

ETUDE MORPHOMETRIQUE DU MOLLUSQUE GASTEROPODE *PATELLA CAERULEA* LINNAEUS, 1758 DES COTES NORD DE LA TUNISIE

Hela BELKHODJA^{1,*} et M. S. ROMDHANE²

^{1,*}Institut Supérieur de Pêche et d'Aquaculture de Bizerte, Menzel Jmil, BP-15, 7080 Bizerte, Tunisie

² Institut National Agronomique de Tunis, 43 av. Charles Nicolle, 1082, Tunis – Tunisie

*hela.belkhodja@yahoo.fr

ملخص

الدراسة المورفولوجية للصدفة *Patella caerulea* على السواحل الشمالية التونسية: تتواجد الصدفة *Patella caerulea* في أغلب السواحل الصخرية التونسية و تتميز بصيغاتها السلوكية و البيئية التي تختلف من وسط الى آخر. خلال هذه الدراسة، نقتراح تحليل التنوعات المورفولوجية للمحارة التي تقطن في ثلاثة مواقع على السواحل الشمالية التونسية (قناة بحيرة بنزرت، المنطقة المنائية بحلق الوادي و ساحل سيدي رايس). و بالأعتماد على اختبارات "المنحدرة" و "الموقع"، وقعت مقارنة المعطيات البيومترية للصدفة *P. caerulea* المتواجدة في مختلف مناطق الدراسة. بينت النتائج أن الصدقات القاطنة في هذه المناطق قد تتميز بطول و عرض قذيفتها. كما بينت نتائج المقارنة أن نمو الصدفة قد يختلف عموما بين المناطق المذكورة. **كلمات مفاتيح:** المحارة، الدراسة المورفولوجية، السواحل الشمالية التونسية.

RESUME

La patelle, *Patella caerulea* Linnaeus, 1758, est un mollusque gastéropode très fréquent sur toutes les côtes rocheuses tunisiennes. Elle expose des traits écologiques et comportementaux complexes qui varient d'un milieu à un autre. Dans cette étude, nous nous proposerons d'analyser la diversité morphométrique de *P. caerulea* peuplant trois sites rocheux des côtes nord de la Tunisie (Canal de Bizerte, La Goulette et Sidi Rais). Le test t de Student, le test "t" : de pente (tpe) et de position (tpo) ont été utilisés pour la comparaison des pentes et des positions des droites de régressions entre les 3 populations étudiées. A l'échelle globale, les résultats des trois relations allométriques (longueur-hauteur, longueur-largeur et largeur-hauteur), mises en évidence dans notre étude, ont montré que l'accroissement de la longueur de la coquille de *P. caerulea* est moins important que ceux de sa hauteur et de sa largeur, et que l'accroissement de la largeur est plus lent que celui de sa hauteur dans les trois régions étudiées. Il s'agit bien d'une réponse adaptative aux conditions physiques et écologiques du milieu. L'étude de l'évolution mensuelle des relations (longueur-hauteur et longueur-largeur) au niveau des trois stations a bien montré que les patelles ont tendance à croître en hauteur et en largeur plus rapidement qu'en longueur. Cette étude a montré que globalement, il existe une différence significative entre les caractéristiques morphométriques des trois populations étudiées.

Mots clés : Patelle, *Patella caerulea*, caractères morphométriques, côtes nord de la Tunisie.

ABSTRACT

Morphometric study of the mollusks gastropods *Patella caerulea* Linnaeus, 1758 from Tunisian north coasts: The limpet species, *Patella caerulea* (mollusks, gastropods) is very common in almost Tunisian rocky coasts. It shows complex ecological and behavioral characteristics which vary according to the environment where it lives. In this investigation we are interested in analyzing the morphometric diversity of the limpet from three rocky sites in the northern coasts of Tunisia (Bizerta Channel, La Goulette and Sidi Rais). Statistical tests: "student, tests t of slope and of position" have been used in order to compare the slopes and the positions of the regression straight line between the 3 studied population. Results showed that, according to the global scale, the three allometric relations highlighted in this work revealed that the increase of the length shell is less important than those of the height and the width. In another hand, the increase of the width is slower that the height one of all the specimens studied from the 3 sites. These results reflect the adaptative response of the limpet following the physical and the ecological environment where it lives. The monthly variation of the relations: length/height and length/width in the limpets from the 3 studied sites showed that this species has a tendency to growth in height and width faster than the length. This study revealed significant differences between the morphometric characteristics of the three limpet population.

Keywords: limpet, *Patella caerulea*, morphometric characteristics, northern Tunisian coasts.

INTRODUCTION

De part leur vaste répartition dans le monde et leur importance biologique et écologique, les mollusques, entre autres les gastéropodes, ont depuis toujours suscité l'intérêt des scientifiques, vu qu'ils sont situés

à plusieurs niveaux de la chaîne trophique, ce qui accroît davantage leur rôle déterminant dans le fonctionnement des écosystèmes.

Parmi ces mollusques gastéropodes, le genre *Patella* est très fréquent sur les côtes rocheuses intertidales. Cinq espèces de patelles sont présentes en Mer

Méditerranée (Cretella et al., 1994) parmi lesquelles, *Patella caerulea* Linnaeus, 1758 et *Patella ferruginea* Gmelin, 1791 sont considérées comme espèces endémiques des côtes méditerranéennes (Frenkiel, 1975 ; Espinosa et al., 2008; Tlig-Zouari et al., 2010a) où *P. caerulea* se trouve en densité élevée (Nakhlé 2003).

Patella caerulea, appelée communément la patelle bleue, a été signalée sur l'ensemble des côtes nord de la Tunisie au niveau des zones médiolittorales et infralittorales jusqu'à 10 mètres de profondeur (Fekih et Gougerot, 1974 ; UNEP-IUCN-RAC/SPA, 1986 ; Tlig-Zouari et al., 2010b ; Belkhodja et al., 2012). Comme toutes les autres espèces de ce genre, *P. caerulea* montre une grande plasticité morphométrique. En effet, elle possède une stratégie adaptative aux importantes variations des facteurs écologiques (Vermeij, 1973 ; Branch, 1981).

En Tunisie, de rares travaux ont porté sur la croissance et la reproduction de *P. caerulea*, telle que l'étude préliminaire qui traite de la diversité morphométrique de *P. caerulea* du littoral rocheux des côtes de Korbous (Boukhicha et al., 2010) ou encore, celle qui porte sur l'analyse histologique du cycle de reproduction de cette espèce récoltée dans les régions de Bizerte et de La Goulette (golfe de Tunis) (Belkhodja et al., 2010; Belkhodja et al., 2011).

Dans certains pays, les patelles sont récoltées pour leur qualité gastronomique, ce qui a affecté les stocks de certaines espèces qui sont, de nos jours, protégées comme *Patella candei* d'Orbigny, 1840 et *Patella aspera* Lamarck, 1819 en Islande, où il a été enregistré une importante baisse des stocks (Hawkins et al., 1990). Toutefois, en Tunisie, les patelles ne sont pas consommées par absence de traditions culinaires malgré leur abondance sur les côtes. En vue d'une valorisation écologique ou éventuellement économique, comme ressource exploitable en pêche et en aquaculture, nous nous proposons dans cette étude d'analyser la diversité morphométrique de *P. caerulea* peuplant trois sites différents des côtes nord de la Tunisie. Ces sites sont la station Canal de Bizerte (CB), la station La Goulette (LG) et la station Sidi Rais (SR). Les pentes et les positions des droites de régression, établies entre les différentes mesures effectuées sur la coquille de *P. caerulea*, sont comparées à l'aide du test "t" de Student dans le but de mettre en évidence l'effet du milieu sur la croissance relative de cette espèce à large répartition sur les côtes tunisiennes.

MATERIEL ET METHODES

Sites et stratégie de prélèvement

Des prélèvements mensuels de quarante individus de *P. caerulea*, de différentes classes de taille, prélevés

au hasard, ont été effectués durant la période allant de septembre 2006 jusqu'à août 2007 dans trois sites naturels localisés sur les côtes nord de la Tunisie (Fig.1), à savoir :

La station Canal de Bizerte (CB) : située au niveau du chenal qui permet la communication de la lagune avec la Mer Méditerranée (Fig. 1). Cette station est localisée dans la partie nord-est de la lagune de Bizerte à 37°16'10.79''N et 09°52'33.57''E.

La station La Goulette (LG) : située au niveau de la jetée sud du port de pêche et de commerce de La Goulette, sur la côte nord-ouest du golfe de Tunis à 36°48'25.20''N, 10°18'31.54''E (Fig.1). Cette jetée est édiflée en bloc de roches sur fond sablo-vaseux. Il s'agit d'un site exposé, soumis à un important hydrodynamisme lié aux principaux courants qui longent la côte ouest du golfe de Tunis en direction du sud (Kouki, 1984).

La station Sidi Rais (SR) : située au sud-est du golfe de Tunis à 36°46'52N et 10°32'42E. Elle est délimitée par Soliman au sud, Korbous au nord et la Mer Méditerranée à l'ouest (Fig. 1). Il s'agit d'un site rocheux, considéré comme très exposé au vent nord ouest et par suite à la houle de même direction (Sellem, 1999).

Etude de la croissance

Au total 1440 individus de patelles, ont été prélevés au cours de cette étude. Pour chaque spécimen de *P. caerulea*, trois mesures métriques ont été relevées (Fig. 2) à l'aide d'un pied à coulisse au 1/100^{ème} mm près : la longueur **L** de la coquille (la plus grande distance séparant le bord antérieur du bord postérieur de la coquille), la hauteur externe **H** (mesure par le travers) et la largeur maximale **La** de la coquille.

Toutes les mesures obtenues nous ont permis d'étudier les relations allométriques globales et mensuelles liant les différents paramètres linéaires. Les relations allométriques mensuelles retenues dans cette étude concernent les relations longueur-hauteur et longueur-largeur.

Les relations ont été exprimées par une fonction puissance de la forme $y = ax^b$, laquelle est transformée en fonction logarithmique de la forme $\log y = \log a + b \log x$. Cette transformation est la méthode la plus simple permettant de linéariser la relation, de stabiliser les variances et de normaliser les variables (Myers, 1986). On admet que les variables mesurées sont sans erreurs importantes, puisque la méthode de calcul adoptée est celle des moindres carrés. Pour tester les différentes relations relatives à la croissance linéaire relative de la patelle, nous avons utilisé un test statistique de Student (t) avec les formules suivantes :

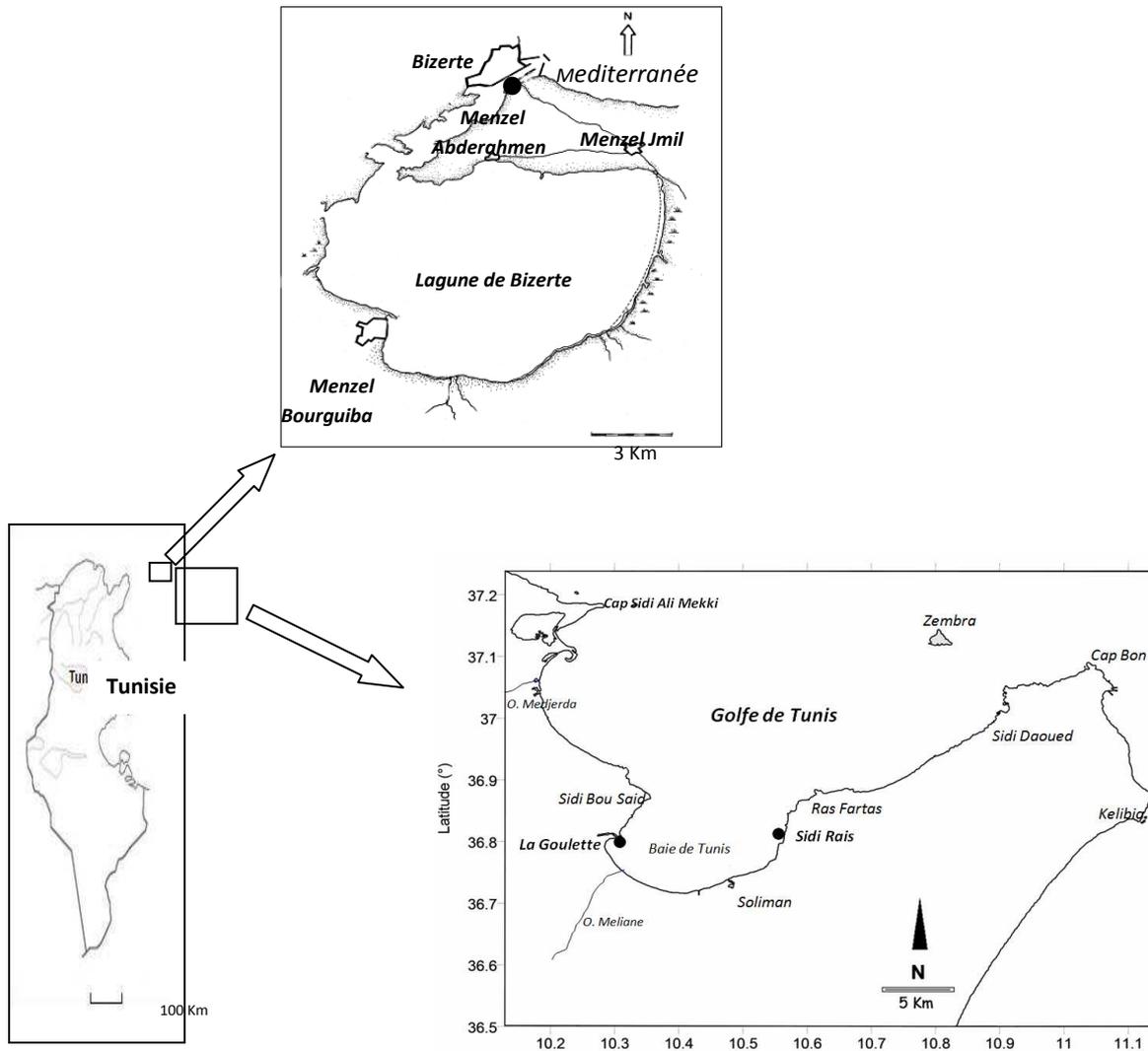


Fig 1.- Localisation géographique des stations d'échantillonnage (●)

$$t = \frac{|b-1|}{\text{Ecart-type}(b)}$$

Avec
$$\text{Ecart-type}(b) = \sqrt{\frac{S^2y}{S^2x} \frac{(1-r^2)}{n-2}}$$

S^2y : Variable de y, S^2x : Variable de x, r^2 : Coefficient de corrélation au carré et $n-2$: Degré de liberté.

La constante a, ou coefficient de condition, peut varier en fonction des conditions écologiques et

physiologiques. Le terme b est le coefficient d'allométrie traduisant la proportionnalité de la croissance d'un caractère donné par rapport au caractère de référence. Ainsi, pour la relation taille-taille, b est théoriquement égale à 1. Trois cas peuvent se présenter : si $b=b$ théorique, il y a isométrie entre les deux paramètres, si $b < b$ théorique, il y a une allométrie minorante et si $b > b$ théorique, l'allométrie est majorante (Myers, 1986).

Afin de déceler une éventuelle différence significative entre les relations des trois populations de patelle, nous avons appliqué les tests de student et celui des pentes et des positions qui permettent de comparer les pentes et les positions des droites de

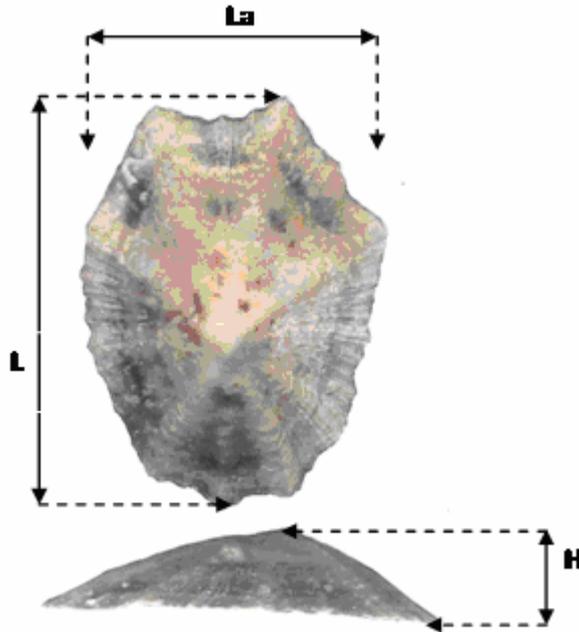


Fig.2 -Mesures des paramètres linéaires de *P. caerulea*

régression pour les différentes relations biométriques (seuil de probabilité 5%).

RESULTATS

Les valeurs des paramètres morphométriques des 1440 individus échantillonnés à travers les trois stations, révèlent des extrêmes : 14,75 à 49,66 mm pour la longueur ; 11,88 à 44,63 mm pour la largeur et 2,27 à 14,39 mm pour la hauteur. Les moyennes des paramètres morphométriques étudiés (longueur, largeur et hauteur) par station sont récapitulées dans le tableau I.

Les différents résultats obtenus, pour les relations globales et mensuelles liants les différents paramètres linéaires, sont résumés dans les tableaux II, III et IV. Ceux des tests statistiques sont résumés dans le tableau V.

A l'échelle globale, des relations allométriques significatives ont été mises en évidence pour les trois paramètres linéaires mesurés sur l'ensemble de la période d'étude (cycle annuel) (Tableau II). Les valeurs des coefficients de corrélation r de la période annuelle qui relient les différentes variables linéaires des patelles sont comprises entre 0,82 ($P < 0,05$) et 0,98 ($P < 0,05$), ce qui témoigne d'une très forte corrélation significative entre la longueur et la hauteur, la longueur et la largeur et la largeur et la hauteur de la coquille, ainsi que d'une efficacité de l'ajustement au modèle linéaire.

Les relations allométriques entre les différentes variables linéaires se sont révélées significatives (Tableau II). Pour la relation longueur-hauteur, la comparaison des pentes des différentes droites révèle des différences hautement significatives au seuil de

5% (Tableau II), ce qui met en évidence une allométrie minorante dans les trois stations : la croissance en longueur des patelles est moins rapide que leur croissance en hauteur. Pour la relation longueur-largeur, le test t , hautement significatif, met en évidence une allométrie fortement minorante pour ce modèle (Tableau II). De ce fait, la croissance des patelles est plus rapide en largeur qu'en longueur. Pour la relation largeur -hauteur, le test t sur l'allométrie, hautement significatif dans toutes les stations, indique une allométrie minorante dans les trois stations (Tableau II). Ceci témoigne d'une croissance plus lente en largeur qu'en hauteur.

La comparaison entre les droites de régression qui décrivent la croissance relative des caractères morphologiques dans les trois stations par le biais des tests des pentes et des positions, montre des différences liées à l'origine géographique de cette espèce. En effet, pour la relation longueur-hauteur, l'analyse des valeurs des tests des pentes et des positions, montre que pour une même hauteur, la longueur totale de la coquille est plus petite à la station CB qu'aux stations LG et SR et plus importante à la station SR qu'à la station LG. Pour la relation longueur-largeur, les lois de croissance sont identiques pour la totalité des couples, c'est à dire entre les spécimens de la station CB et ceux de la station LG, de la station CB et ceux de la station SR et la station LG et ceux de la station SR. Pour la relation largeur-hauteur, la comparaison des équations liant ces deux paramètres ne montre pas de différences significatives au niveau des pentes et des positions des droites entre les spécimens de la station LG et ceux de la station SR. En dehors de ce couple de stations, on remarque que pour une même hauteur,

Tableau I : Longueurs, largeurs et hauteurs moyennes des patelles dans les trois zones d'étude.

Paramètres	Canal de Bizerte	La Goulette	Sidi Rais
Longueur	25,93 ± 4,22	29,42 ± 6,15	24,68 ± 3,65
Largeur	21,71 ± 3,78	24,71 ± 5,44	20,72 ± 3,29
Hauteur	6,95 ± 1,26	7,45 ± 1,95	6,25 ± 1,26

Tableau II : Relations globales liant les paramètres linéaires de *P. caerulea* dans les trois stations (CB), (LG) et (SR) durant la période septembre 2006-août 2007

N : Nombre d'individus ; r : Coefficient de corrélation des équations de régression ;

** : Test Student significatif ($t > 1,96$; $P < 0,05$)

Stations	Equations de régression	N	r	t	Allométrie
Canal de Bizerte (CB)	$L = 6,0248H^{0,745}$	480	0,87	**	minorante
	$L = 1,5221La^{0,921}$	480	0,96	**	minorante
	$La = 4,8901H^{0,761}$	480	0,84	**	minorante
La Goulette (LG)	$L = 6,694H^{0,739}$	480	0,93	**	minorante
	$L = 1,5044La^{0,928}$	480	0,98	**	minorante
	$La = 5,2995H^{0,767}$	480	0,91	**	minorante
Sidi Rais (SR)	$L = 8,6653H^{0,574}$	480	0,84	**	minorante
	$L = 1,7031La^{0,882}$	480	0,96	**	minorante
	$La = 6,8193H^{0,609}$	480	0,82	**	minorante

Tableau III : Equations allométriques mensuelles entre la longueur de la coquille de *P. caerulea* et sa hauteur dans les trois stations (CB), (LG) et (SR) durant la période septembre 2006-août 2007

N : Nombre d'individus ; r : Coefficient de corrélation des équations de régression ;

** : Test Student significatif ($t > 1,96$; $P < 0,05$) ; NS : Non significatif.

Station	Mois	Equation	N	r	Test d'allométrie	Allométrie
Canal de Bizerte	Septembre	$L = 5,6081H^{0,794}$	40	0,85	5,002 (**)	minorante
	Octobre	$L = 5,7936H^{0,805}$	40	0,95	4,665 (**)	minorante
	Novembre	$L = 6,7505H^{0,678}$	40	0,91	6,445 (**)	minorante
	Décembre	$L = 8,4784H^{0,583}$	40	0,91	6,224 (**)	minorante
	Janvier	$L = 5,3004H^{0,808}$	40	0,94	4,432 (**)	minorante
	Février	$L = 8,1733H^{0,626}$	40	0,89	7,441 (**)	minorante
	Mars	$L = 4,658H^{0,823}$	40	0,91	2,991 (**)	minorante
	Avril	$L = 6,5691H^{0,664}$	40	0,89	6,276 (**)	minorante
	Mai	$L = 5,9123H^{0,741}$	40	0,91	4,973 (**)	minorante
	Juin	$L = 7,4716H^{0,630}$	40	0,88	6,718 (**)	minorante
La Goulette	Juillet	$L = 6,5093H^{0,686}$	40	0,90	5,809 (**)	minorante
	Août	$L = 6,9705H^{0,701}$	40	0,89	5,287 (**)	minorante
	Septembre	$L = 3,9805H^{1,00}$	40	0,91	0,097 (NS)	isométrique
	Octobre	$L = 5,9907H^{0,803}$	40	0,96	5,601 (**)	minorante
	Novembre	$L = 6,0764H^{0,780}$	40	0,90	3,658 (**)	minorante
	Décembre	$L = 7,7463H^{0,650}$	40	0,90	5,318 (**)	minorante
	Janvier	$L = 4,7822H^{0,883}$	40	0,92	2,002 (**)	minorante
	Février	$L = 8,5129H^{0,615}$	40	0,92	9,145 (**)	minorante
	Mars	$L = 5,5596H^{0,812}$	40	0,97	6,017 (**)	minorante
	Avril	$L = 6,7189H^{0,746}$	40	0,92	5,034 (**)	minorante
Sidi Rais	Mai	$L = 4,6429H^{0,943}$	40	0,94	1,022 (NS)	isométrique
	Juin	$L = 6,1535H^{0,804}$	40	0,91	3,405 (**)	minorante
	Juillet	$L = 6,5863H^{0,738}$	40	0,92	5,285 (**)	minorante
	Août	$L = 6,9536H^{0,752}$	40	0,92	5,040 (**)	minorante
Sidi Rais	Septembre	$L = 6,1995H^{0,728}$	40	0,87	4,096 (**)	minorante
	Octobre	$L = 9,0713H^{0,522}$	40	0,88	10,829 (**)	minorante

Novembre	$L = 7,1773H^{0,649}$	40	0,91	7,626 (**)	minorante
Décembre	$L = 10,037H^{0,488}$	40	0,88	7,835 (**)	minorante
Janvier	$L = 5,222H^{0,830}$	40	0,93	3,348 (**)	minorante
Février	$L = 6,6169H^{0,714}$	40	0,90	5,118 (**)	minorante
Mars	$L = 11,779H^{0,452}$	40	0,91	17,440 (**)	minorante
Avril	$L = 4,8019H^{0,881}$	40	0,96	3,056 (**)	minorante
Mai	$L = 6,2935H^{0,737}$	40	0,91	5,045 (**)	minorante
Juin	$L = 7,6548H^{0,653}$	40	0,90	6,807 (**)	minorante
Juillet	$L = 5,3997H^{0,819}$	40	0,90	2,881 (**)	minorante
Août	$L = 5,9088H^{0,825}$	40	0,91	2,179 (**)	minorante

Tableau IV : Equations allométriques mensuelles entre la longueur de la coquille de *P. caerulea* et sa largeur dans les trois stations (CB), (LG) et (SR) durant la période septembre 2006-août 2007

N : Nombre d'individus ; r : Coefficient de corrélation des équations de régression ;

** : Test Student significatif ($t > 1,96$; $P < 0,05$) ; NS : Non significatif.

Station	Mois	Equation	N	r	Test d'allométrie	Allométrie
Canal de Bizerte	Septembre	$L = 1,2611La^{0,978}$	40	0,96	0,511 (NS)	isométrique
	Octobre	$L = 1,2874La^{0,974}$	40	0,95	0,663 (NS)	isométrique
	Novembre	$L = 2,5937La^{0,749}$	40	0,94	5,846 (**)	minorante
	Décembre	$L = 1,9842La^{0,838}$	40	0,91	0,246 (NS)	isométrique
	Janvier	$L = 1,5371La^{0,920}$	40	0,95	1,698 (**)	minorante
	Février	$L = 1,5071La^{0,928}$	40	0,93	1,243 (NS)	isométrique
	Mars	$L = 1,5726La^{0,91}$	40	0,97	2,550 (**)	minorante
	Avril	$L = 1,5033La^{0,926}$	40	0,94	1,414 (NS)	isométrique
	Mai	$L = 1,4335La^{0,938}$	40	0,96	1,438 (NS)	isométrique
	Juin	$L = 2,1573La^{0,802}$	40	0,93	4,028 (**)	minorante
	Juillet	$L = 1,4995La^{0,924}$	40	0,96	1,932 (**)	minorante
	Août	$L = 1,6441La^{0,894}$	40	0,97	3,122 (**)	minorante
La Goulette	Septembre	$L = 1,5808La^{0,911}$	40	0,98	3,121 (**)	minorante
	Octobre	$L = 1,6616La^{0,896}$	40	0,96	3,346 (**)	minorante
	Novembre	$L = 1,6486La^{0,902}$	40	0,95	2,141 (**)	minorante
	Décembre	$L = 1,8872La^{0,858}$	40	0,97	3,299 (**)	minorante
	Janvier	$L = 1,5909La^{0,916}$	40	0,97	2,572 (**)	minorante
	Février	$L = 1,3784La^{0,957}$	40	0,98	1,483 (NS)	isométrique
	Mars	$L = 1,4042La^{0,945}$	40	0,99	3,504 (**)	minorante
	Avril	$L = 1,2733La^{0,985}$	40	0,96	0,325 (NS)	isométrique
	Mai	$L = 1,4506La^{0,939}$	40	0,97	1,715 (**)	minorante
	Juin	$L = 1,6176La^{0,907}$	40	0,97	2,572 (**)	minorante
	Juillet	$L = 1,4393La^{0,938}$	40	0,98	2,879 (**)	minorante
	Août	$L = 1,2785La^{0,97}$	40	0,96	0,685 (NS)	isométrique
Sidi Rais	Septembre	$L = 1,7599La^{0,872}$	40	0,92	2,239 (**)	minorante
	Octobre	$L = 2,018La^{0,824}$	40	0,88	2,787 (**)	minorante
	Novembre	$L = 2,3902La^{0,773}$	40	0,89	3,672 (**)	minorante
	Décembre	$L = 2,4031La^{0,769}$	40	0,86	3,189 (**)	minorante
	Janvier	$L = 1,4522La^{0,934}$	40	0,96	1,544 (NS)	isométrique
	Février	$L = 1,9886La^{0,832}$	40	0,95	4,006 (**)	minorante
	Mars	$L = 1,6544La^{0,891}$	40	0,95	2,534 (**)	minorante
	Avril	$L = 1,5132La^{0,918}$	40	0,98	3,038 (**)	minorante
	Mai	$L = 1,354La^{0,957}$	40	0,96	1,099 (NS)	isométrique
	Juin	$L = 1,2854La^{0,970}$	40	0,95	0,640 (NS)	isométrique
	Juillet	$L = 1,522La^{0,920}$	40	0,96	2,082 (**)	minorante
	Août	$L = 1,5046La^{0,920}$	40	0,94	1,514 (NS)	isométrique

Tableau V: Comparaison inter-stations des pentes (tpe) et des positions (tpo) des droites de régression de *P. caerulea*. (CB : Canal de Bizerte ; LG : La Goulette ; SR : Sidi Rais ; L : longueur ; H : hauteur ; La : largeur et (+), (-) : signification au seuil de risque de 5%)

Stations	Relations	tpe	tpo
CB/LG	$\ln(L) = f \ln(H)$	0,619 (-)	4,794 (+)
CB/SR	$\ln(L) = f \ln(H)$	1,755 (-)	2,502 (+)
LG/SR	$\ln(L) = f \ln(H)$	1,420 (-)	2,141 (+)
CB/LG	$\ln(L) = f \ln(La)$	0,175 (-)	0,636 (-)
CB/SR	$\ln(L) = f \ln(La)$	0,619 (-)	0,371 (-)
LG/SR	$\ln(L) = f \ln(La)$	0,512 (-)	1,129 (-)
CB/LG	$\ln(La) = f \ln(H)$	0,482 (-)	4,021 (+)
CB/SR	$\ln(La) = f \ln(H)$	1,337 (-)	2,503 (+)
LG/SR	$\ln(La) = f \ln(H)$	1,049 (-)	1,420 (-)

la largeur de la coquille est significativement plus grande à la station LG qu'à la station CB et significativement plus grande à la station SR qu'à la station CB au seuil de probabilité de 5% (Tableau V). Les résultats de l'évolution mensuelle de la relation longueur-hauteur ont montré des coefficients de corrélation qui sont compris entre 0,85 ($P < 0,05$) et 0,95 ($P < 0,05$) à la station CB ; entre 0,90 ($P < 0,05$) et 0,97 ($P < 0,05$) à la station LG et entre 0,87 ($P < 0,05$) et 0,96 ($P < 0,05$) à la station SR, ce qui prouve que la longueur est assez bien corrélée à la hauteur. Les comparaisons des coefficients de régression à la valeur théorique 1, à l'aide du test de Student mettent en évidence une allométrie minorante touchant les trois stations durant toute l'année, à l'exception de deux cas d'isométrie observés à la station LG : en septembre et en mai. Ces deux périodes où l'isométrie est observée correspondent selon Belkhdja *et al.* (2011) au début de l'activité sexuelle et à celle de l'émission gamétique (Tableau III). L'étude de l'évolution mensuelle de cette relation au niveau des trois stations montre bien que les patelles ont tendance à croître en hauteur plus qu'en longueur, ce qui confirme les résultats de l'étude effectuée sur l'effectif global.

Pour l'étude de l'évolution mensuelle de la relation longueur-largeur, les résultats ont montré que les coefficients de corrélation mensuels ont variés entre 0,91 ($P < 0,05$) et 0,97 ($P < 0,05$) à la station CB ; entre 0,95 ($P < 0,05$) et 0,99 ($P < 0,05$) à la station LG et entre 0,86 ($P < 0,05$) et 0,98 ($P < 0,05$) à la station SR. Ces valeurs témoignent de la forte corrélation entre les deux grandeurs linéaires en question. Pour ce modèle, les résultats ont montré que la relation longueur-largeur est à dominance allométrique minorante ou isométrique. Pour la station LG, les patelles subissent une allométrie minorante neuf mois sur douze et sont les seuls à être concernées par une telle allométrie durant le mois de mai. L'isométrie a été observée dans l'ensemble des stations, elle a touché les stations CB, LG et SR respectivement 6, 3 et 4 mois par an. Les patelles de la station CB sont les seuls à être touchées par une allométrie isométrique

durant les mois de septembre, octobre et décembre. Les cas d'isométrie observés dans ce modèle qui indiquent que la croissance de la coquille en longueur est en harmonie avec celle de la largeur, ne semblent pas perturber la forme générale de la coquille puisque l'étude effectuée sur l'effectif global a montré que la vitesse de croissance en largeur est plus rapide que celle en longueur.

DISCUSSION

L'étude de la croissance linéaire chez *P. caerulea* permet de suivre l'évolution des caractères morphométriques des différentes parties du corps de l'animal. Dans les trois stations, les valeurs du coefficient de corrélation r qui relie les différentes variables linéaires sont comprises entre 0,85 ($P < 0,05$) et 0,99 ($P < 0,05$) avec une moyenne de 0,93, ce qui témoigne d'une très forte corrélation entre la longueur et la hauteur d'une part, et entre la longueur et la largeur d'autre part ainsi que d'une efficacité de l'ajustement au modèle linéaire. Nos résultats s'alignent avec ceux de Nakhlé (2003) qui a constaté, pour la même espèce, une très bonne corrélation entre la longueur de la coquille d'une part, sa largeur et sa hauteur d'autre part.

Dans le golfe de Tunis, Boukchicha *et al.*, (2010) ont travaillé sur les populations de patelles du littoral rocheux des côtes de Korbous. Ils ont constaté une étroite corrélation ($r > 0,90$) entre les différents paramètres étudiés (la longueur prise comme variable de référence et la hauteur, la distance entre le bord antérieur et le sommet et la distance entre le bord postérieur et le sommet).

Le même résultat a été constaté par Gray et Hodgson (2003) qui ont travaillé sur le patellogastropode : *Helcion pectunculus* Gmelin, 1791 des côtes rocheuses sud-africaines. Ces auteurs ont constaté également une étroite corrélation entre la longueur et la hauteur de la coquille avec des coefficients de corrélation $r > 0,84$.

Les relations allométriques mises en évidence dans notre étude ont montré des allométries minorantes ou isométriques, ce qui caractérise les 3 populations de *P. caerulea* par la hauteur et la largeur de la coquille. Ainsi, dans les trois régions étudiées, les patelles vivant au niveau du médiolittoral supérieur semblent développer une coquille plus haute et plus large afin de retenir une quantité d'eau plus importante. Ce type de croissance est considéré comme étant une réponse adaptative aux conditions physiques et écologiques du milieu. En effet, selon Balaparameswara Rao et Ganapati (1971), Vermeij (1973) et Branch (1981, 1985), la morphologie de la coquille des patelles est fortement influencée par la position latitudinale et la distribution verticale des individus. La croissance de la hauteur et de la largeur plus rapide que celle de la longueur permet de minimiser les pertes d'eau causées par l'évaporation et/ou améliorer leur capacité thermorégulatrice (Balaparameswara Rao et Ganapati, 1971 ; Branch, 1981 ; Boukhicha et al., 2010).

L'étude de la variabilité spatiale des allométries a montré que la croissance relative varie d'une station à une autre. En effet, la comparaison des droites de régression représentant la croissance relative de la hauteur et de la largeur par rapport à la longueur totale ainsi que de la largeur par rapport à la hauteur de la coquille, fait apparaître des différences significatives au seuil de probabilité de 5% entre les trois stations pour la relation longueur-hauteur et la relation largeur-hauteur (entre la station CB et les stations LG et SR). Ce qui nous permet de déduire que les caractéristiques propres à chacun des trois biotopes n'exercent pas la même action sur la morphométrie des populations de patelles. Nos résultats s'alignent avec ceux de Gray et Hodgson (2003) qui ont révélé que les relations longueur-hauteur changent significativement entre différentes populations de patelles des côtes sud-africaines.

Ces variations inter-stationnelles montrent bien que la morphologie des coquilles est influencée par différents éléments d'ordre spatial en particulier à la nature et au degré d'exposition du substrat sur lequel sont fixées les patelles, d'une part, et d'autre part à la profondeur de leur fixation (Boukhicha et al., 2010; Gray et Hodgson, 2003).

CONCLUSION

L'étude biométrique présentée dans ce travail, a permis de décrire la croissance linéaire de trois populations différentes de *P. caerulea*. Les valeurs des coefficients de corrélation r calculés à partir des modèles de croissance, ont montré une très forte corrélation entre la longueur et la hauteur d'une part, et entre la longueur et la largeur d'autre part. A l'échelle globale, les trois relations allométriques (longueur-hauteur, longueur-largeur et largeur-hauteur), mises en évidence dans notre étude, ont montré que l'accroissement de la longueur de la

coquille est moins important que ceux de sa hauteur et de sa largeur, et que l'accroissement de la largeur est plus lent que celui de sa hauteur dans les trois régions étudiées. L'étude de l'évolution mensuelle des relations (longueur-hauteur et longueur-largeur) au niveau des trois stations a bien montré que les patelles ont tendance à croître en hauteur et en largeur plus rapidement qu'en longueur. La croissance du point de vue morphologique est considérée comme étant une réponse adaptative aux conditions physique et écologique du milieu. En effet, la croissance en hauteur et en largeur plus rapide que celle de la longueur permet de minimiser les pertes d'eau causées par l'évaporation et/ou améliorer leur capacité thermorégulatrice.

La variabilité spatiale des allométries a montré que la croissance relative linéaire varie d'une station à une autre. En effet, la comparaison des droites de régression représentant la croissance relative de la hauteur et de la largeur par rapport à la longueur totale ainsi que de la largeur par rapport à la hauteur de la coquille, fait apparaître des différences significatives entre les trois stations. Ce qui nous permet de déduire que les caractéristiques propres à chacun des trois biotopes, à savoir l'hydrodynamisme et la profondeur de fixation, n'exercent pas la même action sur la morphométrie des populations de patelle.

BIBLIOGRAPHIE

- Balaparameswara Rao M. et Ganapati P. N., 1971. Ecological studies on tropical limpet, *Cellana radiata*. Structural variations in shell in relation to distribution. *Mar. Biol.*, 10: 236 – 243.
- Belkhdja H., Jaafoura M. H., Missaoui H., Romdhane M. S., 2010. Etude de la reproduction de *Patella caerulea* Linnaeus, 1758 (Mollusque, Gastéropode) de la côte nord de la Tunisie. *Bull. Inst. Natn. Scien. Tech. Mer de Salammbô*, 37 : 41- 49
- Belkhdja H., Jaafoura M. H., Missaoui H., Romdhane M. S., 2011. Histological investigation of the reproductive cycle of the Limpet *Patella caerulea* Linnaeus, 1758. *Cah. Biol. Mar.*, 52: 279-290.
- Belkhdja H., Missaoui H. et Rhomdhane M. S., 2012. Trace metals in molluscs *Patella caerulea* (Linnaeus, 1758) from a Tunisian North Coasts, Mediterranean Sea. *Cah. Biol. Mar.*, 53: 243-254.
- Boukhicha J., Tlig S.Z. et Ben Hassine O.K., 2010. Diversité morphométrique de *Patella caerulea* (Linnaeus, 1758) du littoral rocheux des côtes tunisiennes. *Rapp. Comm. int. Mer Médit.*, 39: 722.
- Branch G. M., 1981. The biology of limpets: physical factors, energy flow and ecological

- interactions. *Oceanogr. Mar. Biol. A. Rev.*, 19, 235-380.
- Branch G. M., 1985. Limpets: their role in littoral and sublittoral community dynamics. In *The ecology of rocky coasts* (ed. P. G. Moore & R. Seed), pp. 97-116. London: Hodder & Stroughton.
- Cretella M., Scillitani G., Toscano F., Turella P., Picariello O. et Cataudo, A. 1994. Relationships between *Patella ferrugina* Gmelin, 1791 and the other Tyrrhenian species of *Patella* (Gastropoda: Patellidae). *J. Mollusc. Stud.*, 60: 9-17.
- Espinosa F., Gonzalez A.R., Maestre M.J., Fa D., Guerra-Garcia J.M. et Garcia-Gomez, J.C., 2008. Responses of the endangered limpet *Patella ferruginea* to reintroduction under different environmental condition: survival, growth rates and life-history. *Ital. J. Zool.*, 75(4): 371-384.
- Fekih M. et Gougerot L., 1974. Liste commentée des Gastéropodes testacés marins recueillis dans les dépôts littoraux actuels du Golfe de Tunis. *Bull. Inst. Océanogr. Pêche, Salammbô*, Tun., 3 (1-4) : 165-232.
- Frenkiel L., 1975. Contribution à l'étude des cycles de reproduction des Patellidae en Algérie. *Pubbl. Staz. Zool. Napoli.*, 39 : 153-189.
- Gray D. R. et Hodgson A. N., 2003. Growth and reproduction in the high-shore South African limpet *Helicon pectunculus* (Mollusca: Patellogastropoda). *African Zoology*, 38 (2): 371- 386.
- Hawkins S. J., Crôte Real H. B. S. M., Martins H. R., Santos R. S. et Frias Martins A. M., 1990. A note on the identity of *Patella* in the Azores. *Açoreana. Suppl.*, 167-173.
- Kouki A., 1984. Contribution à l'étude de la dynamique sédimentaire dans le petit golfe de Tunis. *Thèse de 3^{ième} cycle*. Univ. Nantes, France, 167 pp.
- Myers R. H., 1986. Classical and modern regression with applications. Duxbury Press. Boston-Massachusetts: 300- 323.
- Nakhlé K. F., 2003. Le mercure, le cadmium et le plomb dans les eaux littorales libanaises : apport et suivi au moyen de bioindicateurs quantitatifs (éponges, bivalves et gastéropodes). *Thèse de doctorat*, Univ. Denis Diderot, Paris, France, 241 pp.
- Sellem F., 1999. Biologie de l'oursin *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816) dans la région Sud-Est du Golfe de Tunis et effet des toxines du *Gymnodinium CF mikimotoi* sur l'embryogenèse de l'oeuf. *Thèse de doctorat*, Univ. De Tun. II, Tunisie, 251 pp.
- Tlig-Zouari S., Rabaoui L., Frigui H. et Ben Hassine O.K., 2010a. Status, habitat and distribution of the endangered limpet *Patella ferruginea* along the northern and eastern Tunisian coastline: results and implications for conservation. *Cah. Biol. Mar.*, 75-84.
- Tlig-Zouari S., Rabaoui L., Fguiri H., Diawara M. et Ben Hassine O. K., 2010b. Spatial diversity of rocky midlittoral macro-invertebrates associated with the endangered species *Patella ferruginea* (Mollusca: Gastropoda) of Tunisian coastline. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 87, 275–283
- UNEP-IUCN-RAC/SPA, 1986. Le benthos marin de l'île de Zembra (parc national, Tunisie), Edit., GIS Posidonie publ., Marseille, France. 199 pp.
- Vermeij G. J., 1973. Morphological patterns in high-intertidal gastropods: adaptives strategies and their limitations. *Mar. Biol.*, 20: 319-346