

ETUDE DE LA REPRODUCTION DE *PATELLA CAERULEA* LINNAEUS, 1758 (MOLLUSQUE, GASTEROPODE) DE LA COTE NORD DE LA TUNISIE

HELA BELKHODJA^{1,*}, M. H. JAAFOURA², H. MISSAOUI³, M. S. ROMDHANE⁴

^{1,*}Institut Supérieur de Pêche et d'Aquaculture de Bizerte, Menzel Jmil, BP-15, 7080 Bizerte, Tunisie –² Service d'Anatomie et Cytologie Pathologique, Institut Mohamed Kassab d'Orthopédie, Ksar Said, Mannouba, Tunis, Tunisie

³ Direction Générale de la pêche et de l'Aquaculture de Tunis - Tunisie

⁴ Institut National Agronomique de Tunis, 43 av. Charles Nicolle, 1082, Tunis - Tunisie
hela.belkhodja@yahoo.fr

ملخص

دراسة التناسل عند حيوان (القواقعيات : معديات الأرجل) المتواجدة على ساحل شمال تونس : يقدم هذا العمل مختلف مراحل نمو الغدد التناسلية عند فصيلة معديات الأرجل (*Patella caerulea*) التي تم التقاطها على مستوى قنال بنزرت (شمال تونس) وذلك خلال الفترة من مارس 2006 إلى أوت 2008. أثبتت هذه الدراسة أن عدد الذكور يفوق عدد الإناث على مدى فصول السنة. وقد تم الاعتماد على دراسة الغدد الأنسجة حسب تقنيات علم الأنسجة. بينت هذه الدراسة انطلاق مرحلة نضج المشيجات ابتداء من شهر أوت/سبتمبر بالنسبة للجنسين. عند الذكور، ظهرت مرحلة التفريغ الأساسية خلال الفترات المترابطة بين أشهر ماي و أوت 2006 و بين أفريل و جويلية 2007. أما بالنسبة للإناث، ظهرت هذه المرحلة خلال الفترات المترابطة بين أشهر أفريل و جويلية للسنتين المتتاليتين غير أنه لاحظنا ظهور مرحلة تفريغ ثانوية ناتجة للتغيرات العوامل البيئية خلال فصل الشتاء و ذلك بالنسبة للجنسين.

RESUME

Dans cette étude, nous nous sommes intéressés à la détermination des différents stades du développement gonadique chez le mollusque gastéropode: *Patella caerulea* prélevé au niveau de la station Canal de Bizerte située sur la côte nord de la Tunisie en nous basant sur les techniques d'histologie classique de la gonade. Cette étude s'est déroulée sur une période allant de mars 2006 à août 2007 et a porté sur 552 spécimens de longueur comprise entre 20,73 et 45,14 mm ($\pm 4,59$ mm). L'étude de la sex-ratio a montré une nette dominance des mâles par rapport aux femelles. L'activité gonadique a démarré en août/septembre pour les deux sexes. Chez les mâles, une émission principale des gamètes a eu lieu entre mai et août 2006 et entre avril et juillet 2007. Pour les femelles, l'émission principale des gamètes s'est produite entre le mois de d'avril et le mois de juillet des deux années 2006 et 2007. Toutefois, une émission partielle des gamètes en relation avec les variations des facteurs environnementaux, a été observée durant la saison hivernale chez les deux sexes.

Mots clés : *Patella caerulea*, développement gonadique, émission gamétique, Tunisie.

ABSTRACT

Study of the reproduction of *Patella caerulea* (Linnaeus, 1785) (Mollusc, gastropod) of the northern coast of Tunisia: This study devised a staging system for the gonad development of the limpet *Patella caerulea* on the northern coast of Tunisia using histological techniques. This study took place over a period from March 2006 to August 2007 and focused on 552 specimens of length between 20.73 and 45.14 mm (± 4.59 mm). Sex ratio varied along the study period, with samples always presenting more males than females. Maturation began in August / September for both sexes. In males, spawning took place from May to August 2006 and from April to July 2007. Regarding females, spawning took place from April to July for both consecutive years. However, a secondary spawning peak related to the variations of the environmental factors was observed during the winter season for both sexes.

Keywords: Limpets, *Patella caerulea*, gonad development, spawning, Tunisia.

INTRODUCTION

Les patelles sont des mollusques gastéropodes très fréquentes sur les côtes rocheuses de la zone intertidale. Parmi les patelles présentes en Méditerranée, *Patella caerulea* est considérée comme espèce endémique des côtes méditerranéennes où elle se trouve en densité élevée (Nakhlé, 2003; Espinosa *et al.*, 2008).

Les données portant sur la biologie de *Patella caerulea* sont peu nombreuses et se limitent

généralement à des études de description globale du cycle sexuel de cette espèce (Bacci, 1947 ; Bolognari, 1960 a,b ; Frenkiel, 1975 ; Benmeradi, 1992 ; Carella *et al.*, 2009) ou écologique pour le biomonitoring des métaux traces dans les écosystèmes aquatiques (Campanella *et al.*, 2001; Cubadda *et al.*, 2001; Conti et Cecchetti, 2003; Hamed et Emar, 2006).

En Tunisie, les seules études relatives à la biologie de cette espèce sont celle de Boukhicha *et al.* (2010) qui se rapporte à la diversité morphométrique au niveau du littoral rocheux des côtes tunisiennes et celle de

Belkhdja *et al.* (2011) sur le cycle de reproduction de cette espèce récoltée dans le Golfe de Tunis.

La reproduction de cette espèce n'a fait l'objet d'aucune étude spécifique dans la région nord de la Tunisie. Ainsi, dans le but d'une valorisation écologique de cette espèce, une étude de la reproduction, basée sur l'utilisation de la technique d'histologie classique, du gastéropode *Patella caerulea* est effectuée à partir de spécimens collectés à l'entrée du Canal de Bizerte dans la région nord de la Tunisie.

MATERIEL ET METHODES

L'espèce *Patella caerulea* Linnaeus, 1758 appartient à l'ordre des Patellogastropoda et à la famille des Patellidae. Cette famille, bien représentée au niveau des côtes rocheuses des zones tempérées, possède en général une influence marquée sur la structure des communautés benthiques. Elle présente une grande importance écologique vue sa grande diversité spécifique. En effet, elle expose des traits écologiques

et comportementaux complexes ainsi que des régimes alimentaires qui varient d'un milieu à un autre (Branch, 1981).

L'espèce *Patella caerulea* vit dans les trois étages : supralittoral, médiolittoral et infralittoral des zones tempérées. Sur le plan morphologique, cette espèce présente une coquille conique et non spiralée, légèrement rétrécie vers l'avant avec un sommet plus ou moins antérieur. La couleur de la coquille est variable entre le gris et le rose (photo 1). La gonade chez les deux sexes est ventrale par rapport à la masse viscérale, entre le pied et celle-ci. Elle est unique et légèrement déplacée sur la gauche de l'animal (Chapron, 1971; Frenkiel, 1975). Les sexes sont facilement reconnaissables par la couleur des gonades : les glandes des femelles sont de couleur verte ou brune, celles des mâles sont crèmes rosâtres. Pendant la période de repos ou de résorption des gonades et à la fin de la ponte, la majorité des gonades des deux sexes prennent une teinte brune rougeâtre (Orton *et al.*, 1956; Frenkiel, 1975).



Photo 1 : Photo de l'espèce *Patella caerulea* (Linnaeus, 1785) en Tunisie

Les prélèvements ont été effectués durant la période allant de mars 2006 à août 2007 à la station Canal de Bizerte située au niveau du chenal qui permet la communication de la lagune avec la Mer Méditerranée (fig. 1). Cette station se situe dans la partie nord-est de la lagune de Bizerte à 37°16'10.79''N et 09°52'33.57''E. Dans cette station d'étude, des mesures ponctuelles des températures des eaux superficielles ont été effectuées mensuellement à une profondeur de 0,5 m.

Des données mensuelles sur la vitesse maximale du vent (Km/h) dans la région de Bizerte ont été obtenues au près l'institut national de météorologie de Tunisie.

Trente à trente deux individus de *Patella caerulea*, vivants sur des roches naturelles, de longueur

comprise entre 20,73 et 45,14 mm ($\pm 4,59$ mm), ont été prélevés mensuellement durant toute la période d'étude. Ces prélèvements ont été réalisés à la main sur vingt mètres de linéaire de côte et entre 0 et 1,5 m de profondeur. Seuls les individus ayant une longueur totale supérieur ou égale à 20 mm ont été prélevés, étant donné qu'ils possèdent des gonades visibles, faciles à distinguer tout au long de l'année, aussi bien au cours de leur développement mais également au moment de l'émission des gamètes (Orton *et al.*, 1956; Delany *et al.*, 2002; Brazão *et al.*, 2003).

Au laboratoire, nous avons procédé à la dissection des 552 spécimens récoltés vivants.

Pour chaque individu, la longueur totale de la coquille a été mesurée à l'aide d'un pied à coulisse (à 0,5 mm de précision).

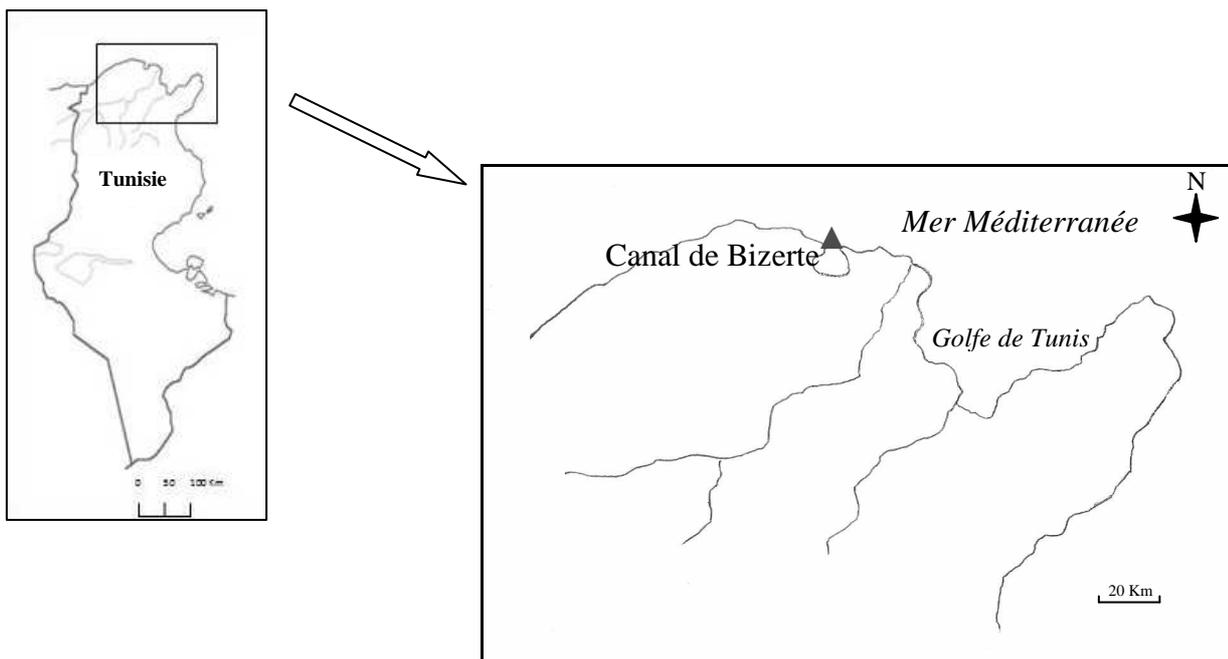


Figure 1: Zone de prélèvement des échantillons

La détermination des sexes a été mise en évidence macroscopiquement d'après la couleur des gonades selon Orton *et al.* (1956) et Frenkiel (1975). Ces dernières sont de couleur rose clair ou crème chez les mâles matures et plutôt brun-verdâtre chez les femelles matures. Il arrive que les gonades aient une couleur rouge-orange, allant vers le brun ; dans ce cas il est difficile ou impossible de déterminer le sexe sauf par observation microscopique et les individus concernés sont considérés comme indéterminés ou indéterminés (Orton *et al.*, 1956, Brazão *et al.*, 2003).

Les proportions numériques des sexes sont exprimées en pourcentage respectif des mâles et des femelles. Nous avons calculé le taux de masculinité (% mâles = nombre des mâles x 100/ nombre total des mâles et des femelles) et le taux de féminité (% femelles = nombre des femelles x 100/ nombre total des mâles et des femelles).

L'hypothèse d'hétérogénéité et de la sex-ratio a été testée par le test X^2 (Scherrer, 1984).

Chez les spécimens sexuellement différenciés, chaque gonade associée à un morceau de masse viscérale a été fixée dans du bouin alcoolique pendant 48 heures. Ainsi, elle a pu être facilement séparée et pesée. Les différentes étapes de la technique d'histologie classique ont été appliquées selon la méthode décrite par Martoja et Martoja (1967). Par la suite, les gonades ont été inclus dans de la paraffine, coupées au microtome (5 μm d'épaisseur), colorées à

l'hématoxyline et l'éosine et montées entre lames et lamelles.

L'ensemble des lames a été examiné sous microscope photonique à fond clair (grossissements $\times 100$ et $\times 200$) pour la détermination du sexe et des différents stades du développement gonadique. La présence d'ovocytes, de spermatozoïdes ou l'absence de gamètes nous a permis de définir le sexe des individus en tant que femelle, mâle ou indéterminé. Une échelle du développement gonadique a été utilisée et un stade a été assigné pour chaque individu sur la base des descriptions proposées par McCarthy *et al.* (2008) pour les espèces *P. vulgata* et *P. ulyssiponensis* (tab. 1).

RESULTATS

Paramètres environnementaux

Selon les données de l'institut national de météorologie de Tunisie, les valeurs mensuelles de la vitesse maximale du vent dans la station Canal de Bizerte enregistrées au cours de la période allant de mars 2006 à août 2007 ont varié entre 61,2 Km / h en juillet 2006 et 100,8 km / h en février 2007.

Un important écart de l'ordre de 28,8 Km/h a été observé entre les vitesses du vent enregistrées au cours des mois de décembre et de janvier.

Tableau I : Stades de maturité sexuelle (d'après McCarthy *et al.*, 2008)

Stade 1	Phase de repos sexuel (RS) : les gonades sont vides et relâchées, tissu conjonctif très abondant, quelques gamètes indifférenciés sont présents dans ce stade.
Stade 2	Phase de début de développement ou début de gamétogenèse (DG) : développement des gamètes ; dans la lignée mâle, développement d'un épithélium germinal sur les bords des différents tubules avec quelques cellules germinales au centre de ces lobes; dans la lignée femelle, les ovocytes commencent leur vitellogenèse au niveau des acini.
Stade 3	Phase de fin de développement ou gamétogenèse (G) : les tubules sont remplis de cellules à différents stades de maturation chez le mâle ; chez la femelle, les ovaires sont remplis par plus d'ovocytes matures et d'ovocytes en cours de vitellogenèse.
Stade 4	Phase de maturation (MT) : la gonade a atteint son volume maximal (gonade en réplétion), elle est remplie majoritairement d'ovocytes matures chez la femelle et de spermatides et de spermatozoïdes chez le mâle.
Stade 5	Phase d'émission des gamètes (EG) : chez le mâle, les tubules commencent à se vider laissant apparaître une lumière centrale avec des queues de jeunes spermatozoïdes. Chez la femelle, évacuation des ovocytes à l'extérieur des ovaires, ces derniers prennent un aspect beaucoup plus lâche. Phase de post-ovulation : déstructuration de la gonade ; les tubules gonadiques régressent chez le mâle, des gamètes non émis sont lysés. Tissu conjonctif abondant. Plusieurs hémocytes sont observés au niveau du tissu conjonctif (dans les ovaires chez la femelle et dans les tubules chez le mâle).

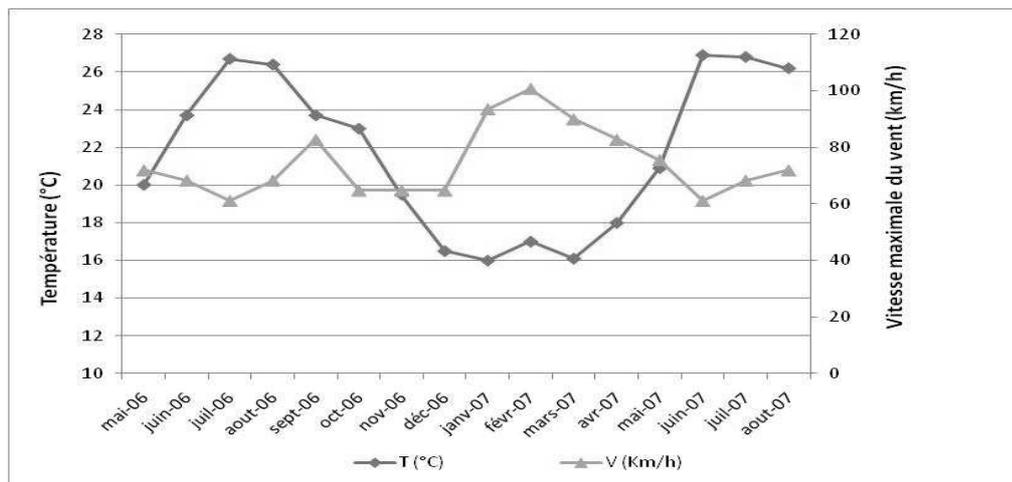


Figure 2 : Variations mensuelles de la température de l'eau et de la vitesse maximale du vent enregistrées à la station Canal de Bizerte de mai 2006 à août 2007

Les valeurs de température des eaux de surface mesurées mensuellement dans le site d'étude ont varié entre un minimum de 16 °C enregistré en janvier 2007 et un maximum de 26,9 °C en juin 2007 (fig. 2). Au cours de cette période d'étude, une importante chute de la température des eaux de surface (3,5 °C) a été observée entre le mois de novembre 2006 et le mois de décembre 2006. Au contraire, des élévations remarquables de la température des eaux de surface ont été enregistrées entre le mois de mai et le mois de juin des deux années consécutives 2006 et 2007 avec des écarts de 3,5 °C et 6 °C, respectivement.

La sex-ratio

Sur l'ensemble de l'échantillon, nous avons relevé un taux de 28,07% de spécimens indifférenciés ayant une longueur moyenne de $29,59 \pm 4,01$ mm. Les patelles, sexuellement différenciées, d'une longueur moyenne de $30,77 \pm 4,76$ mm, sont composées de 134 femelles et 263 mâles, ce qui correspond respectivement à 33,75% et 66,25% de l'ensemble des spécimens différenciés. Cette apparente supériorité des mâles est significative au seuil d'erreur 5% ($X^2_{obs} = 41,91 \gg X^2_{th} = 3,84$; $p < 0,05$).

Les pourcentages mensuels des patelles différenciées (mâles et femelles) et indifférenciées sont représentés dans la figure 3.

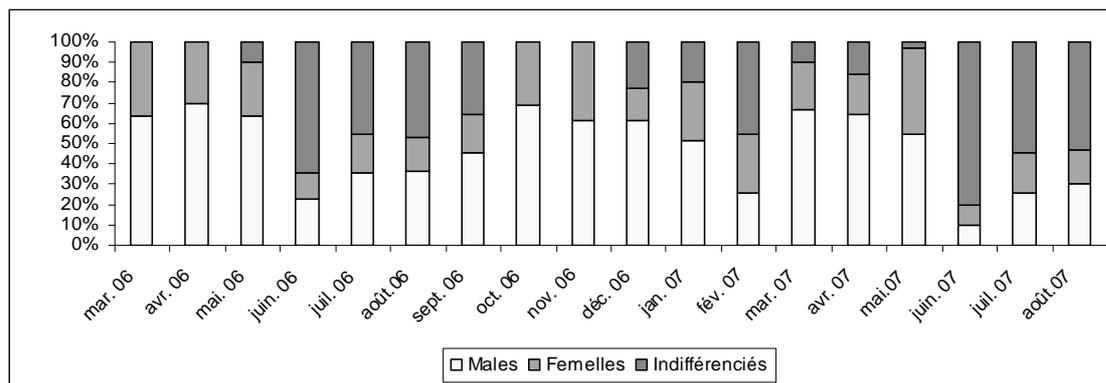


Figure 3 : Pourcentage mensuel des patelles différenciées (femelles et mâles) et indifférenciées durant la période allant de mars 2006 à août 2007

Variation mensuelle des stades du développement gonadique

Durant toute la période d'étude (mars 2006 – août 2007), tous les stades du cycle sexuel de *Patella caerulea* décrits selon l'échelle proposée par McCarthy *et al.* (2008) ont été observés, analysés et détaillés aussi bien chez les individus mâles que chez les individus femelles (Belkhodja *et al.*, 2011).

En ce qui concerne les variations mensuelles des différents stades du développement gonadique, nous avons observé :

- chez les mâles

Le cycle annuel de la gonade suit durant les 18 mois d'étude, chez les individus mâles de *P. caerulea* de la station Canal de Bizerte, a débuté au mois de septembre 2006 et a pris fin, pour la majorité des individus, au mois de mars 2007 (fig. 4.a). Les pourcentages les plus élevés des individus au stade 3, correspondant à la phase de fin du développement gamétique (G), ont été relevés au cours des mois de novembre (50%) et de décembre (50%). Le stade 4, correspondant à la phase de maturation des gamètes (MT), a été observé durant les mois de décembre 2006 (60%) et de mars, avril, mai et juin 2007 (80%, 75%, 50% et 50%, respectivement). Une émission principale des gamètes : EG (stade 5) a été enregistrée en mai 2006 et s'est étalée jusqu'à août 2006 et à partir d'avril 2007 jusqu'à juillet de la même année indiquant la fin du cycle de reproduction. Une émission partielle : EG (stade 5) a été également observée entre décembre 2006 et février 2007 (plus de 70%). Le repos sexuel : RS (stade 1) est bref, il est limité à la saison estivale (entre août et septembre 2006 et entre juin et août 2007).

-chez les femelles

Durant toute la période d'étude, le cycle annuel

de la gonade chez les individus femelles de *P. caerulea* a débuté dès le mois d'août 2006 et a pris fin, pour la majorité des individus, vers le mois de mai 2007 (fig. 4.b). Le pourcentage le plus élevé des individus au stade 3, correspondant à la phase de fin du développement gonadique (G), a été enregistré en février 2007 (50%), ce pourcentage a été également élevé en d'octobre 2006 (37,5%). Le stade 4, correspondant à la phase de maturation des gamètes (MT), a été observé en mars, avril, mai et juin 2006 et durant la période allant d'octobre 2006 à mai 2007 avec des pourcentages élevés enregistrés en mars, avril et mai des deux années : 2006 (60%, 75% et 60%, respectivement) et de l'année 2007 (75%, 60% et 60%, respectivement). Une émission principale des gamètes : EG (stade 5) a eu lieu entre avril et juillet des deux années 2006 et 2007 suivie immédiatement d'une brève période de repos sexuel : RS (stade 1) qui s'étale de juillet à septembre en 2006 et de juin à août en 2007. Comme chez les mâles, une émission partielle: EG (stade 5) a été observée durant les mois de novembre et de décembre de l'année 2006 et du mois de janvier de l'année 2007.

L'évolution des cycles sexuels des deux sexes observée au cours de la période qui s'étend de mars à août 2007 est légèrement en avance par rapport à celle observée à la même période de l'année 2006.

Les activités gamétogéniques des deux sexes observées durant la période mars-décembre 2006 ont montré un léger déphasage : le sexe femelle étant en avance sur le sexe mâle. Durant la période janvier-août 2007, elles ont évolué de la même manière pour les deux sexes. Toutefois, il n'y a aucune différence significative entre les stades de développement gonadique chez les patelles mâles et femelles (ANOVA, $P < 0.05$).

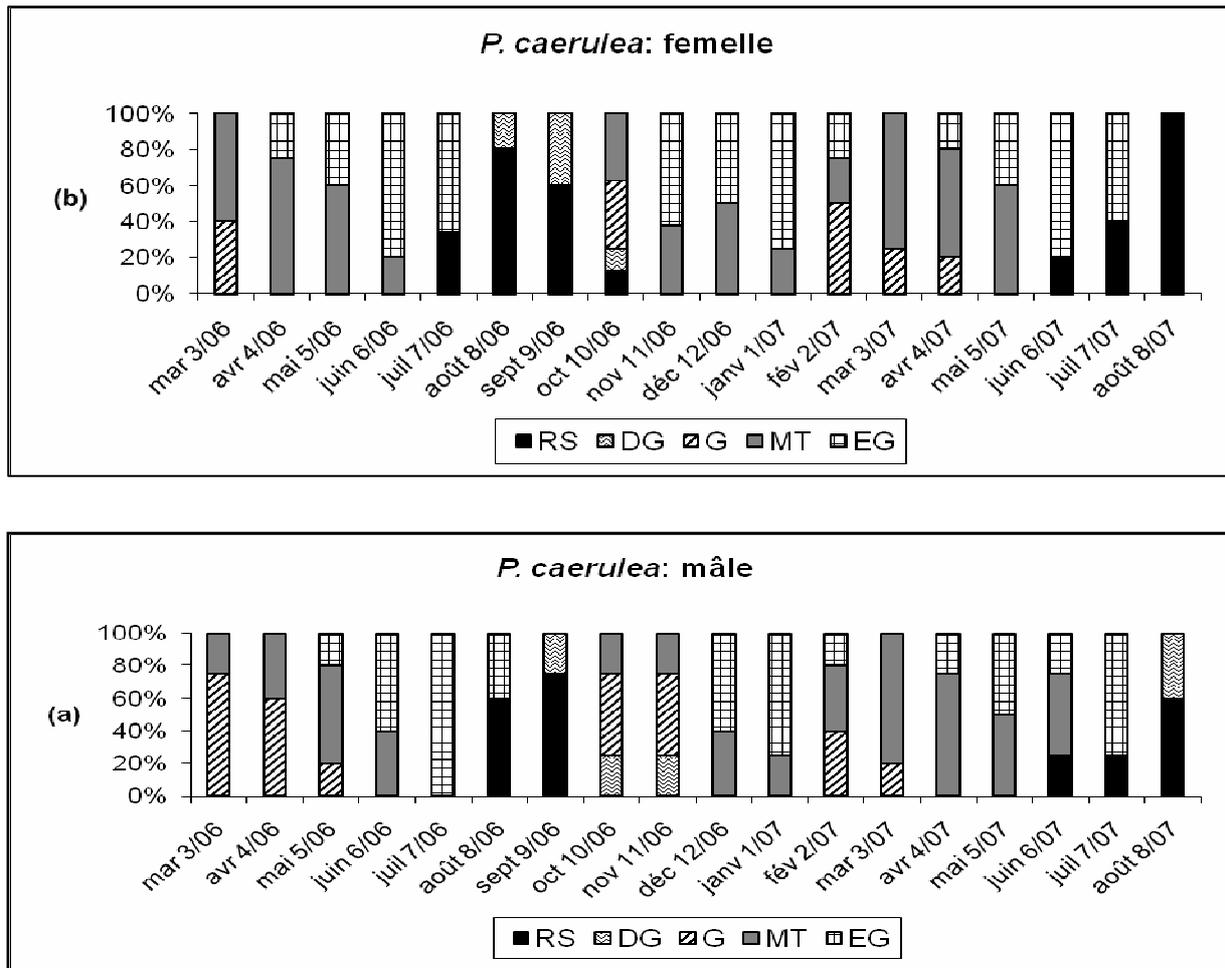


Figure 4 : Variation des stades gonadiques chez *P. caerulea* mâle (a) et femelle (b) dans la station CB. RS : Repos sexuel. DG : Début de gamétogenèse. G : Gamétogenèse. M : Maturation. EG : Emission gamétique

DISCUSSION

L'analyse de la sex-ratio de la population de *Patella caerulea* récoltée dans la station Canal de Bizerte a mis en évidence une nette dominance des mâles par rapport aux femelles. La dominance des mâles est connue chez plusieurs espèces de patelles. McCarthy (2008) a trouvé des sex-ratios en faveur des mâles chez les deux espèces *Patella vulgata* et *Patella ulyssiponensis* vivants sur les côtes irlandaises avec des ratios mâles : femelles de 1,3 : 1 et 1,8 : 1, respectivement. Le même résultat a été constaté pour l'espèce *Patella depressa* récoltée au niveau des côtes portugaises par Morais *et al.* (2003) avec des pourcentages variant de 52,5 à 63,8% pour les mâles et de 33,7 à 46,9% pour les femelles. Ribeiro *et al.* (2009) ont travaillé sur la même espèce, ils ont enregistré des ratios mâles : femelles variant entre 1,3 : 1 et 1,5 : 1.

Pour les deux sexes, le développement progressif des gonades a commencé en août/septembre et s'est étalé jusqu'à mars/avril. Une émission principale des

gamètes a eu lieu au printemps, liée au réchauffement printanier, toutefois une émission partielle s'est produite plus tôt en décembre. On a également observé une courte phase de repos sexuel en été. Le même résultat a été observé sur la population de *Patella caerulea* prélevée au niveau de la zone de La Goulette dans le Golfe de Tunis (Belkhodja *et al.*, 2011). Ainsi, les résultats de la présente étude indiquent que sur la côte du nord de la Tunisie, *P. caerulea* semble se reproduire au printemps bien qu'une émission partielle a été observée en hiver.

Le cycle de reproduction de *P. caerulea* de la présente étude est similaire à celui des populations de la même espèce des côtes algériennes. En effet, Frenkiel (1975) a décrit le cycle annuel de cette espèce, il a observé en juillet une brève période de repos sexuel mais qui n'est jamais totale puisqu'il y a toujours un petit nombre d'individus au stade 2 et 3, correspondants au début et à la fin du développement des gamètes. De septembre à février le taux des gonades en activité (stade 2, 3 et 4) dépasse les 90% et durant cette période, le remplissage des gonades est

variable. Une évacuation progressive des gamètes (stade 5) s'est produite entre mars et juin. Toutefois, l'auteur a signalé que des émissions partielles et fractionnées, sans que se produisent plusieurs poussées gamétogéniques, peuvent avoir lieu. En effet, des stimuli de ponte peuvent avoir une action sur les gonades en réplétion et en dehors de la période normale de reproduction. Par ailleurs, Frenkiel (1975) a constaté que les stades (2, 3 et 4), correspondant au début du développement gamétique, fin du développement gamétique et maturation, sont synchrones pour les deux sexes et que l'émission des gamètes se produit sans aucun décalage.

L'activité gamétogénique de *P. caerulea* dans la présente étude est semblable à celle de *P. depressa* observée par Guerra et Gaudêncio (1986) et par Brazão *et al.* (2003) dans la région centrale de la côte portugaise. Ces auteurs ont constaté que des émissions multiples pouvaient avoir lieu au cours de l'année et ainsi, la reproduction devient asynchrone. D'autres auteurs tels que Orton et Southward (1961) et Lewis (1986) ont également rapporté que *P. depressa* avait tendance à avoir des émissions multiples au cours de l'année. Ribeiro *et al.* (2009) ont également observé plusieurs émissions au cours des deux années consécutives d'étude pour *P. depressa* et *P. ulyssiponensis*. Ces émissions se situent de septembre à janvier et mars à juin avec une restauration gonadique observée entre janvier et mars (Ribeiro *et al.*, 2009).

Toutefois, beaucoup de différences ont été observées entre *P. caerulea*, *P. ulyssiponensis* et *P. vulgata* concernant leurs périodes d'émission gamétique et du modèle saisonnier de leurs cycles reproducteurs. En effet, *P. vulgata* est considérée comme une espèce qui se reproduit en hiver, habituellement émettant ses gamètes à la fin de l'automne : sur les îles britanniques, (Orton, 1920, 1928, 1946; Orton *et al.*, 1956; Blackmore, 1969; Bowman et Lewis, 1986) au nord de l'Ecosse (Bowman et Lewis, 1986) et au nord du Portugal (Guerra et Gaudêncio, 1986 ; Ribeiro *et al.*, 2009); Alors que *P. ulyssiponensis* est une espèce qui se reproduit habituellement en été dont les gamètes atteignent le stade de maturation au mois de mai et l'émission gamétique peut se prolonger jusqu'en septembre : sur les îles britanniques (Orton et Southward, 1961; Bowman et Lewis, 1986) et au nord du Portugal (Guerra et Gaudêncio, 1986). Toutes ces différences observées entre les périodes de ponte sont probablement liées, d'une part, à la taille des individus, à l'habitat, à la distribution et aux différences latitudinales de chaque espèce (Brazão *et al.*, 2003) et d'autre part à la température de l'eau de mer considérée comme un des facteurs les plus influents contrôlant la ponte chez les invertébrés marins (Blackmore, 1969; Ribeiro *et al.*, 2009).

Le cycle de reproduction des patelles peut être influencé par plusieurs facteurs environnementaux

tels que la température, la vitesse du vent et le mode d'exposition des zones côtières (Orton et Southward, 1961). En effet, Selon Frenkiel (1975), l'émission gamétique chez *P. caerulea* est liée : au réchauffement printanier, à l'amplitude et à la fréquence des variations des niveaux de la mer ainsi qu'aux chocs du ressac et des vagues observés en hiver lorsque l'agitation est maximale. Orton *et al.* (1956) et Orton et Southward (1961), ont rapporté que la vitesse des vents forts, associée à la stimulation par l'action des vagues, peut induire une émission de gamètes chez *P. vulgata* et *P. depressa*. Le même phénomène s'est produit sur la côte centrale portugaise pour *P. depressa* où le pic d'émission a tendance à coïncider avec une élévation de la température de l'air ambiant associée au vent fort (Brazão *et al.*, 2003).

La période de maturité gamétique chez *P. caerulea* a coïncidé avec les plus basses températures de l'eau de mer comprises entre 16 et 18°C. L'émission principale des gamètes s'est produite à partir du mois d'avril 2007 lorsque la température de l'eau a dépassée 18°C (Fig. 2). Par ailleurs, le déclenchement de l'émission partielle des gamètes chez *P. caerulea* pourrait être lié, d'une part à la brusque chute de la température de l'eau observée entre les mois d'octobre et de novembre 2006 et entre les mois de novembre et de décembre de la même année (3,5°C et 3°C, respectivement), et d'autre part, à l'accélération de la vitesse du vent fort enregistrée dès le mois de décembre avec un écart de 28,8 Km/h entre le mois de décembre 2006 et janvier 2007 (fig. 2). Cette relation entre les périodes des émissions gamétiques et la température est similaire à celle observée chez *Fissurella crassa*, Lamarck, 1822 (Huaquin *et al.*, 1989). Plusieurs études se rapportant à l'espèce *P. vulgata* ont suggéré que l'émission gamétique n'est pas uniquement liée à l'agitation de la mer, mais également à la baisse de la température d'eau de mer en dessous de 12°C (Bowman, 1985; Bowman et Lewis, 1986; Delany *et al.*, 2002). Perez *et al.* (2007) ont mentionné que chez l'espèce *Fissurella nigra*, Lesson, 1831, la maturation des gamètes est liée aux changements progressifs de la température de l'eau selon la loi d'Orton. Cette loi indique qu'un changement progressif de la température de l'eau induit la gamétogenèse, tandis qu'un changement brusque provoque l'émission gamétique.

CONCLUSION

L'étude de la sex-ratio de *Patella caerulea* récoltée à l'entrée du Canal de Bizerte au nord de la Tunisie durant la période (mars 2006-août 2007) a montré une nette dominance des mâles par rapport aux femelles. Les résultats de l'étude de la reproduction ont démontré que le cycle sexuel se caractérise par une activité gonadique qui débute en août/septembre et

qui prend fin, pour la majorité des individus, en mars/avril. Une émission principale des gamètes est enregistrée en avril/mai. Toutefois, une émission partielle a été enregistrée en novembre/décembre pour les deux sexes. Le cycle de reproduction de *P. caerulea*, dans la présente étude, est similaire à celui observé par Frenkiel (1975) pour la même espèce. Le déclenchement de l'émission partielle est dépendant des variations des facteurs environnementaux à savoir l'action des vagues, les vents forts et les brusques variations des températures de l'eau.

BIBLIOGRAPHIE

- Bacci G. 1947. L'inversione del sesso ed il ciclo stagionale della gonade in *Patella caerulea* L. *Pubbl. Staz. Zool. Napoli.*, 21: 183-217.
- Belkhouja H., Jaafoura M. H., Missaoui H. et Romdhane M. S. 2011. Histological investigation of the limpet *Patella caerulea* Linnaeus, 1758. *Cahiers de Biologie Marine*. (Sous presse).
- Benmeradi N. 1992. La vitellogenèse Chez *Patella caerulea* LMK (Mollusca, Gastéropoda). Approche Ultrastructurale. Ifremer, Actes de colloques, 13 : 39-46.
- Blackmore D. T. 1969. Studies of *Patella vulgata* L. I. Growth, reproduction and zonal distribution. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 3: 200-213.
- Bolognari A. 1960a. Yolk formation in oocytes of *Patella caerulea* L. and *Aplysia depilans* L. as observed in the electron microscope. *Nature Lond.* 186: 490-491.
- Bolognari A. 1960b. Golgi bodies and Golgi zone in molluscan oocytes. *Nature Lond.* 186: 565-566.
- 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.
- Bowman R. S. 1985. The biology of the limpet *Patella vulgata* L. in the British Isles: spawning time as a factor determining recruitment success. In: Moore PG, Seed R (eds) (1985) *The ecology of rocky coasts*, Columbia University Press, New York, 178-193.
- Bowman R. S. et Lewis J. R. 1986. Geographical variation in the breeding cycles and recruitment of *Patella* spp. *Hydrobiologia*, 142: 41-56.
- Branch G. M. 1981. The biology of limpets: physical factors, energy flow and ecological interactions. *Oceanogr. Mar. Biol. A. Rev.*, 19: 235-380.
- Brazão S., Boaventura D., Morais S., Narciso L. et Ré P. 2003. Reproduction of *Patella depressa* Pennant, 1777 on the central Portuguese coast. *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.*, 19: 453-460.
- Campanella L., Conti M. E., Cubadda F. et Sucapane C. 2001. Trace metals in seagrass, algae and molluscs from an uncontaminated area in the Mediterranean. *Environmental pollution* 111, 117-126.
- Carella F., Restucci B., Maiolino P. et De Vico G. 2009. A case of germinoma in a limpet (*Patella caerulea*) (Patellogastropoda). *Journal of invertebrate Pathology*. 101(2):154-6.
- Chapron, F., 1971. Observation sur le genre *Patella* à Roscoff: cycle biologique, étude biométrique. Thèse de 3^{ième} cycle, Université de Paris VI, 78 p.
- Conti M. E. et Cecchetti G. 2003. A biomonitoring study: trace metals in algae and molluscs from Tyrrhenian coastal areas. *Marine Environmental Research* 93, 99-112.
- Cubadda F., Conti M. E. et Campanella L. 2001. Size-dependent concentrations of trace metals in four mediterranean gastropods. *Chemosphere* 45, 561-569.
- Delany J., McGrath D., O'Riordan R. et Myers A. 2002. Reproduction in the intertidal limpets *Patella vulgata* and *Patella ulyssiponensis*. In Myers A. (ed.) *New survey of Clare Island, Volume 3. Marine intertidal ecology*. Dublin: Royal Irish Academy, 91-116.
- Espinosa F., Gonzalez A. R., Maestre M. J., Fa D., Guerra-Garcia J. M. et García-Gomez J. C. 2008. Responses of the endangered limpet *Patella ferruginea* to reintroduction under different environmental condition: survival, growth rates and life-history. *Italian Journal of Zoology*, 75(4), 371-384.
- Frenkiel L. 1975. Contribution à l'étude des cycles de reproduction des Patellidae en Algérie. *Pubblicazioni della Stazione Zoologica di Napoli* 39, 153-189.
- Guerra M. T. et Gaudêncio M. J. 1986. Aspects of the ecology of *Patella* spp. on the Portuguese coast. *Hydrobiologia*, 142: 57-69.
- Hamed M. A. et Emara A. M. 2006. Marine mollusc as biomonitors for heavy metal levels in the Gulf of Suez, Red sea. *National Institute of Oceanography and Fisheries, Journal of Marine Systems* 60 (3-4), 220-234.
- Huaquin L., Guerra R. et Bretos M. 1998. Identificación del sexo y morfología de gametos de la lapa *Fissurella crassa* (Lamarck, 1822)(Mollusca : Archaeogastropoda). *Rev. Biol. Mar. Oceanogr.* 33: 223-239.
- Lewis J. R. 1986. Latitudinal trends in reproduction, recruitment and population characteristics of some rocky littoral molluscs and cirripedes. *Hydrobiologia*, 142: 1-13.

- Martoja R. et Martoja-Pierson M. 1967. Initiation aux techniques de l'histologie animale, (Ed. Masson et Cie), Paris, 1232 p.
- McCarthy M., Woosnam P. et Culloty S. C. 2008. Histological investigation of the reproductive cycles of the limpets *Patella vulgata* and *Patella ulyssiponensis*. *Mar. Biol.*, 153: 871-877.
- Morais S., Boaventura D., Narciso L., Re P. et Hawkins S. J. 2003. Gonad development and fatty acid composition of *Patella depressa* Pennant (Gastropoda: Prosobranchia) populations with different patterns of spatial distribution, in exposed and sheltered sites. *J Exp Mar Biol Ecol* 1: 61-80.
- 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, Université Denis Diderot, Paris, France, 241 pp.
- Orton J. H. 1920. Sex-Phenomena in the Common Limpet (*Patella vulgata*). *Nature* 104: 373-374.
- Orton J. H. 1928. Observations on *Patella vulgata*. Part I. Sex-Phenomena, Breeding and Shell-Growth. *J. Mar. Biol. Ass. UK.*, 15: 851-862.
- Orton J. H. 1946. Biology of *Patella* in Great Britain. *Nature* (London) 158: 173.
- Orton J. H., Southward A. J. et Dodd J. M. 1956. Studies on the biology of limpets. II. The breeding of *Patella vulgata* L. in Britain. *J. Mar. Biol. Ass. U K.*, 35: 149-176.
- Orton J. H. et Southward A. J. 1961. Studies on the biology of limpets. IV. The breeding of *Patella depressa* Pennant on the North Cornish coast. *J. Mar. Biol. Ass. U K.*, 41: 653-662.
- Perez M. C., Gonzalez M. L. et Lopez D. A. 2007. Breeding cycle and early development of the keyhole limpet *Fissurella nigra* Lesson, 1831. *J. Shell. Res.*, 26(2): 315-318.
- Ribeiro P. A., Xavier R., Santos A. M. et Hawkins S. J. 2009. Reproductive cycles of four species of *Patella* (Mollusca: Gastropoda) on the northern and central Portuguese coast. *J. Mar. Biol. Ass. U K.*, 89 (6): 1215-1221.
- Scherrer, B. 1984. Biostatistica. *Edit. Gaëtan Morin*, 850 pp.