située en janvier pour *C. crysos*, nous avons alors pu déduire la période de temps qui s'écoule entre la ponte (naissance) et l'apparition du 1^{er} anneau hivernal chez cette espèce : elle a été estimée à 4 mois. L'intervalle de temps entre deux anneaux successifs a été évalué à 12 mois. La date de capture est prise en compte pour, enfin, attribuer un âge approximatif à chaque individu. Nous avons compté 8 groupes d'âge pour *C. crysos* (0+ à 7+) (Fig. 2). Ainsi, en comptant le nombre d'anneaux d'arrêt de croissance (N), les âges approximatifs sont comme suit : 1 anneau = 4 mois ; 2 anneaux = 16 mois ; 3 anneaux = 28 mois ; 4 anneaux = 52 mois ; 6 anneaux = 64 mois ; 7 anneaux = 76 mois ; 8 anneaux = 88 mois.

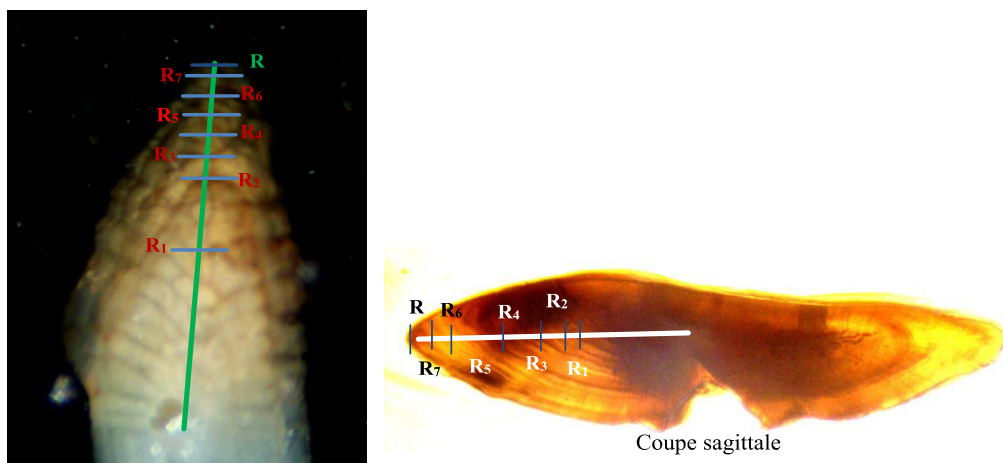


Figure 2.— Otolithe d'un individu du *C. crysos* âgé de 87 mois (7 anneaux hivernaux). *Otolith of an individual of C. crysos aged 87 months (7 winter rings).*

Les coupes sagittales des otolithes qui ont été effectuées pour confirmer les résultats obtenus à partir de la lecture des otolithes brûlés ont montré une bonne concordance (Fig. 2).

CLÉS ÂGE -TAILLE

Relation taille du poisson – rayon des otolithes

La détermination de la taille du poisson à divers moments de sa vie est basée essentiellement sur le principe de la proportionnalité de la croissance de l'otolithe à celle du corps. Les relations $LT = f(R)$ montrent que les tailles de *C. crysos*, tant pour les femelles et que pour les mâles (Fig. 3) croissent avec l'otolithe suivant une allométrie majorante ($b > 1$; $t_{cal} > t_{th} = 1,96$). La différence est légèrement significative entre les deux sexes (ANCOVA, $F_{1, 1234} = 3.93$, $p = 0,047$). Il s'agit d'une légère dissemblance car p est très proche de 0,5.

La taille du poisson et celle de l'otolithe paraissent bien corrélées puisqu'elles sont contrôlées par les mêmes processus métaboliques (Gauldie, 1988). En effet, la valeur du coefficient R^2 pour les 3 cas, est de l'ordre de 0,9 chez *C. crysos*.

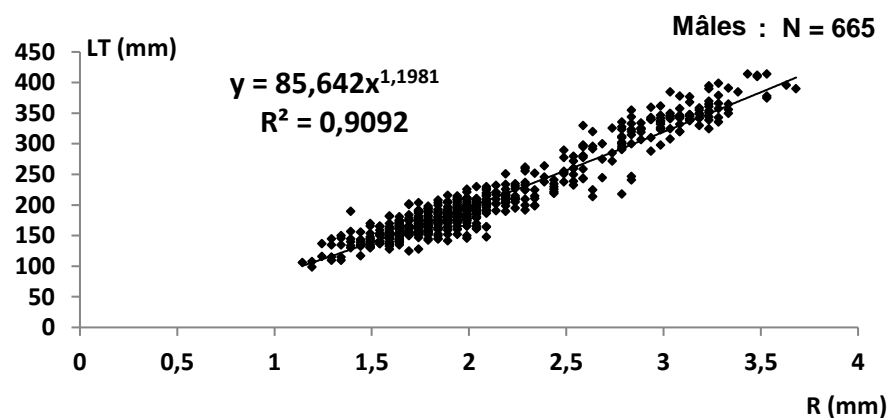
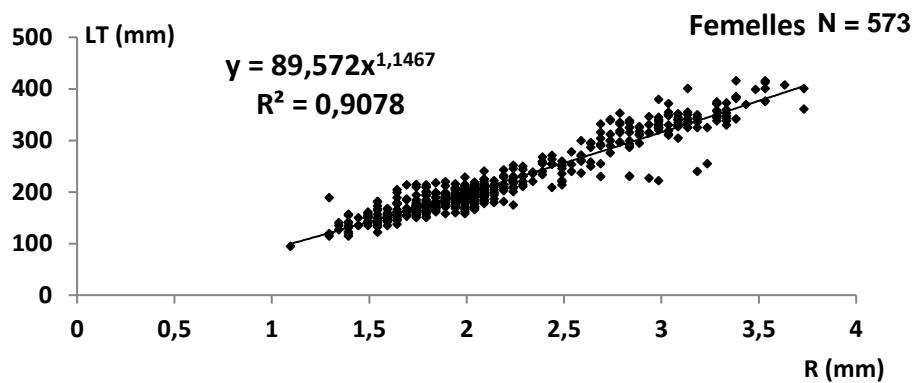


Figure 3.— Représentation graphique de la relation entre la longueur totale (LT) et le rayon total (R) des otolithes chez les femelles et les mâles de *C. crysos* du golfe de Gabès. *Graphical representation of the relationship between total length (TL) and total radius (R) of otoliths of females and males of C. crysos from the Gulf of Gabes.*

Calcul rétrospectif

Les longueurs totales (LT) moyennes atteintes à la formation de chaque anneau d'arrêt de croissance de *Caranx crysos* pour les différents groupes d'âge sont représentées en clés taille-âge (Tab. I). Ces données concernent les longueurs rétrocalculées par l'utilisation des relations qui relient la taille du poisson à celle de l'otolithe. Nous avons constaté, aussi bien pour les mâles que pour les femelles que le taux de croissance relative est élevé pendant les premières années. Ensuite, il diminue progressivement avec l'âge.

PARAMÈTRES DE LA CROISSANCE EN LONGUEUR

L'ajustement de l'équation de Von Bertalanffy aux données longueur-âge a permis de déterminer les paramètres théoriques de la croissance de *C. Crysos* du golfe de Gabès. Chez *Caranx crysos*, les paramètres de l'équation de Von Bertalanffy accompagnés d'un coefficient de confiance au seuil de 95 % sont les suivants :

Femelles : LT_{∞} (cm) = $46,67 \pm 2,55$; $K = 0,17 \pm 0,03$; $t_0 = -1,92 \pm 0,30$ ans

Mâles : LT_{∞} (cm) = $47,66 \pm 3,26$; $K = 0,17 \pm 0,03$; $t_0 = -1,86 \pm 0,36$ ans

Ainsi, les équations de croissance en longueur selon le modèle de Von Bertalanffy s'écrivent comme suit :

Pour les femelles : $LT(\text{cm}) = 46,67 (1 - e^{-0,17(t+1,92)})$

Pour les mâles : $LT(\text{cm}) = 47,66 (1 - e^{-0,17(t+1,86)})$

TABLEAU I

Longueur totale (LTn) en mm à l'apparition de chaque anneau d'arrêt de croissance sur les otolithes et taux annuel de croissance (Cr%) chez *C. crysos* du golfe de Gabès (femelles et mâles). *Total length (LTn) in mm at the appearance of each marginal increment on the otoliths and annual growth rate (Cr%) of C. crysos of the Gulf of Gabes (females and males)*

Groupe d'âge(ans)	LT1	LT2	LT3	LT4	LT5	LT6	LT7	Effectif
<i>Femelles</i>								
1+	189,74							112
2+	193,15	234,55						39
3+	191,55	233,26	284,95					22
4+	199,94	244,83	281,99	307,55				50
5+	195,22	243,15	274,32	299,87	322,27			32
6+	193,91	242,38	274,88	302,29	321,25	349,43		9
7+	196,30	243,27	276,03	306,47	336,65	352,20	373,01	13
Moyenne	194,26	240,24	278,43	304,04	326,72	350,82	373,01	
Cr%		47,34	31,79	18,40	14,92	14,75	12,66	
<i>Mâles</i>								
1+	193,00							108
2+	193,61	239,76						50
3+	194,26	245,16	282,38					29
4+	194,36	241,93	283,93	308,85				47
5+	194,73	241,94	280,36	302,77	330,33			31
6+	192,68	241,89	282,87	300,84	332,11	356,20		6
7+	194,29	243,44	283,62	307,51	331,58	356,05	378,58	11
Moyenne	193,99	242,35	282,63	304,99	331,34	356,12	378,58	
Cr%		49,86	33,24	15,82	17,28	14,96	12,61	

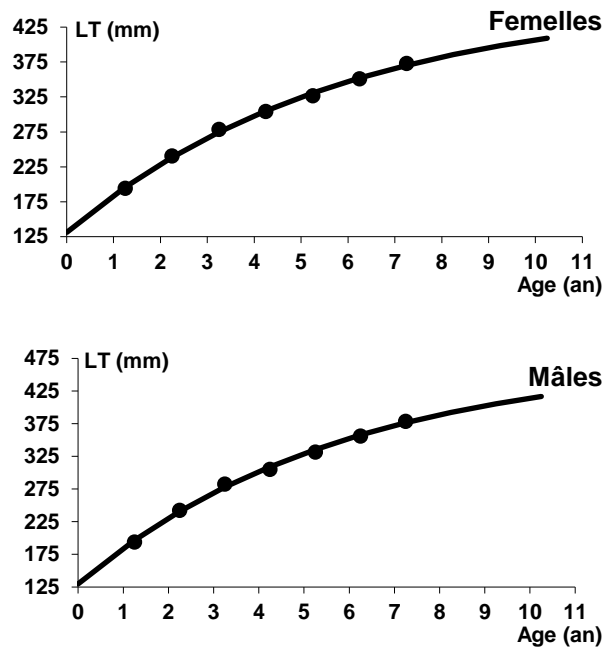


Figure 4.— Courbe de la croissance en longueur chez les femelles et les mâles de *C. crysos* du golfe de Gabès selon le modèle de croissance de Von Bertalanffy. *Curve of growth length of females and males of C. crysos of the Gulf of Gabes according to the growth model of Von Bertalanffy.*

Les courbes de croissance de *C. crysos* montrent une bonne qualité d'ajustement entre les longueurs recalculées et les âges estimés à la date de capture. Pour toutes les équations d'ajustement, le coefficient de corrélation (r) est de 0,99 (Fig. 4).

ÂGE À LA PREMIÈRE MATURITÉ SEXUELLE ET ÂGE MAXIMAL

Les estimations de l'âge à la première maturité sexuelle (t_{50}) sont de l'ordre de 2,8 ans pour les femelles et 2,4 ans pour les mâles. L'âge théorique maximal (t_{max}) ou longévité atteint 15,5 ans et 15,6 ans pour les femelles et les mâles, respectivement.

La longévité chez *C. crysos* est importante. Nous remarquons que la longévité de *C. crysos* des mâles est statistiquement la même que celle des femelles puisqu'il n'y a pas de différence significative ($F_{1,524} = 0,05542$; $p = 0,81399$). En effet, il y a un chevauchement entre les intervalles de confiances pour les deux sexes.

MODÉLISATION DE LA CROISSANCE MASSIQUE

Dans l'équation $M = aL^b$, reliant la masse à la longueur, une valeur de la constante "b" égale à 3 prouve une croissance isométrique du poisson (Ricker, 1975).

Pour les femelles de *C. crysos* du golfe de Gabès, la masse pleine du poisson évolue isométriquement avec la taille totale (LT). Toutefois, les deux paramètres étudiés évoluent selon une allométrie majorante chez les mâles par rapport à la longueur totale (LT) (Tab. II).

TABLEAU II

Relations taille-masse (femelles et mâles) chez *C. crysos* du golfe de Gabès. *Size-mass relationships of C. crysos (females and males) of the Gulf of Gabes*

	Femelles	Mâles
Equations	$Mp = 0,011LT^{3,011}$	$Mp = 0,010LT^{3,061}$
Effectif	777	891
Coef. (R^2)	0,969	0,970
b	3,012	3,061
t_{cal} ($t_{th} = 1,96$)	0,620	3,410
Relations	Isométrie	Majorante

Les relations de croissance relative de *C. crysos* montrent aussi une très bonne corrélation entre les deux variables masse et taille. Il s'agit d'une corrélation entre les logarithmes des deux quantités dans une relation linéarisée.

Les équations des relations taille-masse ont été utilisées pour le calcul de la masse maximale théorique (Mp_{∞}) que peut atteindre l'espèce dans le golfe de Gabès. Les masses maximales théoriques (Mp_{∞}) pour chaque sexe sont les suivantes : Femelles : $Mp_{\infty} = 1244,98$ g ; Mâles : $Mp_{\infty} = 1372,46$ g.

Nous remarquons qu'il n'y a pas de différence significative entre la masse maximale théorique de *C. crysos* des mâles et celle des femelles puisqu'on a un chevauchement entre les intervalles de confiances pour les deux sexes ($F_{1,524} = 0,64365$; $p = 0,42276$).

Les équations de Von Bertalanffy relatives à la croissance en masse (g) en fonction du temps (ans) seraient les suivantes : pour les femelles : $Mp_t (g) = 1244,98 (1 - e^{-0,17(t+1,92)})^{3,01}$ et pour les mâles : $Mp_t (g) = 1372,46 (1 - e^{-0,17(t+1,86)})^{3,06}$.

Les équations de la croissance massique de *C. crysos* du golfe de Gabès ont été utilisées pour le calcul des masses théoriques pleines des spécimens de même âge. Le taux de croissance (Cr%) traduit l'évolution annuelle en masse (Tab. III).

TABLEAU III

Masse théorique (g) en fonction de l'âge, calculée par l'équation de Von Bertalanffy et taux annuel de croissance (Cr%) chez *C. crysos* (femelles et mâles) du golfe de Gabès. *Theoretical mass (g) as a function of age, calculated by the Von Bertalanffy equation and annual growth rate (Cr%) of C. crysos (females and males) from the Gulf of Gabes*

Sexe	Age (ans)	1 ⁺	2 ⁺	3 ⁺	4 ⁺	5 ⁺	6 ⁺	7 ⁺
Femelles	Mp	75,60	145,41	229,94	322,48	417,39	510,47	598,83
	Cr %		184,65	116,27	80,49	58,87	44,60	34,62
Mâles	Mp	75,03	148,39	238,86	339,16	442,99	545,54	643,45
	Cr %		195,56	121,94	83,98	61,23	46,30	35,89

DISCUSSION

La détermination de l'âge et de la croissance est un paramètre indispensable de la dynamique des populations pour l'évaluation de l'état des ressources exploitées en Méditerranée. Une telle approche faciliterait la gestion rationnelle de la pêche en Méditerranée.

Les otolithes sont les structures squelettiques les plus convenables pour l'étude de la croissance de *Caranx crysos* du golfe de Gabès. En effet, ce sont de bons enregistreurs des accroissements périodiques puisqu'ils sont faciles à prélever et à conserver et les risques d'erreurs d'interprétation des zones de croissance sont faibles. Leur taille est fortement corrélée à la longueur des individus.

La validation de l'étude de l'âge et de la croissance en longueur de *Caranx crysos* du golfe de Gabès a montré que l'allongement marginal subit un ralentissement principal au mois de janvier pour cette espèce, indiquant la formation de zones de contrastes thermiques, correspondant à la formation de l'anneau d'arrêt de croissance. Ce mois est parmi les mois les plus froids en Tunisie durant lesquels le poisson cumule les effets néfastes de la basse température et le manque de proies. En effet, pendant la saison hivernale, la température de l'eau n'est que de l'ordre de 13,6°C au Nord et de 14,6°C au Sud (Hydrobase, INSTM, 2006). Les températures des eaux de surface sont en moyenne de 13°C en hiver et de 26°C en été. Par ailleurs, les températures de l'eau de mer mesurées dans le golfe de Gabès du mois de juillet au mois d'octobre 2006 varient de 15,3 à 28,6°C (Hydrobase, INSTM, 2006).

Toutefois, Goodwin & Johnson (1986) ont enregistré un ralentissement estival de croissance dans le nord-ouest de la Floride et le delta du Mississippi.

L'estimation de l'âge à travers les anneaux d'arrêt de croissance des otolithes nous a permis de distinguer sept groupes d'âge pour les femelles et les mâles chez *Caranx crysos* du golfe de Gabès. Le nombre des classes d'âge trouvées dans d'autres localités est plus important. Goodwin & Johnson (1986) ont ainsi enregistré 11 groupes d'âge chez *C. crysos* du nord du golfe du Mexique.

Nous avons déterminé les paramètres de l'équation de Von Bertalanffy (L_{∞} , K et t_0) pour le *Caranx crysos* du golfe de Gabès. Les mâles atteignent des longueurs plus grandes que les femelles : leur longueur maximale est de l'ordre de $LT_{\infty} = 47,66$ cm ($k = 0,17$, $t_0 = -1,86$) contre $LT_{\infty} = 46,67$ cm ($k = 0,17$, $t_0 = -1,92$) pour les femelles. Par ailleurs, il existe une grande divergence dans les résultats des études de la croissance de *Caranx crysos* menées dans différents secteurs maritimes. En effet, selon Berry (1965), les *Caranx crysos* vivant sur les côtes sud-est de l'Atlantique atteignent une taille maximale de l'ordre de 71,1 cm, alors que ceux de la mer Caribéenne présentent une taille maximale $LT_{\infty} = 62$ cm (Munro, 1974). Les résultats les plus proches du présent travail sont ceux trouvés par Goodwin & Johnson (1986), qui ont noté que les *Caranx crysos* capturés au nord-ouest de la Floride et à l'embouchure du Mississippi (golfe du Mexique) ont une longueur maximale moins importante que celle obtenue dans notre étude, mais ont une vitesse de croissance plus rapide. En effet, les carangues coubalis du golfe du Mexique ont

une longueur maximale de l'ordre de $LT_{\infty} = 40,4$ cm ($k = 0,38$, $t_0 = -1,00$ ans) pour les femelles et $LT_{\infty} = 42$ cm ($k = 0,32$, $t_0 = -1,17$ ans) pour les mâles.

Ces divergences de résultats paraissent dues aux particularités écologiques propres à chaque biotope (facteurs environnementaux). En effet, *Caranx crysos* du golfe de Gabès paraît le moins grand de tous ses congénères, mais il n'est pas le seul en son genre. Les travaux de Bouaïn (1984) sur les Moronidés et les Serranidés, ceux de Ghorbel (1996) sur le Pageot et ceux de Bradai *et al.* (1998) sur les Sparidés ont montré eux aussi que ces poissons ont une croissance inférieure dans le golfe de Gabès. Cela pourrait être dû aux conditions particulières de cette zone. En effet, Bradai (2000) a suggéré que les faibles profondeurs et l'intensité de la pêche seraient à l'origine de ce phénomène. Par ailleurs, les rejets urbains et industriels rarement traités, déversés directement dans le golfe, ont entraîné durant les vingt dernières années une sérieuse détérioration de l'écosystème du golfe de Gabès ; ceci a perturbé la croissance des organismes marins dans la région (Hamza, 2003).

Par ailleurs, Lamrini (1988) note que l'expression de Von Bertalanffy est très sensible au nombre de groupes d'âge utilisés pour son application. Les plus jeunes et les plus grands individus sont en général mal représentés dans les échantillons, ce qui peut donc influencer sur l'ajustement de ce modèle. En effet, l'influence des jeunes individus majore les valeurs de K (Daget, 1972).

La durée de vie de *C. crysos* du golfe de Gabès est importante ; en outre, la longévité des mâles et celle des femelles sont statistiquement identiques.

L'âge théorique de première maturité sexuelle chez *C. crysos* du golfe de Gabès est relativement tardif (il serait de 3 ans pour les femelles et de 2 ans pour les mâles) alors que, chez *C. rhonchus* du même golfe de Gabès (Sley, 2010), la maturité sexuelle est plus précoce (elle est atteinte à l'âge de 2 ans pour les deux sexes).

L'analyse statistique a montré que la croissance massique des mâles de *Caranx crysos* du golfe de Gabès est semblable à celle des femelles.

Par ailleurs, la croissance en masse de *C. crysos* (pleine) évolue selon une allométrie majorante par rapport à la taille du poisson chez les mâles mais elle est isométrique chez les femelles. Dans le golfe de Gabès, *Caranx crysos* a une croissance assez modérée par rapport à ses congénères dans d'autres régions.

La croissance massique de *C. crysos* du golfe de Gabès est plus lente que celle de son congénère de la mer Caraïbienne qui présente une masse maximale égale à 5400 g (Murno, 1974) avec une relation taille-masse de formule $M = 0,00056TL^{3,302}$. La relation taille-masse de *C. crysos* du golfe du Mexique s'exprime par la formule $M = 0,00002FL^{2,946}$ (Goodwin & Johnson, 1986) alors que, selon Berry (1965), *C. crysos* atteint une masse maximale de l'ordre de 2724 g au sud-est de l'Atlantique.

Ces études montrent des variations en passant d'un secteur géographique à un autre. Ceci pourrait s'expliquer par l'influence des facteurs extrinsèques (latitude, température, nature du biotope, abondance de la nourriture, etc.) sur le comportement physiologique de cette espèce.

La présente étude a été entreprise afin de démarrer les études concernant la dynamique de *Caranx crysos* du golfe de Gabès et appliquer les modèles analytiques d'évaluation des stocks. Ceci nous permettra, en effet, de statuer sur l'état de leur exploitation et de suggérer d'éventuelles mesures d'aménagement de leurs pêcheries.

Il est actuellement admis que la préservation d'une pêcherie, par conséquent des écosystèmes exploités, ne peut être assurée que par la connaissance de la croissance, de la reproduction et de l'écologie des différentes espèces composant cette pêcherie ainsi que par l'analyse de leur exploitation. À long terme cette approche permettrait l'application des modèles écosystémiques et de prédiction des biomasses. Ceci ne peut que rationaliser l'exploitation de nos richesses nationales et conserver nos biotopes qui se trouvent de plus en plus dégradés. Les poissons

pélagiques sont des poissons migrateurs ; par suite, tout résultat sur la biologie et/ou la dynamique de ces espèces sera bénéfique aussi bien à l'échelle nationale que méditerranéenne.

REMERCIEMENTS

Nous remercions les deux relecteurs anonymes pour leurs commentaires constructifs sur notre texte.

RÉFÉRENCES

- BAGLINIÈRE, J.L., CASTANET J., CONAND, F. & MEUNIER, F.J. (1992).— Terminologie en sclérochronologie chez les vertébrés. Pp 443-447 In : J.L. Baglinière, J. Castanet, F. Conand, F.J. Meunier (eds). *Tissus durs et âge individuel des vertébrés*. ORSTOM-INRA Paris.
- BEN OTHMAN, S. (1973).— *Le sud tunisien (golfe de Gabès), hydrologie, sédimentologie, flore et faune*. Thèse de 3ème Cycle. Faculté des Sciences de Tunis, Tunisie.
- BEN SALEM, M. & KTARI, M.H. (1980).— Présentation des espèces du genre *Trachurus* (Rafinesque, 1810) et *Caranx* (Lacépède, 1801) (Poissons, Téléostéens, Carangidae) des côtes tunisiennes : Morphologie et Biologie. *Bull. Off. Natl. Pêches*, Tunisie, 4: 155-168.
- BERRY, F.H. (1965).— *Caranx crysos*. Pp 156-157 in: A.J. McClane (ed). *McClane's new standard fishing encyclopedia and international angling guide*. Holt, Rinehart, & Wiston, N.Y.
- BOUAÏN, A. (1984).— *Moronidés et Serranidés (Poissons Téléostéens) du golfe de Gabès. Écobiologie et halieutique*. Thèse, Université Tunis, Tunisie.
- BRADAI, M.N. (2000).— *Diversité du peuplement ichthyique et contribution à la connaissance des Sparidés du golfe de Gabès*. Thèse d'État, Faculté des Sciences de Sfax, Tunisie.
- BRADAI, M.N., GHORBEL, M., JARBOUI, O. & BOUAÏN, A. (1998).— Régime alimentaire de *Spondyliosoma cantharus*, *Diplodus puntazzo* et *D.vulgaris* (Teleostei, Sparidae) dans le golfe de Gabès, Tunisie. *Rapp. Comm. Int. Mer. Médit.*, 35: 380-381.
- BRADAI, M.N., QUIGNARD, J.P., BOUAÏN, A., JARBOUI, O., OUANNES-GHORBEL, A., BEN ABDALLAH, L., ZAOUALI, J. & BEN SALEM, S. (2004).— Ichtyofaune autochtone et exotique des côtes tunisiennes : recensement et biogéographie. *Cybium*, 28: 315-328.
- DAGET, J. (1972).— Lois de croissance linéaire et pondérale. Mortalité, structures démographiques. *Doc. Sc. Centre de Pointe Noire, ORSTOM*, Nlle série, 28: 21-57.
- DENIEL, C. (1984).— Relation entre l'activité reproductrice et la croissance chez les poissons plats de la baie de Douarnenez. *Cybium*, 8: 83-93.
- GHORBEL, M. (1996).— *Le Pageot commun Pagellus erythrinus (Poisson, Sparidae): Écobiologie et état d'exploitation dans le golfe de Gabès*. Thèse de Doctorat de Spécialité, Faculté de Sciences de Sfax, Tunisie.
- GOODWIN, J.M. IV. & JOHNSON, A.G. (1986).— Age, growth, and mortality of blue runner, *Caranx crysos*, from the northern Gulf of Mexico. *Northeast Gulf Sci.*, 8: 107-114.
- GULLAND, J.M. (1969).— Manuel des méthodes d'évaluation des stocks d'animaux aquatiques. 1ère partie: Analyse des populations. *Manuel des sciences aquatiques. F.A.O.*, 4: 1-160.
- HAMZA, A. (2003).— *Le statut du phytoplancton dans le golfe de Gabès*. Thèse de Doctorat en Sciences biologiques. Faculté des Sciences de Sfax, Tunisie.
- HYDROBASE (INSTM) (2006).— <http://www.instm.rnrt.tn/fr/observatoire/hydrobase.html> (site disponible sur intranet).
- LAMRINI, A. (1988).— *Les sparidés de la côte Atlantique Marocaine. Reproduction. Croissance et exploitation de cinq espèces*. Thèse de Doctorat es Sciences Naturelles, Université des Sciences et Techniques de Brest, France.
- MUNRO, J.L. (1974).— The biology, ecology, exploitation and management of Caribbean reef fishes. Scientific Report of ODA/UWI fisheries Ecology Research Project :1969-1973. Part V.m. Summary of biological and ecological data pertaining to Caribbean reef fishes. *Res. Rep. Zool. Dept. Univ. West Indies*, 3: 1-24.
- OULD MOHAMED ABDELLAHI, K. (1999).— *Systématique et biologie of Caranx rhonchus (Geoffroy Saint-Hilaire, 1817, Téléostéens; Carangidae) des côtes tunisiennes et mauritaniennes*. Thèse de Doctorat de l'Université de Tunis II, Faculté des Sciences de Tunis, Tunisie.
- PIKITCH, E.K. & DEMORY, R.L. (1988).— Assessment of scales as a means of aging dover sole. *Trans. Amer. Fish. Soc.*, 117: 345-349.
- RICKER, W.E. (1975).— Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. *Bull. Fish. Res. Board Can.*, 191: 1-382.
- SAUL, B.S., CONRAD, W.R. & MICHAEL, H.P. (1987).— Basic Fishery Science Programs: A Compendium of Microcomputer Programs and Manual of Operation. *Dev. Aquac. Fish. Sci.*, 18: 85-125.

- SLEY, A. (2010).— *Étude écobioécologique et état d'exploitation de trois espèces de Carangidae: Caranx crysos, Caranx rhonchus et Seriola dumerili du golfe de Gabès*. Thèse de Doctorat, Université de Sfax, Faculté des Science de Sfax, Tunisie.
- SLEY, A., JARBOUI, O., GHORBEL, M. & BOUAÏN, A. (2009).— Food and feeding habits of *Caranx crysos* from the Gulf of Gabes (Tunisia), *J. Mar. Bio. Association. U.K.*, 89: 1377-1382.
- SLEY, A., JARBOUI, O., GHORBEL, M. & BOUAÏN, A. (2012).— Annual reproductive cycle, spawning periodicity and sexual maturity of blue runner *Caranx crysos* (Pisces, Carangidae) from the Gulf of Gabes (Tunisia, Eastern Mediterranean), *J. Appl. Ichthyol.*, 28: 785-790.
- SPIEGEL, M.R. (1991).— *Théories et applications de la statistique*. (17^e éd.). McGraw-Hill, Paris.
- VON BERTALANFFY, L. (1938).— A quantitative theory of organic growth. Inquiries on growth laws. *Human Biol.*, 10: 181-213.
- VON BERTALANFFY, L. (1957).— Quantitative laws in metabolism and growth. *Quart. Rev. Biol.*, 32: 217-231.