

- Cebrian J., Duarte C.M., Marba N., Enriquez S., (1997). The magnitude and fate of the production of four co-occurring Western Mediterranean seagrass species. *Marine Ecology Progress Series*, 155: 29–44.
- Jones R.S., (1968). A suggested method for quantifying gut content in herbivorous fishes. *Micronesia*, Guam. USA, 4 (2): 369-371.
- Khripounoff A., Sibuet M., (1980). La nutrition d'échinodermes abyssaux : alimentation des holothuries. *Marine Biology*. 60: 7-26.
- Nedelec H., (1982). Ethologie alimentaire de *Paracentrotus lividus* dans la baie de Galeria (Corse) et son impact sur les peuplements phytobenthiques. *These Doct. 3^{ème} cycle Océanol. Biol., Univ. Pierre et Marie Curie, Paris, Fr.* : 1-175.
- Pergent G., Rico-Raimondino V., Pergent-Martini C., (1994). Primary production of *Posidonia oceanica* in the Mediterranean basin. *Marine Biology*, 120: 9-15.
- Pergent G., Rico-Raimondino V., Pergent-Martini C., (1997). Fate of primary production in *Posidonia oceanica* meadows of the Mediterranean. *Aquat. Bot.*, 59: 307-321.
- Sonnenholzner J., (2003). Seasonal variation in the food composition of *Holothuria theeli* (holothuroidea: aspidochirotida) with observations on density and distribution patterns at the central coast of Ecuador. *Bulletin of Marine Science*, 73(3): 527–543.
- Stamhuis E.J., Videler J.J., de Wilde P.A.W.J., (1998). Optimal foraging in the thalassinidean shrimp *Callinassa subterranea* Improving food quality by grain size selection. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 228: 197-208.
- Walker D.I., Pergent G., Fazi S., (2001). Seagrass decomposition. In: Short F.T., Cole R.G., editors. *Global Seagrass Research Methods*. Elsevier Scientific Publishers B. V., Amsterdam: 313-324.

CO14. Etude morphogénétique de l'espèce de Gastéropodes Prosobranche *Patella ferruginea* (Gmelin, 1791) sur les deux morphotypes (*Rouxii* et *Lamarckii*) au niveau de la côte algérienne

Zoheir BOUZAZA^{1, 2} & Karim MEZALI²

¹Département de Biologie; ²Department des Sciences de la mer et de l'aquaculture,
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université Abdelhamid Ibn Badis,
Mostaganem, 27000, Boite postale 300, Algérie.
E-mail: zoheir.bouzaza@univ-mosta.dz

Résumé

L'espèce *Patella ferruginea* (Gmelin, 1791) est un gastéropode prosobranche endémique à la Méditerranée occidentale. Elle est considérée par beaucoup d'auteurs comme une espèce en voie de disparition. Elle possède deux formes de coquilles assez distinctes, la forme *Lamarckii* (Centrique et arrondie) et la forme *Rouxii* (Conique et non-centrique). Afin de confirmer si les deux formes (*Rouxii* et *Lamarckii*) appartiennent à deux sous espèces distinctes, une étude morphogénétique a été réalisée sur un lot de 35 individus collectés depuis

6 stations sur la côte algérienne. En prenant quelques mesures biométriques (Longueur, largeur, hauteur et gibbosité de la coquille...) sur tous les individus collectés, nous avons procédé à des analyses statistiques multi-variées [une Analyses en composantes Principales (ACP), une Analyse Factorielle Discriminante (AFD) et une Classification Ascendante (CAH) pour confirmer que les deux formes (*Rouxii* et *Lamarckii*) sont bien séparées morphologiquement. Les résultats ont été comparés à l'étude phylogénétique basée sur le séquençage de la portion du gène mitochondrial COI (Cytochrome Oxydase I) de tous les individus mesurés. À travers cette étude, nous avons essayé de donner des explications biologiques et écologiques sur les causes de l'apparition des deux morphotypes (*Rouxii* et *Lamarckii*) de l'espèce *P. ferruginea*.

Mots clés : *Patella ferruginea*, Morphotypes, Phylogénie, *Rouxii*, *Lamarckii*, côte algérienne.

I-Introduction

L'espèce *Patella ferruginea* (Gmelin, 1791), est un Gastéropode prosobranch vivant sur les rivages rocheux de la zone intertidale. Appelée aussi « Patelle géante » ou « Patelle ferrugineuse », cette espèce est endémique à la Méditerranée occidentale est probablement l'espèce la plus menacée d'extinction dans cette mer (**Templado & Moreno, 1997**). Cette espèce possède deux formes spécifiques décrites par **Payraudeau (1826)** : La forme *Lamarckii*, qui est dotée d'une coquille convexe avec un cône centrique et la forme *Rouxii*, qui possède une coquille en forme de cône décalé non centrique. **Porchettu & Milella (1991)** ont trouvé des différences morphologiques claires entre ces deux morphotypes et ont suggéré qu'ils pourraient être deux espèces différentes, alors que d'autres études phylogénétiques établis par **Espinosa & Ozawa (2006)**, **Mezali (2007)** et **Bouzaza (2012)** sur *P. ferruginea* nous ont montré que les deux formes (*Lamarckii*) et (*Rouxii*) sont des morphotypes écotypiques plutôt que des espèces séparées.

Notre travail est basé sur une approche morphogénétique dans une large zone côtière algérienne afin de mieux comprendre la disparité morphologique entre les deux formes *Rouxii* et *Lamarckii* et quels sont les facteurs écologiques pouvant induire leur dissimilitude ?

II-Matériel et méthodes

II-1- Zone d'étude

Nous avons effectué une collecte de 35 individus de *P. ferruginea* (les deux formes confondues) sur six stations de la côte algérienne, d'est en ouest (**Fig. 1**). L'échantillonnage s'est déroulé entre le mois d'octobre 2012 et le mois de février 2015 (**Fig. 1 ; Tab. 1**).

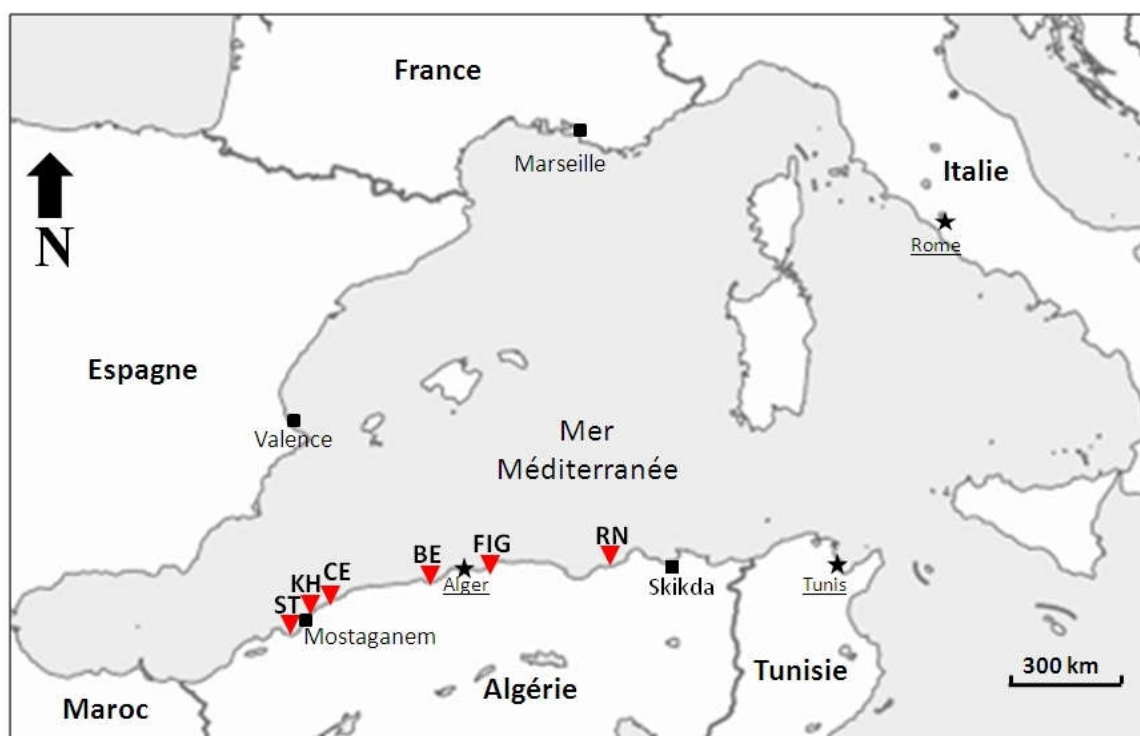


Fig. 1 : Sites de prélèvement (en rouge) de *P. ferruginea*. (Voir le **tableau 1** pour les abréviations).

Tableau 1 : Position géographique des sites de prélèvement et abréviations des stations étudiées.

Nom de la station	Abréviation	Coordonnées
Rocher Noir	RN	36,78° N, 5,63° E
Figuier Plage	FIG	36,78° N, 3,53° E
Bérard	BE	36,6° N, 2,6° E
Cap Evi	CE	36,12° N, 0,23° E
Stidia	ST	35,49° N, 0° E
Kharrouba	KH	35°58'N, 0°6' E

II-2- Données morphométriques

Pour explorer le polymorphisme entre les deux formes de *P. ferruginea*, nous avons mesuré quelques paramètres tel que la longueur totale (Ln), la largeur totale (Lr), la hauteur (Ht), la distance entre l'apex et l'extrémité antérieure de la coquille (Ea) et la distance entre l'apex et l'extrémité postérieure de la coquille (Ep) (**Fig. 2**). D'autres paramètres biométriques ne dépendant pas de l'âge de la patelle (les ratios Ht/Ln, Ht/Lr, Ln/Lr, Ea/Ln et Ea/Ep) ont été calculés afin de pouvoir discriminer entre les deux morphotypes *Rouxii* et *Lamarckii*. Ces paramètres ont été utilisés pour réaliser les analyses statistiques multivariées [Analyse en Coposantes Principales (ACP), Analyse Factorielle Discriminante (AFD) et Classification

Ascendante Hiérarchiques (CAH)]. La CAH a été réalisée par la méthode de **Ward (1963)** afin d'avoir un arbre morphométrique.

II-3- Données moléculaires

Le travail moléculaire repose sur des échantillons de tissus prélevés au scalpel de la chaire du podia des Patelles, après les avoir soigneusement lavés à l'eau distillée. Les échantillons sont stockés dans de l'Ethanol à 90%, souvent au frais. L'ADN des tissus prélevés a été extrait puis utilisé pour l'amplification de la portion de l'ADN mitochondrial Cytochrome Oxydase I (COI) par PCR à l'Institut Méditerranéen de Biologie et d'Ecologie (IMBE) de Marseille.

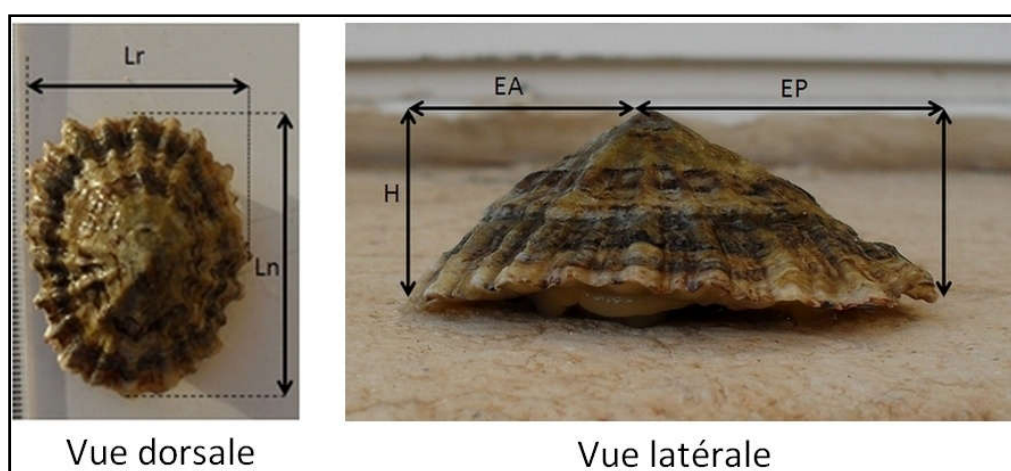


Fig. 2 : Différentes mensuration établies sur les coquilles de *P. ferruginea* de la côte algérienne (photos prises par Bouzaza, 2016).

Pour le séquençage de la portion COI de l'ADN mitochondrial (ADNmt), les amplifias jugés convenables ont été envoyé au département des sciences génomiques de l'Université de Washington «*High-Throughput Genomics Unit* » (HTGU). Les séquences récupérées, ont fait l'objet d'un traitement informatique puis ont été comparées grâce à l'élaboration d'un arbre phylogénétique établi par la méthode du maximum de vraisemblance (ML). Celui-ci a été comparé à l'arbre morphométrique établi par la CAH de **Ward (1963)**.

III-Résultats

L'ACP des variables (**Fig. 3A**) représente 88,68% de l'information avec 67,53% de l'information projetée sur l'axe F1 et 21,15% projetée sur l'axe F2. Les paramètres Ht/Ln, Ea/Ep et Ea/Ln sont très bien projetés positivement sur l'axe F1 et moins projetés sur l'axe F2. Ces quatre paramètres donnent une très bonne information sur la gibbosité des coquilles de *P. ferruginea* collectées et créent une bonne discrimination entre les individus des deux

formes (*Lamarckii* et *Rouxii*) (**Fig. 3B**). Lorsque ces paramètres ont des valeurs élevées, les coquilles sont hautes et leur sommet tend vers la centricité (cas des individus *Lamarckii*), mais lorsqu'ils sont bas, les coquilles sont aplaties avec des sommets décalés vers leurs extrémités antérieures (cas des individus *Rouxii*) (**Fig. 3B**). Quant au paramètre Ln/Lr, il est beaucoup plus projeté sur l'axe F2 que l'axe F1 (**Fig. 3A**), mais n'a aucun rôle dans la divergence entre les deux formes.

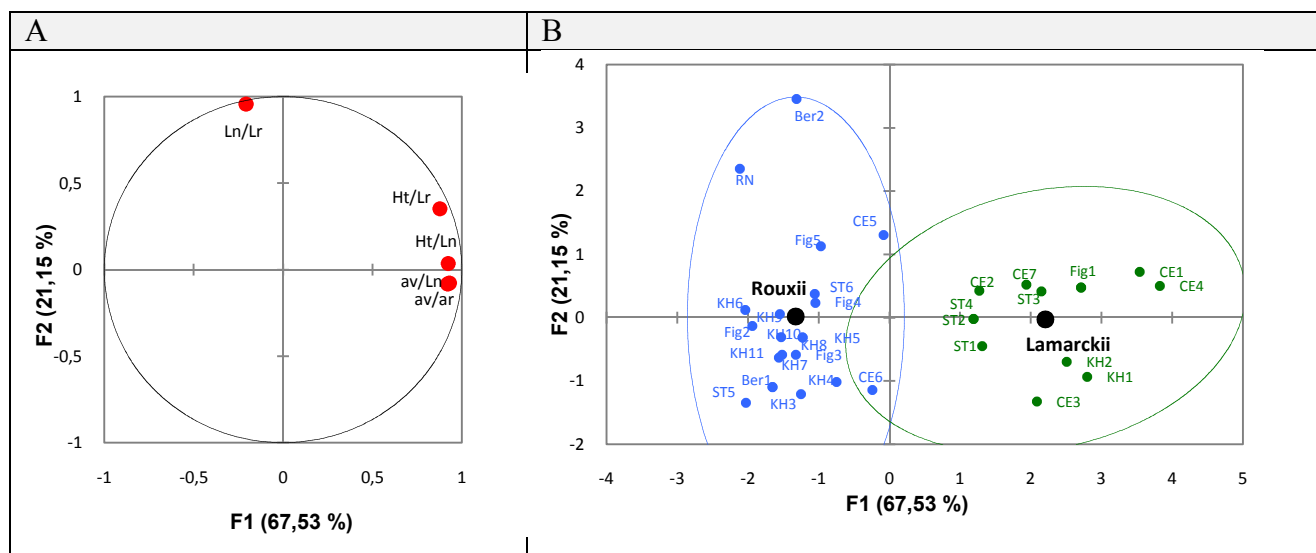


Fig. 3 : Analyse en composantes principales. A : ACP des variables, B : ACP des individus. En rouge : la projection des variables, en vert, la projection des individus de forme *Lamarckii* : en bleu, la projection des individus de forme *Rouxii*. En noir, la projection des barycentres.

L'Analyse Factorielle Discriminante a montré que les ratios utilisés (Ht/Ln, Ht/Lr, Ea/Ep et Ea/Ln) sont bien discriminants ($p < 0,05$) sauf pour Ln/Lr ($p = 0,223$) (**Tab. 2**).

Tableau 2 : Test unidimensionnel d'égalité des moyennes des ratios entre les individus de forme *Rouxii* et de forme *Lamarckii*.

Variable	Lambda	F	ddl1	ddl2	p-value
Ht/Ln	0,235	97,483	1	30	< 0,0001
Ht/Lr	0,328	61,326	1	30	< 0,0001
Ln/Lr	0,951	1,551	1	30	0,223
Ea/Ln	0,287	74,463	1	30	< 0,0001
Ea/Ep	0,275	78,937	1	30	< 0,0001

La CAH établie par la méthode de **Ward (1963)** montre bien qu'il y a deux groupes bien distincts (**Fig. 4**). Un groupe constitué essentiellement des individus de la forme *Rouxii* et l'autre groupe ne contenant que les individus de la forme *Lamarckii*. Un arbre phylogénétique

a été élaboré par la méthode du Maximum de Vraisemblance (ML) sur 580pb séquencées (Fig. 4). Une séquence de la portion de l'ADNmt (COI) d'un individu de *Patella rustica* a été utilisée en temps que « out group ». Nous pouvons remarquer que dans l'arbre phylogénétique (Fig.4) que génétiquement les individus de *P. ferruginea* de forme *Lamarckii* sont confondus avec les individus de forme *Rouxii*.

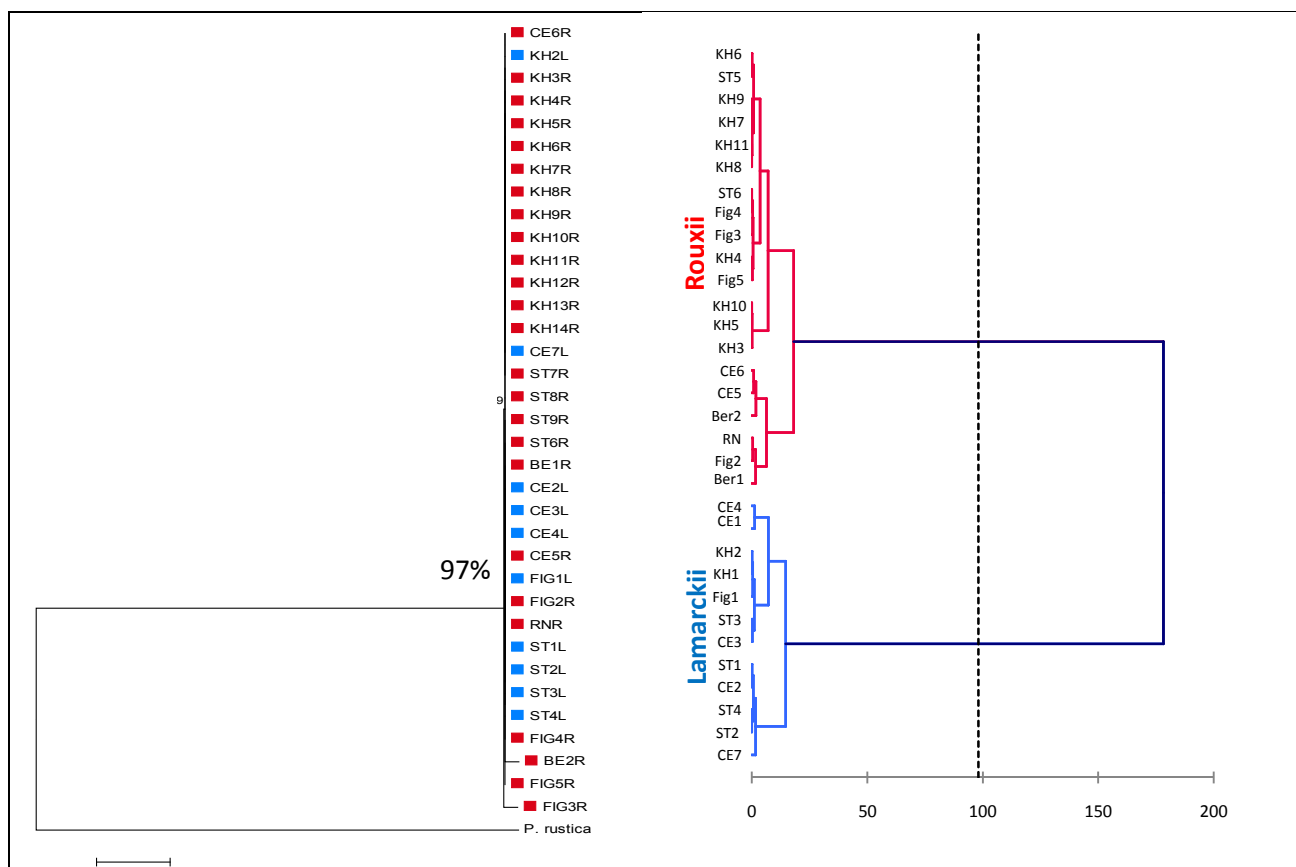


Fig. 4 : Comparaison entre un dendrogramme établi par la CAH de Ward (à droite) montrant la divergence morphométrique entre les coquilles de forme *Rouxii* de celles de forme *Lamarckii* et un arbre phylogénétique (à gauche) établi par la méthode du maximum de vraisemblance (ML) avec 500 réplicatbootstrap. ■ : représente les individus de forme *Rouxii*, ■ : représente les individus de forme *Lamarckii*.

IV-Discussion

Les patelles du genre *Patella* sont connues pour leur grande plasticité morphologique, ce qui rend leur identification difficile pouvant mettre en désaccord les auteurs quant à leur diversité morphologique et leur répartition géographique (Fischer-Piette& Gaillard, 1959). L'espèce *P. ferruginea* ne fait pas exception à cette ambiguïté taxinomique. En effet, l'étude morphométrique basée sur les analyses multivariées a montré qu'il y a une disparité morphologique très prononcée entre les individus de forme *Lamarckii*et les individus de forme *Rouxii*. Cette disparité morphologique entre les deux formes *Lamarckii* et

Rouxii pourrait être due au temps d'immersion des individus de *P. ferruginea* dans l'eau, la nature du substrat et des facteurs physico-chimiques l'environnant (Gray & Hodgson, 2003 ; Espinosa et al., 2009 ; Boukhicha et al., 2010). Cependant, l'étude génétique basée sur la phylogénie entre les individus de forme *Rouxii* et *Lamarckii* a révélé que les individus des deux formes *Lamarckii* et *Rouxii* sont très proches. Par conséquent, ces deux formes sont considérées comme étant appartenir à une même espèce tel qu'il a été conclu par Espinoza & Ozawa (2006) ; Mezali (2007) ; Casu et al. (2011) et Bouzaza (2012).

Références bibliographiques

- Boukhicha J, Tlig SZ et Ben Hassine OK (2010). Diversité morphométrique de *Patella caerulea* (Linnaeus, 1758) du littoral rocheux des côtes tunisiennes. Rapp.Comm.Int. Mer. Medit. 39: 722.
- Bouzaza Z (2012). Contribution à l'étude systématique, phylogénétique et phylogéographique de quelques espèces de patelles (Gastropoda : Patellidae) de la zone intertidale de la côte algérienne. Mémoire de magister, Université Abdelhamid Ibn Badis, Mostaganem, Algérie. 136p.
- Casu M, Rivera-Ingraham GA, Cossu P, Lai T, Sanna D, Dedola GL, Sussarellu S, Sella G, Cristo B, Curini-Galletti M, Garcia-Gomez JC et Espinosa F (2011). Patterns of spatial genetic structuring in the endangered limpet *Patella ferruginea*: implications for the conservation of a Mediterranean endemic. Genetica. 139:1293-1308.
- Espinosa F & Ozawa T (2006). Population genetics of the endangered limpet *Patella ferruginea* (Gastropoda: Patellidae): taxonomic conservation and evolutionary considerations. J. Zool. Syst. Evol. Res. 44: 8-16.
- Espinosa F, Rivera-Ingraham GA, Fa D et Garcia-Gomez JC (2009). Effect of Human Pressure on Population Size Structures of the Endangered Ferruginean Limpet: Toward Future Management Measures. J. Coastal. Res. 25: 857-863.
- Fischer-Piette E & Gaillard J (1959). Les Patelles au long des côtes Atlantiques Ibériques et nord Marocaines. J Conchol. 99: 135-200.
- Gray DR & Hodgson AN (2003). Growth and reproduction in the high-shore South African limpet *Heliconpectunculus* (Mollusca: Patellogastropoda). Afr. Zool. 38: 371-386.
- Mezali K (2007). État de la pollution de la côte de Mostaganem et étude systématique et écologique de la patelle géante *Patella ferruginea* (Gmelin, 1791) dans la zone de Stidia (Algérie)». 7^{ème} congrès magrébins des sciences de la mer et 1^{er} congrès Franco-Magrébin de zoologie et d'ichthyologie Sous le thème : Environnement aquatique et ses ressources, Connaissances, gestion et valorisation. El Djadida (Maroc) du 4-7 novembre 2007. p115.
- Payraudeau BC (1826). Catalogue descriptif et méthodique des Annélides et Mollusques de l'île de Corse, Paris. 240p.
- Porcheddu A & Milella I (1991). Aperçu sur l'écologie et sur la distribution de *Patella ferruginea* (Gmelin 1791) en mers italiennes.
- Templado J & Moreno D (1997). La lapa ferruginea. Biologica. 6: 80-81.
- Ward JH, Jr. (1963). Hierarchical Grouping to Optimize an Objective Function. J. Amer. Statist. Assoc. 58:236-244.