

Croissance relative de l'endopodite sexuel chez trois populations d'*Atyaephyra desmaresti* (Crustacea, Decapoda, Atyidae) de trois barrages tunisiens (Sidi Salem, Lebna et Sidi Saâd)

Relative growth of the sexual endopodite in three populations of *Atyaephyra desmaresti* (Crustacea, Decapoda, Atyidae) of three Tunisian dams (Sidi Salem, Lebna and Sidi Saâd)

S. DHAOUADI-HASSEN & M. BOUMAÏZA

Laboratoire d'Hydrobiologie, Faculté des Sciences de Bizerte, 7021 Jarzouna, Tunisie.
E-mail: so.dhaouadi-hassen@laposte.net

Recibido el 23 de octubre de 2004. Aceptado el 24 de febrero de 2005.

ISSN: 1130-4251 (2005), vol. 16, 3-19

Mots clés: croissance relative, endopodite sexuel, *Atyaephyra desmaresti*, Tunisie.

Key words: relative growth; sexual endopodite, *Atyaephyra desmaresti*, Tunisia.

RÉSUMÉ

L'endopodite sexuel constitue un caractère sexuel secondaire très important dans l'identification du sexe chez *Atyaephyra desmaresti* (Millet, 1931). L'étude de la croissance relative linéaire de cet organe est basée sur l'analyse des allométries qui décrivent la croissance relative des caractères morphométriques par rapport à une grandeur de référence (la longueur totale de l'animal). Les résultats de comparaison de la taille moyenne de cet organe sur 600 crevettes (300 mâles et 300 femelles) de trois barrages tunisiens (Sidi Salem, Lebna et Sidi Saâd), révèlent l'existence d'un dimorphisme sexuel très accentué au niveau des populations de Sidi Salem et Lebna. Aussi bien pour les mâles que pour les femelles, la taille moyenne la plus élevée de l'endopodite sexuel est observée chez les spécimens du barrage Lebna, la plus faible chez ceux du barrage Sidi Salem. Un dimorphisme sexuel est noté aussi concernant les lois de croissance de cet organe sexuel en fonction de la longueur totale. En effet, l'allométrie est majorante chez les femelles des trois populations, alors que chez les mâles, elle est minorante chez la population de Sidi Salem et isométrique chez celle de Lebna et de Sidi Saâd. La comparaison des droites de régression concernant la croissance relative linéaire de l'endopodite sexuel entre les trois

populations étudiées a montré des différences de pente ou de position pour les deux sexes indiquant l'influence des paramètres mésologiques sur la croissance de ce caractère sexuel secondaire. Durant les trois phases du cycle reproducteur d'*Atyaephyra desmaresti*, la croissance relative linéaire de l'endopodite sexuel chez les femelles est en général de type allométrie majorante, rarement isométrique; chez les mâles, elle est plus variable, avec en particulier une allométrie constamment minorante en période de post ponte dans les trois retenues de barrages.

ABSTRACT

The sexual endopodite constitutes a secondary sexual character very significant for sex identification in *Atyaephyra desmaresti* (Millet, 1931). The study of the relative growth of this character was based on the analysis of allometry which describes the relative growth of the morphometric characters compared to a reference variable (the overall length of the animal). Comparison of the average size of sexual endopodite on 600 shrimps (300 males and 300 females) from three tunisian damms (Sidi Salem, Lebna and Sidi Saâd), reveals the existence of a sexual dimorphism very accentuated at the level of the populations of Sidi Salem and Lebna. Both for males and females, the highest average size of the sexual endopodite was observed in the specimens from Lebna damm, and the lowest in those from Sidi Salem damm. A sexual dimorphism is also noted concerning the growth of this sexual organ related to the overall length. Indeed, allometry was positive in females from the three populations, whereas in males, it was negative in the population from Sidi Salem and isometric in populations from Lebna and Sidi Saâd. The comparison of the regression lines of relative growth of the sexual endopodite among the three populations studied showed differences of slope or position for the two sexes, indicating the influence of mesologic parameters on the growth of this secondary sexual character. During the three phases of the reproductive cycle of *Atyaephyra desmaresti*, the relative growth of the sexual endopodite in females showed a positive allometry in general, seldom isometric; in males, growth was more variable, with an allometry constantly negative in the post reproductive period in the three reservoirs.

INTRODUCTION

L'endopodite sexuel porté par le pléopode 1 est un caractère sexuel secondaire très important dans l'identification du sexe chez *Atyaephyra desmaresti*. Cet organe sexuel joue un rôle très important dans la reproduction de l'espèce. En effet, les endopodites mâles interviennent dans l'accouplement qui précède la fécondation, leurs homologues femelles servent très probablement à recueillir la ponte et à la diriger dans la cavité incubatrice (Descouturelle, 1970).

D'autre part, l'endopodite sexuel du mâle est utilisé par plusieurs auteurs tels que Descouturelle (1970), Bouvier (1913, 1925) dans la distinction entre les deux variétés d'*Atyaephyra desmaresti*. En effet, chez la variété *occidentalis* (Figs. 1A, 1B) l'endopodite sexuel est peu élargi, faiblement arqué ou droit, garni sur son bord interne de douze à vingt soies spiniformes très développées et, sur son bord externe, de nombreuses et longues soies. Le rostre est presque droit, à carènes hautes et à épines dorsales uniformément réparties. Chez la variété *orientalis* (Figs. 1C, 1D, 1E, 1F), l'endopodite sexuel du mâle est robuste, fortement arqué, garni sur son bord interne de vingt à trente soies spiniformes très petites et, sur son bord externe, de quatre à cinq soies allongées. Le rostre est légèrement recourbé vers le haut, à carènes dorsales et ventrales réduites et à épines dorsales rapprochées à la base.

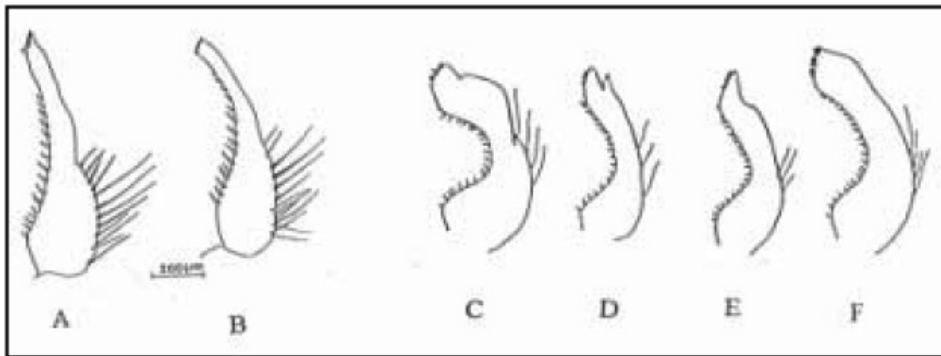


Fig. 1.—Endopodite sexuel du pléopode 1 d'*Atyaephyra desmaresti* (sexe mâle). A et B: *A. desmaresti*. var. *occidentalis*; C, D, E et F: *A. desmaresti*. var. *orientalis*.

Fig. 1.—Sexual Endopodite of the pléopode 1 of *Atyaephyra desmaresti* (male sex). A and B: *A. desmaresti*. var. *occidentalis*; C, D, E and F: *A. desmaresti*. var. *orientalis*.

Par ailleurs, la croissance linéaire relative de cet organe n'a été étudiée antérieurement que par Descouturelle (1970, 1971, 1980) et c'est la première fois dans ce présent travail que la croissance relative de cet organe se trouve comparée entre trois populations géographiquement éloignées et peuplant respectivement les barrages Sidi Salem, Lebna et Sidi Saâd qui n'ont aucune communication hydrographique et appartenant à trois étages bioclimatiques distincts. L'étude est basée sur l'analyse des allométries qui décrivent la croissance relative des caractères morphométriques par rapport à une grandeur de référence (la longueur totale de l'animal).

Ce type d'étude est envisagé dans le but de déterminer la nature de l'allométrie que subit l'endopodite sexuel et de comparer les lois qui régissent l'évolution de ce caractère par rapport à la longueur de référence chez des espèces voisines ou chez la même espèce dans des régions différentes et en fonction des périodes du cycle sexuel.

MATERIEL ET METHODES

Les méthodes d'échantillonnage et de conservation des crevettes sont détaillées dans des travaux antérieurs par Dhaouadi (2003). Les mesures de la taille de l'endopodite sexuel porte sur 300 mâles et 300 femelles en provenance de chaque biotope et aux différents stades du cycle reproducteur (pré-ponte, ponte et post-ponte). Les crevettes appartiennent aux classes de taille III, IV et V (III: 15 à 20mm; IV: 20 à 25mm et V > 25mm) selon les intervalles choisis par Galhano (1979). Le type de l'allométrie est déterminé en comparant la valeur de la pente de la droite de régression à l'unité par le test de Student au seuil de probabilité de 5%.

$$t = \frac{a-1(\text{ou}3)}{S(a)} = \frac{a-1(\text{ou}3)}{\sqrt{\frac{S^2 Y}{S^2 X} (1-r^2)}} \sqrt{\frac{N-2}{N-2}}$$

S^2_Y : variance de Y ou dispersion de Y.

S^2_X : variance de X ou dispersion de X.

r: coefficient de corrélation.

N-2: ddl: degré de liberté = nombre de classes réellement indépendantes.

Lorsque:

* $t < 1.96$ la différence n'est pas significative au seuil de probabilité de 5 %.

* $t \geq 1.96$ la différence est significative au seuil de probabilité de 5 %.

Trois cas se présentent:

— la différence entre la valeur «a» de la pente de la droite d'allométrie et la valeur théorique 1 n'est pas significative: il y a isométrie, c'est-à-dire que la dimension de l'organe de référence et celle de l'organe étudié ou la proportion du corps croissent à la même vitesse.

- la pente «a» est significativement supérieure à 1: l'allométrie est dans ce cas, majorante, c'est-à-dire que l'organe ou la proportion du corps étudié croît plus vite que la dimension de référence.
- la pente «a» est statistiquement inférieure à 1: l'allométrie est minorante, et l'organe ou la portion du corps considéré croît moins vite que la dimension de référence.

Les droites de régression relatives à la relation logarithmique de la taille de l'endopodite-longueur totale, établies à l'aide du logiciel Excel, version 2000, ont été comparées par les tests de comparaison des pentes (tpe) et des positions (tpo) en utilisant les méthodes de Mayrat (1967):

$$\text{Soit } Y_1 = a_1 X_1 + b_1 \quad (1)$$

$$r_1 = \text{coefficient de corrélation de la droite de régression (1)}$$

$$n_1 = \text{effectif de l'échantillon (1)}$$

$$\text{Soit } Y_2 = a_2 X_2 + b_2 \quad (2)$$

$$r_2 = \text{coefficient de corrélation de la droite de régression (2)}$$

$$n_2 = \text{effectif de l'échantillon (2)}$$

La comparaison des pentes consiste à savoir si la différence entre les pentes des deux droites est significative ou non; voir si les droites d'allométrie sont parallèles ou concourantes. Pour cela, nous comparons les pentes a_1 et a_2 comme s'il s'agissait de deux moyennes.

$$tpe = \frac{a_1 - a_2}{\sqrt{S^2 a_1 - S^2 a_2}}$$

$$ddl = N - 4$$

$$S^2 a_1 = a_1^2 \frac{1 - r_1^2}{n_1 - 2}$$

$$S^2 a_2 = a_2^2 \frac{1 - r_2^2}{n_2 - 2}$$

La valeur de tpe calculée est comparée à la valeur théorique donnée par la table de Student au degré de liberté (ddl) indiqué:

- Si tpe calculé \geq tpe théorique, les deux droites ne sont pas parallèles et l'analyse s'arrête à ce niveau.
- Si tpe calculé $<$ tpe théorique, les deux droites ont la même pente. Dans ce cas, il faut déterminer si elles ont la même position, c'est-à-dire si la distance qui sépare leurs ordonnés à l'origine est supérieure à celle que l'on peut attribuer au hasard de l'échantillonnage; pour cela les deux droites expérimentales sont remplacées par deux droites auxiliaires D_{1p} et D_{2p} passant par les centres de gravité (X_1, Y_1) et (X_2, Y_2) de pente intermédiaire commune a_p et de variance commune $S^2 Y_p$.

Les équations des deux droites:

$$D_{1p} = Y_{1p} - Y_1 = a_p (X - X_1)$$

$$D_{2p} = Y_{2p} - Y_2 = a_p (X - X_2)$$

La distance qui sépare ces droites sur l'axe des Y est:

$$Y_{1p} - Y_{2p} = Y_1 - Y_2 - a_p (X_1 - X_2)$$

Pour savoir si la différence de position est significative ou non, il suffit de comparer cette différence à son erreur standard.

$$t_{po} = \frac{Y_{1p} - Y_{2p}}{\sqrt{S^2 (Y_{1p} - Y_{2p})}}$$

Mais cela nécessite des calculs intermédiaires plus ou moins compliqués; il faut chercher entre autre:

$$S^2 X_p = \frac{n_1 S^2 X_1 + n_2 S^2 X_2}{N}$$

$$S^2 Y_p = \frac{n_1 S^2 Y_1 + n_2 S^2 Y_2}{N}$$

$$a_p = \frac{S Y_p}{S X_p}$$

$$r_p = \frac{n_1 r_1 (S X_1) + n_2 r_2 (S X_2)}{N (S X_p) (S Y_p)}$$

$$S^2 Y_p = \frac{N}{N-3} SY^2 (1-r_p^2)$$

$$S^2 (Y_{1p} - Y_{2p}) = S^2 Y_p \left[\left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right) \frac{2}{1-r_p} + \frac{(X_1 - X_2)^2}{NS^2 X_p} \right]$$

La valeur de t_{po} calculée est comparée à la valeur théorique de t dans la table de Student.

Les équations de ces deux tests ont été programmées sur ordinateur (Logiciel Excel).

Concernant la corrélation entre les variables étudiées, nous avons eu recours pour sa signification statistique à la comparaison du coefficient de corrélation calculé au coefficient de corrélation théorique donné par la table des valeurs critiques du coefficient R de Bravais-Pearson (seuil de confiance de 1%), mais aussi en utilisant un logiciel de statistique très performant le S.P.S.S*.

La taille de l'endopodite est mesurée sous la loupe binoculaire à l'aide d'un micromètre, alors que la longueur de référence, longueur totale de la crevette est mesurée depuis l'extrémité du rostre à l'extrémité du telson à l'aide d'une latte graduée à 0.1 mm

RESULTATS ET DISCUSSION

1. Croissance relative de l'endopodite sexuel toutes périodes du cycle sexuel confondues

1.1. Comparaison entre les sexes

Les résultats de comparaison par le test "t" de Student (Tableau I) révèlent l'existence d'un dimorphisme sexuel concernant ce caractère sexuel secondaire chez les individus des populations de Sidi Salem et de Lebna. De ce fait, nous avons choisi d'étudier dans ce qui suit la croissance de cet organe séparément pour les deux sexes.

1.2. Comparaison entre les femelles

La comparaison de la longueur moyenne de l'endopodite sexuel (Tableau II) montre des différences significatives de la taille de cet organe entre les

Tableau I.— Comparaison de la taille moyenne de l'endopodite sexuel les sexes entred'*Atyaephyra desmaresti* dans les retenues de Sidi Salem, Lebna et Sidi Saâd. N: effectif; LE m: longueur moyenne de l'endopodite (mm); LE ext: tailles extrêmes de l'endopodite sexuel(mm); σ : écart-type; t: valeur du test de Student; (+): différence hautement significative au seuil de risque de 5%; (-): différence non significative au seuil de risque de 5%.

Table I.—Comparison of the average size of the sexual endopodite between the sexes of *Atyaephyra desmaresti* coming from Sidi Salem, Lebna and Sidi Saâd dams. N: manpower; LE m: average length of the endopodite (mm); LE ext: extreme sizes of the sexual endopodite (mm); σ : standard deviation; t: value of the test of Student; (+): highly significant difference with the threshold of risk of 5%; (-): no significant difference with the threshold of risk of 5%.

		LE m	σ	LE ext	t
S. Salem	Femelles	0.495	0.229	0.18-1	5.57 (+)
	Mâles	0.611	0.071	0.42-0.7	
Lebna	Femelles	0.718	0.354	0.15-1.21	2.34 (+)
	Mâles	0.795	0.153	0.33-1	
S. Saâd	Femelles	0.617	0.243	0.18-0.97	1.48 (-)
	Mâles	0.651	0.099	0.48-0.88	

Tableau II.—Comparaison de la taille moyenne de l'endopodite sexuel entre les femelles d'*Atyaephyra desmaresti* en provenance des trois barrages. t: valeur du test de Student; (+): différence hautement significative au seuil de risque de 5%; (-): différence non significative au seuil de risque de 5%.

Table II.—Comparison of the average size of the sexual endopodite between the females of *Atyaephyra desmaresti* coming from the three dams. t: value of the test of Student; (+): highly significant difference with the threshold of risk of 5%; (-): no significant difference with the threshold of risk of 5%.

	S. Salem - Lebna	Lebna - S. Saâd	S. Salem - S. Saâd
t	6.18 (+)	2.75 (+)	4.24 (+)

femelles d'*Atyaephyra desmaresti* des trois populations ($t \geq 2.75$). La taille moyenne de cet organe décroît significativement dans le sens Lebna (0.718 mm), Sidi Saâd (0.617 mm) et Sidi Salem (0.495 mm).

La croissance différentielle de l'endopodite sexuel des femelles dans les trois barrages, montre que la taille de cet organe sexuel secondaire croît dans les trois populations avec un rythme plus rapide que la longueur totale: allométrie majorante ($t > 1.96$, Tableau II). Toutefois, la population de Lebna se décale nettement des deux autres populations de Sidi Salem et Sidi Saâd par une différence hautement significative de pente au niveau

des droites de régression correspondantes (tpe respectivement de 5.35 et 4.17). Entre Sidi Salem et Sidi Saâd, les droites montrent une différence très significative de position (tpo = 25.75) en faveur des femelles de Sidi Saâd (Tableau III).

Tableau III.— Rythme de croissance relative linéaire et comparaison des droites d'allométrie de la relation taille de l'endopodite-longueur totale chez les femelles d'*Atyaephyra desmaresti*. (tpe): test de pente; (tpo): test de position; N: effectif; LT ext: longueurs extrêmes des crevettes (mm); LE ext: tailles extrêmes de l'endopodite sexuel(mm);r: coefficient de corrélation; t: valeur du test de Student; (+): différence hautement significative au seuil de risque de 5%; (-): différence non significative au seuil de risque de 5%.

Table III.— Rate of linear relative growth and comparison of the right-hand sides of allometry of the relation cuts total endopodite-length in the females of *Atyaephyra desmaresti*. (tpe): test of slope; (tpo): test of position; N: manpower; LT ext: extreme lengths of the shrimps (mm); LE ext: extreme sizes of the sexual endopodite (mm); r: coefficient of correlation; t: value of the test of Student; (+): highly significant difference with the threshold of risk of 5%; (-): no significant difference with the threshold of risk of 5%.

	Equations	N	LT ext	LE ext	r	t	Lebna	S. Saâd
S. Salem	Log LE=0.766 Log LT-2.753	300	15.1-22.2	0.42-0.76	0.576	7.77 (+)	tpe=3.92(+)	tpe=3.57 (+)
Lebna	Log LE=1.070 Log LT-3.512	300	15.1-26.8	0.33-1.03	0.765	0.765 (-)		tpe=0.69 (-) tpo=5.95 (+)
S. Saâd	Log LE=1.017 Log LT-3.465	300	15.3-23.4	0.48-0.88	0.832	0.230 (-)		

1.3. Comparaison entre les mâles

Comme pour les femelles, les valeurs du test de Student de la comparaison de la taille moyenne de l'endopodite sexuel entre les mâles des trois retenues de barrage étudiées montrent des différences significatives entre les trois populations ($t \geq 3.76$) (Tableau IV). La taille moyenne la plus élevée

Tableau IV.—Comparaison de la taille moyenne de l'endopodite sexuel entre les mâles d'*Atyaephyra desmaresti* en provenance des trois barrages. t: valeur du test de Student; (+): différence hautement significative au seuil de risque de 5%; (-): différence non significative au seuil de risque de 5%.

Table IV.—Comparison of the average size of the sexual endopodite between the males of *Atyaephyra desmaresti* coming from the three dams. t: value of the test of Student; (+): highly significant difference with the threshold of risk of 5%; (-): no significant difference with the threshold of risk of 5%.

	S. Salem - Lebna	Lebna - S. Saâd	S. Salem - S. Saâd
t	12.73 (+)	9.18 (+)	3.76 (+)

est observée chez les mâles du barrage Lebna (0.795 mm); la plus faible chez les mâles du barrage Sidi Salem (0.611 mm), alors que celle des mâles du barrage Sidi Saâd occupe une position intermédiaire (0.651 mm); c'est le même type d'évolution éco-géographique que pour les femelles, avec une taille décroissante dans le sens Lebna - Sidi Saâd - Sidi Salem.

Chez les mâles, les modalités de l'allométrie sont différentes de celles des femelles; elles indiquent soit une allométrie fortement minorante (cas des mâles de Sidi Salem), soit une isométrie (cas des mâles des populations de Lebna et Sidi Saâd).

D'autre part, l'endopodite des mâles présente contrairement aux femelles, des lois de croissance similaires à Lebna et Sidi Saâd (tpe= 0.69) (Tableau V); toutefois, les droites de régression correspondantes présentent une différence hautement significative de position (tpo= 5.95), ce qui indique, qu'à une même longueur totale, les mâles de Sidi Saâd présente des endopodites sexuels moins développés que ceux de Lebna. Entre les populations de Sidi Salem et respectivement celles de Lebna et Sidi Saâd, les lois de croissance de l'endopodite des mâles sont par contre divergentes, avec une différence hautement significative de pente (tpe respectivement de 3.92 et 3.57).

Tableau V.—Rythme de croissance relative linéaire et comparaison des droites d'allométrie de la relation taille de l'endopodite-longueur totale chez les mâles d'*Atyaephyra desmaresti*. tpe: test de pente; tpo: test de position; N: effectif; LT ext: longueurs extrêmes des crevettes (mm); LE ext: tailles extrêmes de l'endopodite sexuel(mm);r: coefficient de corrélation; t: valeur du test de Student; (+): différence hautement au seuil de risque de 5%; (-): différence non significative au seuil de risque de 5%.

Table V.—Rate of linear relative growth and comparison of the right-hand sides of allometry of the relation cuts total endopodite-length in the males of *Atyaephyra desmaresti*. tpe: test of slope; tpo: test of position; N: manpower; LT ext.: extreme lengths of the shrimps (mm); The ext: extreme sizes of the sexual endopodite (mm); r: coefficient of correlation; t: value of the test of Student; (+): highly significant difference with the threshold of risk of 5%; (-): no significant difference with the threshold of risk of 5%.

	Equations	N	LT-ext	LE- ext	r	t	Lebna	S. Saâd
S. Salem	Log LE=0.766 Log LT-2.753	300	15.1-22.2	0.42-0.76	0.576	7.77(+)	tpe=3.92(+)	tpe=3.57(+)
Lebna	Log LE=1.070 Log LT-3.512	300	15.1-26.8	0.33-1.03	0.765	0.765(-)		tpe=0.69(-) tpo=5.59(+)
S. Saâd	Log LE=1.017 Log LT-3.465	300	15.3-23.4	0.48-0.88	0.832	0.230(-)		

2. Croissance relative de l'endopodite sexuel en fonction des périodes du cycle sexuel

Pour montrer l'impact des divers stades du cycle sexuel sur la croissance de l'endopodite sexuel, nous avons étudié l'évolution de la taille de cet organe dans les stades de pré-ponte, de ponte et de post-ponte chez les deux sexes d'*Atyaephyra desmaresti*.

2.1. Chez les femelles

Les équations d'allométrie en fonction des trois phases du cycle sexuel pour les femelles des trois populations d'*Atyaephyra desmaresti* sont représentées dans le tableau VI.

Tableau VI.—Equations d'allométrie de la relation taille de l'endopodite sexuel – longueur totale chez les femelles d'*Atyaephyra desmaresti* des barrages Sidi Salem, Lebna et Sidi Saâd en fonction des stades du cycle sexuel. LT ext: longueurs extrêmes des crevettes (mm); LE ext: longueurs extrêmes de l'endopodite sexuel; r: coefficient de corrélation; sdx et sdy: erreur type d'estimation; t: valeur du test "t" de Student; (+): différence hautement au seuil de risque de 5%; (–): différence non significative au seuil de risque de 5%.

Table VI.—Allometry equations of the relation cuts sexual endopodite – overall length in the females of *Atyaephyra desmaresti* of the Sidi Salem, Lebna and Sidi Saâd dams according to the stages of the sexual cycle. LT ext: extreme lengths of the shrimps (mm); The ext: extreme lengths of the sexual endopodite; r: coefficient of correlation; sdx and sdy: typical mistake of estimate; t: value of the test "t" of Student; (+): highly significant difference with the threshold of risk of 5%; (–): no significant difference with the threshold of risk of 5%.

	Stades	Equations	LT ext	LE ext	r	Sdx	Sdy	t
S. Salem	Préponge	Log LE=1.832 Log LT–6.632	15.2–24.4	0.21–0.85	0.866	0.03	0.14	3.49(+)
	Ponte	Log LE=1.253 Log LT–4.243	16.4–27	0.39–1	0.882	0.03	0.06	5.51(+)
	Postponte	Log LE=2.967 Log LT–9.885	15.8–27	0.18–0.61	0.948	0.02	0.22	2.49(+)
Lebna	Préponge	Log LE=2.716 Log LT–0.129	15.1–32.3	0.15–1.21	0.932	0.049	0.387	7.85(+)
	Ponte	Log LE=3.304 Log LT–11.12	20.3–28.3	0.15–1.15	0.979	0.045	0.508	9.63(+)
	Postponte	Log LE=1.212 Log LT–3.869	16.3–32.3	0.82–1.21	0.958	0.012	0.019	4.28(+)
S. Saâd	Préponge	Log LE=2.896 Log LT–9.864	19.9–26.9	0.18–0.97	0.970	0.032	0.280	8.22(+)
	Ponte	Log LE=1.279 Log LT–4.259	20–26.9	0.67–1.06	0.739	0.008	0.024	1.29(–)
	Postponte	Log LE=1.274 Log LT–4.243	17–27.3	0.67–1.06	0.736	0.008	0.024	1.27(–)

L'analyse de ces résultats, permet de constater que:

- la longueur de l'endopodite sexuel et la longueur totale d'*Atyaephyra desmaresti* sont fortement corrélées pour les trois populations étudiées, quelle que soit la période du cycle reproducteur ($r \geq 0.736$);
- durant les trois stades du cycle sexuel, l'allométrie qui relie les deux variables est majorante, exception faite pour la population de Sidi Saâd, en périodes de ponte et de post-ponte au cours desquelles la croissance est isométrique.

D'autre part, dans le tableau VII sont rassemblées les valeurs des tests de pente et de position permettant de comparer les droites de régression reliant la croissance de l'endopodite sexuel à la longueur totale chez les femelles d'*Atyaephyra desmaresti* en provenance des trois biotopes durant les trois périodes du cycle sexuel.

Tableau VII.—Comparaison des pentes et des positions des droites d'allométrie de la relation taille de l'endopodite – longueur totale chez les femelles d'*Atyaephyra desmaresti* des trois barrages. tpe: valeur du test de comparaison des pentes; tpo: valeur du test de comparaison des positions; (+): différence hautement significative au seuil de risque de 5%; (–): différence non significative au seuil de risque de 5%.

Table VII.—Comparison of the slopes and the positions of the right-hand sides of allometry of the relation cuts endopodite – overall length in the females of *Atyaephyra desmaresti* of the three dams. tpe: value of the test of comparison of the slopes; tpo: value of the test of comparison of the positions; (+): highly significant difference with the threshold of risk of 5%; (–): no significant difference with the threshold of risk of 5%.

	tpe	tpo	Stades du cycle sexuel
S. Salem – Lebna	7.174 (+)	–	Pré-ponte
Lebna – S. Saâd	12.145 (+)	–	
S. Salem – S. Saâd	4.16 (+)	–	
S. Salem – Lebna	0.569 (–)	15.822 (+)	Ponte
Lebna – S. Saâd	0.684 (–)	12.229 (+)	
S. Salem – S. Saâd	0.235 (–)	2.744 (+)	
S. Salem – Lebna	2.717 (+)	–	Post-ponte
Lebna – S. Saâd	3.979 (+)	–	
S. Salem – S. Saâd	0.559 (–)	9.917 (+)	

L'analyse de ce tableau montre que toutes les droites de régression présentent des différences de pente (période de pré-ponte entre les trois populations et de post-ponte entre Lebna et respectivement Sidi Salem et

Sidi Saâd) ou de position (période de ponte entre les trois populations et période de post-ponte entre celles de Sidi Salem et Sidi Saâd). Les résultats obtenus indiquent l'influence significative du biotope sur la taille de l'endopodite sexuel aux divers stades du cycle sexuel confirmant ceux de l'étude globale (Tableaux II, IV).

2.2. Chez les mâles

Comme pour les femelles, nous avons suivi la croissance relative de l'endopodite sexuel chez les mâles en fonction de la longueur totale de la crevette aux différents stades du cycle sexuel (Tableau VIII).

Tableau VIII.—Equations d'allométrie de la relation taille de l'endopodite sexuel – longueur totale chez les mâles d'*Atyaephyra desmaresti* du barrage Sidi Salem en fonction des stades du cycle sexuel. LT ext: longueurs extrêmes des crevettes (mm); LE ext: longueurs extrêmes de l'endopodite sexuel; r: coefficient de corrélation; sdxet sdy: erreur type d'estimation; t: valeur du test "t" de Student; (+): différence hautement au seuil de risque de 5%; (–): différence non significative au seuil de risque de 5%.

Table VIII.—Allometry equations of the relation cuts sexual endopodite – overall length in the males of *Atyaephyra desmaresti* of the Sidi Salem dam according to the stages of the sexual cycle. LT ext: extreme lengths of the shrimps (mm); The ext: extreme lengths of the sexual endopodite; r: coefficient of correlation; sdx and sdy: typical mistake of estimate; t: value of the test "t" of Student; (+): highly significant difference with the threshold of risk of 5%; (–): no significant difference with the threshold of risk of 5%.

	Stades	Equations	LT ext	LE ext	r	Sdx	Sdy	t
S. Salem	Préponte	Log LE=1.051 Log LT–3.632	16.4–20	0.42–0.70	0.753	0.01	0.02	0.37 (–)
	Ponte	Log LE=0.904 Log LT–3.195	16.5–22.2	0.48–0.7	0.791	0.01	0.01	1.12 (–)
	Postponte	Log LE=0.329 Log LT–1.378	15.1–21.5	0.55–0.76	0.293	0.01	0.01	5.49 (+)
Lebna	Préponte	Log LE=1.535 Log LT–4.999	15.1–26.3	0.33 - 1	0.934	0.035	0.095	5.19 (+)
	Ponte	Log LE=1.104 Log LT–3.509	16.2–23.8	0.6–1.03	0.902	0.011	0.016	1.51 (–)
	Postponte	Log LE=0.566 Log LT–1.983	16.5–26.8	0.64–1	0.677	0.027	0.019	7.99 (+)
S. Saâd	Préponte	Log LE=1.184 Log LT–3.969	15.3–23.4	0.48–0.88	0.858	0.016	0.031	1.73 (–)
	Ponte	Log LE=1.165 Log LT–3.941	15.6–21.3	0.58–0.82	0.909	0.097	0.016	22.49 (+)
	Postponte	Log LE=0.713 Log LT–2.514	15.8–23	0.48–0.73	0.824	0.019	0.015	6.27 (+)

La comparaison des différentes valeurs du coefficient de corrélation r aux valeurs théoriques données par la table de Bravais-Pearson pour un nombre de degrés de liberté égal à 300, montre qu'au cours des deux premiers stades du cycle sexuel, il existe une très haute corrélation entre les deux variables étudiées ($r \geq 0.75$), alors qu'au cours du dernier stade, cette corrélation généralement s'affaiblit, mais reste très significative et supérieure à la valeur théorique au seuil de confiance de 5%.

D'autre part, le rythme de croissance de l'endopodite sexuel en fonction de la taille de la crevette (Tableau VIII), est affecté d'une variation temporelle en relation avec les diverses phases du cycle sexuel et d'une variation spatiale en fonction du biotope. En effet, chez la population de Sidi Salem et durant les périodes de pré-ponte et de ponte, la taille de l'endopodite augmente au même rythme que la longueur totale (isométrie); chez la population de Lebna, l'allométrie est d'abord majorante (pré-ponte), devient ensuite isométrique (ponte). A Sidi Saâd, c'est le contraire: isométrique en phase de pré-ponte, puis allométrie majorante en phase de ponte. Au cours de la dernière phase (postponte), les mâles d'*Atyaephyra desmaresti*, ayant accompli leur rôle de géniteurs, possèdent des endopodites sexuels qui évoluent à un rythme plus faible que celui de la longueur totale de la crevette (allométrie minorante) quelle que soit leur origine géographique.

Dans le tableau IX sont indiquées les valeurs du test de pente (tpe) et de position (tpo) comparant les droites de régression reliant la croissance de l'endopodite sexuel à la longueur totale de la crevette chez les mâles d'*Atyaephyra desmaresti* en provenance des trois biotopes durant les trois périodes du cycle sexuel.

D'après ce tableau, toutes les valeurs de tpe sont statistiquement supérieures à la valeur théorique 1.96 au seuil de probabilité de 5% sauf celle au cours de la période de pré-ponte entre Sidi Salem et Sidi Saâd. Cela indique que chez les mâles des trois populations étudiées et pour la quasi totalité de la période du cycle reproducteur de la crevette, les lois de croissance relative de l'endopodite sexuel sont différentes d'un barrage à l'autre, ce qui illustre comme pour les femelles, l'influence du biotope sur la croissance différentielle de l'endopodite sexuel à tous les stades du cycle sexuel d'*Atyaephyra desmaresti*. Entre Sidi Salem et Sidi Saâd, en pré-ponte, il existe plutôt une différence de position (tpo= 2.60) en faveur des mâles de la population de Sidi Saâd.

Tableau IX.— Comparaison des pentes et des positions des droites d'allométrie de la relation taille de l'endopodite – longueur totale chez les mâles d'*Atyaephyra desmaresti* des trois barrages. tpe: valeur du test de comparaison des pentes; tpo: valeur du test de comparaison des positions; (+): différence hautement au seuil de risque de 5%; (–): différence non significative au seuil de risque de 5%.

Table IX.— Comparison of the slopes and the positions of the right-hand sides of allometry of the relation cuts endopodite – overall length in the males of *Atyaephyra desmaresti* of the three dams: value of the test of comparison of the slopes; tpo: value of the test of comparison of the positions; (+): highly significant difference with the threshold of risk of 5%; (–): no significant difference with the threshold of risk of 5%.

	tpe	Tpo	Stades du cycle sexuel
S. Salem – Lebna	5.148 (+)	–	Pré-ponte
Lebna – S. Saâd	4.226 (+)	–	
S. Salem – S. Saâd	1.158 (–)	2.61	
S. Salem – Lebna	2.559 (+)	–	Ponte
Lebna – S. Saâd	3.931 (+)	–	
S. Salem – S. Saâd	3.306 (+)	–	
S. Salem – Lebna	4.43 (+)	–	Post-ponte
Lebna – S. Saâd	2.379 (+)	–	
S. Salem – S. Saâd	7.146 (+)	–	

CONCLUSION

La longueur de l'endopodite sexuel et la longueur totale d'*Atyaephyra desmaresti* aussi bien chez les mâles que chez les femelles sont fortement corrélées pour les trois populations étudiées, quelle que soit la période du cycle reproducteur.

La taille moyenne de l'endopodite sexuel est plus développée chez le mâle que chez la femelle. L'intensité de ce dimorphisme sexuel paraît nettement plus élevée à Lebna et Sidi Salem qu'à Sidi Saâd.

Les valeurs du test de Student concernant la comparaison de la taille moyenne de l'endopodite sexuel entre les mâles d'une part et les femelles d'autre part en provenance des trois barrages étudiés montrent des différences significatives entre les trois populations. La taille moyenne la plus élevée est observée chez les spécimens du barrage Lebna; la plus faible chez ceux du barrage Sidi Salem. Etant donné que la taille de l'endopodite est corrélée positivement avec la longueur totale de l'animal pour les deux sexes,

et que des différences significatives entre la taille maximale de l'animal ont été notés entre les trois populations en faveur de celle de Lebna (Dhaouadi, 2003), on peut donc dire que les conditions optimales rencontrées dans la retenue du barrage Lebna, induirait une évolution particulière de cet organe sexuel par comparaison à sa croissance dans les autres retenues de barrages étudiés.

Le rythme de croissance relative linéaire de l'endopodite sexuel d'*Atyaephyra desmaresti* est affecté d'une variation spatio-temporelle en rapport avec les caractéristiques biotopiques et celles du cycle reproducteur de cette espèce, ainsi qu'une variation en fonction du sexe.

Si chez les femelles, la croissance est de type allométrie majorante pour les trois populations étudiées, elle est au contraire chez les mâles minorante (population de Lebna et de Sidi Saâd).

Chez les femelles et à l'intérieur de chaque biotope, la croissance est en général de type allométrie majorante durant le cycle reproducteur, rarement isométrique (population de Sidi Saâd en période de ponte et de postponte).

Chez les mâles, les modalités d'allométrie en fonction des phases du cycle sexuel sont très différentes de celles des femelles: isométrie ou allométrie majorante en période de pré-ponte et de ponte; allométrie minorante en période de postponte quelque soit le biotope.

La comparaison des droites de régression de la relation: longueur de l'endopodite sexuel – longueur totale entre les trois populations étudiées (sexes séparés) a permis de mettre en évidence des différences significatives de pente ou de position entre les mâles et entre les femelles des trois retenues de barrages, en rapport avec les paramètres écologiques plus ou moins divergents dans ces trois biotopes et leur influence sur la croissance de l'endopodite sexuel d'*Atyaephyra desmaresti*.

BIBLIOGRAPHIE

- BOUVIER, E. L. 1913. Les variations d'une crevette de la famille des Atyidés, l'*Atyaephyra desmaresti* (MILLET). *Bull. du Muséum*, 1: 66-74.
- 1925. Recherches sur la morphologie, les variations, la distribution géographique des crevettes de la famille des Atyidés. *Encycl. Ent. Ser. A* 4: 370p.
- DESCOUTURELLE, G. 1971. Différenciation des caractères sexuels femelles chez la crevette d'eau douce *Atyaephyra desmaresti* Millet (Crustacea, Décapode, Natantia). *C. R. Séanc-Sco. Biol. De Nancy*, 169 (6): 1412-1416.
- 1980. Contribution à l'étude du contrôle de l'évolution sexuelle, de la croissance, de la mue et de leurs interactions chez la crevette d'eau douce *Atyaephyra desmaresti desmaresti* (Millet, 1831). *Thèse de Doctorat d'état – Mention SCIENCES*, Université de Nancy I, u. e. r. Physique, Chimie, Biologie.

- DESCOUTURELLE, G. & FRENTZ, R. 1970. Différenciation des caractères sexuels mâles chez la crevette d'eau douce *Atyaephyra desmaresti* Millet (Crustacea, Décapoda, Natantia). *C. R. Séanc-Sco. Biol. De Nancy*, 164 (12): 2614-2618.
- DHAOUADI-HASSEN, S. 2003. Etude écobiologique d'*Atyaephyra desmaresti* (Millet, 1834) (Crustacea, Decapoda, Natantia, Atyidae) de trois retenues de barrages de Tunisie: Sidi Salem, Lebna et Sidi Saâd. *Thèse de Doctorat*. Université de Tunis El Manar, Faculté des Sciences de Tunis.
- GALHANO, M.H. 1979. Seasonal changes in *Atyaephyra desmaresti* Millet (Decapoda Natantia). *Pub. Inst. De Zool. «Dr. A. Nobre» 145 e Anais de Fac. De Ciências do port*, 61: 11-26.
- MAYRAT, A. 1967. Croissance et développement chez les Crustacés. Leur étude biométrique (avec quelques remarques sur les Insectes). *Mém. Inst. Fond. Afr. Noire*, 77: 499-648.

