

PREMIERE APPROCHE DE LA CROISSANCE DE LA SQUILLE *Squilla mantis* (L., 1758) DANS LES EAUX TUNISIENNES

MILI Sami^{*(1,2)}, R. ENNOURI², O. JARBOU² et H. MISSAOUI^(1,3)

1- Unité Exploitation des Milieux Aquatiques, Institut Supérieur de Pêche et d'Aquaculture de Bizerte,
BP 15, 7080 Menzel Jemil, Tunisie.

2- Institut National des Sciences et Technologies de la Mer, 28, rue 2 mars 1934 Salammbô, 2025, Tunisie.

3- Direction Générale de la Pêche et de l'Aquaculture, 30, Rue Alain Savary, 1002, Tunisie.

* sami_mili@yahoo.fr

تحليل توزيع أحجام الشبقالي الشبقالي (*Squilla mantis* (L., 1758)) أساليب مختلفة هذا القشريات بالمياه التونسية : مكن تحليل توزيع أحجام الشبقالي بالمياه هذا القشريات بالمياه (1938) تقييم معايير النمو (L , K , t_0) عبر تطبيق لثونسية (خليج تونس والحمامات وقابس). تحليل مكن استخدام نظرية برلاتونفي من تبيين أن معدل النمو لدى الإناث أقل من نظيره لدى الذكور. لاحظنا أن هذا المعدل مرتفع نسبيا لدى الكائنات المصطادة من خليج قابس مقارنة بنظيراتها المتأتية من خليج الحمامات و تونس. يتكون ملاء الشبقالي بالمياه التونسية من 3 فئات حجمية () مع حد أقصى للحياة يقدر بثلاث سنوات. الكلمات المفاتيح : الشبقالي، المياه التونسية.

RESUME

Les distributions des tailles de la squille *Squilla mantis* (L., 1758) pêchée dans les eaux tunisiennes (golfs de Tunis, Hammamet et Gabès) ont été analysées par différentes méthodes pour étudier la croissance de ce crustacé. La décomposition modale des distributions de taille des captures de cette espèce a permis de calculer les paramètres de croissance L (mm), K (an^{-1}) et t_0 de *S. mantis* en utilisant le modèle de Von Bertalanffy (1938). La fonction mathématique de Von Bertalanffy a permis de montrer que dans les trois golfs de la Tunisie, la croissance des femelles est inférieure à celle des mâles. Le taux de croissance est supérieur pour les squilles du golfe de Gabès par rapport à celui du golfe de Hammamet et du golfe de Tunis. La population totale est composée de 3 classes de taille (1 classe par an) avec une durée de vie maximale estimée à 3 ans.

Mots clés: Squilles, *Squilla mantis*, distributions des tailles, croissance, eaux tunisiennes.

ABSTRACT

Methods of length frequency analysis were used to study the growth of the Spot-tail Mantis Shrimp, *Squilla mantis* (L., 1758), in the Tunisian water (Gulf of Tunis, Gulf of Gabes, and Gulf of Hammamet). Different techniques have been used to separate the length frequency distributions to determinate the average length of the various cohorts. Growth parameters (L (mm), K (an^{-1}) and t_0) were calculated using the growth model of Von Bertalanffy (1938) and the data of age and mean length. The mathematical function of Von Bertalanffy demonstrated that female growth is lower than males in the three Gulfs of Tunisia. The growth rate is higher for mantis shrimp captured in the Gulf of Gabes in comparison with the Gulf of Hammamet and Tunis. The population at sea consists of 3 year-classes and the life span is estimated at about 3 years.

Key words: Spot-tail mantis shrimp, *Squilla mantis*, length frequency, Growth, Tunisian waters.

INTRODUCTION

Les travaux relatifs à l'étude de l'éco-biologie de la squille *Squilla mantis* (L., 1758), seule espèce de Stomatopodes pêchée en Tunisie, sont inexistantes sur toute la rive sud de la Méditerranée et spécialement en Tunisie. Cette ressource benthique est considérée comme rejet et elle n'est pas exploitée en Tunisie par défaut de tradition de consommation. Le développement de la pêche de *S. mantis* peut être à l'origine de la création de nouveaux emplois, de

nouvelles possibilités d'exportation vers l'étranger et de la diversification des espèces capturées, afin de pouvoir satisfaire une demande en produits de la mer de plus en plus importante. De plus, les squilles qui ont une valeur commerciale relativement faible, présentent l'avantage d'avoir une grande qualité nutritionnelle et leur prix est abordable pour toutes les catégories sociales notamment les plus défavorisées. Ce travail fait partie de la première base de données se rapportant à l'éco-biologie de la squille *S. mantis* des eaux tunisiennes. Cette étude est réalisée dans le

but de déterminer les différents paramètres de la croissance absolue de cette espèce.

Il existe des multitudes de modèles mathématiques permettant d'estimer la croissance absolue chez les organismes aquatiques. Cependant, le modèle le plus utilisé en biologie des pêches est celui de Von Bertalanffy (1938). Ce dernier est utilisé couramment pour étudier la croissance surtout chez les crustacés. C'est le modèle le plus adéquat pour la modélisation de la croissance des squilles tunisiennes puisqu'il permet de décrire la croissance dans l'intervalle des données observées. La croissance des squilles est traduite par les variations des longueurs totales (Lt) en fonction du temps mis en évidence par l'analyse de l'évolution de la structure des populations en taille et en âge.

MATERIEL ET METHODES

L'échantillonnage biologique de la squille *Squilla mantis* a été réalisé mensuellement, au cours des années 2005 et 2006 à l'aide du chalut benthique dans le golfe de Hammamet et de Gabès. Alors que les spécimens issus du golfe de Tunis ont été pêchés par des filets trémails. Les tailles des individus capturés ont été rangées de 6 à 21 cm à des intervalles de 0,5 cm de Lt chez les mâles et les femelles.

Dans la présente étude, on a opté pour l'utilisation de la méthodologie d'analyse des structures des tailles pour déterminer les paramètres de croissance de la squille *Squilla mantis* dans les eaux tunisiennes vu qu'elles sont les plus faciles à mettre en œuvre. Ces paramètres ont été modelés par l'équation de Von Bertalanffy (1938) pour l'étude de la croissance linéaire. L'équation mathématique utilisée pour modéliser la croissance est de la forme :

$$L_t = L (1 - e^{-k(t-t_0)}) \quad [1]$$

Avec L_t : longueur des squilles au temps t ; L : longueur asymptotique théorique ; t : âge au temps t ; t_0 : âge théorique quand la longueur de l'individu est nulle ; K : coefficient de croissance.

Plusieurs techniques sont appliquées pour décomposer les distributions de tailles en composantes normales afin d'estimer les paramètres du modèle de Von Bertalanffy. Ces méthodes statistiques sont groupées dans le logiciel « FiSAT II » (Sparre et Venema, 1996). Ces méthodes nécessitent comme données d'entrée les fréquences de tailles. Elles permettent d'estimer L et K avec L et K : paramètres de croissance de l'équation de Von Bertalanffy.

Analyse de la distribution des fréquences de tailles

Les méthodes utilisées actuellement pour l'analyse des données des fréquences des tailles prennent leur origine des travaux de Petersen (1891). On a opté pour l'utilisation des méthodes d'analyse suivantes : estimation de la longueur maximale (Formacion et

al., 1991), courbe de Powell-Wetherall (Powell, 1979 ; Wetherall, 1986), la méthode de Bhattacharya (1967), la méthode de NORMSEP (Pauly et Caddy, 1985) et la méthode de liaison des moyennes (Sainsbury, 1980), ELEFAN I (Pauly and David, 1981; Pauly, 1982; Pauly and Morgan 1987).

La méthode d'estimation de la longueur maximale (ou longueur extrême) est une routine qui permet la détermination de la longueur maximale d'une espèce dans une population en se basant sur l'hypothèse que la longueur maximale observée d'une série du temps d'échantillons ne fait pas référence à une quantité fixe mais plutôt représente une variable aléatoire qui suit une loi probabiliste (Gayanilo et al., 2005).

La méthode de la courbe de Powell-Wetherall permet l'estimation de L par une projection directe des données de fréquence-taille sans traduire auparavant l'échelle de longueur en échelle d'âge (Gayanilo et al., 2005). Ces deux méthodes permettent de déterminer L , alors que K correspondant est estimé par les routines de ELEFAN I.

Les méthodes de Bhattacharya et NORMSEP permettent l'estimation de L et K par l'analyse de progression modale. La méthode de Bhattacharya est fondée sur une linéarisation de la courbe des fréquences de la distribution normale. Elle présente l'avantage de déterminer les composantes des distributions des fréquences de tailles si elles se recouvrent largement (Do Chi, 1978). MPA définit la croissance à partir du changement des moyennes des modes dans une série chronologique des échantillons de fréquences de longueurs. Elle implique la décomposition des distributions composites en composantes modales pour identifier la moyenne, suivie par l'identification subjective et la liaison entre les moyennes appartenant aux mêmes cohortes, et finalement l'utilisation des taux de croissance et des données taille-âge (relatives) qui résultent des liaisons pour estimer les paramètres de croissance (Gayanilo et al., 2005).

La méthode de liaison des moyennes permet l'estimation L en utilisant les fichiers de longueurs moyennes (\pm écarts types) générés par les deux méthodes précédentes. Cette méthode permet à son tour de générer un fichier de taux de croissance utilisable à condition que la décomposition modale des deux méthodes Bhattacharya et NORMSEP soit bonne et vérifiée.

Estimation de L et K

La routine ELEFAN I permet l'estimation de L et K par une projection directe de données de fréquence-taille sans traduire l'échelle de longueur en échelle d'âge (Gayanilo et al., 2005). Cette méthode est mieux appliquée quand L est estimée en utilisant une autre méthode telle que Bhattacharya et NORMSEP (Gayanilo et al., 2005).

Une fois la décomposition modale est terminée, un âge est attribué à chaque mode identifié en se référant à la date d'échantillonnage et à celle de la ponte. Pour attribuer un âge à chaque mode, on a divisé l'année civile par 12, correspondant au nombre de mois, le premier mode aura un âge relatif égal à 1/12, soit 0,083 an. En plus, il faudrait décaler chacun des âges d'environ 6 mois pour obtenir les âges absolus correspondant à l'éclosion. ELEFAN I permet d'identifier 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 L et K .

Cette approche a été utilisée pour estimer les paramètres de croissance et pour affiner les résultats de L et K obtenus dans les autres routines. A la fin, ce programme permettra de retenir un seul couple de L et K . Pour t_0 , la valeur est calculée à partir de l'équation inversée de Von Bertalanffy :

$$t - t_0 = [\ln(L) - \ln(L - Lt)]/K \quad [2]$$

Une fois K et L déterminées, si on connaît pour une taille L_t donnée l'âge correspondant t , on peut alors estimer t_0 .

Afin de comparer les paramètres de croissance estimés pour les squilles tunisiennes, l'indice de performance de croissance ρ (Pauly et Munro, 1984) a été calculé selon l'équation :

$$\rho = \log_{10}(K) + 2\log_{10}(L) \quad [3]$$

Les données fréquence-taille mensuelles des squilles issues des golfes de Tunis, de Hammamet et de Gabès au cours des années 2005 et 2006, ont été collectées (Mili et al., 2008), organisées en classe de taille de 5mm de L_t et injectées dans le logiciel « FiSAT ».

Comme il existe chez la squille *Squilla mantis* un dimorphisme sexuel externe, l'étude de la croissance a été effectuée séparément par sexe. Les paramètres de croissance (L , K , t_0) ont pu être estimés chez les femelles et les mâles des squilles tunisiennes. Notons, par ailleurs, que le programme « FiSAT » permet aussi de calculer une loi de croissance saisonnière mais compte-tenu du nombre limité des couples âge-taille, on s'est limité à la détermination de la courbe de croissance selon le modèle classique de Von Bertalanffy. L'effet des paramètres de saisonnalité (C et WP) a été négligé vu l'absence de données sur le phénomène de mues chez cette espèce fouisseuse qui s'enfuit dans son terrier lorsque son corps est mou. La différence, entre les relations taille-âge ainsi établies chez les deux sexes dans chaque golfe, a été testée par l'application de l'analyse de la covariance à la comparaison de deux droites de régression.

RESULTATS

Analyse de la distribution des fréquences des tailles

Les distributions de la fréquence des tailles des squilles tunisiennes issues des golfes de Tunis, de Hammamet et de Gabès au cours des années 2005 et 2006 d'échantillonnage sont représentées dans la figure suivante (Fig. 1). Ces tailles sont rangées de 6 à 21 cm à des intervalles de 0,5 cm de L_t chez les mâles et les femelles de *Squilla mantis*.

Par ailleurs, il est important de noter déjà que les structures en tailles recueillies sont régulièrement espacées dans le temps permettant de suivre la progression modale d'une même classe d'âge dans le temps. Les techniques appliquées pour la détermination des modes ont été appliquées, séparément sur les distributions mensuelles de chaque sexe pour les trois golfes de la Tunisie. Notons aussi, que les distributions de chaque mois d'échantillonnage ont été analysées indépendamment. L'observation des figures représentant les fréquences de tailles fait apparaître la séparation des modes qui est plus difficile chez les femelles que chez les mâles (Fig.1). En effet, les femelles ont des gammes de taille plus réduites et leurs modes sont généralement moins individualisés que ceux des mâles. Ceci pourrait être expliqué par la dominance des effectifs des mâles pendant la plupart des mois de l'année. La distribution mensuelle des mâles et des femelles des squilles tunisiennes présente 2 ou 3 modes au maximum. Au total, 22883 individus de squilles ont été échantillonnés. Cet effectif est constitué de 1726 mâles et 1564 femelles originaires du golfe de Tunis, 1620 mâles et 1404 femelles du golfe de Hammamet et de 8770 mâles et 7799 femelles pêchés dans le golfe de Gabès. Les tailles moyennes par sexe et par région sont récapitulées dans le tableau I. Seules les tailles moyennes des mâles et des femelles des squilles du golfe de Gabès sont différentes les unes des autres d'une façon significative à un intervalle de confiance de 95% ($t = 4,08$), ce qui pourrait être expliqué par une croissance plus rapide chez les mâles dans cette région.

Pour les tailles moyennes des squilles collectées dans les trois zones, prises deux à deux, les valeurs du test t de Student ont été supérieures au seuil, soit 17,6 entre le golfe de Tunis et le golfe de Hammamet, 4,68 entre les golfes de Tunis et de Gabès et 25,71 pour les golfes de Hammamet et Gabès. Cette différence de croissance entre les régions, pourrait être due essentiellement aux conditions environnantes, au régime alimentaire ou encore à la variation des engins de pêche utilisés (filets trémails au golfe de Tunis et chalut benthique dans les deux autres régions). En

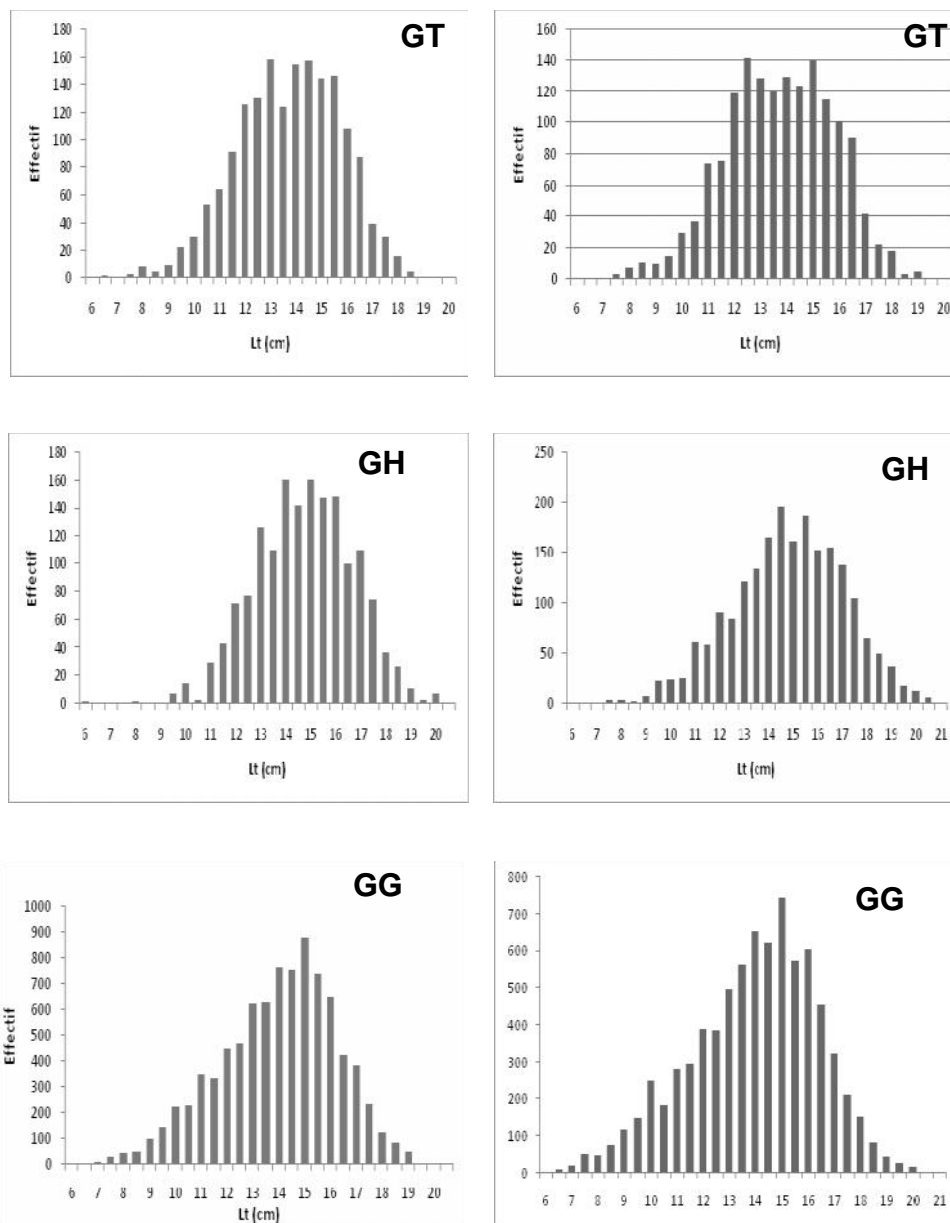


Figure 1 : Histogrammes des fréquences de taille des squilles mâles et femelles du golfe de Tunis (GT), du golfe de Hammamet (GH) et du golfe de Gabès (GG).

Tableau I: Tailles moyennes (Lt mm) des squilles mâles et femelles dans les trois zones d'étude.

	Golfe de Tunis	Golfe de Hammamet	Golfe de Gabès
	13,92±2,04	15,02±2,28	14,20±2,27
	13,91±2,07	14,93±1,98	14,14±2,43
+	13,92±2,05	14,97±2,12	14,17±2,35

plus, la population échantillonnée peut ne pas représenter la réalité de la structure en taille de toute la population, étant donné la sélectivité des engins de pêche et surtout le passage à travers les mailles d'une partie des individus nouvellement recrutée. Par ailleurs, les plus petits mâles observés ont été capturés dans le golfe de Hammamet et dans le golfe de Gabès mesuraient 6,1 cm (Lt) alors que la plus petite femelle pêchée était du golfe de Gabès et sa taille était de 6,1 cm (Lt). Le plus grand mâle et la plus grande femelle ont été capturés dans le golfe de Gabès mesuraient respectivement 21,1 cm et 20,4 cm (Lt).

La décomposition modale des distributions des fréquences de tailles des squilles tunisiennes laisserait dégager plusieurs constatations :

- Dans le golfe de Gabès, on a identifié trois modes chez les squilles femelles et mâles. Les tailles moyennes observées sont supérieures chez les mâles. Le premier mode, situé aux premières tailles de distribution, apparaît à une longueur moyenne de $10,45 \pm 1,35$ cm chez les mâles et de $9,98 \pm 1,31$ cm chez les femelles. Ce mode, ayant le plus faible effectif, est composé essentiellement de jeunes recrues. Pour les deuxièmes modes, les tailles moyennes estimées sont aussi en faveur des mâles ($13,78 \pm 1,19$ cm) par rapport aux femelles ($13,43 \pm 1,46$ cm). Ces modes sont les plus représentés du point de vue effectif. La taille du troisième mode semble présenter des variations moins importantes que les deux précédents et les individus de ce mode ont aussi des tailles inférieures chez les femelles ($16,47 \pm 1,14$ cm) en les comparant aux mâles ($16,70 \pm 1,00$ cm).

- Dans le golfe de Hammamet, on observe généralement trois modes chez les deux sexes de squilles. Les effectifs des trois modes sont bien représentés, mais avec des tailles moyennes toujours en faveur des mâles. Le premier mode qui est constitué essentiellement de nouvelles recrues a une taille de l'ordre de $9,72 \pm 1,1$ cm chez les mâles et de $9,28 \pm 1,07$ cm chez les femelles. Les deuxièmes modes relativement bien individualisés constituent les fréquences des tailles ayant les longueurs moyennes suivantes : $13,29 \pm 1,26$ cm pour les mâles et $13,22 \pm 1,19$ cm pour les femelles. Les troisièmes modes, composés essentiellement d'individus plus âgés, ont des tailles moyennes de $16,11 \pm 1,22$ cm chez les mâles et de $16,02 \pm 1,28$ cm chez les femelles.

- Dans le golfe de Tunis, on a pu identifier trois modes chez les squilles. Ces modes, relativement bien individualisés, ont aussi des longueurs moyennes supérieures chez les mâles. Le premier mode, rassemblant les premiers individus de la distribution, présente une taille moyenne calculée de l'ordre de $8,68 \pm 0,73$ cm chez les mâles et de $8,48 \pm 0,39$ cm chez les femelles. Les individus de ce mode semblent représenter les premières recrues arrivant sur les lieux

de pêche. Quant à la taille du deuxième mode, les valeurs des tailles moyennes estimées sont variables selon le sexe ($12,78 \pm 0,73$ cm chez les mâles et $12,56 \pm 1,09$ cm chez les femelles). Les individus de ce mode sont les plus représentés dans la distribution. Enfin, la taille moyenne du troisième mode est supérieure chez les mâles ($15,87 \pm 1,02$ cm) alors qu'elle est de l'ordre de $15,76 \pm 1,15$ cm chez les femelles.

Estimation de L et K

L'analyse des données des fréquences de tailles a permis d'estimer les couples de paramètres de croissance L et K correspondants aux différentes méthodes utilisées (Tableau II). Afin de garder les mêmes paramètres d'entrée pour les différentes approches, l'estimation a été réalisée pour des valeurs de C et WP nulles. La meilleure combinaison des paramètres de croissance ainsi obtenus a été testée par la routine ELEFAN I sans oscillation saisonnière. Les meilleurs couples retenus pour les squilles du golfe de Tunis sont: L : 17,91 mm et K: $1,44 \text{ an}^{-1}$ chez les femelles et L : 18,83 mm et K: $1,4 \text{ an}^{-1}$ chez les mâles. Leurs R_n sont respectivement de l'ordre de 0,225 et 0,197 correspondant à l'ajustement de la courbe de croissance à l'ensemble des données des fréquences de tailles restructurées comme il a été représenté dans la figure 2 (A et B). Pour les squilles du golfe de Hammamet, on a obtenu les meilleurs couples suivants : pour les femelles, L : 18,71 mm et K: $1,43 \text{ an}^{-1}$ et pour les mâles L : 19,82 mm et K: $1,33 \text{ an}^{-1}$ correspondant respectivement à des R_n de 0,216 et de 0,197 (Fig. 2 C et D). En ce qui concerne les meilleurs couples obtenus dans le golfe de Gabès, les squilles femelles ont une L de l'ordre de 18,84 mm et un K de $1,56 \text{ an}^{-1}$, alors que pour les mâles L est de 20,46 mm et K égale à $1,33 \text{ an}^{-1}$. Les R_n respectifs pour les mâles et les femelles sont de 0,202 et 0,195 ; ce qui correspond à l'ajustement de la courbe de croissance à l'ensemble des données des fréquences de tailles restructurées comme s'est représenté dans la figure 3.

La meilleure combinaison a été trouvée pour les valeurs des paramètres de croissance sans oscillation saisonnière. Il est à noter aussi que même pour des valeurs de C et WP testées, les paramètres de croissance varient légèrement ou n'ont pas d'effet induisant une différence significative. Pour des variations élevées, la combinaison a une valeur de R_n faible ou des valeurs de K très faibles ne répondant pas aux caractéristiques biologiques de l'espèce (K est égal à $0,32 \text{ an}^{-1}$ correspondant à une croissance lente ce qui n'est pas le cas de *Squilla mantis*). Le phénomène de mue n'a pas été étudié à cause de la rareté des individus capturés en état de mue, ce qui peut être expliqué par le comportement fouisseur de cette espèce. Au cours de cette étude, quelques individus (ne dépassant pas une dizaine) ont été

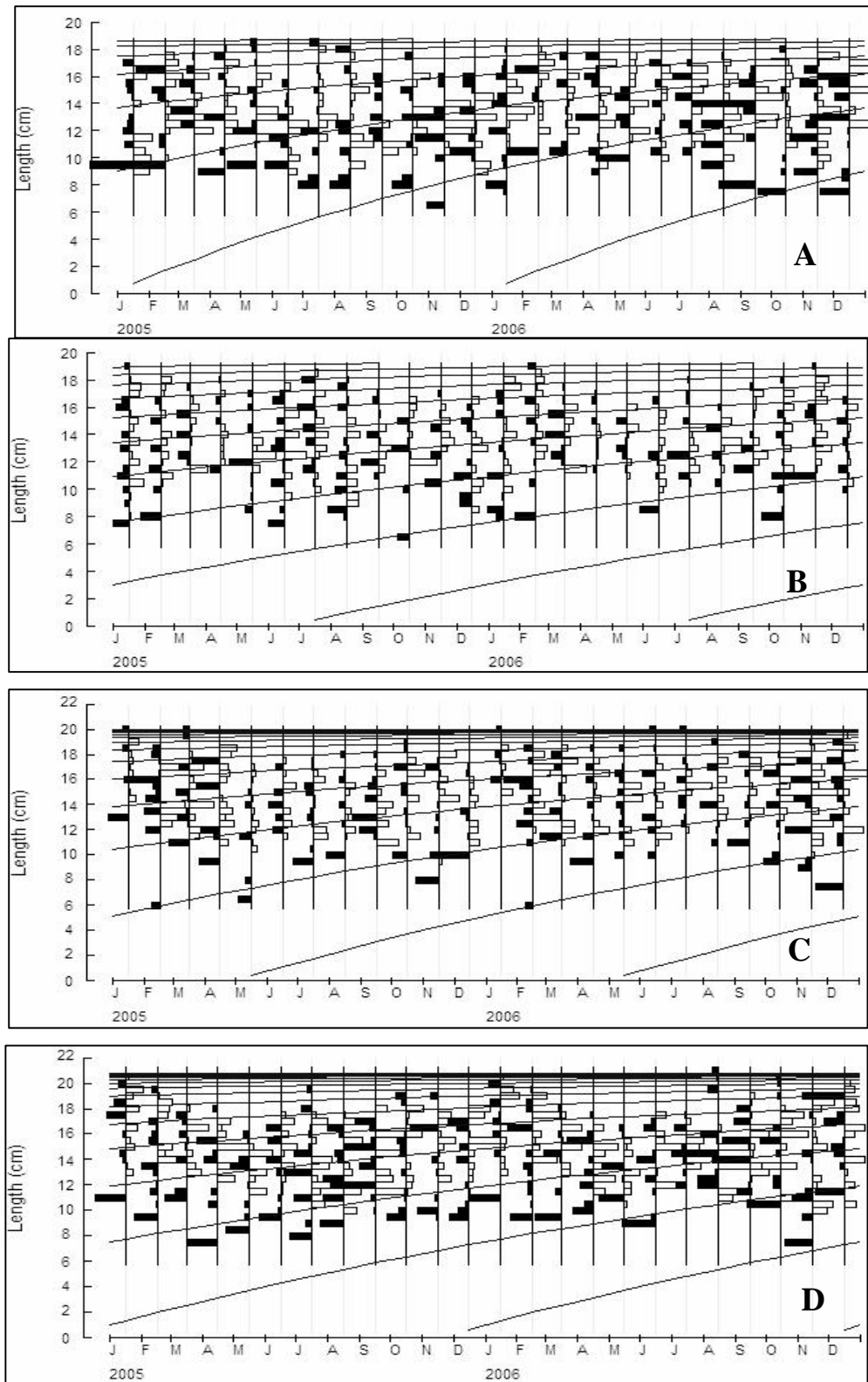


Figure 2: Courbes de croissance chez les mâles (A) et chez les femelles (B) de la squille *Squilla mantis* du golfe de Tunis et (C) et (D) de Hammamet superposées aux données des fréquences de tailles.

Tableau II: Estimations de L et K par les méthodes d'analyse de FISAT II chez les femelles et les mâles des squilles dans les eaux tunisiennes.

Méthode	Golfe de Tunis				Golfe de Hammamet				Golfe de Gabès			
	Mâles		Femelles		Mâles		Femelles		Mâles		Femelles	
	L (mm)	K (an ⁻¹)	L (mm)	K (an ⁻¹)	L (mm)	K (an ⁻¹)	L (mm)	K (an ⁻¹)	L (mm)	K (an ⁻¹)	L (mm)	K (an ⁻¹)
Longueur maximale estimée	19,23	1	19	1,14	19,5	0,95	20,5	1,03	20,05	1	21,45	0,64
Courbe de Powell-Wetherall	18,5	0,93	19,5	1,21	19,75	1,26	21	1,34	20,5	0,96	21,69	0,84
Méthode de Bhattacharya	19	1,1	20	1,33	20,45	1,01	19,5	1,24	20	1,2	19,5	1,65
Méthode de NORMSEP	19,36	1,31	18,5	1,41	19,34	1,3	18,21	1,42	20,34	1,34	19,29	1,59
ELEFAN I	18,83	1,4	17,91	1,44	19,82	1,33	18,71	1,43	20,46	1,33	18,84	1,56

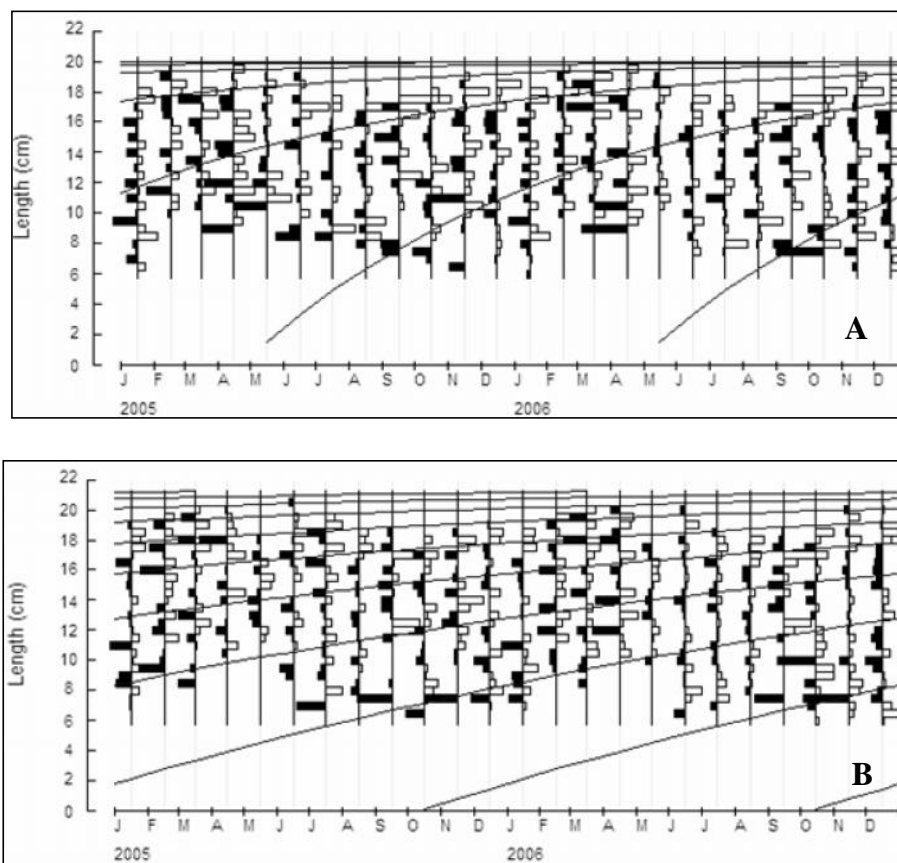


Figure 3: Courbes de croissance chez les mâles (A) et chez les femelles (B) de la squille *Squilla mantis* du golfe de Gabès superposées aux données des fréquences de tailles.

identifiés en mue, ce qui rend l'étude de la croissance en se basant sur la mue impossible. Ceci peut être expliqué par le fait que la squille *Squilla mantis* s'enfuit dans son terrier lorsque son corps est mou.

Estimation de t_0 et λ

Les meilleurs couples de valeurs de L et K ont été substitués dans les équations 2 et 3, permettant ainsi l'estimation de t_0 et λ (Tableau III). Les estimations de t_0 sont valables uniquement lorsque le modèle de Von Bertalanffy décrit l'intégralité de la croissance dans la phase benthique de la vie de la squille *Squilla mantis*. Les expressions de l'équation de croissance de Von Bertalanffy chez les squilles des eaux tunisiennes sont résumées dans le tableau suivant (Tableau IV). A partir de ces équations, la relation ou la clé âge-longueur des squilles des eaux tunisiennes peut être établie pour chacun des deux sexes et dans chaque golfe (Tableau V). La taille asymptotique est atteinte plus rapidement chez les femelles, les valeurs de K sont toujours plus élevées que celles des mâles. Les courbes de croissance peuvent ainsi être tracées (Figs. 4, et 5). Les différences entre les tailles

moyennes des modes analysés précédemment par rapport à celles calculées pour chaque classe d'âge sont dues au regroupement des effectifs mensuels. Les modes des fréquences groupées pour les deux ans de l'étude par sexes et par golfe intègrent forcément les longueurs moyennes attribuées à chaque classe d'âge. La période de reproduction de *Squilla mantis* s'étend de décembre jusqu'à juin. En considérant que le maximum de ponte a eu lieu au milieu de cette période (mars pour le golfe de Hammamet et de Gabès et avril pour le Golfe de Tunis), le plein recrutement est réalisé au mois de mars. Donc, on peut attribuer aux plus petits individus capturés l'âge 0+ correspondant à 6 mois dans les golfes de Gabès et de Hammamet et à 5 mois dans le golfe de Tunis. Les deuxièmes et les troisièmes modes auraient pour âges respectifs 18 et 24 mois.

L'analyse des fréquences de tailles mensuelles a permis de déterminer rigoureusement la clé âge-longueur chez les squilles mâles et femelles dans chacun des trois golfes. La taille des femelles des squilles issues du golfe de Hammamet est probablement surestimée par rapport à l'âge attribué,

Tableau III : Valeurs de t_0 et de l'indice de performance de croissance ' estimés chez les femelles et les mâles des squilles dans les eaux tunisiennes.

Golfe de Tunis				Golfe de Hammamet				Golfe de Gabès			
Mâles		Femelles		Mâles		Femelles		Mâles		Femelles	
t_0	'	t_0	'	t_0	'	t_0	'	t_0	'	t_0	'
-0,39	2,696	-0,57	2,665	-0,26	2,718	-0,24	2,699	-0,30	2,743	-0,31	2,746

Tableau IV : Expressions de l'équation de Von Bertalanffy chez les squilles tunisiennes.

Zone	Sexe	Equation de croissance de Von Bertalanffy
Golfe de Tunis	Mâle	$Lt = 18,83 (1 - e^{-1,4(t+0,39)})$
	Femelles	$Lt = 17,91 (1 - e^{-1,44(t+0,57)})$
Golfe de Hammamet	Mâle	$Lt = 19,82 (1 - e^{-1,33(t+0,26)})$
	Femelles	$Lt = 18,71 (1 - e^{-1,43(t+0,24)})$
Golfe de Gabès	Mâle	$Lt = 20,46 (1 - e^{-1,33(t+0,3)})$
	Femelles	$Lt = 18,84 (1 - e^{-1,56(t+0,31)})$

Tableau V : Clé âge-longueur chez les squilles des eaux tunisiennes.

Age (an)	Golfe de Tunis		Golfe de Hammamet		Golfe de Gabès	
	Mâles	Femelles	Mâles	Femelles	Mâles	Femelles
	Lt (cm)	Lt (cm)	Lt (cm)	Lt (cm)	Lt (cm)	Lt (cm)
0+	6,5	7,1	6	8,09	7,37	6,84
I	10,71	10,37	12,12	11,65	11,57	12,54
II	16,92	16,67	16,66	16,56	18,21	16,92

la cause de cette incohérence par rapport aux autres cohortes pourrait être due à un biais d'échantillonnage du fait qu'on a capturé un très faible effectif de femelles de petites tailles dans cette région. Il est important de noter aussi que les données ont été récoltées mensuellement d'une façon régulière et avec des effectifs considérables. Cependant, les tailles moyennes calculées peuvent ne pas décrire fidèlement la progression modale des tailles en fonction de l'âge surtout pour les plus petites et les plus grandes classes d'âges. D'autant plus, cette étude n'a couvert que deux ans et la croissance peut varier d'une année à l'autre.

Presque toutes les courbes de croissances, quelque soit la zone et le sexe, ont la même allure (Fig. 6). Les différentes courbes tendent à se rapprocher vers les âges les plus élevés. La variabilité des tailles des individus diminue avec la longueur, il en résulte que les individus de petite taille tendent à rattraper les individus de grande taille, ce qui se traduit par une corrélation négative entre les accroissements de taille et d'âge.

Dans les trois zones étudiées, la croissance chez les mâles est toujours supérieure à celle des femelles. Cette différence du taux de croissance entre les deux sexes peut être observée dès les premiers âges mais

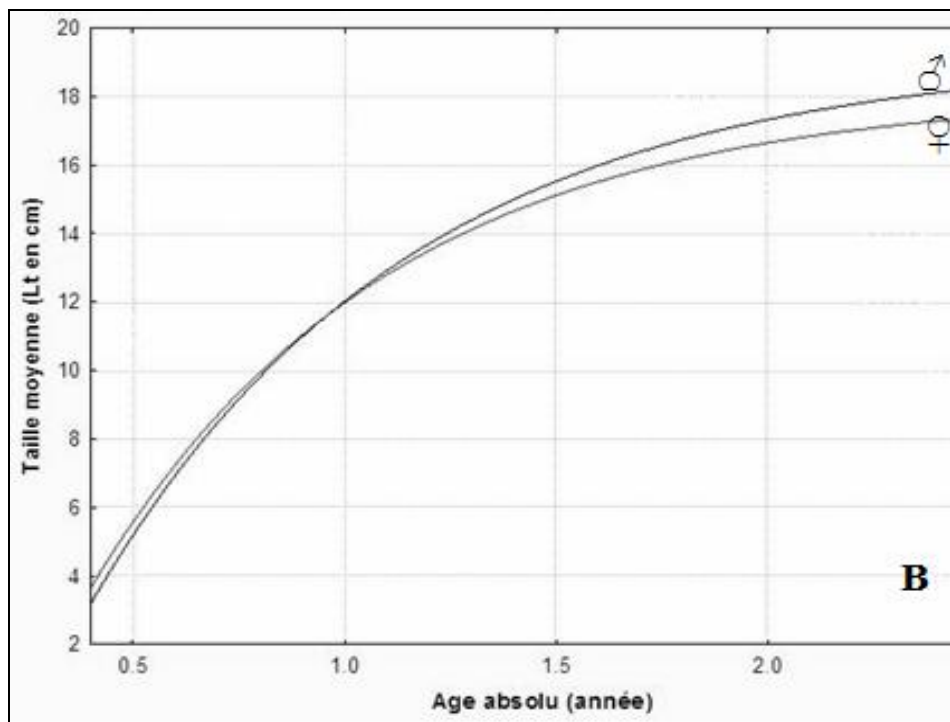
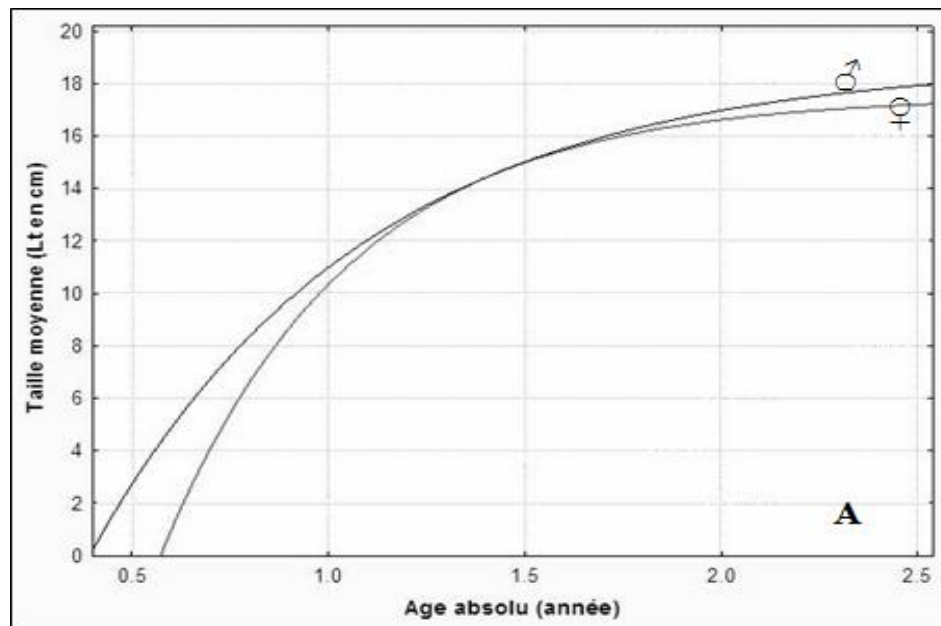


Figure 4: Courbes de croissance de Von Bertalanffy chez les squilles mâles et femelles du golfe de Tunis (A) et de Hammamet (B).

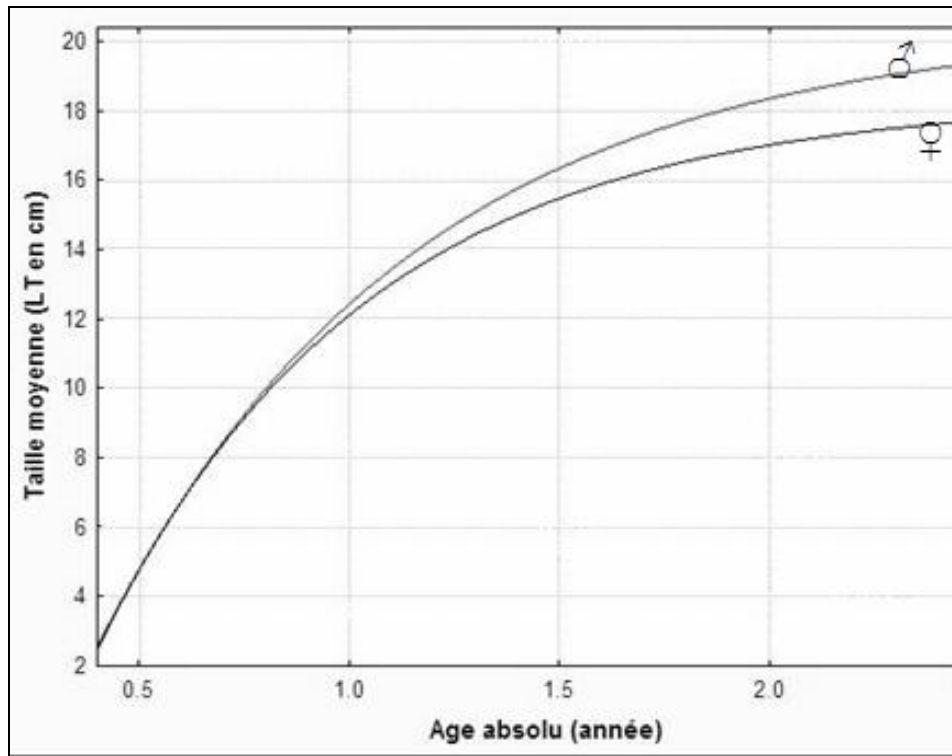


Figure 5 : Courbes de croissance de Von Bertalanffy chez les squilles mâles et femelles du golfe de Gabès.

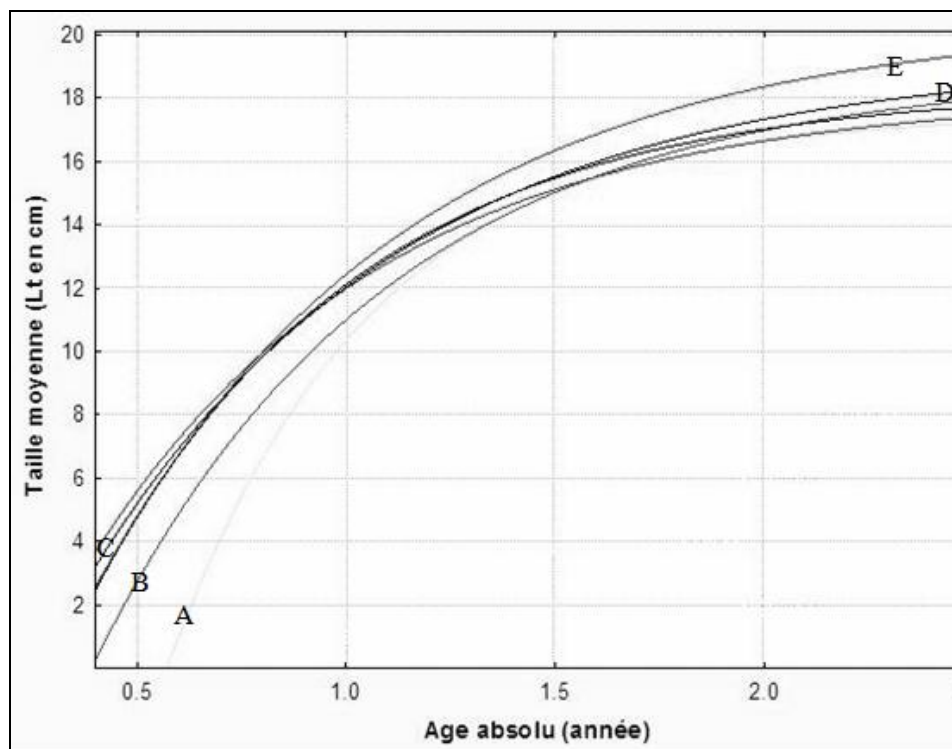


Figure 6: Courbes de croissance de Von Bertalanffy chez les squilles tunisiennes. Pour le golfe de Gabès : (E), (D); pour le golfe de Hammamet: (B), (A); Pour le golfe de Tunis : (C), (F).

elle s'accroît au cours de la phase adulte c'est à dire pour les individus de taille supérieure ou égale à la taille de la première maturité sexuelle. La différence de croissance entre les deux sexes s'accroît surtout après l'âge d'un an pour lequel la plupart des mâles et des femelles sont matures. Les femelles dépensent en général, plus d'énergie que les mâles pour la production des produits génitaux. Par ailleurs, lorsqu'elles sont grainées, les femelles sont moins capturables et se nourrissent vraisemblablement moins que les mâles. Ces différences de croissances entre mâles et femelles ont pour conséquence le ralentissement des modes dans la distribution des fréquences de tailles des femelles. Ce qui induit que les femelles de grandes tailles sont peu représentées dans la distribution car elles sont invulnérables. Il en résulte aussi que les distributions des femelles ont une étendue plus faible et qu'elles sont plus délicates à analyser.

La différence de la relation taille-âge entre les femelles et les mâles a été testée par l'analyse de la covariance (ANCOVA) et les résultats ont été groupés dans le tableau VI. L'application du test de Bartlett a permis de tester l'homogénéité des variances entre les deux sexes de squilles dans les trois zones d'étude. Les résultats de ce test montrent qu'il y a une différence significative nette entre la croissance des mâles et des femelles dans les eaux tunisiennes. Pour B théorique qui est égale à 3,84, les valeurs calculées respectivement pour le golfe de Tunis, de Hammamet et de Gabès sont les suivantes: 5,23 ; 6,11 et 4,67. Suite à l'identification de cette hétérogénéité des variances, les comparaisons doivent être faites avec t Student modifié.

Pour la comparaison des pentes, T calculé est supérieur à $T_{th} = 1,96$ dans le cas des golfes de Hammamet et de Gabès ce qui signifie une différence significative entre les pentes. Dans le golfe de Hammamet, T observé est inférieur à la valeur critique 1,96. On continue alors avec la comparaison des ordonnés à l'origine. La comparaison de ces derniers a montré que T calculé est supérieur à T théorique donc les deux ordonnées à l'origine diffèrent significativement entre elles. 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 dans les trois golfes de la Tunisie.

La comparaison entre les relations taille-âge, sexes confondus, a été réalisée en suivant la même démarche. Le test de Bartlett ($Df=88$, 95%) a donné une valeur de Bcorr calculé supérieure à celle théorique ($6,63 > 3,84$). On est donc dans le cas d'hétérogénéité des variances et les comparaisons doivent être faites par le test T de Student modifié ($Df=92$, 95%). La comparaison des pentes a montré que T observé est largement inférieur à T théorique ($0,756 < 1,96$) ce qui signifie que les pentes sont égales et on continue avec la comparaison des ordonnés à l'origine.

La comparaison du test de position a montré qu'au moins deux ordonnées à l'origine diffèrent significativement entre elles puisque les valeurs de T calculé sont supérieures à celles de T théorique ($1,98 > 1,96$). Donc, on peut affirmer qu'il existe une différence significative de la croissance entre les deux sexes de squilles et que ces dernières croissent différemment entre les trois golfes de la Tunisie. Ceci

Tableau VI: Comparaison des relations taille-âge des squilles mâles et femelles des trois golfes (Tunis, Hammamet, Gabès). ddl est le degré de liberté, tpe et tpo sont les valeurs respectives du test t pour la comparaison des pentes et des positions, Dpe et Dpo représentent les significations statistiques des différences observées entre les pentes et les positions des droites comparées (+ : différence significative, - : pas de différence), SS sont les valeurs maximales tabulées du test t de Student au seuil de sécurité de 95%.

Zone	Bartlett	Comparaison de pentes			Comparaison de positions		
		tpe	SS	Dpe	tpo	SS	Dpo
G. Tunis	+	1,832	$T_{0,05}$ $Df < 120 = 1,96$	-	1,993	$T_{0,05}$ $ddl < 120 = 1,96$	+
G.Hammamet	+	3,759		+			
G. Gabès	+	6,184		+			

peut être expliqué essentiellement par la différence du régime alimentaire dans les trois régions étudiées ou encore par la variation des paramètres environnementaux essentiellement la température qui varie largement entre les golfes de Tunis, de Hammamet et de Gabès.

DISCUSSION

La recherche d'un critère d'âge précis est parfois délicate mais constitue une étape fondamentale dans toute étude de dynamique des populations (Rjeibi, 2012). En effet, les estimations des paramètres démographiques reposent sur les modifications des structures d'âges et de la composition en taille des populations (Do Chi, 1978). L'étude de la croissance chez les crustacés en général pose beaucoup de problèmes. En effet, chez ces espèces, il n'existe pas d'indice sur la carapace indiquant l'âge de l'animal ; de plus les opérations de marquage sont lourdes et coûteuses surtout dans le cas des squilles qui n'ont pas de grandes valeurs commerciales (Rjeibi, 2012). Ces problèmes ont induit le développement de plusieurs techniques basées sur la décomposition des distributions des fréquences de tailles en plusieurs composantes normales individualisées, pour lesquelles on attribue une taille moyenne et un âge sur lequel sont basés les calculs des paramètres de croissance. Chez les crustacés en général, la méthode la plus utilisée pour obtenir les clés taille-âge est la méthode d'analyse des structures de taille, elle a été utilisée chez plusieurs espèces de crustacés et surtout pour les squilles (Missaoui, 1984; Ben Meriem, 2004; Maynou et al., 2005; Ragonese, 2012). Cette approche présente plusieurs avantages, mais elle a des inconvénients (Montgomery, 2009). Actuellement, cette approche constitue notre seul recours pour estimer les paramètres de croissance de la squille des eaux tunisiennes vu le coût des opérations de marquage et la difficulté du suivi de la croissance en captivité.

Dans la région est de la Méditerranée, les larves de la squille *Squilla mantis* peuvent être rencontrées de juin à novembre avec un maximum d'abondance au mois d'août (Williamson, 1967; Lewinsohn et Manning, 1980; Özel et Koray, 1983). En se référant aussi aux travaux réalisés par Abelló et Martín (1993) et à ceux de Froglià (1996), les post larves prennent leurs places sur le fond marin à la fin de l'été et au début de l'automne avec des longueurs de l'ordre de 17-20 mm. Donc, le recrutement dans la pêcherie commence en novembre-décembre à une longueur totale de l'ordre de 60 mm pour les deux sexes (Giesbrecht, 1910; Jacques et Thiriot, 1967). Cette taille coïncide avec les longueurs des plus petits individus capturés et faisant l'objet d'étude de croissance dans les eaux tunisiennes à l'exception des femelles du golfe de Hammamet. Donc, on peut

affirmer que notre analyse des structures en taille a couvert presque toutes les gammes de tailles de *Squilla mantis* dès son recrutement et jusqu'à sa réforme. Le maximum du recrutement dans la pêcherie méditerranéenne est observé entre janvier et mai (Maynou et al., 2005), ce qui correspond bien à la période de recrutement dans les eaux tunisiennes (mars et avril). Après le recrutement, la squille croît relativement d'une façon rapide et atteint une longueur céphalothoracique de 25 à 27 mm à la fin de l'année suivante (Abelló et Martín 1993). La croissance de cette espèce est relativement plus rapide au cours de la saison estivale et en Méditerranée (Maynou et al., 2005). Froglià (1996) a reporté que la cohorte de 5 à 13 mm LC atteint 15 mm LC à la fin de la première année de vie, ce résultat est comparable à notre travail. Les femelles de la squille *Squilla mantis* s'installent sur le fond marin au cours de la première année de leur vie et elles effectuent leurs pontes au cours de la deuxième année (Giovanardi et Piccinetti-Manfrin, 1983). Dans le Delta d'Ebro, Abelló et Sardà (1989) ont trouvé que la structure de la population des squilles est composée de 3 classes de taille. La longueur maximale reportée par Froglià (1996) pour les mâles et les femelles de *S. mantis* est de l'ordre de 20 cm dans l'Adriatique. Do Chi (1975) a discerné une structure de population similaire au nord du golfe de Lion. La population de *Squilla mantis* produit une génération par an (Do Chi, 1975). Les légères différences entre les résultats obtenus par les auteurs sont dues essentiellement à l'identification du premier mode qui est très délicate vue les méthodes subjectives utilisées pour l'étude de la croissance de cette espèce et surtout à cause du maillage des engins de pêche qui diffèrent selon la zone d'étude. Do Chi, (1975) suggère une envergure de vie maximale de 3 ans et demi pour la squille *S. mantis* avec une exploitation qui cible surtout les individus de la deuxième année. Nos résultats sont similaires à ceux trouvés par d'autres auteurs (Abelló et Martín, 1993 ; Righini et Baino, 1996) affirmant que la taille maximale dans les pêcheries est de 37 à 40 mm LC ce qui correspond à une vie maximale de 3 ans. Des résultats similaires (Tableau VII) ont été obtenus par Ragonese (2012) qui a indiqué qu'il existe trois modes dans les classes de tailles des squilles du sud de la Sicile.

Les moyennes des composantes modales estimées par cet auteur sont très proches des nôtres (105, 132 et 155 mm). Cependant, la faible valeur de K obtenue pour les squilles du sud de la Sicile peut être expliquée par le faible effectif d'individus analysés. Les classes de tailles communes dans les captures sont celles de 27 à 31 mm LC ; ce qui indique que la pêche cible essentiellement les individus matures. Le taux de croissance supérieur chez les mâles par

rapport aux femelles a été reporté pour d'autres espèces de crustacés comme la langoustine

Tableau VII: Comparaison des paramètres de croissance des squilles en Méditerranée.

Région	Mâles		Femelles		Source
	L	K	L	K	
Golfe de Gabès (Lt cm)	20,46	1,33	18,84	1,56	Présente étude
Golfe de Hammamet (Lt cm)	19,82	1,33	18,71	1,43	Présente étude
Golfe de Tunis (Lt cm)	18,83	1,4	17,91	1,44	Présente étude
Sud de Sicile (Lt mm)	190	0,41	190	0,41	Ragonese et al., 2012
Delta d'Ebri (Lc mm)	40	1,6	39	1,3	Abelló et Martín, 1993
Golfe de Lion (Lt cm)	17,78	0,09	16,51	0,015	Do Chi, 1975
Mer Adriatique centrale (Lcmm)	41,2	0,53	41,9	0,45	Frogliia, 1996
Mer Ligurienne Est (Lt cm)	22,5	1,3	22	1,5	Righini et Baino, 1996

(Missaoui, 1984) et la langouste rouge (Rjeibi, 2012). Les valeurs de L et « L max » sont très différentes parce que souvent les échantillons analysés ne comprennent pas des individus très âgés et donc il est impossible de capturer des spécimens ayant une longueur égale à L max. Ce cas se produit surtout s'il y a surpêche, ce même cas a été identifié par Missaoui (1984) lors de l'étude de la langoustine qui est une espèce à croissance rapide comme c'est le cas de la squille. Il est à noter aussi que, les courbes de croissance ne sont pas asymptotiques à l'intérieur de l'intervalle des observations. La défaillance d'échantillonnages des juvéniles et des individus âgés peut être expliquée par le comportement et le mode de vie de cette espèce. En effet, les femelles quittent rarement leurs terriers à partir du printemps jusqu'au début de l'été lorsqu'elles sont en train d'incuber les œufs, ce qui diminue leur capturabilité (Giovanardi et Piccinetti-Manfrin, 1983 ; Frogliia, 1996). En plus, la baisse des captures peut être due à la disparition des adultes de la population après la ponte (Abelló et Martín, 1993). Le chevauchement des modes chez les individus âgés est très spectaculaire à cause de la diminution du taux de croissance et l'importance du taux de mortalité par pêche (Ragonese, 2012). En effet, pour les populations exploitées, les grandes classes d'âges sont distinguées uniquement en utilisant d'autres méthodologies de recherche pour l'estimation de l'âge telle que la détermination de la concentration de lipofuscine. Cette méthode, utilisée pour *Oratosquilla oratoria*, a permis de montrer qu'il existe plus de classes d'âges et que la durée de vie chez cette espèce, est plus longue que celle estimée par les méthodes classiques d'estimation d'âge (Kodama et al., 2005). La difficulté d'échantillonnage des petits spécimens de *S. mantis* est due au fait que cette espèce se rencontre surtout dans les faibles profondeurs (Maynou et al., 2005). Abelló et Martín (1993) ont signalé que les juvéniles sont plus abondants dans les eaux peu profondes ne dépassant

pas 30 m. Une autre défaillance a été remarquée en utilisant le modèle de Von Bertalanffy. Ce dernier est utilisé comme modèle de croissance, ajuste les données de façon globale sans tenir compte de la différence du rythme des mues entre les jeunes, les adultes et les individus âgés. Le phénomène de mue conduit à des écarts par rapport à la moyenne (Do Chi, 1978), cependant l'échantillonnage d'un grand effectif permet de résoudre relativement le problème en décrivant la totalité de la croissance apparente. Missaoui (1984) a signalé aussi des difficultés de détermination des périodes de mue du fait que les données de captures proviennent de larges zones et non pas de micro-zones.

La différence significative de la croissance entre les deux sexes de squilles des trois golfes de la Tunisie peut être expliquée par la différence du régime alimentaire dans les trois régions (Mili et al., 2013) ou encore aux paramètres environnementaux notamment la température qui varie largement entre les golfes de Tunis, de Hammamet et de Gabès (Ben Smail-Hamouda et al., 2010). Ces résultats sont comparables à ceux trouvés par Ben Mariem (2004) qui a attribué la variation de la croissance chez les crevettes aux changements des températures. Do Chi (1978) a parlé d'un taux de croissance similaire chez les mâles et les femelles de crustacés à cycle de vie court, à cause du phénomène de récupération chez les femelles. Ce phénomène explique la similitude de l'allure de l'évolution des populations mâles et femelles.

Bien que Von Bertalanffy ait justifié son modèle par des considérations métaboliques, il est préférable de le voir comme un modèle descriptif, et être prudent de ne pas attribuer trop de signification biologique aux paramètres L, K et t_0 qui ne font que résumer l'ensemble des données disponibles (Rjeibi, 2012). 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.

CONCLUSION

Les résultats des différentes techniques de séparation des modes aboutissent à des estimations des paramètres de croissance, qui sont assez proches. Ces estimations produisent des courbes de croissances très similaires. En outre, les paramètres de croissance obtenus paraissent raisonnables au vu de ceux obtenus pour la même espèce dans d'autres régions de la Méditerranée. Enfin, l'analyse des progressions modales utilisées pour l'étude de la croissance, est très utile pour les espèces à courte durée de vie comme c'est le cas de la squille *Squilla mantis*. Une meilleure estimation de la croissance et notamment la prise en compte des fluctuations annuelles nécessitent des données mensuelles couvrant toutes les gammes de taille et ventilées par micro-zones géographiques et sur plusieurs années consécutives. Ces résultats obtenus constituent une première estimation de la croissance moyenne pour toutes les populations des squilles des eaux tunisiennes.

BIBLIOGRAPHIE

- Abelló P. and Martín P., 1993. - Fishery dynamics of the mantis shrimp *Squilla mantis* (Crustacea: Decapoda) population off the Ebro Delta (northwestern Mediterranean). *Fish. Res.*, 16: 131-145.
- Abelló P. and Sardá F. 1989. - Some observations on the biology and fishery of *Squilla mantis* L. in the Catalan area (NW Mediterranean). In: E. A. Ferrero (Mucchi Ed., Modena), *Biology of Stomatopods*: 229 -239.
- Ben Mariem S., 2004. - Première approche de la croissance de *Penaeus kerathurus* (Decapoda, Penaeidae) dans le golfe de Gabès, Tunisie. *Crustaceana.*, 77 (3) : 277-297.
- Ben Smail-Hamouda S., Sammari C., Béranger K. et Lellouche J.M. 2010. - Atlas des données hydrologiques des côtes tunisiennes : 1-169.
- Bhattacharya C. G., 1967. - A simple method of resolution of a distribution into Gaussian components. *Biometrics*, 23: 115-135.
- Do Chi T., 1975. - Analyse biométrique de la structure d'âge et données préliminaires sur le cycle biologique benthique de *Squilla mantis* (Crustacea Stomatopoda) dans le nord du golfe de lion. *C. R. Hebd. Séanc. Acad. Sci., Paris*, 280: 1729-1732.
- Do Chi T., 1978. - Modèles cinétiques et structuraux en dynamique des populations exploitées. Application aux squilles, *Squilla mantis* (L.) (Crustacé Stomatopode) du golfe de Lion. Thèse de Doctorat d'Etat de l'Université de Montpellier: 272 p.
- Formacion S. P., Rongo J. M. and Sambilay V. C., 1991. - Extreme value theory applied to the statistical distribution of the largest lengths of fish. *Asian Fisheries Science.*, 4 (1992): 123-135.
- Frogliia, C., 1996. - Growth and behaviour of *Squilla mantis* (mantis shrimp) in the Adriatic Sea. Final Report. EU Study DG XIV/MED/93/016.
- Gayanilo F.C., Sparre P. and 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.
- Giesbrecht W., 1910. - « Stomatopoda » Fauna und Flora des Golfes von Neapel. Friedländer & So. Verlag, Berlin. Monographie. 33:1-239
- Giovanardi C. and Piccinetti-Manfrin G., 1983. - Summary of biological parameters of *Squilla mantis* L. in the Adriatic Sea .FAO Fish. Rep. 290: 131-134.
- Hilborn R. and Walters CJ. 1992. - Quantitative fisheries stock assessment choice, dynamics and uncertainty. New York, Chapman & Hall., 570 p.
- Jacques F. and Thiriote A. 1967. - Larves de Stomatopodes du plancton de la région de Banyuls-sur-Mer. *Vie Milieu*. 18 (2): 367-380.
- Kodama K., Yamakawa T., Shimizu T. and Aoki I., 2005. - Age estimation of the wild population of Japanese mantis shrimp *Oratosquilla oratoria* (Crustacea: Stomatopoda) in Tokyo Bay, Japan, using lipofuscin as an age marker. *Fisheries Science*. 71 (1): 141-150.
- Lewinsohn Ch. and Manning R. B., 1980. - Stomatopod Crustacea from the eastern Mediterranean. *Smithsonian Contr. Zool.* 305: 1-22.
- Maynou F., Abelló P., and Sartor P., 2005. - A review of the fisheries biology of the mantis shrimp, *Squilla mantis* (L., 1758) (Stomatopoda, Squillidae) in the Mediterranean. *Crustaceana*, 77(9): 1081-1099.
- Mili S., Bouriga N., Ennouri R., Jarbouï O. and Missaoui H., 2013. - Food and Biochemical composition of three Tunisian populations of spot-tail mantis shrimp *Squilla mantis* caught in the Tunisian Gulfs: Tunis, Hammamet and Gabes. *Cahiers de Biologie Marine*.54 (2): 271-280.
- Mili S., Bouriga N., Missaoui H. and Jarbouï O., 2011. - Morphometric, Reproductive Parameters and Seasonal Variations in Fatty Acid Composition of the Mantis Shrimp *Squilla mantis* (Crustacea: Stomatopoda) in the Gulf of Gabes (Tunisia). *Journal of Life Sciences*. 5 (12): 1058-1071.
- Missaoui H., 1984. - Étude comparative des pêcheries des langoustines en mer Celtique et dans le golfe de Gascogne: biologie, dynamique et gestion des stocks. Thèse de Docteur-

- Ingénieur. Univ. Pierre et Marie Curie, Paris 6). 181p
- Montgomery S. S., Liggins G. W., Craig J. R. and Mcleod J. R., 2009. - Growth of the spiny lobster *Jasus verreauxi* (Decapoda: Palinuridae) off the east coast of Australia. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*. 43: 113-123.
- Özel . and Koray T. 1983. - Meroplankton of zmir Bay: Stomatopod larvae. *Rapp. Comm. Int. Mer Méditerranée*. 29: 9.
- Pauly D. and Caddy J., 1985. - A modification of Bhattachatya's method for the separation of normal distributions. *Fish. Circ.* 78 1, FAO, Rome, 16 p.
- Pauly D. and Munro J. L., 1984. - Once more on growth comparison in fish and invertebrates. *Fishbyte*, 2 (1): 21 p.
- Pauly D. and 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. and Morgan G.R. (Editors), 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 p.
- Pauly D., 1982. - Studying single-species dynamics in a multispecies context. In: Theory and management of tropical fisheries. Pauly D., Murphy G.I. (Eds). ICLARM Conference Proceedings, 9: 33-70.
- Petersen A., 1891. - C.G.J. Petersen, Eine Methode zur Bestimmung des Alters und des Wuchses der Fische. *Mitt. Dich. Seefischerie Ver.* II (1891), pp: 226-235.
- 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.
- Ragonese S., Morara U., Canali E., Pagliarino E. and Bianchini M. L., 2012. Abundance and biological traits of the spottail mantis shrimp, *Squilla mantis* (L., 1758) (Crustacea: Stomatopoda), off the southern coast of Sicily. *Cah. Biol. Mar.* 53: 485-493.
- Righini P. and Baino R., 1996. - Parametri popolazionistici della pannocchia (*Squilla mantis*, Crustacea: Stomatopoda). *Biol. Mar. Mediterranea*, 3(1): 565-566.
- Rjeibi O., 2012. - Biologie et Dynamique des Populations de la langouste rouge *Palinurus elephas* pêchée sur les côtes Nord de la Tunisie. Thèse de Doctorat de l'Institut National Agronomique de Tunis, 277 pp.
- Sainsbury K. J., 1980. - Effect of individual variability on the von Bertalanffy growth equation. *Canadian Journal of aquatic Sciences*, 37: 241-247.
- Snedecor G. W. and 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.
- Sparre P., and Venema S.C., 1996. - Introduction à l'évaluation des stocks de poissons tropicaux. FAO. Doc. Tech. sur les pêches. N° 306/1, Rev. 1. 401 p.
- Von Bertalanffy L. 1938. - A quantitative theory of organic growth. *Hum. Biol.*, 10: 181-243.
- Wetherall J. A., 1986. - A new method for estimating growth and mortality parameters from length-frequency data. *ICLARM Fishbyte.*, 4(1): 12-14.
- Williamson D. I., 1967. - On a collection of planktonic Decapoda and Stomatopoda (Crustacea) from the Mediterranean coast of Israel Sea Fish. Res. Sta. Haifa, Bull., 45: 32-64.