

## ETUDE DE LA CROISSANCE DE LA LANGOUSTE ROUGE *PALINURUS ELEPHAS*, DANS LES EAUX TUNISIENNES

Okbi RJEIBI<sup>1 et 2</sup>; A. GAAMOUR<sup>1</sup> et H. MISSAOUTI<sup>2</sup>

<sup>1</sup>: Institut National des Sciences et Technologies de la Mer (INSTM), adresse: Institut National des Sciences et Technologies de la Mer, Port des pêches 2060 La Goulette Tunisie.

<sup>2</sup>: Institut National Agronomique de Tunisie (INAT), adresse: 43, rue Charles Nicoles 1082 cité Elmahrajen Tunis.

[okbi\\_rjeibi@yahoo.fr](mailto:okbi_rjeibi@yahoo.fr).

### المخلص

دراسة نمو جراد البحر الأحمر *Palinurus elephas*، في المياه التونسية: إن تقدير الضوابط التي تصف النمو أمر أساسي في تقييم المخزون والمحافظة عليه. تم تقييم هذه المعطيات ل *Palinurus elephas* التونسية عن طريقة تحليل تواتر الأحجام. و تمثل حاليا هذه طريقة الملاذ الوحيد. إن طريقة وضع العلامة وإعادة الصيد، وهي الأكثر استعمال في دراسة نمو القشريات الكبيرة، لأسباب مختلفة لم تفصح عن نتائج مرضية. تم تطبيق برنامج ELEFAN I لتقدير  $LC_{\infty}$ ،  $K$ ،  $t_0$ ،  $C$  و  $WP$ ، وهي على التوالي حوالي 155,84 ملم، 0,22 سنة<sup>-1</sup>، -0,25 سنة، 0,3 و 0,5 عند الإناث وحوالي 201,56، 0,16 سنة<sup>-1</sup>، -0,27 سنة، 0,3 و 0,5 عند الذكور. وقد جرت عملية وصف النمو بنموذج Von Bertalanffy مع وبدون موسمية النمو. ويمكن القيام تمثيل رسومي للنمو ذات تدرج مع الأخذ في الاعتبار كلا من النمو النسبي (خلال طرح القشرة) والمطلق نموذج النمو التي وصفها Von Bertalanffy. يجب أن توفر البيانات المقدمة هنا نقطة انطلاق مفيدة لتقييم حالة التنمية واستغلال وإدارة المخزون *Palinurus elephas* في المياه التونسية، التي تمثل موارد بحرية حية ذات صبغة اجتماعية واقتصادية هامة للغاية ويمكن أن يؤدي ضغط الصيد الجائر إلى الاستغلال المفرط.

**الكلمات المفتاحية:** *Palinurus elephas*، تقييم المخزون، النمو، موسمية النمو، Von Bertalanffy، طريقة وضع العلامة - إعادة الصيد، ELEFAN I.

### RESUME

L'étude la croissance est fondamentale dans l'évaluation d'un stock et sa gestion. Ceux-ci ont été estimés pour *Palinurus elephas* tunisienne par la méthode de l'analyse des fréquences de taille. Actuellement, cette méthode est notre seule recours. La méthode de marquage-recapture, la plus conseillée dans l'étude de la croissance chez les grands crustacés, n'a pas donné pour différentes raisons des résultats satisfaisants. Le programme ELEFAN I a été appliqué pour estimer  $LC_{\infty}$ ،  $K$ ،  $t_0$ ،  $C$  et  $WP$ . Ils sont respectivement de l'ordre de 155,84 mm de  $LC$ ، 0,22 ans<sup>-1</sup>، -0,25 ans، 0,3 et 0,5 chez les femelles et de l'ordre de 201,56 mm de  $LC$ ، 0,16 ans<sup>-1</sup>، -0,27 ans، 0,3 et 0,5 chez les mâles. La modélisation a été réalisée par le modèle de Von Bertalanffy avec et sans saisonnalité de la croissance. Une représentation graphique de la croissance en escalier a pu être effectué en tenant compte à la fois de la croissance relative (lors de la mue) et de la croissance absolue décrite par le modèle de Von Bertalanffy. Les données présentées ici devraient fournir un point de départ utile pour l'évaluation de l'état d'exploitation, l'aménagement et la gestion du stock de *Palinurus elephas* dans les eaux tunisiennes, une ressource marine vivante socio-économiquement très importante qui subit une pression de pêche excessive pouvant entraîner sa surexploitation.

**Mots-clés:** *Palinurus elephas* ; évaluation ; stock ; croissance ; saisonnalité de la croissance ; Von Bertalanffy ; marquage-recapture ; ELEFAN I.

### ABSTRACT

**The evaluation of the growth parameters is fundamental in the stock assessment and its management:** These have been estimated for *Palinurus elephas* by the size frequencies analysis method. The method of marking-recaptures, the more counseled in the growth survey for big crustaceans, didn't give for different reasons a satisfactory results. ELEFAN I program was applied to estimate  $LC_{\infty}$ ،  $K$ ،  $t_0$ ،  $C$  and  $WP$ . They are respectively 155,84 mm of  $LC$ ، 0,22 year<sup>-1</sup>، -0,25 years، 0,3 and 0,5 for females and 201,56 mm of  $LC$ ، 0,16 year<sup>-1</sup>، -0,27 years، 0,3 and 0,5 for males. The modeling was achieved by the model of Von Bertalanffy with and without seasonality of the growth. A graphic representation of the growth in staircase has been done according to the relative growth (during molt) and the absolute growth described by the model of Von Bertalanffy. The data presented here provide a useful starting point for the assessment and the management of *Palinurus elephas* stock in Tunisian waters. This resource socioeconomically very important undergoes an excessive fishing which can cause its overexploitation.

**Keywords:** *Palinurus elephas*; stock assessment; growth; growth seasonality; Von Bertalanffy model; marking-recapture; ELEFAN I.

### INTRODUCTION

La langouste rouge *Palinurus elephas* (Fabricius, 1787) est un crustacé des zones tempérées, il est

rencontré au voisinage des fonds rocheux et des récifs coralligènes à des profondeurs inférieures à 200 m (Goñi et Latrouite, 2005). Sa répartition, liée à des exigences trophiques et environnementales très

strictes, est limitée à des petites aires du globe (Marin, 1987). Dans les différents pays méditerranéens, l'exploitation de la langouste rouge est régie par des périodes de pêche, par la taille minimale de capture et par l'interdiction de la pêche des femelles grainées. Cette réglementation est le résultat de l'état de surexploitation que connaît la quasi-totalité des stocks de l'espèce. L'exploitation intense de la langouste rouge est liée à sa valeur marchande très élevée (Quetglas *et al.*, 2003). Dans les eaux tunisiennes, chaque année, environ 140 barques de pêche côtière et 700 pêcheurs s'engagent à pêcher la langouste. Pour remédier à cette surexploitation et assurer la durabilité des pêcheries de la langouste rouge, il paraît indispensable d'étudier les paramètres biologiques (Gulland, 1969 ; Rotschild, 1986) notamment ceux relatifs à la croissance.

L'estimation des paramètres qui décrivent la croissance est fondamentale dans l'évaluation d'un stock et sa gestion (Hilborn et Walters 1992). Ces paramètres sont utilisés dans l'analyse du rendement par recrue, l'estimation de la biomasse féconde, la relation stock-recrutement et la distribution en âge de la capture (Hilborn et Walters 1992).

L'étude de la croissance est une action délicate en halieutique. Pour parvenir à ses fins, chaque biologiste des pêches essaye toujours de trouver la méthode qui s'adapte le mieux au cas qui l'intéresse; aussi bien pour l'obtention des données de base, c'est à dire les données taille-âge, que pour le choix du modèle décrivant la relation entre ces deux variables. Il existe plusieurs modèles mathématiques pour exprimer la croissance. Le modèle de Von Bertalanffy (1938) reste le plus utilisé (Hilborn et Walters, 1992). Ce modèle a été si utilisé dans les études de la croissance de différentes espèces qu'il devient un modèle standard par lequel la croissance entre populations et espèces peut être comparée (Dall *et al.*, 1990 ; Wahle et Fogarty, 2006). Ce modèle possède l'avantage de bien décrire la croissance dans l'intervalle des données observées et il est facilement incorporable dans les modèles de production (Gaamour, 1999). Ce modèle a été choisi pour la modélisation de la croissance de la langouste rouge tunisienne *Palinurus elephas*.

Chez les crustacés en général et en absence de structures dures, deux approches sont généralement utilisées pour obtenir les données taille-âge :

- Marquages et recaptures : ils peuvent donner de bons résultats lorsque l'espèce et son environnement s'y prêtent. Toutefois, il existe toujours une incertitude qui subsiste sur la croissance et qui est liée à l'effet du stress provoqué par la pose de la marque.
- Analyse des structures des tailles : elle est toujours délicate. Même avec l'aide des techniques statistiques les plus performantes, l'analyse visant à la séparation des différentes composantes d'une distribution de

taille est souvent faite avec une interprétation plus ou moins subjective. Pour cette raison, l'emploi des méthodes d'analyse des tailles a été souvent discuté. Cependant et malgré tout, ces méthodes restent très utilisées dans l'étude de la croissance chez les crustacés. Elles constituent souvent le seul recours ou elles sont les plus faciles à mettre en œuvre.

Dans ce cadre et afin d'estimer les paramètres de croissance de la langouste rouge tunisienne, les deux méthodes ont été essayées. Mais, la méthode de marquage et recapture pour différentes raisons n'a pas donné de résultats satisfaisants. Donc, seule la deuxième méthode a été adoptée et les résultats ont été présentés dans le présent manuscrit.

## MATERIEL ET METHODES

### Milieu d'étude et Echantillonnage

En Tunisie, la langouste est pêchée dans la région nord du pays qui s'étend sur environ 115 miles marin soit de l'ordre de 33% de l'ensemble des côtes tunisiennes. Cette région est limitée à l'Ouest et à l'Est respectivement par les méridiens 8°40'E et 11°20'E et au Nord par la parallèle 38°50'N (Fig.1).

Les mesures et la collecte des données de tailles (longueur de la carapace, LC) pour cette étude ont été réalisées sur les barques lors des campagnes de pêche expérimentale, au port de pêche lors du débarquement et dans les viviers d'exportations des langoustes. L'échantillonnage a été effectué durant la période mars à octobre de chaque année de 2001 à 2006. Afin d'être analysée, les données fréquence-taille ont été arrangées par sexe et par classe de taille de 5 mm de LC.

### Analyse des données

Basées sur les travaux de Petersen (1892), plusieurs méthodes d'analyses des données des fréquences de taille basées ont été établies dans les études de la croissance.

Dans le présent travail, les méthodes d'analyse qui ont été utilisées sont comme suit : l'estimation de la longueur maximale (Formacion *et al.*, 1991), la courbe de Powell-Wetherall (Powell, 1979 ; Wetherall, 1986), la méthode de Bhattacharya (1967), la méthode de NORMSEP (Pauly et Caddy, 1985) et ELEFAN I (Pauly, 1982 ; Pauly et David, 1981 ; Pauly et Morgan 1987). Les analyses ont été effectuées au moyen du logiciel « FiSAT II » : outils d'évaluation des stocks de la FAO-ICLARM. Les principes, les paramètres, les variables d'entrée, les démarches à suivre et les paramètres de sortie de ces modèles, ont été expliqués en détails et illustrés dans le guide du logiciel (Gayanilo *et al.*, 2005).

Les quatre premières méthodes permettent une estimation de  $LC_{\infty}$  ou d'un couple  $LC_{\infty}$ -K. La dernière méthode ELEFAN I permet d'une part d'estimer  $LC_{\infty}$ , K, C et WP et d'autre part d'affiner

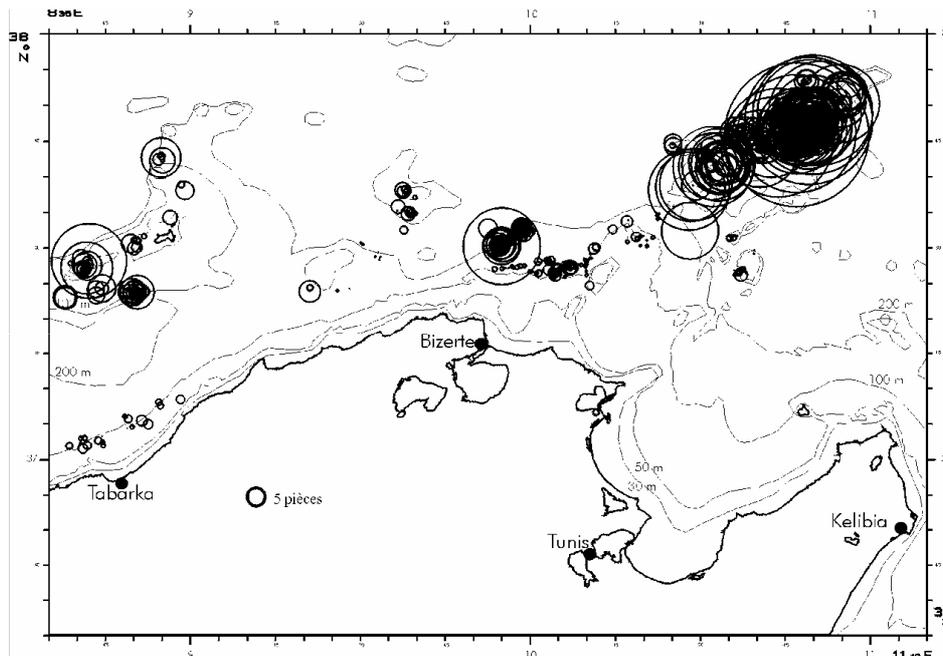


Figure 1 : Carte de la répartition géographique de la langouste rouge en Tunisie.

les résultats de  $LC_{\infty}$  et  $K$  obtenues dans les autres routines par l'identification de la courbe de croissance qui "s'ajuste le mieux" à l'ensemble des données de fréquence de taille, en utilisant la valeur de  $R_n$  comme critère. La valeur maximale de celle-ci correspondant à la meilleure combinaison entre  $LC_{\infty}$  et  $K$ . Dans ELEFAN I, les données sont reconstruites pour produire des "pics" et des "creux", et la robustesse d'un bon indice ( $R_n$ ) est définie par :

$$R_n = 10^{(ESP/ASP)/10} \text{ (éq.1)}$$

Où les ASP ("Somme Disponible des Pics ") sont calculés en additionnant les "meilleures" valeurs des "pics" identifiés et les ESP ("Somme Expliquée des Pics") sont calculés en additionnant tous les pics et creux présentés par l'oscillation saisonnière de la courbe de Von Bertallaffy (Pauly et Gaschulz, 1979) de la forme :

$$LC_t = LC_{\infty} (1 - \exp^{-K(t - t_0) + S_{ts} + S_{t_0}}) \text{ (éq.2)}$$

$$\text{Où } S_{ts} = (CK/2\pi) \sin(2\pi(t - t_s))$$

$$S_{t_0} = (CK/2\pi) \sin(2\pi(t_0 - t_s))$$

$LC_t$  est la longueur de la carapace au temps  $t$   
 $t_s$  définit le début de l'oscillation ; avec  $t_s = WP - 0,5$ .

A la fin de l'analyse, un seul couple de  $LC_{\infty}$  et  $K$  est retenue. Pour  $t_0$ , il est calculé à partir de l'équation inversé de Von Bertalanffy :

$$t - t_0 = [\ln(LC_{\infty}) - \ln(LC_{\infty} - LC_t)]/K \text{ (3)}$$

$K$  et  $LC_{\infty}$  étant déjà connus, si on connaît pour une taille  $LC_t$  donnée l'âge correspondant  $t$ , on peut avoir une estimation de  $t_0$ . La longueur 8,5 mm de  $LC$  a été utilisée comme valeur d'entrée. C'est la longueur de la phase post-juvénile ; l'âge 0 de la vie de l'espèce (Marin, 1987).

Comme il existe chez la langouste un dimorphisme sexuel externe, l'étude de la croissance

a été effectuée à sexe séparé. Les paramètres de croissance ( $LC_{\infty}$ ,  $K$ ,  $t_0$ ) et les paramètres de saisonnalité ( $C$  et  $WP$ ) ont pu être estimés chez les femelles et les mâles de la langouste tunisienne. La différence entre les deux relations taille-âge ainsi établies chez les deux sexes a été testée par l'application de l'analyse de la covariance à la comparaison de deux droites de régression (Snedecor et Cochran, 1989 ; Sokal et Rohlf, 2000). L'idée de ce test est que deux droites de régression peuvent être différentes dans leur variance résiduelle, dans leur pente ou dans leur ordonnée à l'origine. Les deux régressions sont obtenues de la transformation logarithmique des deux équations de croissance des deux sexes. L'approche la plus commode est de comparer en premier la variance résiduelle, puis la pente et en fin l'ordonnée à l'origine.

Dans la première étape, les carrés moyens résiduels (MC1 et MC2) par échantillon sont calculés et comparés par un test bilatéral de  $F$  (Snedecor et Cochran, 1989). Si  $F$  calculé est inférieure à  $F_{(\alpha/2, d11/d12)}$ , les carrés moyens résiduels ne présentent pas une différence significative.

Si l'homogénéité de la variance est vérifiée, on compare les pentes ou les coefficients de la régression 'b' puis l'ordonnée à l'origine 'a' avec le test  $F$ . La différence est non significative si  $F$  calculé est inférieure à la  $F$  théorique respectivement :  $F_{(1, (d11+d12))}$  et  $F_{(1, (N-ngpe-1))}$ .

Afin de comparer les paramètres de croissance estimés dans ce travail à ceux des autres travaux sur *Palinurus elephas*, l'indice de performance de croissance  $\Phi'$  (Pauly et Munro, 1984) a été calculé selon l'équation :

$$\Phi' = \log_{10}(K) + 2 \cdot \log_{10}(LC_{\infty}) \text{ (4)}$$

Cette équation est introduite comme routine dans « FiSAT II », l'interface renferme juste des champs pour saisir  $LC_{\infty}$  et  $K$ , et ainsi  $\Phi'$  est calculée.

## RESULTATS

Les distributions des fréquences de taille de la langouste rouge tunisienne ont été collectées durant cinq années d'échantillonnage. Ces tailles sont rangées entre 57,1 et 155 mm de LC chez les femelles et entre 46 et 195 mm de LC chez les mâles.

### 1. Estimation de $LC_{\infty}$ et $K$

L'analyse des fréquences de taille a permis d'estimer cinq couples de paramètres de croissance  $LC_{\infty}$  et  $K$  correspondant aux cinq méthodes utilisées (Tab. I).

La meilleure combinaison entre les paramètres de croissance ainsi obtenues a été testée par la routine ELEFAN I sans oscillation saisonnière. Les meilleurs couples qui ont été retenues sont comme suit :  $LC_{\infty}$  : 155,84 mm de LC et  $K$  :  $0,22 \text{ an}^{-1}$  chez les femelles et  $LC_{\infty}$  : 201,56 mm de LC et  $K$  :  $0,16 \text{ an}^{-1}$  chez les mâles. Leurs  $R_n$  sont respectivement de l'ordre de 0,257 et 0,262 correspondant à l'ajustement de la courbe de croissance à l'ensemble des données de fréquence de taille restructurées comme il a été représenté dans la figure 2.

Les paramètres  $C$  (coefficient de modulation) et  $WP$  (point hivernal) ont été variés de 0 à 1 dans la routine « ELEFAN I » (avec oscillation saisonnière) en choisissant le couple élu  $LC_{\infty}$ - $K$  du paragraphe précédent comme valeur initiale d'étirement. La meilleure combinaison a été testée pour des valeurs de  $C$  et  $WP$  respectivement de l'ordre de 0,3 et 0,5 de même chez les deux sexes avec des  $R_n$  égale à 0,261 (chez les femelles) et 0,262 (chez les mâles). Les valeurs de  $LC_{\infty}$  et  $K$  qui en ont résulté sont les mêmes que le paragraphe précédent sans oscillation saisonnière. L'ajustement de la courbe de croissance à l'ensemble des données de fréquence de taille restructurées a été représenté dans la figure 3.

### 2. Estimation de $t_0$ et de $\Phi'$

Les valeurs de  $LC_{\infty}$  et  $K$  estimées ont été substituées dans les équations 3 et 4,  $t_0$  et  $\Phi'$  ont pu être estimés. Les valeurs ont été groupées dans le tableau II. Les estimations de  $t_0$  ne sont valables que sous réserve que le modèle de Von Bertalanffy décrive l'intégralité de la croissance de la phase benthique de la langouste rouge.

### 3. Forme de l'équation de croissance sans les paramètres de saisonnalité

L'expression de l'équation de croissance de Von Bertalanffy chez la langouste rouge en Tunisie peut s'écrire sous les formes suivantes :

Chez les femelles :  $LC_t = 155,84 * (1 - e^{-(0,22 * (t + 0,25))})$

Et chez les mâles :  $LC_t = 201,56 * (1 - e^{-(0,16 * (t + 0,27))})$

A partir de ces deux équations, la relation âge-longueur de cette langouste a été établie pour chacun des deux sexes et les courbes de croissance des femelles et des mâles ont été tracées (Fig. 4). Dans la phase adulte, les individus de taille supérieure ou égale à la taille de la première maturité sexuelle (75,5 mm de LC chez les femelles et 85,19 mm de LC chez les mâles correspondant à l'âge de 3 ans), la croissance des femelles est inférieure à celle des mâles.

La différence de la relation taille-âge entre les femelles et les mâles matures a pu être testé par une forme particulière de l'analyse de la covariance (ANCOVA) et les résultats ont été groupés dans le tableau IV.

Les carrés moyens résiduels  $MC_2 = 94,52$  et  $MC_1 = 35,33$  ont été comparés par un test bilatéral de  $F$ ,  $F_{(0,05/2,10,15)} = 2,67$ . Les carrés moyens résiduels ne présentent pas une différence significative. L'homogénéité de la variance a été vérifiée.

Dans la comparaison des pentes,  $F_{(1, 25)}$  calculé est égale à 0,7 et elle est inférieure à la  $F_{th} = 3,84$ . La différence entre les pentes est non significative.

Dans la comparaison des ordonnées à l'origine,  $F_{(1, 26)}$  calculé est égale à 32,70 et elle est supérieure à la  $F_{th} = 3,84$ . La différence entre les ordonnées à l'origine est significative.

L'analyse de la covariance a montré qu'il y a une différence significative de la relation taille-âge entre les femelles et les mâles matures de la population tunisienne.

### 4. Forme de l'équation de croissance avec les paramètres de saisonnalité

Durant cette étude, la croissance de la langouste rouge a été aussi décrite par le modèle de Von Bertalanffy modifié par les paramètres de la saisonnalité et les expressions des équations sont de la forme :

Chez les femelles :

$$LC_t = 155,84 * (1 - e^{[-(0,22 * (t + 0,25)) + (0,3 * (0,22/2\pi) * \sin 2\pi * (t))])}$$

Chez les mâles :

$$LC_t = 201,56 * (1 - e^{[-(0,16 * (t + 0,27)) + (0,3 * (0,16/2\pi) * \sin 2\pi * (t))])}$$

Ces deux équations sont représentées par des courbes en escaliers. Sur celles-ci, les segments verticaux représentent la croissance à la mue et les segments horizontaux symbolisent le temps moyen qui s'écoule entre deux mues successives.

Afin d'établir la courbe de croissance en escaliers, certaines données utilisables sur la croissance à la mue et la durée de l'intermue ont été réunies pour la langouste rouge tunisienne grâce à une expérience de l'étude du phénomène de la mue chez des langoustes en captivité. Entre autre, cette expérience n'a pas permis d'observer l'accroissement à la mue et la durée d'intermue chez toutes les classes de tailles de la population tunisienne.

Tableau I : Les différentes estimations de  $LC_{\infty}$  et  $K$  par méthodes d'analyse chez les femelles et les mâles de la langouste rouge tunisienne.

Méthodes d'analyse	Femelles		Mâles	
	$LC_{\infty}$ (en mm)	$K$ ( $an^{-1}$ )	$LC_{\infty}$ (en mm)	$K$ ( $an^{-1}$ )
Longueur maximale estimée	157,47	0,24	194,48	0,2
La courbe de Powell-Wetherall	157,92	0,26	201,56	0,16
La méthode de Bhattacharya	156,59	0,23	218,73	0,2
la méthode de NORMSEP	155,44	0,3	201	0,14
ELEFANI <sup>a</sup>	155,84	0,3	209,9	0,15

<sup>a</sup> : Afin de garder à peu près les mêmes paramètres d'entrée pour les différentes approches, l'estimation a été réalisée pour des valeurs de  $C$  et  $WP$  nulles

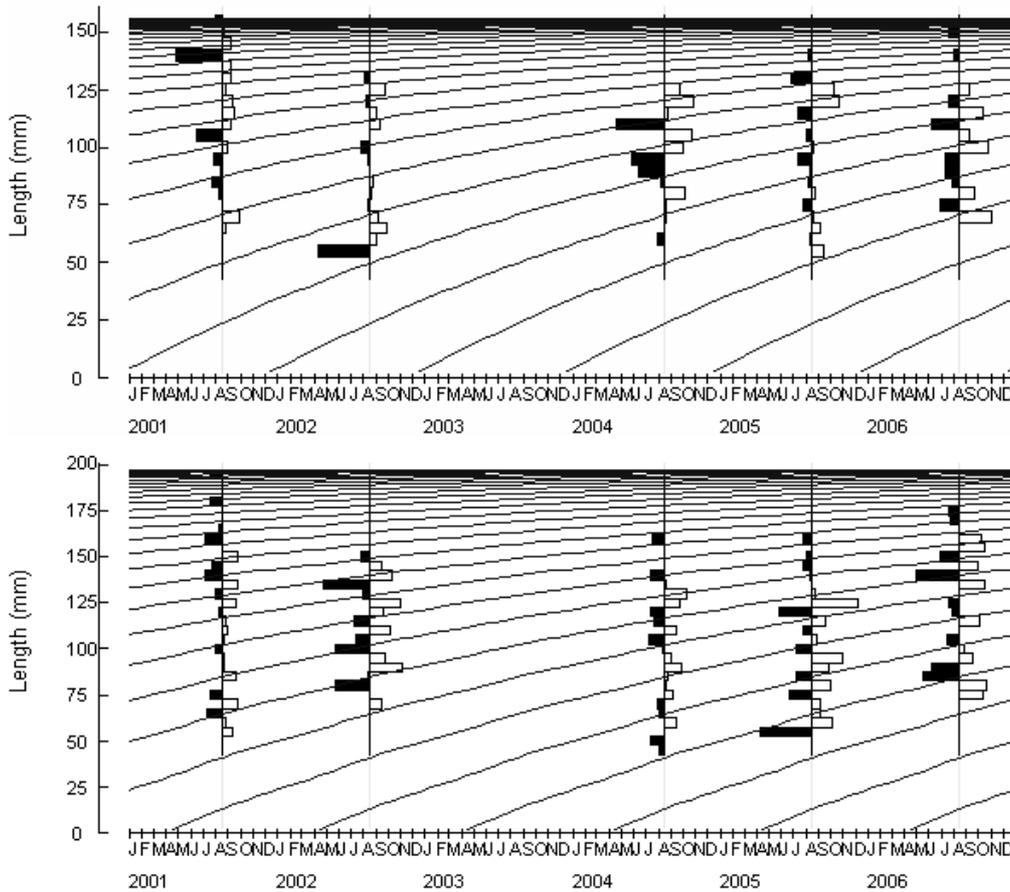
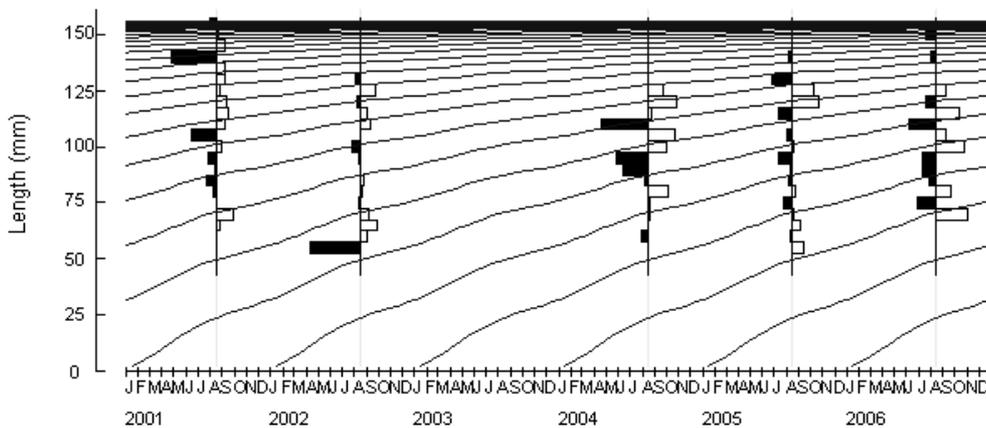


Figure 2: Courbes de croissance chez les femelles (en haut) et chez les mâles (en bas) de *Palinurus elephas* superposées sur les données des fréquences de taille (sans oscillation saisonnière) en Tunisie.



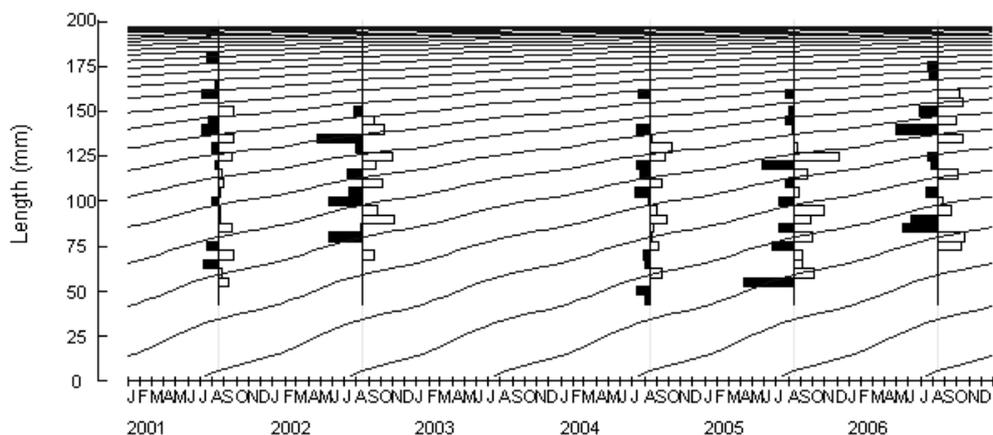


Figure 3: Courbes de croissance chez les femelles (en haut) et chez les mâles (en bas) de *Palinurus elephas* superposées sur les données des fréquences de taille (avec oscillation saisonnière) en Tunisie.

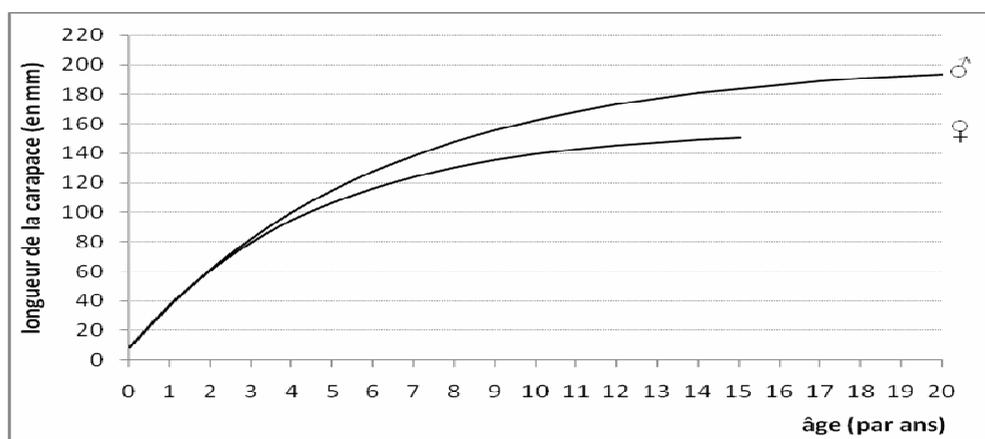


Figure 4 : Courbes de croissance de Von Bertalanffy chez les femelles et les mâles de *Palinurus elephas* tunisienne.

Tableau II : Les valeurs de  $t_0$  et de l'indice de performance de croissance  $\Phi'$  estimées chez les femelles et les mâles de la langouste rouge tunisienne.

	Femelles	Mâles
$t_0$	-0,25	-0,27
$\Phi'$	3,728	3,813

Tableau III : Les paramètres de l'équation de croissance de Von Bertalanffy de *Palinurus elephas* correspondant à différentes méthodologies et régions.

Région	Sexe	Paramètres de Von Bertalanffy			$\Phi'$	Méthode
		$LC_\infty$	K	$t_0$		
Corse (Marin, 1987)	Mâle	166,00	0,15	-0,348	-	Marquage-recapture
	Femelle	136,00	0,18	-0,342	-	
Sardaigne (Follesa et al.2007)	Mâle	167,90	0,13	-0,399	3,564	Marquage-recapture
	Femelle	120,20	0,21	-0,349	3,482	
Nord Tunisie (présente étude)	Mâle	201,56	0,16	-0,270	3,813	Analyse des fréquences
	Femelle	155,44	0,22	-0,250	3,728	

Tableau IV : Comparaison de la relation taille-âge entre les femelles et les mâles matures de *Palinurus elephas* tunisienne ; analyse de la covariance de la régression.

Source de variation	dl	SC <sub>x</sub>	SP <sub>xy</sub>	SC <sub>y</sub>	Coeff. Reg. (b)	Déviation de la régression		
						dl	SC	MC
Group1	11	143	677.5	3563.16	4.73	10	353.33	35.33
Group2	16	408	2212.5	13415.73	5.42	15	1417.80	94.52
<b>Σ des groupes</b>						25	1771.13	70.84
<b>Entre les b</b>						1	49.68	49.68
<b>Groupé, D (dans un groupe)</b>	27	551	2890	16978.90	5.24	26	1820.82	70.03
<b>Moyennes ajustées</b>						1	2290.36	2290.36
<b>Entre, E (entre les groupes)</b>	1	43.96	560.34	7141.64		0	0	
<b>D+E (Totale)</b>	28	594.96	3450.34	24120.55		27	4111.19	
<b>Comparaison</b>								
<b>des ordonnées à l'origine: F=</b>				32.70		dl= 1,26	<b>p&lt;0,001</b>	
<b>Comparaison des pentes: F=</b>				0.70		dl= 1,25	<b>p&gt;0,50</b>	

Avec dl : degré de liberté, SC<sub>x</sub> : somme carrée des x, SC<sub>y</sub> : somme carrée des y, SP<sub>xy</sub> : somme des produits, b<sub>1</sub> et b<sub>2</sub> : coefficient de régression, n<sub>gpe</sub> : nombre des groupes, SC et MC sont respectivement la somme des carrés et la moyenne des carrés de la déviation de la régression. SC et MC sont calculé par ligne (source de variation) selon les formules :  $SC = SC_y - (SP_{xy})^2 / SC_x$  et  $MC = SC / dl$   
 $N = n_1 + n_2$   $b_D = (SP_{1xy} + SP_{2xy}) / (SC_{1x} + SC_{2x})$   $z = (N - n_{gpe} - 1) - (dl_1 + dl_2)$   
 Calcul de F : comparaison des moyennes des carrés résiduels : test bilatéral de F = MC<sub>1</sub>/MC<sub>2</sub> comparé à la F-table d'un test bilatéral : F<sub>(α/2, n1-2, n2-2)</sub> Comparaisons des pentes: F = MC<sub>y</sub> / (MC<sub>1</sub>+MC<sub>2</sub>) Comparaisons des ordonnées à l'origine: F = ((SC<sub>D+E</sub> - SC<sub>D</sub>)/z) / MC<sub>D</sub>

Toutefois, Marin en 1987 a pu grâce à l'expérience du marquage et recapture de rétablir la relation fréquence de mue-âge et la relation durée de l'intermue-âge, ces relations sont comme suit :  
 Relation entre fréquence de mue (Nm) et âge :  
 Chez les femelles :  $Nm = 4,53 * e^{(-0,17 * t)}$   
 Chez les mâles :  $Nm = 3,60 * e^{(-0,14 * t)}$   
 Relation entre durée d'intermue (DIM) et âge :

Chez les femelles :  $DIM = 2,64 * e^{(0,17 * t)}$   
 Chez les mâles :  $DIM = 3,35 * e^{(0,13 * t)}$   
 En se basant sur les observations aux laboratoires et les relations établies par Marin (1987), la courbe de croissance en escaliers a pu être réalisée chez les femelles et chez les mâles de la langouste rouge tunisienne (Fig. 5).

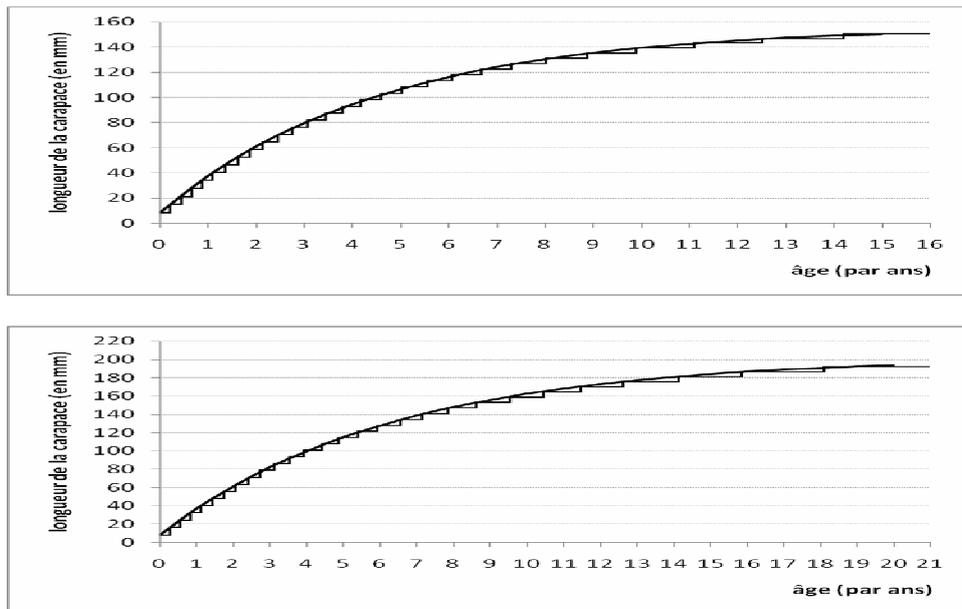


Figure 5 : Courbe de croissance en escaliers chez les femelles (en haut) et chez les mâles (en bas) de la langouste rouge tunisienne, la courbe continue est selon le modèle de Von Bertalanffy.

## DISCUSSIONS

Chez les crustacés en général comme il a été indiqué dans l'introduction à ce manuscrit, deux types de méthodes sont généralement utilisées pour obtenir les données taille-âge :

1) la méthode de marquages-recaptures, elle a été utilisée dans les études de croissance de *Palinurus elephas* méditerranéenne (Marin, 1987 ; Follesa et al., 2007)

2) la méthode d'analyse des structures de taille, elle a été utilisée chez plusieurs espèces de langouste (Gonzalez-Cano et Rocha, 1996 ; Skewes et al., 1997 ; Coutures et Chauvet, 2002). Chacune de ces deux approches a ses avantages et ses inconvénients (Montgomery et al., 2009).

La méthode de marquages-recaptures est la plus conseillée des deux méthodes préinscrites précédemment dans l'étude de la croissance chez les grands crustacés (Marin, 1987). Dans la littérature, certains auteurs déconseillent même l'utilisation de la deuxième approche (Marin, 1987 ; Phillips et al., 1992 ; Punt et al., 2006 ; Ehrhardt, 2008). Chez ces décapodes à croissance lente et à grande longévité, le ralentissement de la croissance avec le vieillissement fait que le gain de taille d'une année à une autre est très tôt inférieur à la dispersion des tailles dans une classe d'âge. Il est, pour cette raison, très difficile de suivre les modes dans l'évolution des distributions des fréquences de taille ou moins durant la phase adulte de l'animal (Marin, 1987).

Donc au début de ce travail, des opérations de marquage de langoustes ont été réalisées. Les individus ont été marqués individuellement avec des marques plastiques numérotées de type «T-bar tag» (le même type de marque utilisée lors des autres études de croissance de la langouste rouge méditerranéenne). Cette expérience n'a pas donné des résultats satisfaisants. Par comparaison avec les autres travaux, les raisons qui ont pu causer cet échec sont : 1) notre échantillon est formé surtout d'individus de petite taille, inférieure à la taille réglementaire ce qui a augmenté le taux de la mortalité naturelle. 2) la méthode de marquage-recapture nécessite un effectif élevé. Marin en 1987 a marqué dans les eaux corses 8000 individus durant une longue période de 10 ans. Il n'a pu recapturer que 340 individus et il n'a gardé pour son étude que 280 individus, 3) la baisse de la productivité de la profession a fait qu'elle est de moins en moins coopérative et compréhensive à notre travail et à la recherche en général. Bien qu'on a fait une campagne de sensibilisation et d'encouragement avant et durant l'expérience de marquage, les langoustes marquées et capturées ne sont pas signalées dans la plupart.

Actuellement, le deuxième type d'approche a constitué donc notre seul recours pour estimer les paramètres de croissance de la langouste rouge

tunisienne. La connaissance, même approximative, de la croissance moyenne individuelle des espèces exploitées est une donnée de base pour l'étude de la dynamique des populations. Elle permet une meilleure compréhension de l'évolution des stocks en fonction des modifications apportées dans leur exploitation.

Les méthodes basées sur les fréquences de taille deviennent importantes quand les techniques d'âgeage (ou les approches directes) ne sont pas possibles ou sont trop chères à réaliser (Wang et Ellis, 2005). En outre même s'il est difficile de séparer entre les modes des distributions visuellement, en utilisant des logiciels statistiques appropriés, ces méthodes permettent de donner des résultats statistiquement valables (Wahle et Fogarty., 2006). Les logiciels statistiques MIX (MacDonald et Pitcher, 1979), MULTIFAN (Tuck et al., 1997) et ELEFAN sont de très bons exemples (Wahle et Fogarty., 2006). Dans la présente étude, c'est ELEFAN qui a été choisi. Dans la littérature chez les crustacés, il est le plus communément utilisé parmi les trois.

ELEFAN permet l'estimation des paramètres de croissance par une projection directe de données de fréquence-taille sans traduire auparavant l'échelle de longueur en échelle d'âge (Gayanilo et al., 2005). La différence principale d'ELEFAN avec les autres approches qu'elle peut utiliser comme point de départ les paramètres de saisonnalité (C et WP), qui peuvent ainsi être identifiés, et correspondent mieux à la nature de la croissance de l'espèce. ELEFAN a été intégré comme routine dans le logiciel d'analyse des pêcheries FiSAT désigné par « ELEFAN I » ce qui a facilité son application.

Dans FiSAT, ELEFAN I permet aussi d'utiliser des valeurs de K et  $LC_{\infty}$  estimées par d'autre approche et d'en déduire la meilleure combinaison. Cette routine est mieux appliquée quand  $LC_{\infty}$  a été estimé en utilisant une autre méthode (Gayanilo et al., 2005). Dans FiSAT, d'autres méthodes qui ont le même but ont été intégrées comme : l'estimation de la longueur maximale (Formacion et al., 1991), la courbe de Powell-Wetherall (Powell, 1979 ; Wetherall, 1986), la méthode de Bhattacharya (1967), et la méthode de NORMSEP (Pauly et Caddy, 1985). Toutes les routines ont été utilisées donnant ainsi cinq estimations de  $LC_{\infty}$  et K. Puis, un seul couple  $LC_{\infty}$ -K a été retenu en utilisant l'application recherche automatique de ELEFAN I.

La méthode de Bhattacharya et la méthode de NORMSEP ont été déconseillées pour la langouste rouge comme pour les grands crustacés vu qu'elles sont basées sur la décomposition de la distribution des structures de taille en structures d'âge. Mais, elles ont été utilisées dans notre travail parce qu'elles ont donné des résultats cohérents avec la biologie de l'espèce mais sous réserve qu'elles ne sont pas biaisées par les biais d'échantillonnage et que leur

résultats ne sont pas directement utilisés pour la langouste rouge. Ils sont injectés dans la routine ELEFAN I.

La fonction mathématique de Von Bertalanffy a été utilisée pour la langouste rouge tunisienne communément aux autres travaux sur la croissance chez cette espèce (Marin, 1987 ; Follesa et al., 2007) et chez d'autres espèces de langouste (Wahle et Fogarty, 2006). Mais, certains auteurs se sont posés la question sur le fait que le modèle de Von Bertalanffy serait-il la meilleure modélisation de la croissance en toute occasion? Leur argument qui leur donnait raison est la discontinuité de la croissance et l'importance d'incorporer la variabilité individuelle dans la croissance (Knight, 1968 ; Sainsbury, 1979 ; Schnute, 1981 ; Montgomery et al., 2009). Mais, on se demande si ce biais est si important en égard à l'étalement de la période de mue ainsi qu'à la variabilité des tailles pour une classe d'âge donnée (Marin, 1987). Des tentatives ont été réalisées afin de remédier à cette limitation par l'incorporation de la croissance individuelle (Skewes et al., 1997 ; Frisch, 2007), en essayant des fonctions alternatives (Quinn et Deriso, 1999) et en ajustant le modèle de Von Bertalanffy séparément à différentes phases de la vie du stock (Hearn et Polacheck, 2003 ; Tracey et Lyle, 2003). Toutefois, comme il a été indiqué dans l'introduction à ce manuscrit, le modèle de Von Bertalanffy reste toujours le plus important à appliquer vu qu'il est si utilisé dans les études de croissance des espèces qu'il devient un standard dans les comparaisons de la croissance entre les populations et les espèces (Dall et al., 1990 ; Wahle et Fogarty, 2006).

Inspiré de la troisième alternative (celle de Hearn et Polacheck, 2003 ; Tracey et Lyle, 2003), la modélisation de la croissance a été effectuée pour la langouste rouge tunisienne dans sa phase exploitée. Cette étude permettra au moins de rassembler des données sur la croissance de la phase exploitable qui seront primordiales dans l'évaluation de l'état d'exploitation et la gestion de l'espèce. Ceci a été effectué aussi par Marin (1987) pour la langouste rouge de Corse.

Les paramètres de l'équation de croissance de Von Bertalanffy  $LC_{\infty}$  et  $K$  ont été estimés par ELEFAN I. Concernant  $t_0$ , il a été calculé à partir de l'équation inversé de Von Bertalanffy ayant comme valeurs d'entrées  $LC_{\infty}$ ,  $K$  et un couple de LC-âge correspondant connu. Chez les Palinuridae, l'âge 0 est considéré comme celui du post-juvénile. Cette forme est en effet, au terme de la vie larvaire, la première à avoir la morphologie, la coloration et les mœurs de la langouste (Marin, 1987). Les post-juvéniles sont des formes très rarement observées et capturées chez *Palinurus elephas*. Marin (1987) a eu la chance de découvrir deux spécimens en parfaite état dans l'estomac de deux rascasses brunes

*Scorpaena porcus*. La taille moyenne de ces post-juvéniles est de l'ordre de 8,5 mm de LC. Actuellement, cette phase n'a pas été capturée pour la langouste rouge tunisienne. Donc, la longueur moyenne trouvée par Marin en 1987 a été utilisée durant notre travail. Cette longueur a été utilisée pour estimer  $t_0$  dans les travaux sur la croissance de la langouste rouge (Marin, 1987 ; Follesa et al., 2007).

L'estimation de  $t_0$  a été basée sur 2 observations, mais au moins les post-juvéniles observés en Corse sont conformes à ceux décrits par Bouvier (1940) pour le Sud des Îles Britanniques et par Santucci (1926, in Marin, 1987) pour le sud de la Mer Tyrrhénienne. Durant la présente étude, la modélisation de la croissance a été effectuée pour la langouste rouge dans sa phase adulte, l'influence de la valeur de  $t_0$ , si elle est biaisée, sur l'allure de la courbe ou de la nature de la croissance serait très faible. La longueur et la croissance à cette âge 0 est au dépit de la nature de l'espèce. L'influence de la différence des conditions climatiques, trophiques ou dynamiques entre les régions sur la croissance, si elle existe, n'est pas importante ou perceptible à ce stade.

Dans le cadre de la comparaison avec les autres travaux sur la croissance de la langouste rouge, les paramètres  $LC_{\infty}$ ,  $K$  et  $t_0$  ont été estimés sans saisonnalité de la croissance ( $C$  et  $WP$  sont nuls). En se basant sur les trois estimations des paramètres de Von Bertalanffy, correspondant aux différentes méthodologies et régions (Tab. III), les courbes de croissance de *Palinurus elephas* dans les trois travaux ont pu être tracées et regroupées dans la figure 6. Celle-ci a montré que en dépit du sexe, la croissance de la langouste rouge dans les eaux tunisiennes est plus élevée que dans les eaux Corses (Marin, 1987) et les eaux de la Sardaigne (Follesa et al., 2007).

Cette différence dans la croissance de l'espèce a été observée dans la comparaison entre les données de Corse (Marin, 1987) et celle de l'Irlande (Mercer, 1973). *P. elephas* atteint des tailles plus grandes dans les eaux atlantiques que dans les eaux méditerranéennes (Follesa et al. 2007). Cette différence a été expliquée par la température de l'eau comme facteur principal (Chittleborough, 1976). Les valeurs de la température en Tunisie à 50 m de profondeur sont supérieures à celle de la Réserve et de la Corse (Medatlas, 1997). Mais, cette théorie de température devrait être utilisée avec prudence (Hunter, 1999 ; Goñi et Latrouite, 2005), la taille maximale des langoustes dans une population exploitée dépend de l'état de son exploitation, de la fréquence des tailles, de l'habitat et de la profondeur (Goñi et Latrouite, 2005, Follesa et al. 2007).

Les études chez les palinuridae suggèrent aussi que la disponibilité de la nourriture avec les facteurs environnementaux comme la température, le taux d'oxygène dissous et la densité de la population sont importants dans la détermination du taux de

croissance par région (Newman et Pollock, 1974; Pollock, 1979, 1982, 1991; McKoy et Esterman, 1981; Pollock et Beyers 1981). Dans les populations à densité élevée, la baisse du taux de croissance peut être due aux interactions sociales agressives, vis-à-vis de la disponibilité de la nourriture. Ce phénomène se produirait suite à l'augmentation de la compétition qui affecterait le taux de consommation de la nourriture ou le taux de dépense d'énergie (Doherty, 1983; Jones, 1987; Forrester, 1990; Booth, 1995; Follesa et al., 2007). Groeneveld (1993) a suggéré que la variation régionale de la taille de *P. gilchristi* est reliée à la disponibilité de la nourriture. Comme

*P. gilchristi*, une dépendance similaire au mécanisme de la densité devrait affecter la croissance de *P. delagoae* (Groeneveld, 1997).

Cette différence entre les travaux et le taux élevé de la croissance dans les eaux tunisiennes peut être dû à la différence de la méthodologie appliquée. La méthode suivie pour la langouste rouge tunisienne est l'analyse des fréquences de taille. Marin (1987) et Follesa et al. (2007) ont estimé les paramètres de croissance grâce à la méthode de marquage-recapture. Dans le cadre de la comparaison de leurs données avec celles de Marin (1987), Follesa et al. (2007) ont mentionné qu'il n'y a pas une différence significative

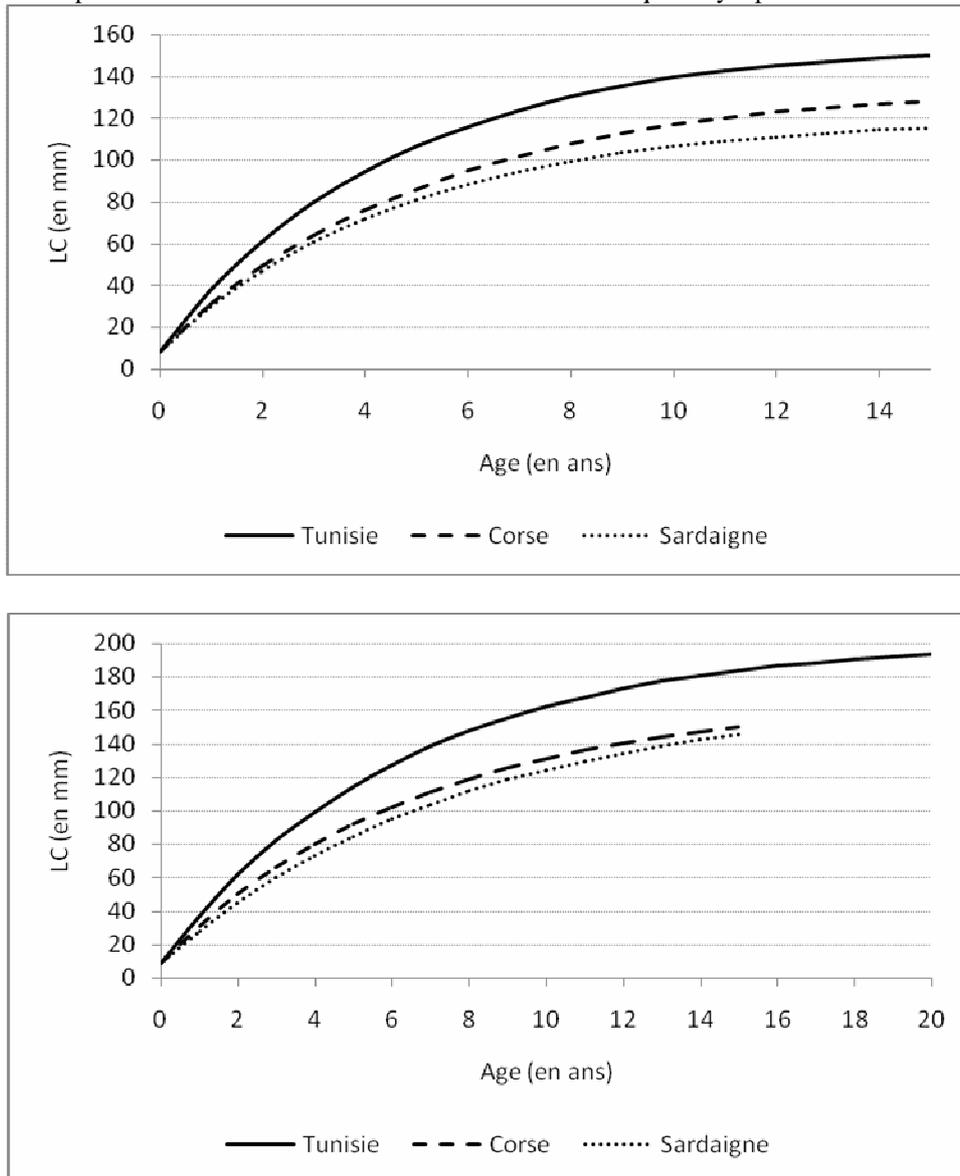


Figure 6 : Courbes de croissance de Von Bertalanffy chez les femelles (en haut) et les mâles (en bas) de *Palinurus elephas* en Tunisie (la présente étude), en Corse (Marin, 1987) et en Sardaigne (Follesa et al., 2007).

entre les deux travaux et entre les deux régions. Les paramètres  $LC_{\infty}$ ,  $K$  et  $t_0$  ne font que résumer l'ensemble des données disponibles. C'est-à-dire les courbes de croissance ne sont valables en toute

rigueur que dans l'intervalle d'âge ou de taille correspondant aux données observées (Sibidé, 2003). L'étude de la croissance dans les eaux tunisiennes a été effectuée pour une taille maximale plus élevée.

Cette taille, peut être, existait dans les deux autres régions, mais elle n'a pas été marquée ou recapturée ou elle a été exclue de l'analyse, suite à la perte de la marque ou il n'y a pas eu augmentation de taille pour une période de libération faible.

Les résultats de la méthode de marquage-recapture peuvent être influencés par le stress que provoque le marquage sur la croissance des individus ou de la perte de la marque suite à la mue. Ceci a pu engendrer une sous-estimation de la croissance. Entre autre, la méthode de l'analyse des fréquences de taille est basée sur une décomposition subjective en pic de la structure des tailles. Elle est très influencée par les conditions d'échantillonnage et de sa réussite. Elle a pu engendrer une surestimation des paramètres de croissance.

En tout cas et quelques soit la région et la méthodologie, dans sa phase adulte, la croissance des femelles est inférieure à celle des mâles. Cette différence a été attribuée au phénomène de la reproduction (Marin, 1987 ; Goñi et Latouite, 2005 ; Follésa et al., 2007). Cette différence apparaît plus accentuée après l'âge de maturation de 4-5 ans (Marin, 1987 ; Goñi et al., 2003). Cette hypothèse paraît vraisemblable. On peut, en effet, raisonnablement admettre que durant la partie du cycle biologique qui va du post-puerulus à l'acquisition de la puberté, il n'y a pas, chez *P. elephas*, de différence de croissance liée aux sexes (Marin, 1987). Une donnée similaire, avec des femelles qui croissent moins vite que les mâles après la maturation, a été observée chez des congénères *P. gilchristi* et *P. delagoae* (Groeneveld, 1997, 2000). En général, le passage au stade mature inhibe la croissance chez les femelles parce qu'elle s'investit plus dans le phénomène de la reproduction plus que les mâles (Wahle et Forgarty, 2006). Ceci peut être expliqué par l'incubation des œufs qui dure environ 5 mois, pendant lesquels, la femelle ne mue pas et pour la protection de sa progéniture diminue ces déplacements et delà son apport pour la nourriture. La faiblesse de la croissance chez les femelles adultes peut être aussi liée à sa longue période d'intermue et de son faible nombre de mue (Groeneveld, 1997).

La saisonnalité de la mue a été vérifiée pour la langouste rouge tunisienne. Le schéma de la croissance du stock se caractérise alors par des phases de croissance maximale (durant les mues) alternant avec des phases de croissance minimale (durant les intermues). Dans ce cas, la modulation saisonnière de la croissance doit être prise en compte dans l'équation de Von Bertalanffy (Marin, 1987). Dans ce cadre, les paramètres C et WP ont été estimés par la routine ELEFAN I. Toutefois, les estimations de K et  $LC_{\infty}$ , obtenues avec ou sans modulation saisonnière, ne présentent pas de différence. Ceci a été aussi noté pour la langouste rouge de Corse (Marin, 1987). Même dans le cas extrême  $C=1$ , les valeurs de K et

$LC_{\infty}$  estimées pour *P. elephas* de Corse ne présentent pas de différence majeure avec celles estimées pour  $C=0$  (Marin, 1987). Les nouvelles valeurs sont respectivement chez les mâles et les femelles de l'ordre de  $0,242 \text{ an}^{-1}$  et  $151,38 \text{ mm LC}$  et  $0,245 \text{ an}^{-1}$  et  $131,21 \text{ mm LC}$  (cette différence dite non majeure reste à vérifier). Dans notre cas, les valeurs extrêmes de C ont donné des estimations des paramètres de croissance qui ne répondent pas aux caractéristiques biologiques de l'espèce.

Durant le présent travail, Il a été observé qu'il n'y a pas des différences majeures ou significatives des paramètres de croissance suite à l'utilisation des paramètres de la saisonnalité de la croissance. Mais, une meilleure représentation graphique de la croissance de la langouste rouge, comme d'ailleurs de celle des autres crustacés, devrait tenir compte à la fois de la croissance relative (lors de la mue) et de la croissance absolue décrite par le modèle de Von Bertalanffy. En décrivant la croissance des crustacés seulement par le modèle de Von Bertalanffy, on néglige l'importance du phénomène de mue comme facteur de la croissance « instantanée » du stock, surtout si la saisonnalité de la mue est marquée (Garcia et Le Reste, 1981 ; Marin, 1987). Pour souligner la discontinuité de la croissance chez les crustacés, une courbe en escaliers est superposée à la courbe continue de Von Bertalanffy (Marin, 1987 ; Wahle et Fogarty, 2006). Sur la courbe en escaliers, les segments verticaux représentent la croissance à la mue et les segments horizontaux symbolisent le temps moyen qui s'écoule entre deux mues successives. Le graphique en escalier illustre bien l'allongement de la durée de l'intermue et donc le ralentissement de la fréquence des mues, qui compte tenu de la faible régression du coefficient de croissance relative, permet de respecter le schéma général de croissance (Marin, 1987).

Afin d'établir la courbe de croissance en escaliers, les données sur la croissance à la mue et la durée de l'intermue devaient être réunies pour la langouste rouge tunisienne. Certaines données utilisables ont pu être rassemblées suite à une étude du phénomène de la mue chez des langoustes en captivité. Mais, cette expérience n'a pas permis d'observer l'accroissement à la mue et la durée d'intermue chez toutes les classes de tailles de la population tunisienne. Donc, la relation mue-âge et la relation durée de l'intermue-âge, établies pour la langouste rouge de Corse (Marin, 1987), ont été utilisées pour la langouste rouge tunisienne sous réserve que : la fréquence des mues et les durées d'intermue soient spécifiques de l'espèce et non de la région et s'il y a une différence due à d'autres facteurs, trophiques, climatiques ou du milieu, elle serait faible sans influence majeure. Par exemple, pour les quelques classes d'âge étudiées au laboratoire, la croissance à la mue n'a pas montré des

différences significatives comparées à celles établies par Marin (1987) pour les mêmes classes d'âge.

L'absence de marqueur anatomique de l'âge chez les crustacés a posé un défi majeur dans l'estimation de la croissance (Wahle et Fogarty, 2006). Une molécule dite « pigment de l'âge » (la lipofuscine), s'accumule dans le cerveau des crustacés avec l'âge, a montré qu'elle peut être utilisée comme un outil d'âgeage chez certaines espèces, incluant la langouste (Sheehy et al., 1998; Fonseca et Sheehy, 2007; Maxwell et al., 2007). Cette lipofuscine est fluorescente sous la lumière ultraviolette ce qui a facilité sa quantification par les méthodes optiques. Les méthodes les plus préférées dans l'extraction de ce pigment ont été la microscopie de fluorescence et l'analyse des images histologiques pour des coupes du cerveau. Mais, cette méthode d'estimation directe de l'âge a rencontré un grand déficit lors de son application puisque elle nécessite une calibration au préalable du taux d'accumulation de la lipofuscine correspondant à des âges connus. Sheehy et al. (1998) a extrapolé les informations provenant de langouste élevées au laboratoire et à âge connu sur des langoustes sauvages. Il a trouvé que la technique d'âgeage à la lipofuscine permettra d'évaluer de façon indépendante les estimations actuelles des paramètres de la population, et facilitera la détermination des différences sexuelles et régionales dans ces paramètres chez les langoustes diabolites. Maxwell et al. (2007) a étudié la croissance de la langouste de Floride élevée dans les conditions de laboratoire pendant 4 ans depuis le stade post-larvaire par la méthode du dosage de la Lipofuscine. Les résultats étaient prometteurs. Il prévoit de les tester sur les populations sauvages de *P. argus*. La méthode basée sur la lipofuscine si elle est effectuée pour *P. elephas* dans les eaux tunisiennes, elle pourrait donner des résultats plus robustes sur la croissance de l'espèce.

## CONCLUSION

En conclusion, les données présentées ici devraient fournir un utile point de départ pour l'évaluation de l'état d'exploitation, l'aménagement et la gestion du stock de *Palinurus elephas* dans les eaux tunisiennes, une ressource marine vivante socio-économiquement très importante et qui subit une pression de pêche excessive pouvant entraîner sa surexploitation. Les paramètres de croissance  $LC_{\infty}$ ,  $K$  et  $t_0$  pouvaient maintenant être incorporés dans les modèles de la dynamique des populations de la langouste rouge. L'analyse du rendement par recru et de la biomasse par recru permettront l'estimation du taux d'exploitation optimal pour une gestion rationnelle du stock. Les futurs travaux, basés sur le dosage de la lipofuscine, devraient ramener des informations robustes concernant la croissance individuelle.

## Remerciements

Les auteurs sont reconnaissants pour tous ceux qui ont aidé dans la réalisation de ce travail et surtout la pêche professionnelle qui nous ont permis et nous ont facilité la collecte des données, surtout l'équipe de la barque côtière Bi 302 (patron Jaziri Tijani).

## BIBLIOGRAPHIE

- Bhattacharya C.G., 1967. A simple method of resolution of a distribution into Gaussian components. *Biometrics*, 23: 115-135.
- Booth D.J., 1995. Juvenile groups in a coral-reef damselfish: density-dependent effect on individual fitness and population demography. *Ecology* 76(1): 91-106.
- Bouvier E.L., 1940. Les décapodes marcheurs. Partie générale. Faune de France, 7-50.
- Chittleborough R.G., 1976. Breeding of *Palinurus longipes cygnus* under natural and controlled conditions. *Australian Journal Marine Freshwater* 27: 499-516.
- Coutures E., Chauvet C., 2002. Growth and minimum suitable catch size of spiny lobsters, *panulirus penicillatus* (olivier, 1791) and *panulirus longipes bispinosus* borradaile, 1899 (decapoda, palinuridae) in the southern lagoon of new Caledonia. *Crustaceana* 74 (11): 1189-1199
- Dall W., Hill B.J., Rothlisberg P., Staples D.J., 1990. The biology of the Penaeidae. *Advances in Marine Biology* 27. 489 p.
- Doherty P.J., 1983. Tropical territorial damselfishes: is density limited by aggression or recruitment. *Ecology* 64: 176-190.
- Ehrhardt N. M., 2008. Estimating growth of the Florida spiny lobster, *Panulirus argus*, from molt frequency and size increment data derived from tag and recapture experiments. *Fisheries Research*, 39, 332-337.
- Follesa M.C., Cuccu D., Cannas R., Cabiddu S., Cau A., 2007. On the growth of the European spiny lobster, *Palinurus elephas* from Sardinian waters (central western Mediterranean Sea). *New Zeal. J. of Mar. and Freshw. Res.*, Vol. 41: 377-383.
- Fonseca D.B., Sheehy, M.R.J., 2007. Does size matter? A cautionary experiment on overoptimism in length-based bioresource assessment. *Can. J. Aquat. Sci.* 64, 996-1008.
- Formacion S.P., Rongo, J.M. & Sambalay, V.C. 1991. Extreme value theory applied to the statistical distribution of the largest lengths of fish. *Asian Fisheries Science*, 4 (1992): 123-135.
- Forrester G.E., 1990. Factors influencing the juvenile demography of a coral reef fish population. *Ecology*, 71: 1666-1681.

- Frisch A.J., 2007. Growth and reproduction of the painted lobster (*Panulirus versicolor*) on the Great Barrier Reef (Australia). *Fisheries Research*, 85: 61–67.
- Gaamour A., 1999. La Sardinelle ronde (*Sardinella aurita* Valenciennes, 1847) dans les eaux tunisiennes : Reproduction, croissance et pêche dans la région du cap Bon. Thèse de Doctorat de l'université de Bretagne occidentale, France : 246p.
- Garcia S. et Le Reste L., 1981, Life cycles, dynamics exploitation and management of coastal penaeid shrimp stocks. *FAO Fish. Technical Paper*, 203: 215p.
- Gayanilo F.C., Sparre P., Pauly D 2005. FiSAT: FAO-ICLARM Stock Assessment tools. User's manual. FAO Computerised information series. Rome, Food and agriculture organization of the united nations. 168 p.
- Goñi R., Latrouite D., 2005. Biology, ecology and fisheries of *Palinurus* spp. species of European waters: *Palinurus elephas* (Fabricius, 1787) and *Palinurus mauritanicus* (Gruvel, 1911), *Cahiers de Biologie Marine*, 46: 127-142.
- Goñi, R., O. Reñones, and A. Quetglas. 2003. Size at maturity, fecundity and reproductive potential of a protected population of the spiny lobster *Palinurus elephas* (Fabricius, 1787) from the Western Mediterranean. *Mar. Biology*, 143: 583-596.
- Gonzalez-Cano et Rocha Ca.S., 1996. Problems in the estimation of growth parameters for the spiny lobster *Panulirus argus* in the Caribbean and northeast Brazil. In: Sakagawa GT ed. Proceedings of the World Fisheries Congress, p 145–157.
- Groeneveld J.C., 1993. The south coast rock lobster (*Palinurus gilchristi*) fishery in relation to population structure distribution and reproduction. unpublished Msc thesis, university of Port Elizabeth, South Africa. 65 p.
- Groeneveld J.C., 1997. Growth of spiny lobster *Palinurus gilchristi* (Decapoda: Palinuridae) off African. *Journal of Marine Science* 18: 19–30.
- Groeneveld J.C., 2000. Stock assessment, ecology and economics as criteria for choosing between trap and trawl fisheries for spiny lobster *Palinurus delagoae*. *Fisheries Research* 48: 141–155.
- Gulland J.A., 1969. Manuel des méthodes d'évaluation des stocks d'animaux aquatiques : première partie-Analyse des populations. Manuels FAO de sciences halieutiques N°4 FRS/M4.
- Hearn WS., Polacheck T., 2003. Estimating long-term growth rate changes of southern bluefin tuna (*Thunnus maccoyii*) from two periods of tag-return data. *Fishery Bulletin* 101: 58–74.
- Hilborn R., Walters C.J., 1992. Quantitative fisheries stock assessment—choice, dynamics and uncertainty. *New York, Chapman & Hall*, 570 p.
- Hunter E., 1999. Biology of european spiny lobster, *Palinurus elephas*. *Crustaceana*, 72: 545–565.
- Jones G.P., 1987. Competitive interactions among adults and juveniles in a coral reef fish. *Ecology*, 68: 1534–1547.
- Knight W., 1968. Asymptotic growth: an example of nonsense disguised as mathematics. *J. Fish. Res. Board Can.*, 25: 1303–1307.
- MacDonald P.D.M. and Pitcher T.J., 1979. Age groups from size-frequency data: a versatile and efficient method of analysing distribution mixtures. *J. Fish. Res. Board Can.*, 36: 987-1001.
- Marin J., 1987. Exploitation, Biologie et Dynamique du stock de langouste rouge de Corse, *Palinurus elephas* Fabricius, Thèse de l'université d'Aix Marseille II Faculté des Sciences de Luminy. France, 327 p.
- Maxwell K.E., Matthews, T.R., Sheehy, M.R.J., Bertelsen, R.D., Derby, C.H., 2007. *Biol. Bull.* 213, 55–66.
- McKoy JI., Esterman D.B., 1981. Growth of rock lobsters (*Jasus edwardsii*) in the Gisborne region. *New Zeal. J. of Mar. and Freshw. Res.* 15: 121–136.
- Medatlas, 1997. Mediterranean hydrological atlas. IFREMER, Service SISMER, Brest (Net).
- Mercer JP., 1973. Studies on the spiny lobsters (Crustacea: Decapodae: Palinuridae) of the west coast of Ireland, with particular reference to *Palinurus elephas* (Fabricius, 1787). unpublished PhD thesis, University College Galway, Ireland.
- Montgomery S.S., Liggins G.W., Craig J.R., Mcleod J.R., 2009. Growth of the spiny lobster *Jasus verreauxi* (Decapoda: Palinuridae) off the east coast of Australia. *New Zeal. J. of Mar. and Freshw. Res.*, Vol. 43: 113-123.
- Newman G.G., Pollock D.E., 1974. Growth of the rock lobster *Jasus lalandii* and its relationship to benthos. *Marine Biology* 52: 347–356.
- Pauly D., David N., 1981. ELEFAN I, a BASIC program for the objective extraction of growth parameters from length-frequency data. *Meeresforsch.*, 28 (4) : 205-211.
- Pauly D., 1982. Studding single-species dynamics in an multispecies context: 33-70. In: Theory and management of tropical fisheries. Pauly D., Murphy G.I. (Eds). ICLARM Conference Proceedings 9: 33-70.
- Pauly D., Caddy J., 1985. A modification of Bhattachatya's method for the separation of

- normal distributions. Fish. Circ., FAO, Rome, 16 pp.
- Pauly D. and Gaschutz G., 1979. A simple method for fitting oscillating length growth data, with a program for pocket calculators. ICES. C.M. 1979/G:24,26 pp.
- Pauly D. and Morgan G.R., 1987. Length-based methods in fisheries research. ICLARM Conf. Proc. 13, February 1985, Mazzara del Vallo, Sicily, Italy. International Centre for Living Aquatic Resources Management, Manila, Philippines, and Kuwait Institute for Scientific Research, Safat, Kuwait, 468 pp. (Editors)
- Pauly D. and Munro J.L., 1984. Once more on growth comparison in fish and invertebrates. Fishbyte, 2 (1):21.
- Petersen C.G.J., 1892. Fiskenes biologiske forhold I Holbaek Fjord, 1890-91. Beret. Danm. Biol. St., 1890 (1) 1, 121-183.
- Phillips B.F., Palmer M.J., Cruz, R. and Trendal, J.T., 1992. Estimating growth of the spiny lobsters *Panulirus cygnatus*, *Panulirus argus* and *Panulirus ornatus*. Aust. J. Mar. Freshw. Res., 43, 1177-1188.
- Pollock D.E., 1979. Predator-prey relationship between the rock lobster *Jasus lalandii* and the mussel *Aulocomyia ater* at robben island on the Cape west coast of Africa. *Marine Biology*, 52: 347-356.
- Pollock D.E., 1982. The fishery and population dynamics of West Coast rock lobster related to the environment in the Lambert's Bay and Port Nolloth areas. *Investigations of the sea Fisheries institute of South Africa*, 124. 57 p.
- Pollock D.E., 1991. Spiny lobster at tristan da Cunha, Atlantic: inter-island variations in growth and population structure. *African Journal of Marine science*, 10: 1-12
- Pollock D.E., De Beyers C.J., 1981. Environment, distribution and growth rates of West Coast rock-lobster *Jasus lalandii* (H. Milne Edwards). *Transactions of the royal society of south Africa*, 44: 379-400.
- Powell D.G., 1979. Estimation of mortality and growth parameters from the length-frequency in the catch. Rapp. P.-V. Réun. CIEM, 175: 167-169.
- Punt A.E., Hobday, D., Gerhard, J., Troynikov, V.S., 2006. Modelling growth of rock lobsters, *Jasus edwardsii*, off Victoria, Australia using models that allow for individual variation in growth parameters. *Fish. Res.*, 82, 119-130.
- Quetglas A., Gaamour A., Reñones O., Missaoui H., Zarrouk T., Goñi R., El Abed A., 2003. Spiny lobster (*Palinurus elephas* Fabricius 1787) fishery in the western Mediterranean: A comparison of Spanish and Tunisian fisheries.
- Quinn T.J. II, Deriso R.B., 1999. Quantitative fish dynamics. Oxford, Oxford University Press., 550 p.
- Rotschild B.J., 1986. Dynamics of marine fish populations, 270 p + index.
- Sainsbury K.J., 1979. Effect of individual variability on the von Bertalanffy growth equation. *Can. J. of aquatic Sc.*, 37: 241-247.
- Schnute J., 1981. A versatile growth model with statistically stable parameters. *Can. J. of Fisheries. and Sc.*, 38: 1128-1140.
- Sheehy M., Caputi, N., Chubb, C., Belcjer, M., 1998. Use of lipofuscin for resolving cohorts of western rock lobster (*Panulirus cygnus*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 55, 925-936.
- Sibidé A., 2003. Les ressources halieutiques démersales côtières de la Guinée. Exploitation, biologie et dynamique des principales espèces de la communauté à Sciaenidés, th. doct., Ensar, Rennes, France, 320 p.
- Skewes T.D., Pitcher C., dennis DM., 1997. Growth of ornate rock lobsters, *Panulirus ornatus*, in Torres Strait, Australia. *Marine and Freshwater Research* 48: 497-501.
- Snedecor G.W., Cochran W.G., 1989. Statistical Methods (8th edition). The IOWA STATE UNIVERSITY PRESS, 491 p.
- Sokal R.R. and Rohlf F.J., 2000. Biometry: The Principles and Practices of Statistics in Biological Research (3th edition). W. H. Freeman and Company, New York, 887p.
- Tracey SR., Lyle JM., 2003. Age validation, growth modelling and mortality estimates for striped trumpeter (*Latris lineata*) from southeastern Australia: making the most of patchy data. *Fishery Bulletin* 103: 169-182.
- Tuck I.D., Chapman, C.J. & Atkinson R.J.A, 1997. Population biology of the Norway lobster, *Nephrops norvegicus* (L.) in the Firth of Clyde, Scotland - I: growth and density. *ICES Journal of Marine Science*, 54, 125-35.
- Von Bertalanffy L., 1938. A quantitative theory of organic growth. *Hum. Biol.*, 10: 18 1-243.
- Wahle A.R., Fogarty M., 2006. Growth and development: understanding and modelling variability in lobsters. In: Phillips BF ed. Lobsters: biology, management, aquaculture and fisheries. Oxford, Blackwell. Pp. 1-44.
- Wang Y-G. and Ellis. N., 2005. Maximum likelihood estimation of mortality and growth with individual variability from multiple length-frequency data. *Fish. Bull.* 103:380-391
- Wetherall J.A., 1986. A new method for estimating growth and mortality parameters from length-frequency data. ICLARM Fishbyte 4(1): 12-14.