الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
جامعة باجي مختار- عنابة
UNIVERSITE BADJI MOKHTAR - ANNABA

FACULTE DES SCIENCES
DEPARTEMENT DE BIOLOGIE
LABORATOIRE DE BIOLOGIE ANIMALE APPLIQUEE

Thèse En vue de l'obtention d'un Diplôme de Doctorat

Spécialité : BIOLOGIE ANIMALE ENVIRONNEMENTALE
Option : PHYSIO-TOXICOLOGIE

Intitulé

CROISSANCE, REPRODUCTION ET STRUCTURE DES PATELLES DU GOLFE D'ANNABA : IMPACTS DE LA POLLUTION

Presentée par : Bouchra ZEGAOULA Ép. MECHENTEL

Directrice de thèse : Mme BELDI H. (Professeur, Université Badji Mokhtar - Annaba)

Jury d'examen

Président :

M.SOLTANI N. (Professeur, Université Badji Mokhtar - Annaba)

Examinatrices :

Mme Hamdani A. (MCA,Université Badji Mokhtar - Annaba)

Mme ZAIDI N. (MCA, Université 20 Août 1955 - Skikda)

Année universitaire : 2017/2018

AVANT-PROPOS

Cette étude est le fruit d'un effort conjugué de nombreuses personnes et institutions, ayant apporté une contribution directe ou indirecte à ce travail et à qui j'exprime ma sincère gratitude. Je tiens donc à associer à ce travail tous ceux qui y ont participé à divers titres.

Ma reconnaissance s'adresse en premier lieu aux membres de jury :

Je ne saurais commencer sans remercier **Mme Hayet BELDI** (Professeur, Laboratoire de Biologie Animale Appliquée, Université Badji-Mokhtar - Annaba) d'avoir accepté de diriger cette thèse, elle a suivi minutieusement le déroulement de cette investigation. Elle a été toujours exigeante et rigoureuse. Merci à vous de m'avoir fait bénéficier de votre expérience, et de vos conseils avisés qui m'ont énormément aidé à m'affirmer et à évoluer en tant que jeune chercheuse. Je lui adresse ici toute ma reconnaissance.

Monsieur **Noureddine SOLTANI** (Professeur au Département de biologie et Directeur du Laboratoire de Biologie Animale Appliquée, Université Badji-Mokhtar - Annaba) pour l'honneur qu'il me fait de présider le jury malgré les nombreuses tâches qui lui incombent, mais aussi de m'avoir accueillie et permis de réaliser ce travail dans d'excellentes conditions. Je vous exprime toute ma gratitude.

Mes vifs remerciements s'adressent aux membres de jury, **Mme Amel Hamdani** (MCA, Université Badji-Mokhtar - Annaba) et **Mme Nadjoua ZAÏDI** (MCA, Université 20 août 1955 - Skikda), qui ont bien voulu examiner ce travail. Leurs critiques et remarques me seront d'une grande utilité.

Je tiens également à remercier :

Monsieur Brahim DRAREDJA (Professeur au Département des Sciences de la Mer, Université Badji-Mokhtar – Annaba) pour ses précieux conseils.

Je ne saurai jamais comment remercier mes collègues et mes amies : Fatima Zohra BOUMAZA (MCB au Département de Biologie, Université Badji Mokhtar – Annaba), ayant déjà travaillé sur le même matériel biologique, elle ma aidé sans hésitation. Je remercie aussi Hamida Benradia (MCB, Université de Bordj Bou Arreridj) pour ses conseils et son encouragement.

Merci à Billel BOULAHBEL (MCB, Université de Constantine) fournisseur d'outil informatique au laboratoire, à Fethi, Hamida Benrodbane, Fatiha, Maya, Hichem, Nanou, Zahra et Mme Dalila.

Je remercie également Imed HAFSAOUI (Docteur en Bioressources Marines, Département des Sciences de la Mer), Mme Sabrine BOUCETTA (MCB, Université de Skikda) et Rym BOUAZIZ (Doctorante au laboratoire de Bioressources Marines, Département des Sciences de la Mer) pour leur serviabilité et pour leur aide.

Je tiens à remercier Mme Farida SEGAOULA (MA au laboratoire d'Anatomie et de Cytologie Pathologique, CHU IBN ROCHD) pour sa serviabilité.

Enfin, toute ma gratitude et reconnaissance au staff enseignants du Département de Biologie, qui a contribué à notre formation durant les cursus de graduation et de post-graduation.

Je dédie ce travail à

Mon cher et regretté père Ali que le temps n'a pas pu atténuer son absence, que Dieu lui accorde sa miséricorde (Repose au paradis…)

Mille mercis ne suffisent pas pour exprimer ma grande gratitude
À ma mère ***Fatiha*** *qui m'a soutenu au long de ma vie dans les moments difficiles et dans mes études.*

À mon marie ***Wahid*** *et mon fils* ***Khalil****, la lumière de ma vie.*

À mes frères ***Khaled*** *et* ***Mehdi****, et mes sœurs* ***Nadira, Lamia, Sabrina****.*
À mes beaux-frères ***Mohamed, Saleh*** *et* ***Ghanou****.*

Que ce travail soit le témoignage de ma profonde reconnaissance et de mon affection, car grâce à votre aide que ce travail a pu voir le jour…

Qu'Allah les protège pour moi!

Liste des Abréviations

EEA : European Environment Agency

METAP : Mediterranean Environmental Technical Assistance Programme.

AChE: Acétylcholinestérase

GST : Glutathion S-transférase

°C : Celsius

pH : Potentiel Hydrogène

Ind. : Individus

L : Longueur

La : Largeur maximale

H : Hauteur maximale

mm : Millimètre

Di : Dominance de l'espèce (i) dans un prélèvement.

Ni : Nombre d'individus de l'espèce (i).

Nn : Nombre d'individus de toutes les espèces dans ce même prélèvement.

Dm : Dominance moyenne

Lt : Longueur totale (en mm) à l'instant t

L_∞ : Longueur maximale (en mm) taille asymptotique.

k : Taux de croissance.

t_o : Temps théorique ou $L_t = 0$ mm.

Pt : Poids total à l'instant t

P_∞ : Poids correspondant à L_∞

IC : Indice de condition

RGS : Rapport gonado-somatique

Pg : Poids de la gonade

Pc : Poids de la chair

ml : Millilitre

ASCh : Acétylthiocholine

SCh : Thiocholine

DTNB : Acide 5,5'- dithio-bis-2-nitrobenzoïque

EGTA : Acideéthylène glycol-bis, β-aminoéthyléther N NN' N' tétra-acétique

NaCl : Chlorure de sodium

ΔDo : Densité optique

Vt : Volume total des solutions

Vs : Volume du surnageant

Mg de protéines : Quantité de protéines exprimée en mg.

CDNB : 1-chloro-2,4 dinitrobenzène

GSH : Glutathion réduit

µM : micromole

min : minute

BBC : Bleu Brillant de Coomassie

BSA : Albumine de Sérum de Bœuf

µl : Microlitre

µg : Microgramme

m ± s : moyenne ± ecart-type

ANOVA : Analysis of Variance

AV 1 : Analyse de la Variance à un critère de classification

AV2 : Analyse de la Variance à deux critères de classification

HSD : Honest Significative Différence

LISTE DES FIGURES

N° Figure	Titre	Page
Introduction		
Figure 1	Les "points chauds" de pollution à travers le bassin méditerranéen (Source : EEA).	02
Chapitre I : Généralités		
Figure 2	Origine de la pollution marine (d'après National Géographic, 2002)	07
Figure 3	Relations entre les principaux contaminants et les marqueurs biologiques (D'après Narbonne et Michel 1993).	11
Figure 4	Action des cholinestérases dans la transmission de l'influx nerveux et inhibition par un contaminant (Burgeot *et al.,* 1994). *Le contaminant inhibiteur (rouge) rentre en compétition avec le substrat naturel de l'enzyme, l'acétylcholine (vert). L'enzyme inhibée par le contaminant maintient en permanence la transmission de l'influx ce qui aboutit à la paralysie et à la mort.*	12
Figure 5	Présentation du littoral algérien (D'après Grimes, 2010).	16
Figure 6	Position géographique du golfe d'Annaba.	17
Figure 7	Position géographique de la région d'El-Kala (D'après Belbacha, 2008).	19
Figure 8	Organisation schématique d'une patelle, vue latérale gauche.	21
Figure 9	Anatomie des Patellidae (**A** : Schéma face ventrale (Edouard et Christian, 1973) ; **B** : Photographie personnelle).	23
Figure 10	Anatomie des Patellidae (**A** : Schéma face dorsale de l'animal extrait de sa coquille (Edouard et Christian, 1973) ; **B** : Photographie personnelle).	24
Figure 11	Microscopie électronique de la radula de patelle.	24
Figure 12	Cycle biologique de la patelle (Zegaoula, 2014).	25
Figure 13	Principaux organismes observés sur une côte rocheuse de l'étage médiolittoral.(www.bretagne.iufm.fr/didactique/appli-pedagogiques).	27
Figure 14	Le "homefinding" chez la patelle ; les animaux dans **(a)** suivent le trait de mucus pour revenir à leur habitat. Dans **(b)** des segments de mucus ont été nettoyés après le passage des patelles **(A** et **C)** les empêchant ainsi de trouver le chemin de retour (Branche, 1981).	28
Chapitre II : Matériel et méthodes		
Figure 15	Sites d'échantillonnages des Patelles dans le Golfe d'Annaba. (**1:**El-Katara, **2:**Toche).	29
Figure 16	Rejets des eaux polluées dans la station de prélèvement des patelles à El Katara.	30
Figure 17	Site de collecte des Patelles dans la station Toche et source de pollution.	30
Figure 18	Site de collecte des patelles dans la station de la vieille Calle.	31

Figure 19	Multiparamètre de terrain.	31
Figure 20	Collecte des patelles à l'aide d'un couteau. **A** : quadra ; **B** : linéaire de 15 m.	32
Figure 21	Conservation des patelles.	32
Figure 22	Différentes mensurations effectuées chez les patelles.	33
Figure 23	Différence des sexes chez *Patella rustica* (**A**: Ovaire, **B** : Testicule).	35
Figure 24	Prélèvement des tissus chez *Patella rustica*.	39
Chapitre III : Résultats		
Figure 25	Variation mensuelle de la température dans les stations prospectées en 2012.	43
Figure 26	Variation mensuelle de la salinité dans les stations prospectées en 2012.	44
Figure 27	Dominance des différentes espèces de patelles en période hivernale à El-Kala.	45
Figure 28	Dominance des différentes espèces de patelles en période hivernale à El-Katara.	46
Figure 29	Dominance des différentes espèces de patelles en période hivernale à Toche.	46
Figure 30	Dominance des différentes espèces de patelles en période printanière à El-Kala.	47
Figure 31	Dominance des différentes espèces de patelles en période printanière à El-Katara.	47
Figure 32	Dominance des différentes espèces de patelles en période printanière à Toche.	48
Figure 33	Dominance des différentes espèces de Patelles en période estivale à El-Kala.	49
Figure 34	Dominance des différentes espèces de Patelles en période estivale à El-Katara.	49
Figure 35	Dominance des différentes espèces de Patelles en période estivale à Toche.	50
Figure 36	Dominance des différentes espèces de Patelles en période automnale à El-Kala.	50
Figure 37	Dominance des différentes espèces de Patelles en période automnale à El-Katara.	51
Figure 38	Dominance des différentes espèces de Patelles en période automnale à Toche.	51
Figure 39	Variation spatio-temporelle de la densité (ind./m²) de *P. rustica* dans les stations prospectées en 2012 (m ± s, n=3).	52
Figure 40	Distribution des fréquences de tailles chez *Patella rustica* dans les stations prospectées (janvier - juin 2012), (St.1 : El-Kala, St.2 : El-Katara, St.3 : Toche).	55
Figure 41	Distribution des fréquences de tailles chez *Patella rustica* dans les stations prospectées (juillet - décembre 2012), (St.1 : El-Kala, St.2 : El-Katara, St.3 : Toche).	56
Figure 42	Fréquence relative des sexes dans les stations prospectées durant la période d'activité sexuelle (mai à décembre 2012) (**A** : El-Kala, **B** : El-Katara, **C** : Toche, Ind: indifférenciés, M: mâles, F: femelles).	58

Figure 43	Croissance linéaire observée et théorique et accroissement annuel théorique chez la population totale de *Patella rustica* de la station El-Kala.	61
Figure 44	Croissance linéaire observée et théorique et accroissement annuel théorique chez la population totale de *Patella rustica* de la station El-Katara.	62
Figure 45	Croissance linéaire observée et théorique et accroissement annuel théorique chez la population totale de *Patella rustica* de la station Toche.	63
Figure 46	Croissance pondérale théorique et accroissement annuel théorique chez la population totale de *Patella rustica* d'El-Kala.	64
Figure 47	Croissance pondérale observée et théorique et accroissement annuel théorique chez la population totale de *Patella rustica* d'El-Katara.	64
Figure 48	Croissance pondérale théorique et accroissement annuel théorique chez la population totale de *Patella rustica* échantillonnés à Toche.	65
Figure 49	Variations spatio-temporelles de l'indice de condition chez *P. rustica* durant l'année 2012 (N=10).	66
Figure 50	Variation mensuelle du rapport gonado-somatique dans les stations prospectées durant l'année 2012.	67
Figure 51	**Stade I : Repos sexuel. A**: El-Kala, **B**: Golfe d'Annaba. Barre d'échelle: 0,05 mm.	70
Figure 52	**Stade II : début du développement ou d'ovogenèse. A**: El-Kala, **B**: Golfe d'Annaba. Barre d'échelle: 0,05 mm.	70
Figure 53	**Stade III : fin du développement ou d'ovogenèse. A**: El-Kala, **B**: Golfe d'Annaba. Barre d'échelle: 0,05 mm.	71
Figure 54	**Stade IV : maturation. A**: El-Kala, **B**: Golfe d'Annaba. Barre d'échelle: 0,05 mm.	71
Figure 55	**Stade V: ponte et post-ponte. A**: ponte, **B**: post-ponte. Barre d'échelle: 0,05 mm.	72
Figure 56	Variations spatio-temporelles de l'activité spécifique de l'AChE (µmol/min/mg de protéine) au niveau de la tête de *P. rustica* durant l'année 2012 (N=4).	73
Figure 57	Variations spatio-temporelles de l'activité spécifique de la GST (µmol/min/mg de protéine) au niveau du manteau de *P. rustica* durant l'année 2012 (N=4).	74

LISTE DES TABLEAUX

N° Tableau	Titre	Page
Chapitre I : Généralités		
Tableau 1	Diverses sources de pollution du Golfe d'Annaba (Belabed, 2006).	18
Chapitre II : Matériel et méthodes		
Tableau 2	Apparence histologique des stades de développement gonadique chez *P. rustica* (adopté et modifié par McCarthy *et al.*, 2008 et Belkhodja *et al.*,2011).	39
Tableau 3	Dosage des protéines, réalisation de la gamme d'étalonnage.	42
Chapitre III : Résultats		
Tableau 4	ANOVA à un facteur contrôlé des variations de la température des eaux dans les stations d'étude (El-Kala, El-Katara et Toche) durant l'année 2012.	43
Tableau 5	ANOVA à un facteur contrôlé des variations de la salinité des eaux dans les stations d'étude (El-Kala, El-Katara et Toche) durant l'année 2012.	44
Tableau 6	Variations mensuelles de la densité (ind/m^2) de *P. rustica*: analyse à un critère de classification (AV1) entre les stations pour le même mois, avec la classification de Tukey (m± s).	53
Tableau 7	Analyse à deux critères de classification (AV2) (station, mois) de la densité de *P. rustica* dans les trois stations durant 2012.	53
Tableau 8	Détermination des classes d'âge de *Patella rustica* de la station d'El-Kala par la méthode de Battacharya.	59
Tableau 9	Détermination des classes d'âge *Patella rustica* de la plage d'El-Katara par la méthode de Battacharya.	59
Tableau 10	Détermination des classes d'âge de *Patella rustica* de la plage Toche par la méthode de Battacharya.	60
Tableau 11	Analyse de la variance à un seul critère de classification (station) en fonction des mois (N = 10), de l'indice de condition chez *P. rustica,* avec la classification de Tukey (m± s).	66
Tableau 12	Analyse de la variance à deux critères de classification (station, mois) de l'indice de condition chez *P. rustica* dans les trois stations durant la période d'étude (N=10).	67
Tableau 13	Analyse de la variance à un seul critère de classification (station) en fonction des mois (N = 4), du rapport gonado-somatique.	68
Tableau 14	Analyse de la variance à deux critères de classification (station, mois) du rapport gonado-somatique chez *P. rustica* dans les trois stations durant la période d'étude (N= 4).	68
Tableau 15	Chronologie des différents stades d'ovogenèse chez *Patella rustica* observé en histologie pour les deux sites.	69
Tableau 16	Analyse de la variance à un seul critère de classification (station) en fonction des mois (N = 4) de l'AChE, avec la classification de Tukey (m± s).	73

Tableau 17	Analyse de la variance à deux critères de classification (station, mois) de l'Activité spécifique de l'AChE chez *P. rustica* dans les trois stations durant 2012 (N=4).	74
Tableau 18	Analyse de la variance à un seul critère de classification (station) en fonction des mois (N = 4) de la GST, avec la classification de Tukey (m± s).	75
Tableau 19	Analyse de la variance à deux critères de classification (station, mois) de l'Activité spécifique de la GST chez *P. rustica* dans les trois stations durant 2012 (N=4).	75
Tableau 20	Distribution saisonnière des patelles dans la zone d'étude (Golfe d'Annaba et El-Kala).	79

LISTE DES TABLEAUX ANNEXÉS

N°	Titre	Page
1	Analyse de la variance à un seul critère de classification (station) de la température des eaux dans les stations d'étude.	136
2	Analyse de la variance à un seul critère de classification (station) de la salinité des eaux dans les stations d'étude.	136
3	Analyse de la variance à un seul critère de classification (station) de la densité de *P. rustica* au mois de janvier (El-Kala, El-Katara, Toche)	136
4	Analyse de la variance à un seul critère de classification (station) de la densité de *P. rustica* au mois de février (El-Kala, El-Katara, Toche)	137
5	Analyse de la variance à un seul critère de classification (station) de la densité de *P. rustica* au mois de mars (El-Kala, El-Katara, Toche)	137
6	Analyse de la variance à un seul critère de classification (station) de la densité de *P. rustica* au mois d'avril (El-Kala, El-Katara, Toche)	137
7	Analyse de la variance à un seul critère de classification (station) de la densité de *P. rustica* au mois de mai (El-Kala, El-Katara, Toche)	138
8	Analyse de la variance à un seul critère de classification (station) de la densité de *P. rustica* au mois de juin (El-Kala, El-Katara, Toche)	138
9	Analyse de la variance à un seul critère de classification (station) de la densité de *P. rustica* au mois de juillet (El-Kala, El-Katara, Toche)	139
10	Analyse de la variance à un seul critère de classification (station) de la densité de *P. rustica* au mois d'août (El-Kala, El-Katara, Toche)	139
11	Analyse de la variance à un seul critère de classification (station) de la densité de *P. rustica* au mois de septembre (El-Kala, El-Katara, Toche)	139
12	Analyse de la variance à un seul critère de classification (station) de la densité de *P. rustica* au mois d'octobre (El-Kala, El-Katara, Toche)	140
13	Analyse de la variance à un seul critère de classification (station) de la densité de *P. rustica* au mois de novembre (El-Kala, El-Katara, Toche)	140
14	Analyse de la variance à un seul critère de classification (station) de la densité de *P. rustica* au mois de décembre (El-Kala, El-Katara, Toche)	141
15	Analyse de la variance à deux critères de classification (temps/station) de la densité de *P. rustica*.	141
16	Détermination de la croissance linéaire observée et théorique et accroissement annuel théorique chez la population totale de *Patella rustica* de la station El-Kala.	141
17	Détermination de la croissance linéaire observée et théorique et accroissement annuel théorique chez la population totale de *Patella rustica* de la station El-Katara.	142
18	Détermination de la croissance linéaire observée et théorique et accroissement annuel théorique chez la population totale de *Patella rustica* de Toche.	142
19	Détermination de la croissance pondérale théorique et accroissement annuel théorique chez la population totale de *Patella rustica* d'El-Kala.	142
20	Détermination de la croissance pondérale théorique et accroissement annuel théorique chez la population totale de *Patella rustica* d'El-Katara.	143
21	Détermination de la croissance pondérale théorique et accroissement annuel théorique chez la population totale de *Patella rustica* de Toche.	143
22	Analyse de la variance à un seul critère de classification (station) de l'indice de condition chez *P. rustica* au mois de janvier (El-Kala, El-Katara, Toche)	143

23	Analyse de la variance à un seul critère de classification (station) de l'indice de condition chez *P. rustica* au mois de février (El-Kala, El-Katara, Toche)	144
24	Analyse de la variance à un seul critère de classification (station) de l'indice de condition chez *P. rustica* au mois de mars (El-Kala, El-Katara, Toche)	144
25	Analyse de la variance à un seul critère de classification (station) de l'indice de condition chez *P. rustica* au mois d'avril (El-Kala, El-Katara, Toche)	144
26	Analyse de la variance à un seul critère de classification (station) de l'indice de condition chez *P. rustica* au mois de mai (El-Kala, El-Katara, Toche)	145
27	Analyse de la variance à un seul critère de classification (station) de l'indice de condition chez *P. rustica* au mois de juin (El-Kala, El-Katara, Toche)	145
28	Analyse de la variance à un seul critère de classification (station) de l'indice de condition chez *P. rustica* au mois de juillet (El-Kala, El-Katara, Toche)	146
29	Analyse de la variance à un seul critère de classification (station) de l'indice de condition chez *P. rustica* au mois d'août (El-Kala, El-Katara, Toche)	146
30	Analyse de la variance à un seul critère de classification (station) de l'indice de condition chez *P. rustica* au mois de septembre (El-Kala, El-Katara, Toche)	146
31	Analyse de la variance à un seul critère de classification (station) de l'indice de condition chez *P. rustica* au mois d'octobre (El-Kala, El-Katara, Toche)	147
32	Analyse de la variance à un seul critère de classification (station) de l'indice de condition chez *P. rustica* au mois de novembre (El-Kala, El-Katara, Toche)	147
33	Analyse de la variance à un seul critère de classification (station) de l'indice de condition chez *P. rustica* au mois de décembre (El-Kala, El-Katara, Toche)	148
34	Analyse de la variance à deux critères de classification (mois/station) de l'indice de condition chez *P. rustica*.	148
35	Analyse de la variance à un seul critère de classification (station) du rapport gonado-somatique chez *P. rustica* au mois de janvier (El-Kala, El-Katara, Toche)	148
36	Analyse de la variance à un seul critère de classification (station) du rapport gonado-somatique chez *P. rustica* au mois de février (El-Kala, El-Katara, Toche)	149
37	Analyse de la variance à un seul critère de classification (station) du rapport gonado-somatique chez *P. rustica* au mois de mars (El-Kala, El-Katara, Toche)	149
38	Analyse de la variance à un seul critère de classification (station) du rapport gonado-somatique chez *P. rustica* au mois d'avril (El-Kala, El-Katara, Toche)	150
39	Analyse de la variance à un seul critère de classification (station) du rapport gonado-somatique chez *P. rustica* au mois de mai (El-Kala, El-Katara, Toche)	150
40	Analyse de la variance à un seul critère de classification (station) du rapport gonado-somatique chez *P. rustica* au mois de juin (El-Kala, El-Katara, Toche)	150
41	Analyse de la variance à un seul critère de classification (station) du rapport gonado-somatique chez *P. rustica* au mois de juillet (El-Kala, El-Katara, Toche)	151
42	Analyse de la variance à un seul critère de classification (station) du rapport gonado-somatique chez *P. rustica* au mois d'août (El-Kala, El-Katara, Toche)	151
43	Analyse de la variance à un seul critère de classification (station) du rapport gonado-somatique chez *P. rustica* au mois de septembre (El-Kala, El-Katara, Toche)	152
44	Analyse de la variance à un seul critère de classification (station) du rapport gonado-somatique chez *P. rustica* au mois d'octobre (El-Kala, El-Katara, Toche)	152

45	Analyse de la variance à un seul critère de classification (station) du rapport gonado-somatique chez *P. rustica* au mois de novembre (El-Kala, El-Katara, Toche)	152
46	Analyse de la variance à un seul critère de classification (station) du rapport gonado-somatique chez *P. rustica* en décembre (El-Kala, El-Katara, Toche)	153
47	Analyse de la variance à deux critères de classification (mois/station) du rapport gonado-somatique chez *P. rustica*.	153
48	Analyse de la variance à un seul critère de classification (station) de l'AChE au mois de janvier (El-Kala, El-Katara, Toche)	154
49	Analyse de la variance à un seul critère de classification (station) de l'AChE au mois de février (El-Kala, El-Katara, Toche)	154
50	Analyse de la variance à un seul critère de classification (station) de l'AChE au mois de mars (El-Kala, El-Katara, Toche)	154
51	Analyse de la variance à un seul critère de classification (station) de l'AChE au mois d'avril (El-Kala, El-Katara, Toche)	155
52	Analyse de la variance à un seul critère de classification (station) de l'AChE au mois de mai (El-Kala, El-Katara, Toche)	155
53	Analyse de la variance à un seul critère de classification (station) de l'AChE au mois de juin (El-Kala, El-Katara, Toche)	155
54	Analyse de la variance à un seul critère de classification (station) de l'AChE au mois de juillet (El-Kala, El-Katara, Toche)	156
55	Analyse de la variance à un seul critère de classification (station) de l'AChE au mois d'août (El-Kala, El-Katara, Toche)	156
56	Analyse de la variance à un seul critère de classification (station) de l'AChE au mois de septembre (El-Kala, El-Katara, Toche)	157
57	Analyse de la variance à un seul critère de classification (station) de l'AChE au mois d'octobre (El-Kala, El-Katara, Toche)	157
58	Analyse de la variance à un seul critère de classification (station) de l'AChE au mois de novembre (El-Kala, El-Katara, Toche)	157
59	Analyse de la variance à un seul critère de classification (station) de l'AChE au mois de décembre (El-Kala, El-Katara, Toche)	158
60	Analyse de la variance à deux critères de classifications (mois/station) de l'AChE.	158
61	Analyse de la variance à un seul critère de classification (station) de la GST au mois de janvier (El-Kala, El-Katara, Toche)	158
62	Analyse de la variance à un seul critère de classification (station) de la GST au mois de février (El-Kala, El-Katara, Toche)	159
63	Analyse de la variance à un seul critère de classification (station) de la GST au mois de mars (El-Kala, El-Katara, Toche)	159
64	Analyse de la variance à un seul critère de classification (station) de la GST au mois d'avril (El-Kala, El-Katara, Toche)	160
65	Analyse de la variance à un seul critère de classification (station) de la GST au mois de mai (El-Kala, El-Katara, Toche)	160
66	Analyse de la variance à un seul critère de classification (station) de la GST au mois de juin (El-Kala, El-Katara, Toche)	160
67	Analyse de la variance à un seul critère de classification (station) de la GST au mois de juillet (El-Kala, El-Katara, Toche)	161
68	Analyse de la variance à un seul critère de classification (station) de la GST au mois d'août (El-Kala, El-Katara, Toche)	161

69	Analyse de la variance à un seul critère de classification (station) de la GST au mois de septembre (El-Kala, El-Katara, Toche)	161
70	Analyse de la variance à un seul critère de classification (station) de la GST au mois d'octobre (El-Kala, El-Katara, Toche)	162
71	Analyse de la variance à un seul critère de classification (station) de la GST au mois de novembre (El-Kala, El-Katara, Toche)	162
72	Analyse de la variance à un seul critère de classification (station) de la GST au mois de décembre (El-Kala, El-Katara, Toche)	163
73	Analyse de la variance à deux critères de classifications (mois/station) de la GST.	163

LISTE DES FIGURES ANNEXÉES

N° Figure	Titre	Page
I	Photographie de *Patella rustica* (Linnaeus, 1758)	164
II	Photographie de *Patella intermedia* (Murray ,1857)	164
III	Photographie de *Patella caerulea* (Linnaeus, 1758)	164
IV	Photographie de *Patella vulgata* (Linnaeus, 1758)	165
V	Photographie de *Patella ulyssiponensis* (Gmelin, 1791)	165
VI	Photographie de *Patella nigra* (Da Costa ,1771)	165
VII	Les différents groupes d'âges chez *P. rustica* dans la station d'El-Kala, selon la méthode de Battacharya (1967).	166
VIII	Les différents groupes d'âges chez *P. rustica* dans la station d'El-Katara, selon la méthode de Battacharya (1967).	166
IX	Les différents groupes d'âges chez *P. rustica* dans la station de Toche, selon la méthode de Battacharya (1967).	166

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS

INTRODUCTION…….. **1**

CHAPITRE I : GENERALITES

1.Pollution marine…..…….……. **6**

2. Origine de la pollution marine……..…… **6**

3. Transport et devenir des polluants dans le milieu marin……... **7**

3.1. Bioconcentration……..……..……... **8**

3.2. Bioaccumulation……..……..……... **8**

3.3. Bioamplification……..……..…… **8**

4. Biosurveillance et évaluation de la qualité de l'environnement……..……... **9**

4.1. Biosurveillance et accumulation……..……..……... **10**

4.2. Biosurveillance et effets toxiques……..……..……. **10**

5. Les effets physiologiques et écophysiologiques des contaminants.....……..….. **15**

6. Littoral algérien……..……..…….. **16**

7. Présentation des sites d'étude……...……..……... **17**

7.1. Site d'Annaba……...……..…… **17**

7.1.1. Position géographique……...……..……... **17**

7.1.2. Sources de pollution du golfe d'Annaba……...……. **17**

7.2. Site d'El-Kala……...……..…… **19**

7.2.1. Position géographique……...……..…… **19**

7.2.2. Apports continentaux……..……..……. **19**

8. Biologie et physiologie des patelles……..……..……... **20**

8.1. Intérêt et choix de l'espèce……..……..…… **20**

8.2. Présentation et position systématique……..……. **20**

8.3. Morpho-anatomie……..……..…….. **22**

8.4. Nutrition……..……..……..... **24**

8.5. Reproduction et cycle biologique……..……..……..... **25**

8.6. Les facteurs influençant la croissance chez les patelles……..…….. **26**

8.7. Écologie……..……..……..... **27**

8.8. Longévité……..……..……. **28**

CHAPITRE II : MATÉRIEL ET MÉTHODES

1. Choix et localisation des stations…….…….…….. **29**

1.1. Golfe d'Annaba…….…….…….... **29**

1.2. Plage de la vielle Calle (El Kala) …….…….……..... **30**

2. Physico-chimie des eaux…….…….…… **31**

3. Collecte des patelles…….…….……... **31**

4. Conservation…….…….…….. **32**

5. Traitements des échantillons…….…….…… **33**

5.1. Identification des espèces…….…….…….. **33**

5.2. Biométrie…….…….……... **33**

5.3. Structure de la communauté des patelles…….…….…….. **33**

5.3.1. Dominance…….…….……. **33**

5.3.2. Densité…….…….……... **34**

5.3.3. Fréquences de taille…….…….…… **34**

5.3.4. Sex-Ratio…….…….……..... **34**

5.4. Étude de la croissance…….…….……... **35**

5.4.1. Détermination de l'âge…….…….……... **35**

5.4.2. Analyse de la Croissance…….…….……... **36**

5.4.2.1. Croissance linéaire absolue…….…….……. **36**

5.4.2.2. Croissance pondérale absolue…….…….……. **36**

5.5. Cycle reproducteur…….…….…… **36**

5.5.1. Indice de condition (IC) …….…….…… **37**

5.5.2. Rapport gonado-somatique (RGS) …….…….…… **37**

5.5.3. Histologie des gonades…….…….……... **37**

5.6. Dosage des biomarqueurs…….…….……..... **39**

5.6.1. Dosage de l'AChE…….…….…….. **39**

5.6.2. Dosage de la GST…….…….……... **41**

5.7. Dosage des protéines…….…….……..... **41**

5.8. Analyses statistiques…….…….……. **42**

CHAPITRE III : RESULTATS

1. Paramètres environnementaux……..……... **43**
1.1. Température……..…… **43**
1.2. Salinité……..……. **44**
2. Structure de la communauté des patelles……. **44**
2.1. Richesse spécifique……..……. **44**
2.2. Variation saisonnière de la dominance……. **45**
2.2.1. Hiver……..……. **45**
2.2.2. Printemps……..…….. **46**
2.2.3. Eté……..……..... **48**
2.2.4. Automne……..……... **50**
2.3. Variation mensuelle de la densité……. **52**
2.4. Structure des tailles……..……. **53**
2.5. Sex ratio……..…….. **57**
3. Etude de la croissance…… **59**
3.1. Détermination de l'âge…….. **59**
3.2.Analyse de la croissance……... **60**
3.2.1. Croissance linéaire absolue……. **60**
3.2.2. Croissance pondérale absolue…… **63**
4. Etude du cycle reproducteur……. **65**
4.1. Indice de condition…… **65**
4.2. Rapport gonado-somatique……... **67**
4.3. Histologie des ovaires……... **69**
5. Analyses biochimiques……... **72**
5.1. L'acétylcholinestérase……... **72**
5.2. La Glutathion S-transférase…….. **74**

CHAPITRE IV : DISCUSSION

1. Paramètres physico-chimiques…… **76**
2. Structure de la communauté des patelles……. **78**
3. Etude de la croissance…… **84**

4. Etude du cycle reproducteur……. **85**

5. Analyses biochimiques……... **89**

CONCLUSION ET PERSPECTIVES **91**

RÉSUMÉS

Français……... **94**

Anglais……... **96**

Arabe……... **98**

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES……. **100**

ANNEXES…….. **136**

INTRODUCTION

INTRODUCTION

Depuis une cinquantaine d'années, la pollution est le plus grand fléau auquel est confronté notre monde moderne. On entend par pollution: «la présence dans l'environnement de grandes quantités de produits chimiques dangereux, généralement crée par l'homme, dont les effets nuisibles peuvent se faire durant de longues périodes sur toute la planète» **(El-Morhit, 2009).**
La totalité des écosystèmes de la planète sont désormais affectés d'une façon ou d'une autre par le développement des sociétés et les rejets agricoles, urbains et industriels pouvant mener à de hauts niveau de pollution dans les écosystèmes marins côtiers **(Smolders *et al*., 2003 ; De Jonge *et al*., 2013 ; Rao *et al*., 2007 ; Batista *et al*., 2014)**. Les rejets d'origine urbaine, agricole et industrielle altèrent les communautés et affectent les organismes qui les composent **(Boening, 1999 ; Webb *et al*., 2002 ; Azzoni *et al*., 2005)**. Les zones portuaires, qui comptent parmi les régions côtières les plus polluées, menacent les communautés benthiques et pélagiques **(Bulleri et Chapman, 2010)**.
La Méditerranée dans son ensemble compte environ 45000 Km de côtes. La population totale des pays côtiers méditerranéens est de 450 millions d'habitants environ. Ainsi, près de la moitié de la population méditerranéenne vit près de la côte **(Kantin *et al*., 2006)**. Ce surdéveloppement autour des côtes méditerranéennes a pour corollaire une augmentation de la pression anthropique et une raréfaction des zones où l'environnement est à l'état naturel et non atteint par l'anthropisation **(Kantin *et al*., 2006)**. Ceci fait que l'urbanisation du littoral et l'amplification des activités humaines est un des problèmes majeurs de la région méditerranéenne, conduisant souvent à une réduction de la biodiversité attribuable à la destruction et à l'altération physique des habitats **(Anonyme, 2006)**.
Les activités industrielles sont d'importantes sources de pollution ponctuelle à travers une portion considérable du littoral méditerranéen. La pollution industrielle et urbaine provenant surtout des eaux usées non traitées, constitue jusqu'à 80% de la pollution dans la mer Méditerranée **(Gürlük,2009)**. Elles affectent les régions les plus productives de l'environnement marin méditerranéen : les estuaires et les eaux côtières peu profondes. Il y a également un effet direct combiné des effluents des grands ports commerciaux et des installations d'industrie lourde qui engendrent des problèmes de pollution au niveau du site, surtout dans les golfes et baies semi-fermés, contribuant ainsi à l'apparition des 'points chauds' de pollution **(Fig.1)**.

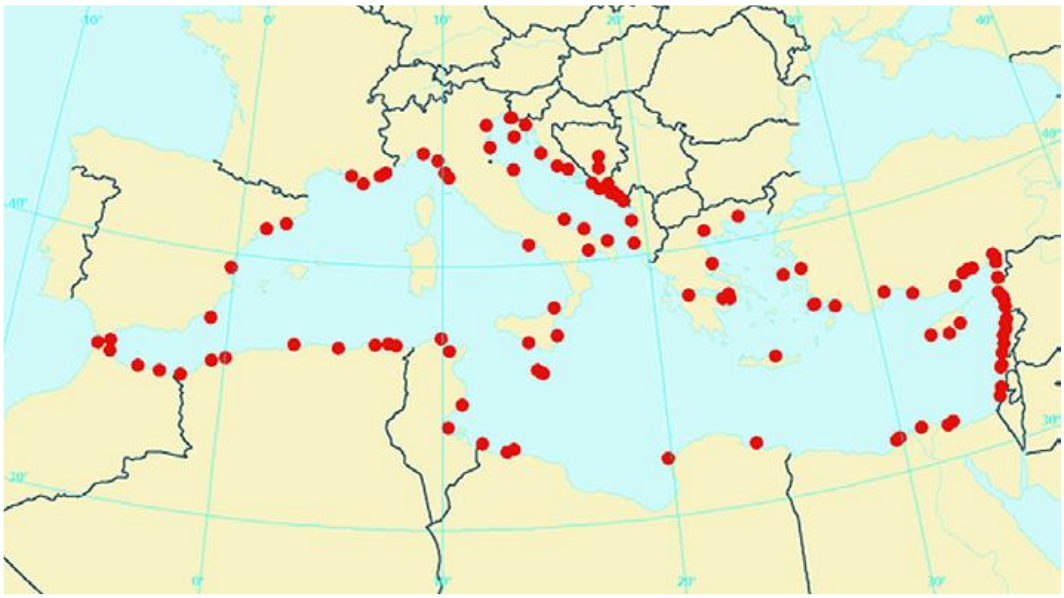


Figure 1. Les "points chauds" de pollution à travers le bassin méditerranéen **(Source : EEA, 2014)**.

En Algérie comme beaucoup d'autres pays méditerranéens, l'augmentation de la population humaine, le développement industriel, et l'absence de traitement d'eaux usées urbaines et / ou industrielles ont transformé l'environnement marin côtier en premier bénéficiaire de plusieurs formes de pollution engendrant des dysfonctionnements des différents compartiments physiques et biologiques de cet écosystème. Plusieurs travaux scientifiques réalisés ont confirmé cette situation **(Boutefnouchet *et al.*, 2005 ; Taleb et Boutiba, 2007 ; Sifi *et al.*, 2007 ; Alioua *et al.*, 2008 ; Bordjiba *et al.*, 2009 ; Guemouda *et al.*, 2014 ; Boucetta *et al.*, 2016)**.

En raison des stratégies industrielles adoptées, les grands complexes industriels sont toujours situés dans les régions littorales. Le golfe d'Annaba est l'un des plus importants pôles touristiques et économiques installé sur la côte algérienne. Ses ressources halieutiques sont menacées par une pollution liée à une activité économique en pleine essor **(Beldi *et al.*, 2006 ; Sifi *et al.*, 2007 ; Amira *et al.*, 2011 ; Soltani *et al.*, 2012 ; Sifi *et al.*, 2013)**. Il est le réceptacle d'une grande quantité de polluants d'origine urbaine, agricole, portuaire et industrielle.

Au cours des dernières décennies, plusieurs études se sont concentrées sur l'évaluation de l'impact des rejets d'eaux usées sur la côte algérienne. En effet, la biosurveillance de pollution marine par les contaminants bioaccumulés dans les espèces marines de plusieurs sites sur la côte algérienne ont révélé des concentrations élevées de métaux principalement lourds

(cadmium, plomb, zinc, cuivre) **(Soualili *et al.*, 2008 ; Rouane-Hacene *et al.*, 2012 ; Benzaoui *et al.*, 2015 ; Boucetta *et al.*, 2016 ; Rouane-Hacene *et al.*, 2017)**. Cela souligne simplement l'importance cruciale d'évaluer les impacts des gradients de pollution dans cette zone côtière.

Pendant de nombreuses années, les méthodes d'évaluation de la qualité de l'environnement marin reposaient presque exclusivement sur des mesures de paramètres chimiques de l'eau et des sédiments **(Munawar *et al.*, 1995)**. Cependant, ces méthodes traditionnelles basées sur les caractéristiques chimiques des écosystèmes ne permettent pas de mesurer l'impact des contaminants sur les différents organismes, populations et communautés peuplant un milieu donné **(Kaiser, 2001)**. D'autres méthodes plus récentes utilisant les paramètres biologiques, physiologiques et biochimiques des organismes vivants, tant à l'échelle du simple individu que des écosystèmes entiers, sont venues combler les lacunes inhérentes aux analyses strictement chimiques **(Markert *et al.*, 2003 ; Daby, 2006)**. En réalité, c'est plutôt la complémentarité des résultats obtenus par les analyses chimiques et biochimiques qui permet alors d'effectuer un diagnostic complet sur la source et l'impact d'une pollution sur un écosystème, tels est l'objectif des programmes de biosurveillance des milieux marins **(Oros *et al.*, 2007)**.

Aujourd'hui, deux approches complémentaires sont utilisées comme indicateurs de la pollution : les biomarqueurs et les bioindicateurs **(Valavanidis *et al.*, 2006)**. Les biomarqueurs permettent un suivi à la fois spatial et temporel donnant une image dynamique des variations des quantités de polluants présents dans le milieu marin. Les bioindicateurs sont des organismes vivants utilisés pour surveiller la santé de l'environnement, où toute perturbation physiologique dans leur organisme indique une exposition chronique à la pollution. Ces perturbations sont tributaires de plusieurs critères, incluant entre autres, la sensibilité, la reproductibilité et la pertinence écologique pour bien représenter les phénomènes en cause **(Lagadic *et al.*, 1997)**.

Les Bivalves et Gastéropodes sont d'excellents bioindicateurs du fait de leur capacité de bioaccumulation. Par ailleurs, plusieurs travaux ont démontré l'importance du genre *Patella* dans la bioindication de la pollution dans le bassin méditerranéen **(Nakhlé *et al.*, 2006 ; Stillitano *et al.*, 2007 ; Douhri et Sayah, 2009 ; Boumaza *et al.*, 2016)**. Ainsi, s'affiche notre objectif principal relatif à l'utilisation d'une approche multimarqueurs dans une conception écotoxicologique afin de tenter de mettre en évidence la toxicité des substances

chimiques et les effets biologiques sur le mollusque gastéropode *Patella rustica*, exposé à différentes sources de pollution et évaluer ainsi l'état de santé du golfe d'Annaba.

Les patelles sont des gastéropodes marins qui habitent les rivages rocheux. Ces espèces jouent un rôle important dans la régulation de l'équilibre écologique de leur habitat et ont souvent été utilisées comme indicateurs biologiques pour évaluer les conséquences de l'impact anthropique sur cet écosystème.

La diversité et l'importance écologique des patelles ont suscité des **(Lima *et al*., 2007 ; Ribeiro *et al*., 2008)** recherches intensives au cours des dernières décennies. Cependant, les connaissances concernant l'histoire de la vie, la structure par âge et les modes de croissance de ces espèces sont encore limitées **(Prusina *et al*., 2015)**. La plupart des informations disponibles sur la biologie des espèces *Patella* se concentrent sur *Patella vulgata* Linnaeus, 1758. Cependant, certains aspects de la biologie de la patelle comme la reproduction ont été étudiés pour d'autres espèces telles que *Patella ulyssiponensis* Gmelin, 1791, *Patella depressa* Pennant, 1777, *Patella rustica* Linnaeus, 1758, *Patella candei* Orbigny, 1840 et *Patella aspera* Linnaeus, 1758 **(Guerra et Gaudêncio, 1986 ; Bowman et Lewis, 1986 ; Delany *et al*., 2002 ; Brazão *et al*., 2003 ; Ribeiro *et al*., 2009 ; Prusina *et al*., 2014 ; Henriques *et al*., 2012 ; Sousa *et al*., 2017)**.

Malgré l'importance écologique des patelles dans le bassin méditerranée, on n'enregistre que quelques études consacrées à l'écologie et la biologie de ce Gastéropode Prosobranche. L'ensemble des investigations entreprises jusqu'alors sont orientées vers l'espèce protégée ; la patelle géante *Patella ferruginea* **(Frenkiel, 1975 ; Curini-Galletti, 1979 ; Granfils, 1982 ; Boudouresque et Laborel-Deguen, 1986 ; Laborel-Deguen et Boudouresque, 1990, 1991a, 1991b ; Porcheddu et Milella, 1991 ; Moreno, 1992 ; Laborel-Deguen *et al*., 1993 ; Cretella *et al*., 1994 ; Aparici-Seguer *et al*., 1995 ; Paracuellos *et al*., 2003 ; Barba *et al*., 2005).** Alors que les études relatives à l'aspect écotoxicologique sont réalisées essentiellement sur la patelle bleue *Patella caerulea* **(Puel *et al*., 1987 ; Campanella *et al*., 2001 ; Cubadda *et al*., 2001 ; Nakhlé, 2003 ; Storelli et Marcotrigiano, 2005 ; Türkmen *et al*., 2005 ; Vanucci *et al*., 2005 ; Bini *et al*., 2006 ; Stillitano *et al*., 2007 ; Yüzereroğlu, 2009).** Quant aux études consacrées à la reproduction et à la croissance des patelles du bassin méditerranéen, on a enregistré quelques contributions chez *P. rustica* **(Prusina *et al*., 2014 ; Prusina *et al*., 2015)** et *P. caerulea* **(Belkhodja *et al*., 2010 ; Belkhodja *et al*., 2012)**.

Cependant en Algérie, et à notre connaissance peu d'études ont été consacrées à la famille des Patellidae ; à l'exception d'une contribution relative à la patelle géante (*Patella ferruginea*) réalisée dans l'île Habibas (au large d'Oran), afin de créer un parc national marin **(Semroud et Boumaza, 1998)**, une seconde étude sur la même espèce dans le littoral oranais **(Larbi Doukara, 2007)** et incessamment une étude consacrée à la pollution bactériologique chez la patelle bleue *Patella caerulea* **(Seddik, 2008)** et une étude sur la biodiversité des Patellidae **(Boumaza *et al.*, 2016)** ont été effectuées, d'où l'originalité et l'intérêt de notre contribution.

Ce travail vise à fournir des informations sur la croissance et la reproduction d'un Mollusque Gastéropode *Patella rustica*, ainsi que l'évaluation de la qualité des eaux du littoral Est Algérien par l'utilisation de cette espèce. Cette étude est soutenue par le Programme national de recherche et par le Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique de l'Algérie (Projet PNR-MESRS, intitulé : «Biosurveillance du littoral Est algérien», n°118/ANDRS/2011).

A la base du choix méthodologique et de l'approche multi-marqueurs, il nous a semblé convenable d'organiser notre manuscrit comme suit:

- Une introduction, où on aborde la problématique de cette étude et l'importance de la biosurveillance en tant qu'outil d'évaluation du stress environnemental, ainsi que l'objectif de cette investigation.
- Le premier chapitre relatif aux généralités, est consacré à une synthèse bibliographique sur la pollution marine et son origine d'une part, et la notion de biomarqueurs / bioindicateurs d'autre part.
- Le chapitre matériel et méthodes constituera le fond même de cette étude avec une description détaillée de la zone d'étude et la présentation du matériel biologique, puis un exposé lié aux différents protocoles analytiques.
- Le chapitre résultats, traite les aspects écobiologiques de l'espèce étudiée (condition physico-chimiques des eaux, structure et dynamiques et cycle reproducteur de cette espèce) et écotoxicologiques, dosage mensuel de l'Acétylcholinestérase (AChE) et la glutathion S-transférase (GST) dans la tête et le manteau de *P. rustica*.
- Le dernier chapitre est consacré à la discussion et interprétation des résultats obtenus.
- Enfin, on termine notre document par une conclusion générale et des perspectives.

GÉNÉRALITÉS

CHAPITRE I : GÉNÉRALITÉS

1. Pollution marine

La pollution des écosystèmes aquatiques est un problème majeur tant pour la population humaine, utilisatrice des ressources en eau, que pour les populations végétales et animales pour lesquelles l'eau représente le milieu de vie. Le terme de pollution marine fait l'objet d'une définition, reconnue par l'ensemble de la communauté scientifique internationale (GESAMP), comme étant *"l'introduction par l'homme directement ou indirectement de substances ou d'énergie dans le milieu marin (y compris les estuaires) occasionnant des effets néfastes tels que des nuisances envers les ressources biologiques, des risques pour la santé de l'homme, des entraves aux activités maritimes (y compris la pêche), une altération de la qualité de l'eau de mer du point de vue de son utilisation et une dégradation des valeurs d'agrément"*.

2. Origine de la pollution marine

Qu'il s'agisse de catastrophes écologiques d'origine accidentelle ou de rejets délibérés, la pollution sous toutes ses formes constitue depuis plusieurs années la principale cause de dégradation du milieu marin; 80% de la pollution provient des activités terrestres et 20% des activités maritimes **(Fig.2)**. En effet, l'activité humaine (développement urbain, industriel, agricole ou touristique) exerce une pression de plus en plus grande sur les milieux marins (**Bresler *et al.*, 2003** ; **Magni, 2003** ; **Daby, 2006** ; **Huang *et al.*, 2007** ; **Rao *et al.*, 2007**). Plus de 100 000 molécules chimiques produites ou utilisées par les activités humaines, sont ainsi retrouvées dans l'environnement (**Depledge et Galloway, 2005**). Ainsi, les milieux aquatiques sont le réceptacle ultime de la majorité, voire l'intégralité de ces contaminants. Leurs voies d'entrée sont nombreuses, que ce soit par les rejets domestiques, industriels, hospitaliers, le lessivage des sols agricoles et des zones urbaines, les retombées atmosphériques, les accidents industriels et le transport de produits chimiques ou pétroliers. Tous ces phénomènes sont la cause de la présence dans le milieu aquatique de composés aussi divers que les hydrocarbures, les pesticides, les métaux lourds et les déchets (**Holt, 2000**).Environ 80% des eaux usées sont déversées dans la mer sans traitement, suite à l'absence d'installation de traitement des eaux dans de nombreuses villes côtières (**PNUE-**

PAM, 2014a). Ces eaux usées, transportent et déversent leur lot de polluants et de matière organique dans les eaux côtières favorisant ainsi l'eutrophisation et la bioaccumulation d'éléments toxiques dans les organismes marins (**Boening, 1999** ; **Daby, 2006**).

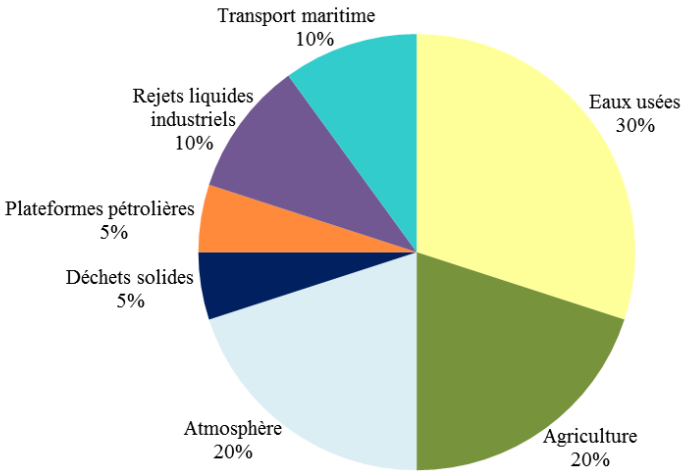


Figure 2. Origine de la pollution marine (**National Géographic, 2002**).

3. Transport et devenir des polluants dans le milieu marin

Certaines substances ont des effets directement toxiques sur les organismes vivants, alors que d'autres altèrent l'environnement physique et chimique d'un écosystème et perturbent la capacité des organismes à y survivre sans exercer d'effet toxique direct (**Coeurdassier, 2001**). On peut par exemple citer la contamination des hydrosystèmes par les nutriments inorganiques (nitrates et phosphates) issus d'activités agricoles et domestiques. Ces substances modifient profondément les communautés aquatiques (phénomène d'eutrophisation), sans être directement toxiques pour les organismes qui les constituent. Il existe de nombreuses substances toxiques susceptibles de perturber les systèmes biologiques, des simples ions inorganiques jusqu'aux molécules organiques complexes (**Cairns et Mount, 1990**).

Les contaminants rejetés dans l'environnement finissent par se retrouver plus ou moins rapidement dans les milieux aquatiques, en particulier estuariens et côtiers, où ils peuvent avoir des effets à court et à long terme (**Burton, 1992**). Les processus qui définissent le devenir des contaminants dans les différents compartiments de l'environnement (physique ou biologique) sont :

3.1. Bioconcentration

Elle est définie comme le processus par lequel une substance se trouve présente dans un organisme vivant à une concentration supérieure à celle de son milieu aquatique environnant. Elle comprend plusieurs étapes : l'absorption de la substance, la répartition interne au sein de l'organisme, la modification par le métabolisme et l'élimination. L'organisme peut concentrer plusieurs dizaines de milliers de fois la concentration du milieu extérieur. Le facteur de bioconcentration (FBC) est défini par le rapport de la concentration d'une substance dans un organisme à la concentration dans l'eau (**Ramade, 1992**).

3.2. Bioaccumulation

La dernière phase de la circulation d'un polluant dans la biosphère est constituée par la contamination des êtres vivants et, parfois par la bioaccumulation dans l'organisme de ces derniers. On désigne par le terme de bioaccumulation l'accroissement direct de concentration d'un polluant lorsqu'il passe de l'eau dans un organisme aquatique. C'est donc le processus par lequel un organisme vivant absorbe une substance à une vitesse plus grande que celle avec laquelle il l'excrète ou le métabolise. Elle désigne donc la somme des absorptions d'une substance à partir de l'eau et de l'alimentation (**Ramade, 1992**).

De nombreux êtres vivants, sinon tous peuvent accumuler dans leur organisme, à des degrés divers, toute substance peu ou pas biodégradable. Ces substances vont se concentrer le long des divers maillons de la chaîne trophique. Les concentrations maximales se trouvent chez les grands prédateurs (poissons, mammifères marins, homme) ou chez les mollusques filtreurs comme les moules (**Boutiba, 2004**).

3.3. Bioamplification

Elle correspond au processus selon lequel la concentration d'un composé chimique dans un organisme est supérieure à celle de la proie qu'il consomme (**Gobas et Morrison, 2000**). Chaque chaîne trophique sera le site d'un processus d'accroissement de la concentration des polluants persistants dans la biomasse, au fur et à mesure que l'on remonte les divers niveaux de la pyramide écologique. Les teneurs observées dans les tissus des espèces situées au sommet des chaînes alimentaires seront d'autant plus élevées. Il s'agit dans ce cas de la possibilité pour un toxique d'être cumulé par une chaîne trophique. Si le toxique n'est pas dégradé ou éliminé, il va s'accumuler de plus en plus au niveau de chaque maillon de la chaîne alimentaire (**Boutiba, 2004**).

4. Biosurveillance et évaluation de la qualité de l'environnement

L'évaluation de la qualité d'un écosystème par la simple recherche des contaminants dans le milieu est insuffisante pour caractériser son "état de santé" dans sa globalité. L'étude *in situ* des interactions entre contaminants et organismes, apporte des informations complémentaires notamment sur la nature et l'intensité de la contamination et sur l'exposition (distribution des polluants dans le milieu et biodisponibilité), et sur les effets toxiques aux différents niveaux d'organisation. En plus de son caractère intégrateur, la réponse mesurée a alors une signification biologique et/ou écologique, même si tous les facteurs causaux ne sont pas connus ou identifiés avec précision (**Wittig, 1993**).

La biosurveillance correspond à l'utilisation d'un système biologique indicateur pour obtenir des informations sur la qualité de l'environnement et sur les effets des polluants sur les organismes exposés (**Kettrup et Marth, 1998**). Parmi les réponses observées, les programmes de surveillance biologique sont basés sur la mesure des concentrations des contaminants dans les organismes et sur l'évaluation des réponses individuelles, populationnelles, communautaires (**Baturo, 1995**).

Afin de protéger et de conserver les ressources des écosystèmes aquatiques, les recherches se sont orientées vers des programmes de biosurveillance par des approches chimiques et biologiques. Les analyses chimiques permettent la mesure de la concentration des agents xénobiotiques dans le milieu contaminé (**Perez-Lopez *et al*., 2000**). Les analyses biologiques intègrent les interactions entre polluants et organismes ; en considérant que les effets des polluants sur les écosystèmes peuvent être précocement observés à des niveaux inférieurs de l'organisation biologiques (cellules, tissus), avant que la communauté ne soit affectée (**Huscheck et Hansen, 2005**; **Duquesne et Kuster, 2010**).

Les espèces accumulatrices correspondent à celles qui accumulent d'importantes quantités de polluants dans leurs tissus. Les espèces sentinelles représentent toute espèce susceptible d'être utilisée comme indicatrice de la présence et de la toxicité d'au moins un contaminant. Les espèces doivent être choisies en fonction de leur signification écologique pour permettre d'évaluer les effets potentiels des contaminants sur l'écosystème. Enfin, les espèces qui marquent la contamination du milieu par leur abondance ou leur absence sont des bioindicatrices (**Amiard *et al*., 1998**).

Actuellement, la collaboration entre les scientifiques et les gestionnaires de l'environnement marin a permis le développement d'outils d'évaluation écotoxicologique plus spécifiques,

basés sur deux approches complémentaires, les bioindicateurs et les biomarqueurs (**Viarengo *et al.*, 2007**).

4.1. Biosurveillance et accumulation

La mesure des concentrations internes des contaminants dans des organismes accumulateurs a d'abord été utilisée pour la surveillance des milieux aquatiques (Mussel Watch : programme de surveillance des zones côtières), puis a été étendue aux écosystèmes terrestres pour évaluer et surveiller la qualité des sols et de l'air (**Van Straalen, 1996** ; **Berger et Dallinger, 1993**). Ce type de suivi biologique à partir d'organismes accumulateurs, est possible pour les composés relativement persistants qui s'accumulent dans les tissus ; comme les métaux lourds ou les pesticides organochlorés (**Phillips et Rainbow, 1993**). Le choix d'un organisme accumulateur « idéal » repose sur des critères bien définis, et sur la connaissance des facteurs individuels qui peuvent influencer l'accumulation (**Phillips et Segar, 1986**).

La connaissance des voies de transfert et d'accumulation des polluants dans les organismes contribuera à choisir les espèces accumulatrices (**Martin et Coughtrey, 1982**; **Phillips et Rainbow, 1989**), le choix se portant en général sur celles qui ont développées une stratégie de non-régulation, conduisant au stockage des composés dans leurs tissus (**Phillips, 1998**). Parmi les invertébrés utilisés comme accumulateurs, on cite les annélides (polychètes, achètes et surtout oligochètes), les mollusques bivalves (aquatiques uniquement) etgastéropodes (aquatiques et terrestres), ou encore certains arthropodes et particulièrement les crustacés (**Beeby, 2001**).

4.2. Biosurveillance et effets toxiques

Les biomarqueurs outils fondamentaux de biosurveillance, sont définis comme étant des variations (biochimiques, cellulaires, physiologiques ou comportementales) qui, dans un tissu, un liquide corporel ou un organisme entier permettent de mettre en évidence l'exposition et /ou les effets d'un ou plusieurs contaminants (**Lagadic *et al.*, 1997** ; **Galloway et Depledge, 2001** ; **Vander Oost *et al.*, 2003**). Ce sont des outils complémentaires dans le domaine de l'évaluation de la qualité des écosystèmes (**McCarthy et Shugar, 1990** ; **Peakall, 1994**).Ils permettent donc, de diagnostiquer de façon précoce des dysfonctionnements physiologiques de l'individu, c'est-à-dire avant que des dommages tissulaires ou sur les principales fonctions biologiques ne soient détectables (**Vander Oost *et al.*, 2003**), c'est pourquoi les biomarqueurs sont considérés comme des outils utiles et sont de plus en plus intégrées dons les programmes

de biosurveillance (**Lamet Gray, 2003** ; **Viarengo *et al.*, 1995**). Les biomarqueurs sont classés en trois catégories (**Lagadic *et al.*, 1997** ; **Kammenga *et al.*, 2000**) : les biomarqueurs d'exposition, proches d'événements moléculaires précoces, traduisant l'exposition des organismes à des composés toxiques, les biomarqueurs d'effet qui sont des indicateurs d'atteintes de fonctions physiologiques des individus exposés, et les biomarqueurs de sensibilité qui informent sur le rôle des variations génétiques dans les réponses observées (**Fig.3**).

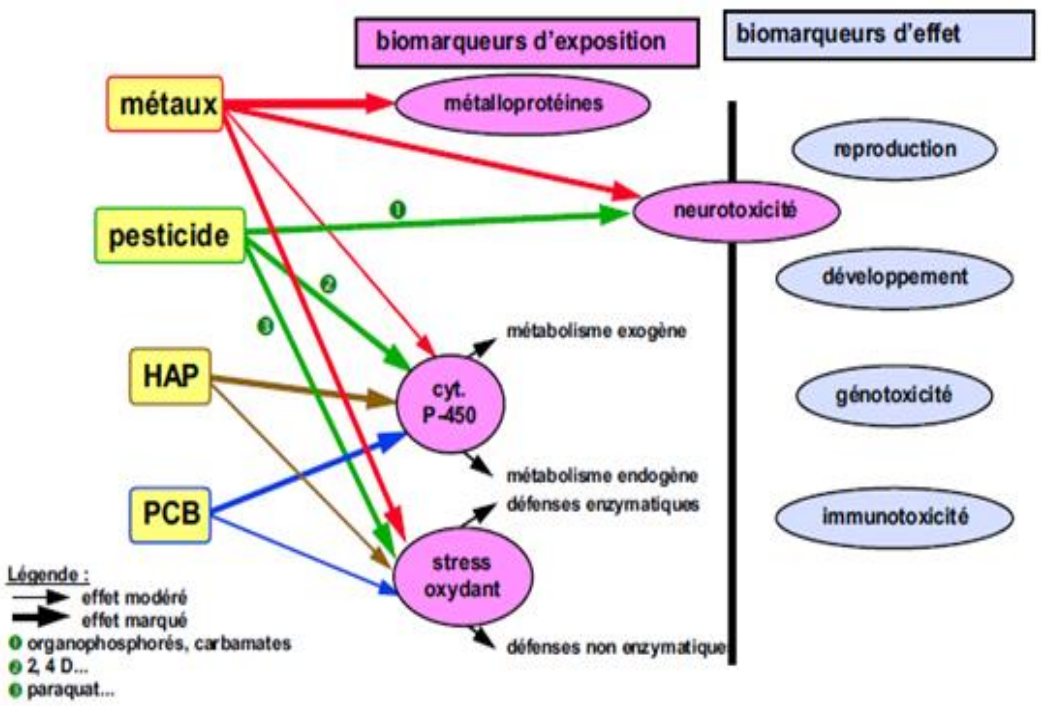


Figure 3. Relations entre les principaux contaminants et les marqueurs biologiques (**Narbonne et Michel, 1993**).

De nombreux biomarqueurs biochimiques et cellulaires spécifiques, mais aussi non spécifiques ont été étudiés chez les organismes aquatiques, et particulièrement chez les mollusques bivalves, et les mécanismes moléculaires mis en cause ont été relativement bien décrits (**Bodin *et al.*, 2004** ; **Magni *et al.*, 2005**). Parmi ces biomarqueurs, on peut citer les biomarqueurs spécifiques tels que :

- L’acétylcholinestérase (AChE):

Contrairement aux systèmes enzymatiques, l'acétylcholinestérase ne joue aucun rôle dans la détoxication chez les êtres vivants. Cette enzyme est, pour sa part impliquée dans les mécanismes de transmission de l'influx nerveux à travers l'organisme : dans les jonctions interneuronales et neuromusculaires, la terminaison nerveuse libère un médiateur chimique, l'acétylcholine (ACh), qui permet la transmission du message nerveux d'une cellule à l'autre.L’acétylcholinestérase est une enzyme clé du système nerveux central, elle est responsable de l’hydrolyse du neurotransmetteur acétylcholine en choline et acétate au niveau des synapses (**Eldafrawi, 1985**), ce qui permet au système de revenir à son état de repos. L'inhibition de l'enzyme par de nombreux neurotoxiques, entraîne une accumulation du médiateur chimique dans l'espace synaptique (**Fig.4**), qui maintient de ce fait une transmission permanente de l'influx nerveux, laquelle conduit généralement à la tétanie musculaire et à la mort (**Bocquené, 1996**).

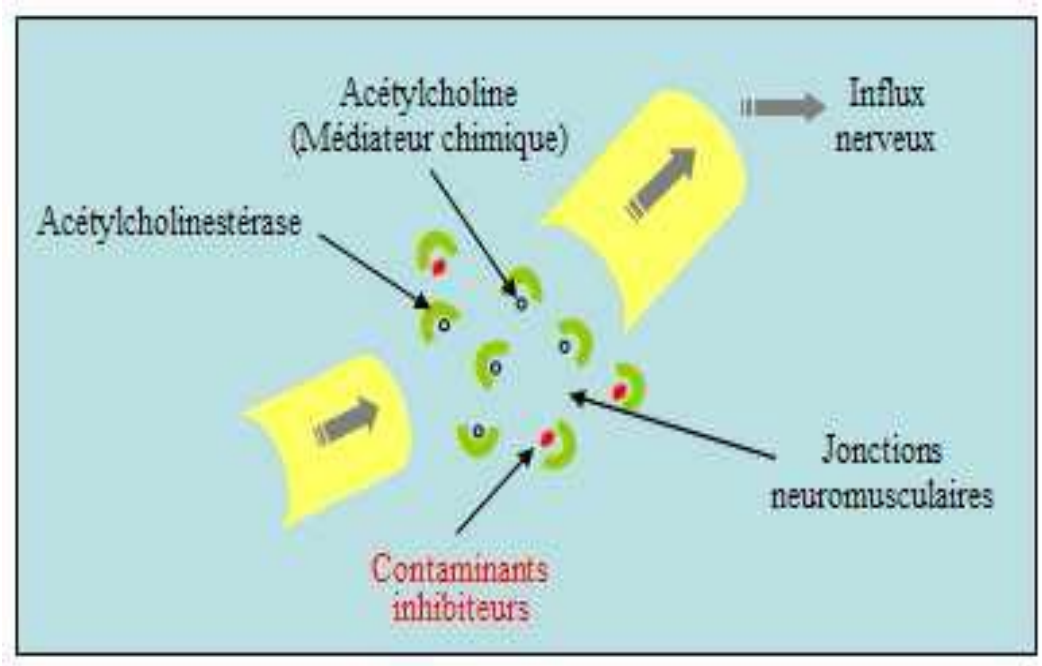


Figure 4. Action des cholinestérases dans la transmission de l’influx nerveux et inhibition par un contaminant (**Burgeot *et al.*,1994**). Le contaminant inhibiteur (rouge) rentre en compétition avec le substrat naturel de l’enzyme, l’acétylcholine (vert). L’enzyme inhibée par le contaminant maintient en permanence la transmission de l’influx ce qui aboutit à la paralysie et à la mort.

Les conséquences de l'inhibition de l'AChE ont tristement servi pour la mise au point de gaz de combat neurotoxiques (sarin, soman), mais sont aujourd'hui surtout exploitées dans la fabrication de produits phytosanitaires destinés à la protection des cultures. Parmi les nombreuses molécules susceptibles d'inhiber l'AChE, les composés organophosphorés (ou organophosphates) et les carbamates, tous deux utilisés comme matière active dans la préparation d'insecticides **(Bocquené et Galgani, 2004**).

Notons encore, comme inhibiteurs potentiels de l'activité cholinestérasique, les pyrèthroïdes (utilisés dans les produits domestiques de lutte contre les insectes), les triazines et le paraquat (tous deux herbicides puissants agissant sur les processus de respiration et de photosynthèse des végétaux), certaines toxines algales et les métaux lourds (comme pour toutes les enzymes, la conformation de la molécule d'AChE est modifiée par la présence de métaux) ; en ce qui concerne les métaux toutefois, les concentrations utilisées pour les tests sont jusqu'ici très éloignées des concentrations généralement mesurées *in situ*(**Bocquené et Galgani, 2004**). À ce titre, la mesure de l'activité AChE est donc un outil qui peut apporter des informations sur la contamination du milieu marin par toute une variété de pesticides, organophosphorés et carbamates pour la plupart (**Bocquené et Galgani, 2004**).

- La glutathion S-transférase (GST):

La glutathion-S-transférase a un rôle important dans la détoxication des substances xénobiotique exogènes ou endogènes en catalysant la conjugaison de ces substances avec le groupement thiol du glutathion endogènes (**Jakoby et Habig, 1980**). Les glutathion S-transférases représentent une famille d'enzymes multifonctionnelles essentiellement cytosoliques, impliquées dans des opérations diverses de transports et de biosynthèses intracellulaires (George, 1990). Elles sont impliquées dans de nombreux processus physiologiques parmi lesquels figure la détoxication de nombreux xénobiotiques (**Habig *et al.*,1974**). Mais la fonction des GST la plus étudiée en ce qui concerne la prévention de la pollution dans l'environnement demeure leur activité de catalyse des réactions de conjugaison entre un peptide, le glutathion, et des molécules réactives comportant des sites électrophiles, capables de réagir dangereusement avec des macromolécules comme les acides nucléiques (ARN, ADN). La catalyse de cette conjugaison du glutathion avec certains substrats représente une étape dans la formation de composés qui seront moins toxiques et plus hydrosolubles que les molécules de départ (**Chatterjee et Bhattacharya, 1984**).

Ces enzymes sont généralement solubles (cytosoliques) et présentes sous plusieurs isoformes, dont certaines sont inductibles par les contaminants qu'elles rendent moins toxiques. Cette particularité en a fait une activité intéressante en tant que marqueur biochimique. Les GST ont été mises en évidence dans la plupart des êtres vivants tels que la levure (**Foley et Sheehan, 1998**), les mollusques (**Fitzpatrick et Sheehan, 1993**; **Fitzpatrick *et al.*, 1995a**; **Blanchette et Singh, 1999**), les vers de terre **(Stenersen *et al.*, 1979 ; Borgeraas *et al.*, 1996**), les crustacés (**Lee et Keeran, 1988**; **Leblanc et Cochrane, 1987**), les insectes (**Stenersen *et al.*, 1987**; **Prapanthadara *et al.*, 1996**), les poissons (**George Young, 1988**; **Martínez-Lara *et al.*, 2002; Pérez-López *et al.*, 2002**), les mammifères (**Habig *et al.*, 1974; Kamisaka *et al.*, 1975; Rouimi *et al.*, 1996; Bolton et Ahokas, 1997 ; Pascal *et al.*, 1998**) et les plantes (**Hong *et al.*, 1999**).

Une grande variété de composés chimiques induit les GST, dont certains inducteurs des cytochromes P450 tels que les hydrocarbures polyaromatiques et les PCB. Dans l'état actuel de nos connaissances sur les poissons toutefois, toutes les isoenzymes de la famille des GST n'ont pas encore été individualisées (comme c'est le cas pour les cytochromes P450) et leur activité spécifique demeure mal connue. Leur utilisation comme bioindicateur de pollution caractéristique d'un type de polluant dans l'environnement reste encore à définir et se rapproche encore aujourd'hui plus de celle d'un indicateur non-spécifique, témoin de l'état de santé global des organismes qui peuplent les écosystèmes marins. (**Chatterjee et Bhattacharya, 1984**).

En plus de l'acétylcholinestérase et la glutathion S-transférase, on peut citer aussi les monoxygénase à cytochrome P450 (**Yang *et al.*, 2004 ; Behrens et Segner, 2005**), la métallothioneine (MT) (**Geffard *et al.*, 2005 ; Dendero *et al.*, 2006**), et l'éthoxyrésorufine-O-deethylase (EROD) (**Benelli *et al.*, 2006 ; Gorbi *et al.*, 2008**).

Il existe également des biomarqueurs non spécifiques qui ont été largement étudiés et utilisés pour la détection des niveaux de pollution, comme le glutathion réduit (GSH) impliqué dans le système de défense antioxydant (**Sureda *et al.*, 2006**), la catalase (CAT) (**Almeida *et al.*, 2007 ; Bergayou *et al.*, 2009**), les vitamines (A, C, E) (**Torres *et al.*, 2002**) et le malondialdéhyde (MDA) qui est un produit issue de la peroxydation lipidiques des acides gras polyinsaturés des membranes cellulaires lors d'un stress oxydatif important, et qui est utilisé comme un bon biomarqueur des lésions cellulaires et tissulaires (**Dewes *et al.*, 2006** ; **Oruset Ustra, 2007**).

5. Les effets physiologiques et écophysiologiques des contaminants

Au niveau individuel, les effets toxiques des contaminants sur les processus physiologiques des invertébrés peuvent se traduire par une altération de plusieurs fonctions vitales et peuvent se répercuter sur les performances individuelles impliquées dans la dynamique des populations (taux de natalité, taux de mortalité, âge de première reproduction). Ces effets sont les conséquences de changements métaboliques, cellulaires ou tissulaires mais aussi de modifications comportementales (**Forbes et Forbes, 1994**).

Des altérations structurales et ultrastructurales de l'épithélium digestif peuvent induire une réduction des capacités de digestion et d'assimilation des aliments pour les organismes exposés, notamment des gastéropodes terrestres (**Coeurdassier, 2001**).

Des variations de la consommation d'oxygène des mollusques ont été reliées au niveau de contamination du milieu, sans être expliquées par des effets physiologiques causaux (**Forbes et Depledge, 1992**).

Les modifications de l'acquisition, de la production de l'énergie et/ou de son allocation pour différentes fonctions vitales de l'individu (compromis énergétique entre toutes les fonctions) comme par exemple la diminution des ressources énergétiques disponibles pour la croissance et la reproduction, peuvent provoquer une baisse des performances individuelles voire aboutir à la mort de l'individu (**Calow et Sibly,1990**).

L'inhibition de la croissance induite par les contaminants peut résulter de troubles métaboliques, comportementaux ou de perturbations du contrôle neuroendocrine. Au niveau individuel, une conséquence écophysiologique importante de l'inhibition de croissance est d'engendrer un retard de la période de maturité sexuelle (**Laskowski et Hopkin, 1995b**).

Plusieurs processus physiologiques sont susceptibles d'être impliqués dans les perturbations de la reproduction. Des insecticides et des perturbateurs endocriniens sont responsables de perturbations des processus métaboliques et hormonaux liés à la reproduction de gastéropodes aquatiques (**Wilbrink *et al.*, 1992**; **Jumel *et al.*, 2000**). Les effets délétères sur la reproduction peuvent concerner des perturbations de la gamétogenèse, du développement des organes reproducteurs (**Gomotde Vaufleury et Keroas, 2000**), ou encore du développement embryonnaire. Les mécanismes biochimiques et physiologiques responsables de tels effets restent à identifier (**Ravera, 1991**).

Des altérations comportementales - comme la diminution de la prise alimentaire, peuvent perturber les performances individuelles en modifiant l'acquisition de l'énergie (**Caquet et Lagadic, 1998**).

6. Littoral algérien

L'Algérie dispose d'un littoral d'environ de 1600 Km, de la frontière Algéro-tunisienne à l'Est à la frontière algéro-marocaine à l'Ouest (**Fig.5**).Le littoral algérien est situé sur la rive Sud occidental du bassin méditerranéen de direction générale SO-NE,il est caractérisé par un plateau continental réduit à l'exception dans la région d'El-Kala (Tarf) à l'extrême Est et de Ghazaouet (Tlemcen) à l'extrême Ouest (**Zeghdoudi, 2006**). Il se présente comme une succession de baies et de golfes plus au moins ouverts séparés par des régions très escarpées. Le réseau hydrographique aboutissant en mer compte 31 oueds, dont les plus importants sont les oueds Tafna, Chelliff, Mazafran, El Harrach, Soummam, Sebaou, Isser, El Kebeir, SafSaf et Seybouse. Ces oueds constituent des collecteurs de tous les polluants issus des activités humaines, agricoles et industrielles (**Grimes, 2010**).

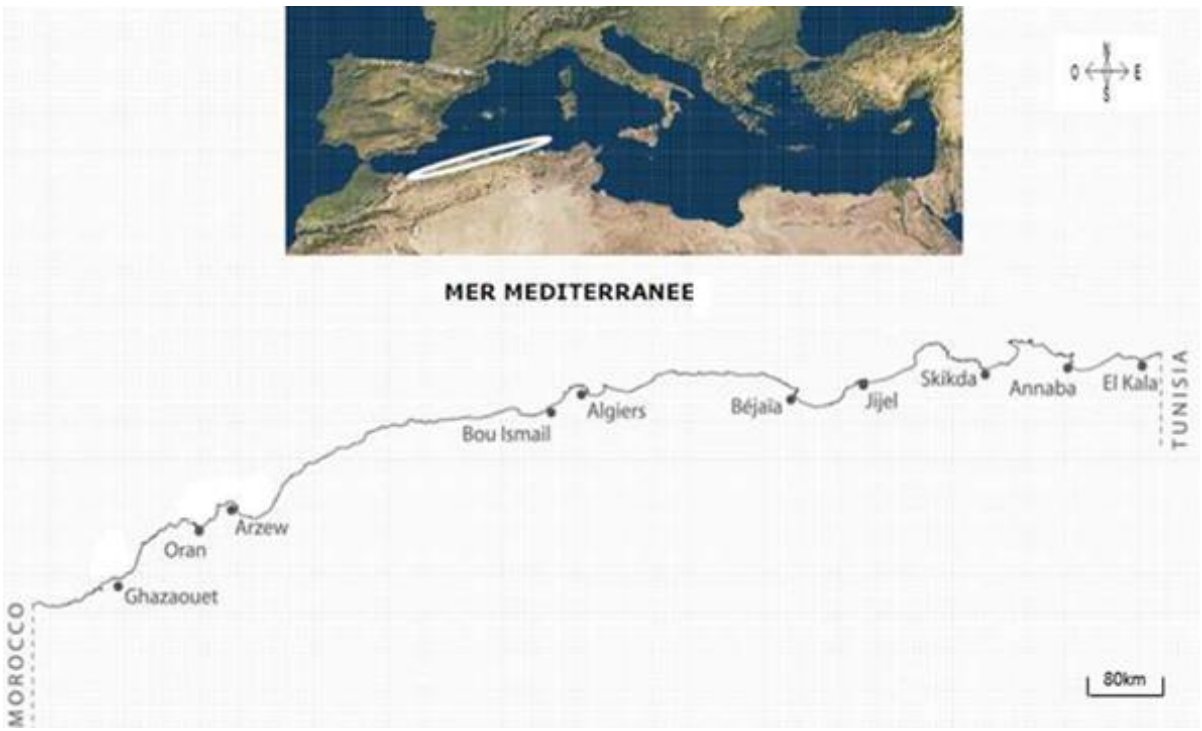


Figure 5. Présentation dulittoral algérien (**Grimes, 2010**).

7. Présentation des sites d'étude

7.1. Site d'Annaba

7.1.1. Position géographique

Le golfe d'Annaba est limité par les deux caps ; Rosa à l'Est (8°15'LE - 36°38'LN) et Garde à l'Ouest (7°16'LE - 36°68'LN), distant d'environ 40Km l'un de l'autre (**Fig.6**). La profondeur maximale du golfe qui ne dépasse pas 65m (**Anonyme, 1976**).

Le plateau continental est accidenté et nettement restreint au Nord du Cap de Garde (4,5milles), puis s'élargit dans le golfe jusqu'à 27 km pour se rétrécir légèrement à l'Est au voisinage du Cap Rosa (**Vaissière et Fredj, 1963**). Le golfe reçoit les eaux douces par le biais de deux oueds : le Mafrag à l'Est et la Seybouse au Sud–Est, dont le débit est très irrégulier suivant les saisons. Ces oueds apportent des matières minérales et organiques de différentes origines terrigène, agricole, domestique et industrielle (**Khélifi-Touhami *et al.*, 2006** ; **Ounissi, 2007**). De plus, la zone reçoit d'autres rejets des effluents urbains (**Khammar, 2007**) et industriels de plusieurs usines installées sur la côte ; en particulier les produits phytosanitaires de FERTIAL prêt de la rive au Sud du golfe (**Saker, 2007**).

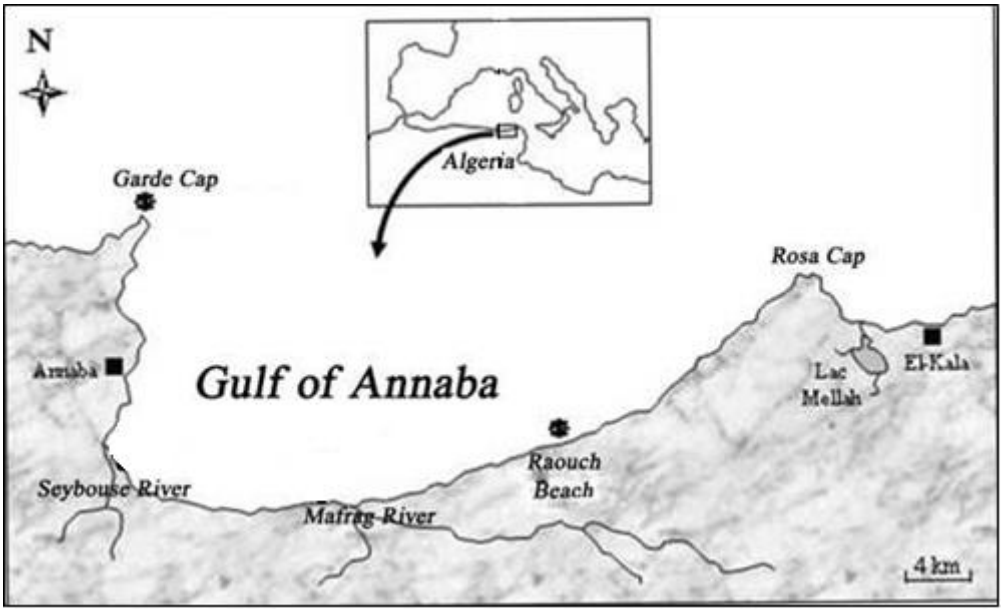


Figure 6. Position géographique du golfe d'Annaba (Hamdani, 2010).

7.1.2. Sources de pollution du golfe d'Annaba

La région d'Annaba est considérée comme étant un pôle industriel très important en Algérie. Le complexe d'engrais (FERTIAL), les unités laitières (ORELAIT) et les unités métallurgiques (PROMETAL, SIDER), le complexe sidérurgique d'El-Hadjar, sont les

principales sources de pollution industrielle dans le Golfe d' Annaba. Ils rejettent des volumes importants d'eaux usées dans le golfe, estimés à 225 million de m^3 (**METAP, 1994**). Tous ces rejets industriels sont acheminés vers le golfe d'Annaba via les Oueds Seybouse et Boudjemâa.

Le **tableau 1** résume les activités industrielles qui contribuent de façon incontestable à la pollution dans le golfe d'Annaba.

Tableau 1. Diverses sources de pollution du Golfe d'Annaba (**Belabed, 2006**). (Z.I : Zone industrielle)

Unité industrielle	Lieu d'implantation	Nature des effluents liquides etcontenus en métaux lourds	Milieu récepteur
FERTIAL	El Bouni	- Eaux de process(chargée de résidus chimiques) - eaux de refroidissement	Mer
EN-FERPHOS	Port	- eaux usées domestiques	Mer
SONELGAZ	Port	- eaux de refroidissement	Mer
ENCG	Port	- eaux usées domestiques - eaux usées industrielles	Mer
ONAB N°=l	Port	- eaux usées domestiques	Mer
ENTPL	Z.IPont Bouchet	- eaux usées domestiques	Oued Seybouse
CARREAUX-GRANITO	Z.I Pont Bouchet	-eaux usées industrielles (ponçage)	Oued Seybouse
ORLATT	Lallelick(El Bouni)	-eaux usées industrielles (lactosérum)	Oued Seybouse
ENCC	Z.I Pont Bouchet	-eaux de refroidissement	Oued Seybouse
FEROVIAL	Lallelick(El Bouni)	- eaux usées domestiques -eaux de refroidissement	Oued Seybouse
HYDRO-CANAL	Z.I Pont Bouchet	-eaux usées industrielles	Oued Seybouse
14EN-SIDER	Sidi Amar	-eaux usées industrielles -eaux de refroidissement	Oued Meboudja
PROSIDER(CHAIBA)	Sidi Amar	-eaux usées industrielles	Oued Meboudja
ERWA	Z.I Meboudja	- eaux de lavage	Oued Meboudja
SNLB	Annaba	- eaux usées domestiques	Oued Boudjima
EMDB	Annaba	-eaux usées industrielles (germes et levures) -eaux de refroidissement	Oued Boudjema
SARL PROCOMAC	Z.I Meboudja	-eaux usées industrielles (ponçage)	Oued Meboudja
SARL CHOCOTEK	Z.I Pont Bouchet	-eaux usées domestiques -eaux de lavage	Oued Meboudja
SARL BELKIRI	Z.I Pont Bouchet	- eaux usées industrielles - eaux usées domestiques	Oued Meboudja
Conserverie de tomate	Annaba	- eaux usées industrielles - eaux usées domestiques	Oued Boudjemaa

7.2. Site d'El-Kala

7.2.1. Position géographique

La région d'El-Kala est située à l'extrémité Est de la côte algérienne. Elle s'étend de la frontière tunisienne (Cap Segleb) à l'Est (36°57'N - 08°13,6'E) jusqu'au cap Rosa à l'Ouest (36°56,5'N-08°36,7'E) (**Fig.7**).

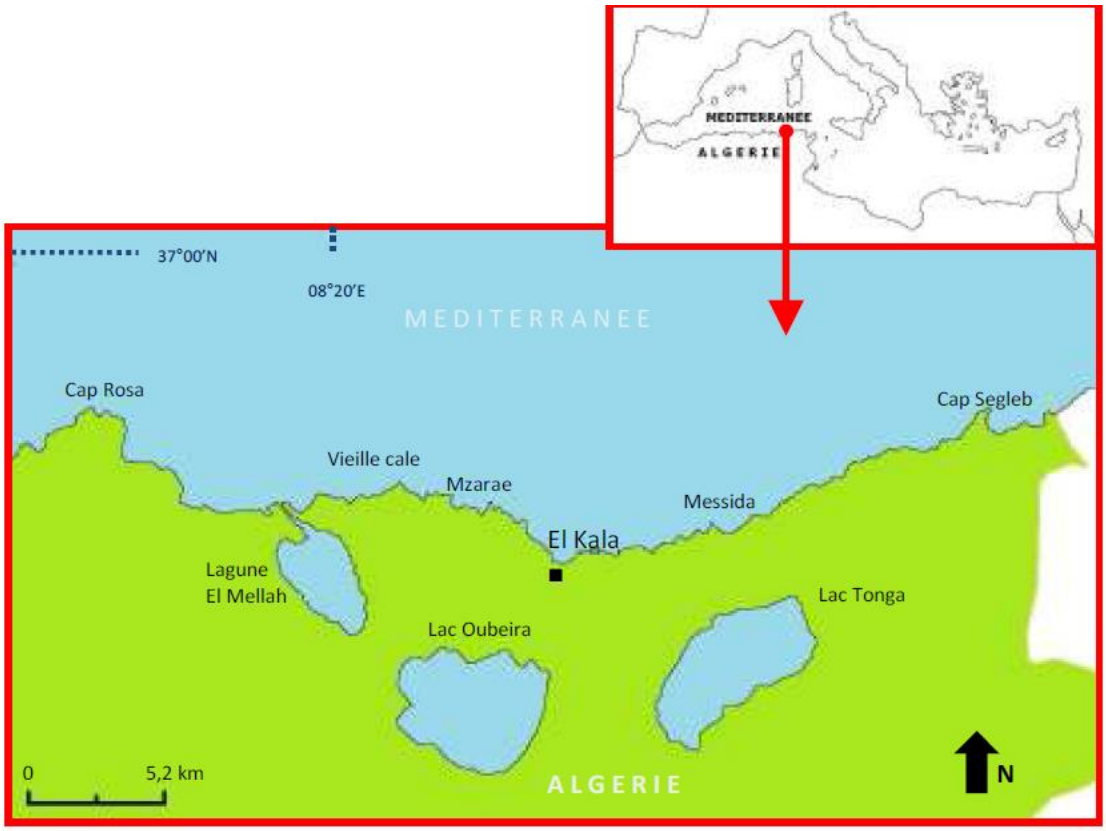


Figure 7. Position géographique de la région d'El-Kala (**Belbacha, 2008**).

7.2.2. Apports continentaux

La côte d'El-Kala est peu influencée par les apports d'origine anthropique, compte tenu de la faible urbanisation de la région. Notons aussi l'absence d'industries, et par conséquence pas ou peu de pollution atmosphérique ou continentale qui serait due à celles-ci. Elle reçoit très peu d'extrusions continentales (oueds Nhal, Boutribicha et Messida), en raison des faibles apports d'eau douce. Néanmoins, la lagune Mellah située à l'Ouest communique avec la mer aux grés de la marée par un chenal de 900 m de long. Elle y évacue annuellement près de 180 millions de m^3 d'eau sous salée (25 à 35 %) (**Ounissi et Khelifi-Touhami, 1999**). En tant que milieu eutrophe, la lagune Mellah tend à fertiliser le littoral par l'exportation de matières nutritives, ce qui entraîne un enrichissement en sels nutritifs et une diminution de la salinité de la bande côtière adjacente (**Ounissi et Khelifi-Touhami, 1999** ; **Ounissi *et al.*,2002**).

8. Biologie et physiologie des patelles

8.1. Intérêt et choix de l'espèce

Une bonne connaissance de la biologie des espèces est une conditionessentielle à leur sélection comme bioindicatrices. L'étude des cinétiques d'accumulation permet d'obtenir des informations sur la durée d'intégration de la contamination. Des connaissances sur le mode de vie, la stratégie de nutrition, la reproduction, la croissance, la durée de vie sont aussi nécessaire.

Les bioaccumulateurs idéaux doivent répondre à plusieurs critères de sélection (**Bulter *et al.*, 1971** ; **Phillips, 1980**). Ils doivent être :

- ✓ Sessiles ou sédentaires afin de représenter la région où ils se développent.
- ✓ Abondants, faciles à identifier, présents tout le long de l'année et suffisammentgros pour offrir une quantité adéquate de tissu pour les analyses.
- ✓ Robustes et tolérants contre la majorité des éléments étudiés et par rapport auxvariables physico-chimiques comme la salinité, permettant ainsi les expériencesde transplantation in situ et in vitro.

À l'opposé des bivalves filtreurs, la patelle est un gastéropode brouteur. Les dents de la patelle sont en fait une multitude de petits denticules d'une substance dure (une protéine modifiée appelée scléroprotéine) imprégnée de minéraux et disposées sur un ruban souple formant une râpe appelée radula. Cette radula est animée d'un mouvement de va et vient par des muscles du bulbe buccal.

Cette différence essentielle dans le mode de vie et de l'assimilation de la nourriture entre les bivalves et la patelle va se répercuter sur leur manière de bioassimiler les contaminants.

De par sa faible mobilité et sa facilité de récolte, la patelle est l'objet de très nombreuses expérimentations quant à sa réaction vis-à-vis des polluants, tant dans son milieu qu'en laboratoires (**Amiel *et al.*, 1974; Boyden, 1974; Dicks, 1973; Howard et Nickless, 1977** ; **Lobel*et al.*, 1982 ; Myers, 1980 ; Noel-Lambot *et al.*, 1978-1980; Norton, 1978** ; **Nuwayhid, 1980; Southward, 1979; Wood, 1979 ; Boumaza *et al.*, 2016**).

8.2. Présentation et position systématique

Les Patellidés sont des coquillages primitifs « Archéogastropodes » ressemblant à des chapeaux chinois, ils restent fixés aux rochers battus par des vagues, ne se déplacent que pour se nourrir pour ensuite revenir dans leurs niches écologiques (**Ficher *et al.*, 1987**). Les

patelles sont des invertébrés benthiques sédentaires qui appartiennent à l'embranchement des mollusques. Dénommée communément ″chapeau chinois″, ce qui donne bien l'image de leur forme, et dans d'autres régions les patelles sont appelées ″arapèdes, berniques, bernicles, bernaches″. Elles sont caractérisées par une coquille calcaire à une seule valve, ornée de quelques côtes grossières et de stries d'accroissement. Leur corps est mou non segmenté, constitué d'une tête d'une cavité palléale, d'un pied et d'une masse viscérale (**Fig.8**). Leur pied unique élargi sert à la reptation et à la fixation de l'animal sur son support. Leur tête porte les yeux et les tentacules. Les viscères sont enveloppés dans un manteau, lui-même protégé par une coquille externe protectrice. Les yeux chez les patelles ne perçoivent pas le mouvement mais uniquement la direction de la lumière (**Ficher *et al.*, 1987**).

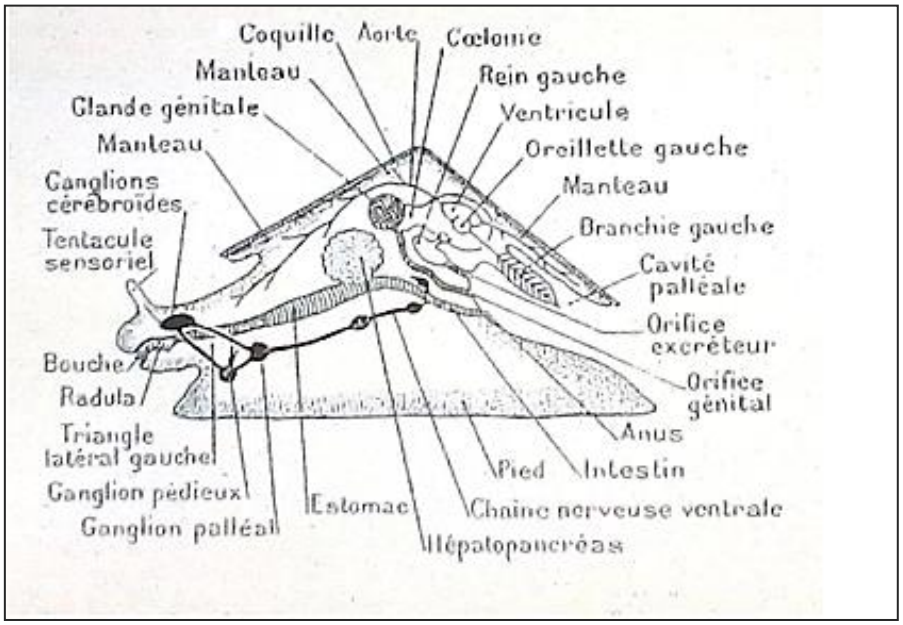


Figure 8. Organisation schématique d'une patelle, vue latérale gauche.

Selon Fisher *et al*. (1987), leurs position systématique est la suivante :

Embranchement	Mollusques
Classe	Gastéropodes
Sous classe	Prosobranches
Super ordre	Archeogastropodes
Ordre	Docoglossa.
Super famille	Patelloidea

Famille	Patellidae
Genre	*Patella*
Espèce	*rustica*(Linné, 1758),
	caerulea(Linné, 1758),
	vulgata(Linné, 1758),
	ulyssiponensis(Gmelin, 1758),
	intermedia(Murray, 1857),
	ferruginea(Gmelin, 1791),
	nigra(Da Costa, 1777),
	candei(D'Orbigny, 1840),
	piperata(Gould, 1846).

8.3. Morpho-anatomie

Le corps mou présente une symétrie bilatérale et se compose de trois parties (**Fig.9 ; Fig.10**) : (1) La tête (ventrale avec bouche et organes sensoriels). (2) Le pied (ventral, musculeux à rôle locomoteur). (3) La masse viscérale recouverte par le manteau (repli du tégument) ; le manteau secrète dorsalement la coquille; à l'arrière, entre la masse viscérale et le manteau se trouve la cavité palléale ou s'ouvrent l'anus, les organes excréteurs et les conduits génitaux. Les branchies (expansions tégumentaires respiratoires) font saillie dans la cavité palléale (**Fisher et Piette, 1948**).

La masse viscérale comprend :

Le tube digestif :Possède deux orifices, la bouche et l'anus. La cavité buccale (pharynx) où débouchent les glandes salivaires comporte une radula chitineuse à nombreuses dents. Avec l'estomac, on observe une glande très volumineuse: l'hépatopancréas (sécrétion d'enzymes digestives et stockage de produits de réserve). L'intestin est court et se termine à l'anus.

Le système nerveux comprend :

- Une paire de ganglions cérébroïdes au dessus de l'œsophage.
- Une paire de ganglions pédieux, sous l'œsophage.
- Une paire de ganglions palléaux.

Le triangle latéral réunit les trois types de ganglions de chaque côté. Une chaîne nerveuse ventrale, de chaque côté, porte des ganglions en nombre variable.

L'appareil circulatoire: Il comprend un vaisseau dorsal dont une partie est différenciée en un organe contractile, le cœur. Le cœur, logé dans le péricarde est formé d'un ventricule et de deux oreillettes, du ventricule partent une ou deux artères aortes. Le sang renferme un pigment respiratoire à base de cuivre: l'hémocyanine.

L'appareil respiratoire : Il est constitué par une paire de branchies, située dans la cavité palléale et en liaison avec le cœur.

L'appareil excréteur (organe de Bojanus) : Il est constitué d'une paire de néphridies naissant dans la cavité péricardique se déversant dans la cavité palléale.

Les glandes génitales : Elles se trouvent dans le cœlome génital et sont parfois en rapport avec le péricarde. Elles s'ouvrent à l'extérieur dans la cavité palléale. Les œufs présentent une segmentation spirale qui aboutit à une larve trochophore modifiée (véligère) caractérisée par le développement de lobes ciliés locomoteurs (le velum). Le passage à la phase adulte se produit avec la métamorphose de la larve.

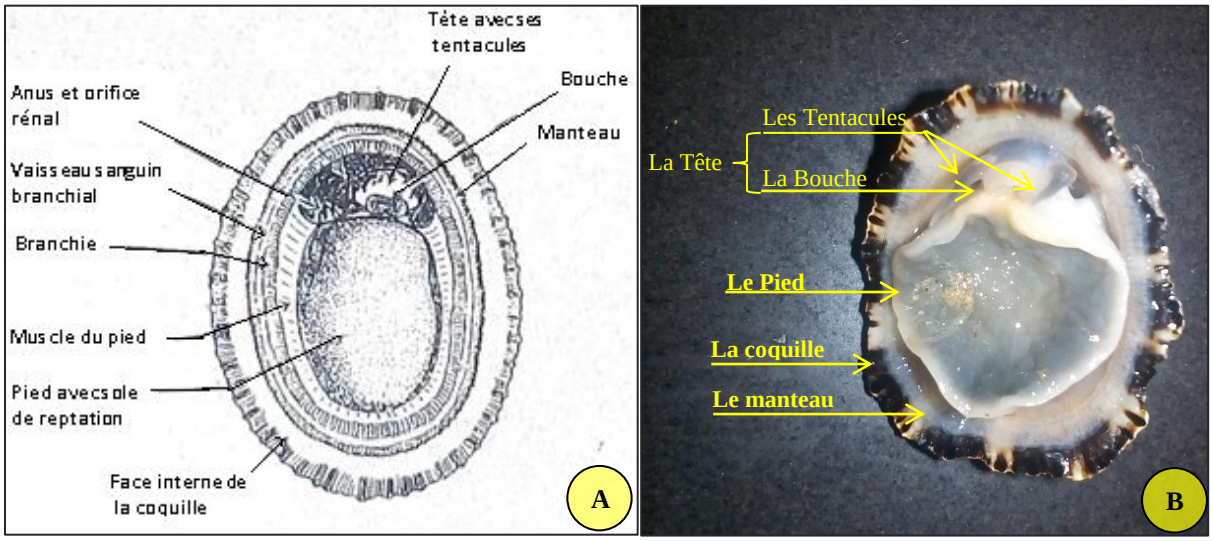


Figure 9. Anatomie des Patellidae (**A** : Schéma face ventrale (**Edouard et Christian, 1973**) ; **B** : Photographie personnelle).

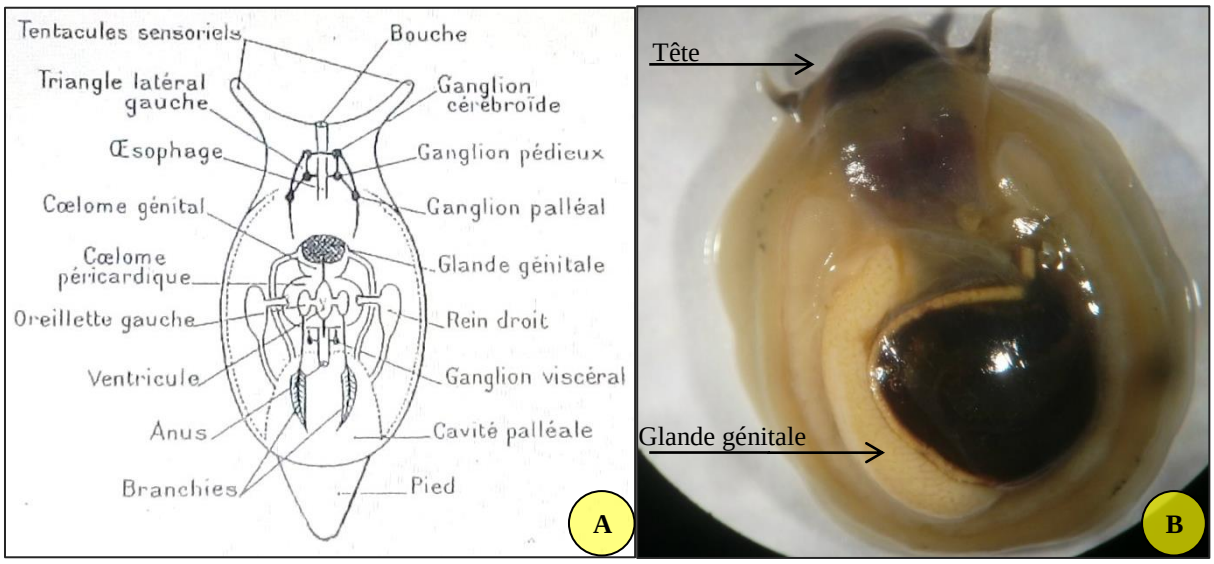


Figure 10. Anatomie des Patellidae (**A** : Schéma face dorsale de l'animal extrait de sa coquille (**Edouard et Christian, 1973**) ; **B** : Photographie personnelle).

8.4. Nutrition

La patelle est un gastéropode brouteur, ses «dents» sont en fait une multitude de petits denticules d'une substance dure (scléroprotéine) imprégnée de minéraux et disposées sur un ruban souple formant une râpe appelée radula (**Fig.11**). Cette radula est animée d'un mouvement de vas et vient par des muscles du bulbe buccal (http://pst.chez.tiscali.fr). À l'aide de cette radula les patelles grattent la surface des roches sur lesquelles elles sont installés, et de ce fait consomment la pellicule d'algue microscopiques. Mais lorsque la nourriture se fait rare, elles se déplacent toutefois de nuit pour brouter les macrophytes (*Axophyles* et *Fucus*) ou des macrophytes eucaryotes filamenteux (**Bulleri *et al.*,2000**), les débris divers ou la couverture d'algues microcsopiques (diatomées) sur la roche environnante (**Nakhlé, 2003**).

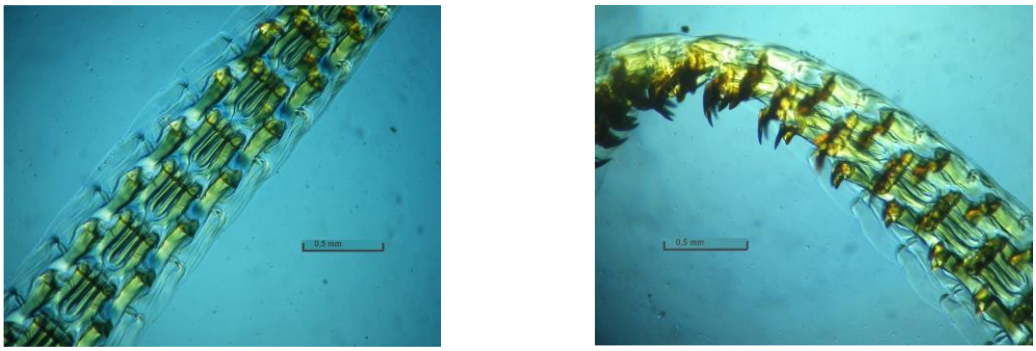


Figure 11. Radula de patelle (Seddik, 2008).

8.5. Reproduction et cycle biologique

La patelle est hermaphrodite protandre. Les mâles sont matures à deux ans et deviennent femelles vers quatre ans. Entre l'automne et le début de l'hiver (de septembre à janvier), les patelles des deux sexes libèrent leurs cellules sexuelles dans l'eau; la fécondation est externe et croisée. La libération des gamètes est stimulée par le choc mécanique dû aux fortes vagues déferlantes. **Orton *et al.* (1956)**, constatent qu'elle coïncide avec des vents supérieurs à 20 nœuds. Les œufs planctoniques donnent naissance à des larves ciliées planctoniques qui après métamorphoses commence leur vie benthique à la fin de l'hiver ou au début du printemps. À ce moment, la jeune patelle ne mesure que 0,20 mm (**Fig.12**), elle atteint déjà une taille de 3 cm lors de sa première année et est déjà sexuellement mature. Après la première année, la croissance se ralentit (**Orton *et al*., 1956**).

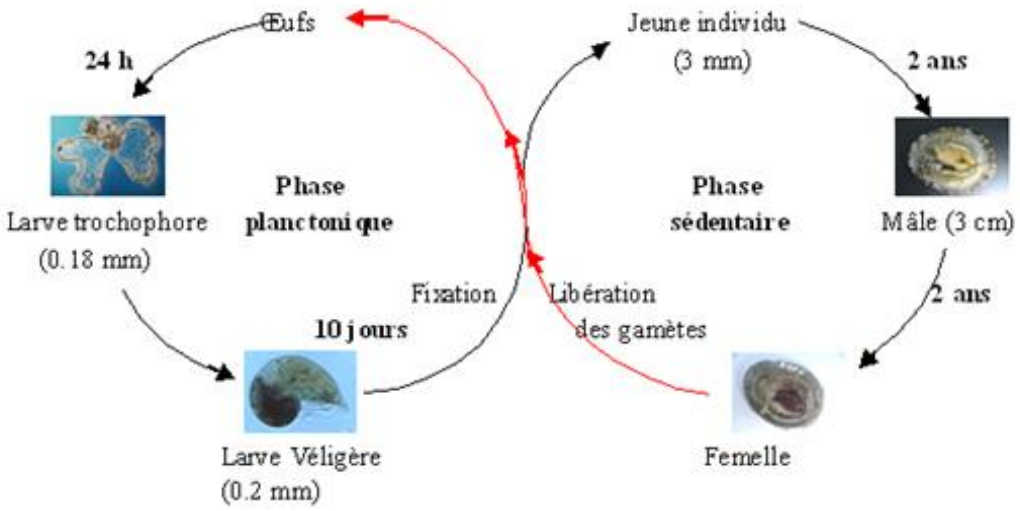


Figure 12. Cycle biologique de la patelle **(Zegaoula, 2014).**

Le cycle biologique de la patelle se compose de deux phases : planctonique et sédentaire, cette dernière donne naissance à des œufs planctoniques qui, après un développement larvaire va aboutir à la formation de la larve trochophore mesurant 0,18 mm de diamètre. Cette larve apparaît 24 heures après la fertilisation de l'œuf (**Fretter et Graham, 1962**) et au bout de 2 jours elle devient une larve véligère présentant déjà un pied et une coquille avec un operculum. C'est alors qu'au moyen de contractions musculaires, la larve subit deux torsions de 90°, en deux phases de 15 et 30 heures chacune, pendant lesquelles la larve se déplace par des battements ciliaires et des ondulations. Le maximum de présence de larves dans le plancton se trouve en hiver avec un pic en décembre-janvier. Cette vie pélagique très courte

de 3,5 à 4 jours aboutit à une métamorphose où la coquille définitive plate remplace la coquille larvaire. Le velum se maintient pendant environ trois semaines chez le jeune animal benthique (**Smith, 1935**).

Les jeunes individus peuplent une zone verticale plus large que celle de répartition des adultes (**Hatton, 1936**) et il apparaît que l'alternance immersion - émersion soit indispensable pour les jeunes individus. Cependant, selon **Jones (1948)** et **Choquet (1969)**, la première fixation surviendrait dans les mares d'eau de mer peu profondes, suivie d'une migration sur les rochers lorsqu'ils atteignent la taille de 3mm. Des conditions climatiques clémentes (tant pendant la maturation des gonades en été, que lors de la ponte en automne), sont indispensables pour favoriser un bon recrutement (**Bowman et Lewis, 1977**). La place disponible (absence de couverture algale trop importante, ou de balanes) étant également un facteur prépondérant pour un bon recrutement (**Fretter et Graham, 1962**).

8.6. Les facteurs influençant la croissance chez les patelles

- *Variations selon l'habitat :* La position par rapport au niveau marégraphique serait un facteur de variation de croissance, le niveau de mi-marée et surtout les bas niveaux favorisent la croissance (**Hatton, 1938** ; **Lewis et Bowman, 1975** ; **Wright et Hartnoll, 1981**). La présence d'algues fucales, liée au niveau bathymétrique serait également un facteur favorisant la croissance, contrairement à des rochers colonisés par des cirripèdes(**Choquet, 1968**).

- *Variation selon la température :* Selon **Choquet (1968-1969)** "la température de l'eau peut être considérée comme un facteur important dans les variations de croissance enregistrées dans les populations de Patelle du nord de la France, de l'Angleterre et de l'Ecosse. La relative constance de température existant en Bretagne peut être la cause de la croissance continue des patelles, tout au moins entraine-t-elle un ralentissement moins marqué que dans le Nord Britannique".

- *Variation selon l'exposition :*La vitesse de croissance est plus forte sur un point battu que sur un point peu battu pendant la première année, elle est ensuite uniforme d'environ 1 mm par an (**Hatton, 1938**). De même les courants paraissent, au moins autant que les vagues, favorables à la croissance (**Hatton, 1938** ; **Fischer-Piette, 1941**).

- *Variation selon la richesse du milieu :* Dans les milieux riches en matières organiques, la croissance est plus rapide (5,5 à 8 mm/ an) contre 2,3 mm par an en milieu propre (**Hatton, 1938**). Dans la Rance, **Fischer-Piette (1941-1946)** confirme ces résultats: la croissance

linéaire y est 13 fois plus forte par unité de temps, dans l'estuaire que sur la côte, par contre la durée de vie y est de 2,5 ans au lieu de 16.

- *Variation selon l'âge :*"Quelle que soit la localité où ont été faites les observations, on constate que la croissance despatellesest relativement rapide lors de la première année, se ralentit ensuite beaucoup, et devient insignifiante chez des individus de plus de 20 mm" (**Hatton, 1938**). Pour **Choquet (1969)** le taux de croissance estival est de 2 mm, l'été du 3ème cycle annuel, soit à peu près trois fois moins que pendant la première année, et deux fois moins qu'au cours de la seconde.

8.7. Écologie

Les patelles vivent fixées sur les roches battues et éclairés de l'étage médio-littoral (dans la zone des balancements des vagues et des marées) (**Fig.13**), juste au-dessous des *chthamalus* (balanes) et légèrement au-dessus de l'algue calcaire *lithophyllum lichenoides* dans une bande horizontale très étroite (entre 50 et 80 cm de largeur) (**Collingnon, 1991**). D'autres colonisent l'horizon inférieur en broutant les macrophytes filamenteux (**Bulleri *et al*., 2000**).

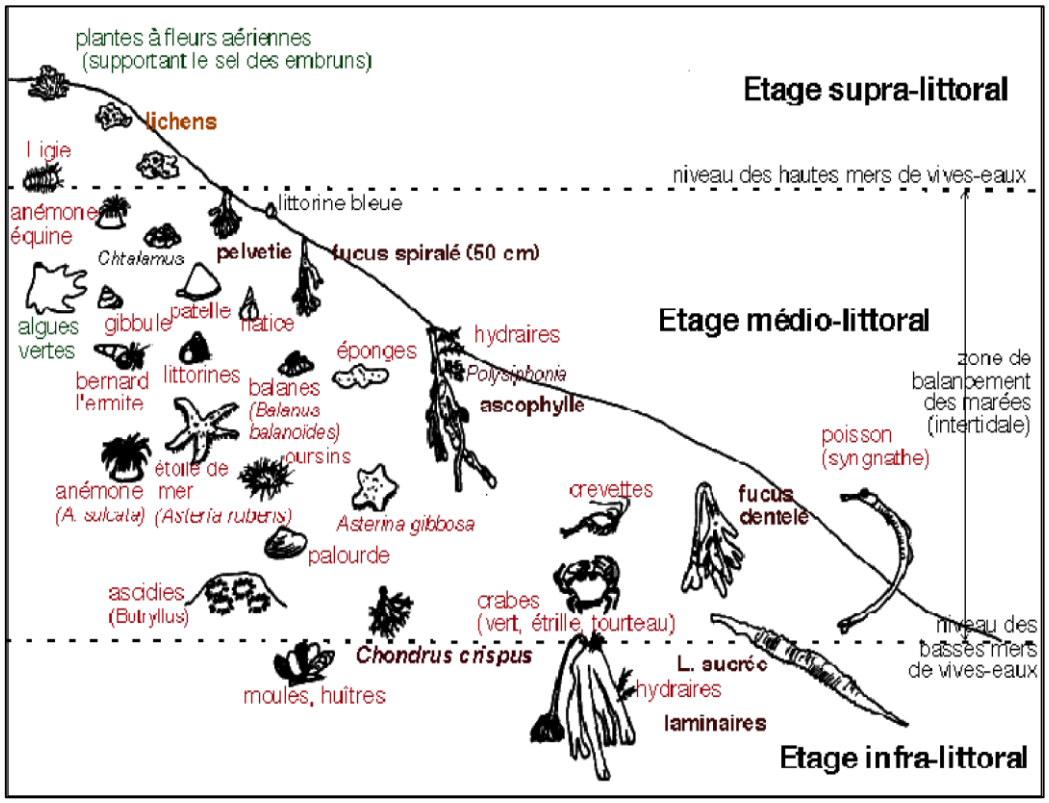
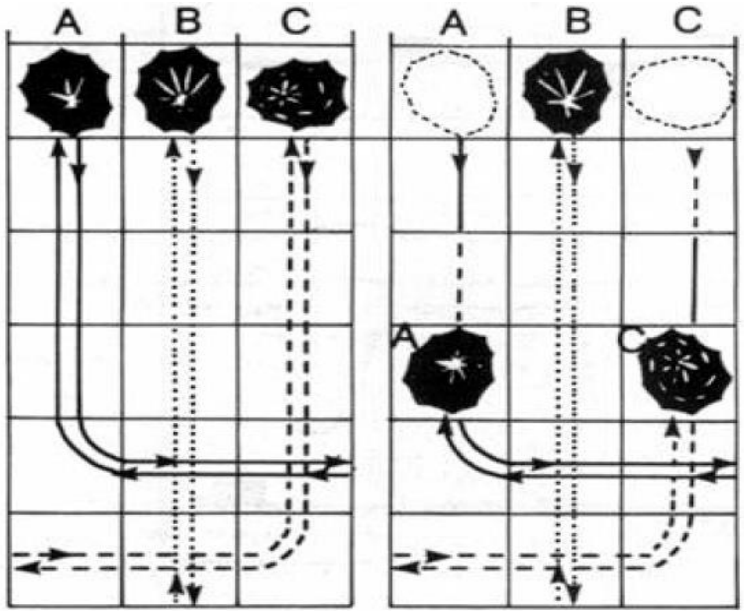


Figure 13. Principaux organismes observés sur une côte rocheuse de l'étage médiolittoral. (www.bretagne.iufm.fr/didactique/appli-pedagogiques).

Les patelles sont très abondantes sur les rochers à marée basse, où elles constituent des populations denses, y est favorisée par son organisation qui lui permet de résister à la fois aux chocs des vagues et à la dessiccation grâce à son pied musclé adhérent. Chaque patelle a sur un rocher sa place précise adaptée à sa coquille, endroit qu'elle occupera durant toute sa vie, où leur coquille a usé une rainure circulaire dans la roche. À marée haute, lorsque la nourriture se fait rare la patelle quitte son gîte pour aller brouter les macrophytes. A marée descendante, elle regagne son gîte sans se tromper (en générale) et réoccupe exactement la même place dans la même position (**Fig.14),** le va et vient de la patelle sur la même piste se fait grâce au mucus pédestre (**Nakhlé, 2003**).

La patelle résiste à l'émersion ; en emprisonnant de l'eau dans sa cavité palléale, et sous sa coquille qui est alors fortement appliquée sur les roches. Elles sont capables également de mener une vie ralentie, afin de supporter de longue dessiccations et des variations importantes de la salinité et de température (dans l'air jusqu'à 55°C) (**Bannisster, 1970**).



(a) **(b)**

Figure 14. Le "homefinding" chez la patelle ; les animaux dans **(a)** suivent le trait de mucus pour revenir à leur habitat. Dans **(b)** des segments de mucus ont été nettoyés après le passage des patelles **(A** et **C)** les empêchant ainsi de trouver le chemin de retour (**Branche, 1981**).

8.8. Longévité

La durée de vie généralement est de l'ordre de 5 à 7 ans pour les patelles du niveau moyen de l'estran, mais celles des parties hautes à croissance lente peuvent vivre près de 20ans (**Fisher Piette, 1935 ; Fretter et Grahem, 1962**).

MATÉRIEL ET MÉTHODES

CHAPITRE II : MATÉRIEL ET MÉTHODES

1. Choix et localisation des stations

1.1. Golfe d'Annaba

Dans le golfe d'Annaba le choix des stations d'études est basé sur les différentes sources de pollution (rejet des Oueds, des zones industrielles, du port, etc.), l'abondance et la diversité des patelles, et l'accessibilité des sites. Deux stations de suivi ont été sélectionnées le long de la rive du secteur Ouest du golfe : station 1 : El Katara, station 2 : Toche (**Fig.15**).

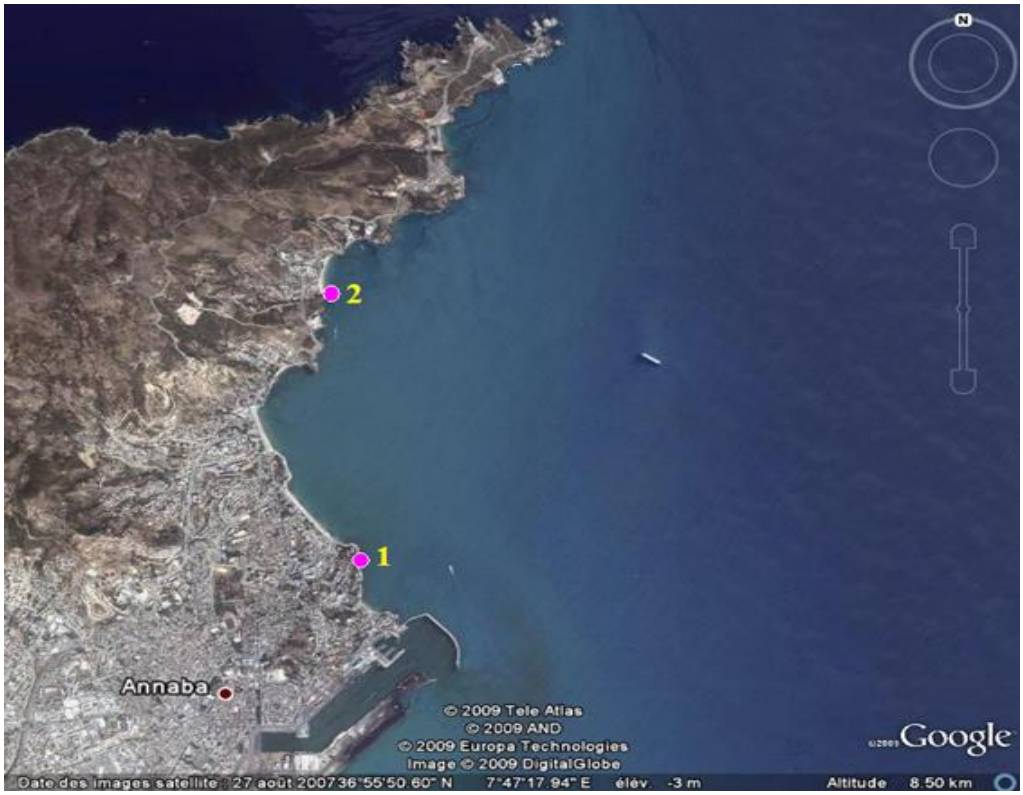


Figure 15. Sites d'échantillonnages des Patelles dans le Golfe d'Annaba. (**1:**El-Katara, **2:**Toche).

- **Station 1 : El Katara**

Elle se situe à l'Est du golfe d'Annaba (36°54'68''N - 07°46'03''E), non loin du port (environ 300 m à l'Ouest) et près des rejets de l'usine de fabrication des huiles et matières grasses. Elle reçoit également les rejets urbains d'une grande partie de la ville d'Annaba (**Fig.16**).

Figure 16. Rejets des eaux polluées dans la station de prélèvement des patelles à El Katara.

➢ **Station 2 : Toche**

Situé dans la zone côtière centre (36°56’58’’N - 07°46’31’’E). Elle reçoit les rejets urbains des quartiers centre et Ouest d’Annaba sans traitement préalable ainsi que les eaux de pluie. Par ailleurs, cette station est très fréquentée pendant la période estivale (**Fig.17**).

Figure 17. Site de collecte des Patelles dans la station Toche et source de pollution.

1.2. Plage de la vielle Calle (El Kala)

La plage de la vieille Calle (36°54'57.6"N - 8°20'22.4"E) située dans la région d’El Kala, a été prise comme station de référence lors de cette étude ; en raison de son éloignement de toute source de pollution (**Fig. 18**).

Figure 18. Site de collecte des patelles dans la station de la vieille Calle.

2. Physico-chimie des eaux

Dans cette étude, deux paramètres ont été mesurés: la température et la salinité, les deux descripteurs de base des masses d'eau. Les mesures *in situ* ont été effectuées mensuellement parallèlement aux prélèvements des patelles. Ces mesures ont été réalisées en utilisant un multiparamètre de terrain type WTW 2F30104211 (Multi 340 I/Set) (**Fig.19**). L'étalonnage et le calibrage de l'appareil pour chaque paramètre ont lieu avant chaque sortie. Les mesures s'effectuent en immergeant la sonde spécifique au paramètre pendant quelques secondes et le résultat s'affiche sur l'écran. Les sondes sont rincées à l'eau distillée après chaque manipulation. Les résultats obtenus sont mentionnés sur des fiches préalablement préparées.

Figure 19. Multiparamètre de terrain.

3. Collecte des patelles

Les patelles sont récoltées manuellement durant l'année2012, dans l'étage médiolittoral dans trois stations d'étude (El-Kala, El-Katara et Toche). Toutefois, pour l'étude quantitative, la collecte est réalisée dans les limites d'un quadra de 1 m^2à raison de 3 prises par station, et

sur un linéaire de 15 m pour l'étude qualitative (**Fig.20**). En générale les patelles sont faciles à collecter puisqu'elles sont visibles lors des déferlements des vagues sur la côte rocheuse.

Figure 20. Collecte des patelles à l'aide d'un couteau. **A** : quadra ; **B** : linéaire de 15 m

4. Conservation

Une fois prélevées, les patelles sont mises dans des bacs en plastique, puis acheminées au laboratoire. Pour les différentes analyses prévues, les individus récoltés sont stockées dans des boites en plastique étiquetés (date et station) et conservés au congélateur à -20°C **(Fig.21)**.

Figure 21. Conservation des patelles

5. Traitements des échantillons

5.1. Identification des espèces

Les patelles récoltées sont identifiées à partir des caractères morphologiques et anatomiques (longueur de la radula). Les coquilles sont alors débarrassées de leurs chairs, lavées et observées à l'œil nu et/ou sous loupe binoculaire. Les patelles sont identifiées à l'aide d'une documentation spécialisée **(Parenzan, 1970 ; Poppe et Goto, 1991)** puis dénombrées par espèce.

5.2. Biométrie

Une fois au laboratoire, trois mesures métriques ont été relevées **(Fig.22)** pour chaque spécimen de *P. rustica* à l'aide d'un pied à coulisse électronique (précision 1/20 mm) en tenant compte de :

- La longueur **L** de la coquille (la plus grande distance séparant le bord antérieur du bord postérieur de la coquille),
- La largeur maximale **La** de la coquille.
- La hauteur externe **H** (mesure par le travers)

Les mêmes individus ont été pesés l'aide d'une balance (Kern 440-33) (précision 0,001g), afin de déterminer les paramètres pondéraux qui sont le poids total frais, le poids frais de la chaire et le poids de la coquille. Un autre paramètre pondéral qui est le poids des ovaires, est effectué chez quelques femelles matures (≥ 28 mm) consacrées à l'étude de la reproduction.

Figure 22. Différentes mensurations effectuées chez les patelles.

5.3. Structure de la communauté des patelles

5.3.1. Dominance

La dominance d'une espèce (i) dans un prélèvement est le nombre de cette espèce par rapport au nombre d'individus de toutes les espèces présentes dans le même prélèvement. Elle s'exprime en pourcentage selon la formule suivante **(Dajoz, 1985)** :

$$Di = \frac{Ni}{Nn} \times 100$$

Di : Dominance de l'espèce (i) dans un prélèvement.

Ni : Nombre d'individus de l'espèce (i).

Nn : Nombre d'individus de toutes les espèces dans ce même prélèvement.

5.3.2. Densité

La densité est le nombre d'individus d'une espèce donnée dans un prélèvement donné, rapportée à une unité de surface, elle est exprimée en nombre d'individus par mètre carré (ind/m^2). Afin d'avoir une idée aussi précise que possible sur la répartition des patelles dans les sites étudiés, pour chaque station nous avons prélevé et dénombré mensuellement les individus à l'intérieur d'un quadra d'une surface de 1 m² déposé sur le substrat durs. Pour éviter le problème de microrépartition des individus, à chaque site de prélèvement nous avons effectué trois réplicas.

5.3.3. Fréquences de taille

Après identification et mensuration, les spécimens qui appartiennent à l'espèce *P. rustica* sont répartis en classes de taille selon leurs longueurs totales avec une amplitude de 1 mm, et ceci afin de calculer la distribution des fréquences de tailles **(Lima *et al.*, 2006, Fernandez *et al.*, 2016)**. Chaque mode de polygones de fréquence établis correspond à une classe d'âge.

5.3.4. Sex-Ratio

C'est le rapport entre le nombre d'individus mâles et celui des femelles dans une population donnée. Les sexes sont identifiés macroscopiquement durant la période d'activité sexuelle. Durant cette phase physiologique, le sexe des individus est facilement reconnaissable grâce à la couleur des gonades. Les gonades femelles sont de couleur verte ou brune, celles des mâles sont crèmes rosâtres **(Fig.23)**. 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)**. Cependant, il est impossible de différencier les sexes lors de la période de repos sexuel.

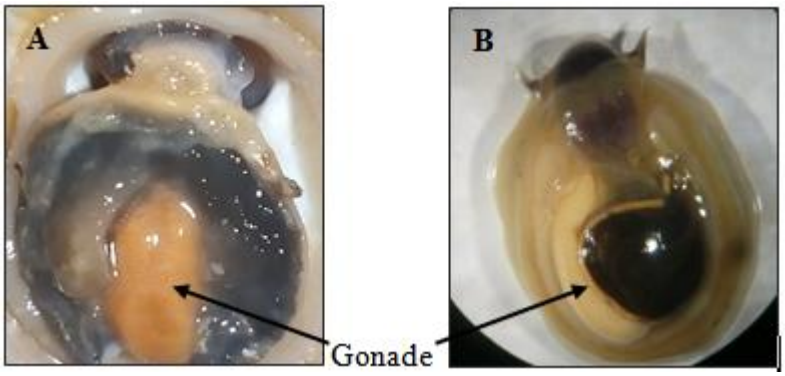


Figure 23. Différence des sexes chez *Patella rustica* (**A** : Ovaire, **B** : Testicule).

5.4. Étude de la croissance

5.4.1. Détermination de l'âge

En dynamique des populations et pour une meilleure connaissance de la croissance, l'étude de l'âge est primordiale. La détermination de l'âge s'effectue soit indirectement en utilisant les méthodes statistiques, soit directement grâce à la sclérochronologie (lecture des stries d'accroissement sur la coquille). En raison de la complexité de la lecture des marques d'accroissement, nous avons opté pour la méthode indirecte de Bhattacharya (1967). Les différentes classes d'âges ont été déterminées pour les trois stations.

La méthode utilisée est basée sur une transformation logarithmique des effectifs regroupés en classes de tailles d'égales amplitudes de 1 mm.

$$\log z = \log z(x_i + h) - \log z(x_i),$$

$z(x_i + h)$: Effectif de la classe de taille de centre de classe $(x_i + h)$

$z(x_i)$: Effectif de la classe de taille de centre de classe x_i

Cette méthode est souvent soumise à deux conditions. (1) : L'histogramme ne doit pas comporter de classes vides, ces dernières peuvent être évitées par un lissage ou une moyenne entre les deux classes intermédiaires. (2) : L'intervalle x_i doit être petit par rapport à chacun des écarts types (S). La détermination de l'âge est une étape très importante pour le calcul des paramètres de la croissance individuelle pondérale et linéaire (modèle de Von Bertalanffy), obtenus grâce au programme FISAT II.

5.4.2. Analyse de la Croissance

5.4.2.1. Croissance linéaire absolue

Il existe plusieurs équations de croissance, mais aucune de celles-ci ne donne entièrement satisfaction pour toutes les situations. Le modèle adopté dans la présente étude est celui de Von Bertalanffy (1938). C'est celui qui décrit la croissance linéaire dans le temps et sa formule s'adapte à la plupart des données de croissance observées. Cette formule s'exprime comme suit :

$$L_t = L_\infty [1 - e^{-k\,(t - to)}]$$

L_t : longueur maximal (en mm) à l'instant t.

L_∞ : longueur maximale (en mm) ou taille asymptotique.

k : taux de croissance.

t_o : temps théorique ou $L_t = 0$ mm.

5.4.2.2. Croissance pondérale absolue

Sachant que le poids est lié à la taille par la relation : $Pt = a.\ L_1^b$, et que le modèle décrivant le mieux la croissance linière en fonction du temps est celui de Von Bertalanffy, nous pouvons admettre que la relation $Pt = P_\infty [1 - e^{-k\,(t - to)}]^n$ peut exprimer l'équation du poids en fonction du temps. Dans cette équation, Pt est le poids total de la patelle à l'instant t et P_∞ est le poids correspondant à L_∞. Les paramètres k et t_o sont ceux de l'équation de la croissance linière absolue. La valeur de n est le coefficient d'allométrie ou la pente de la droite exprimant la relation taille-poids sous sa forme logarithmique. Tous les paramètres de l'équation de Von Bertalanffy étant connus, nous avons calculé le poids pour chaque groupe d'âge.

5.5. Cycle reproducteur

L'étude des modalités de la reproduction est réalisée en utilisant trois paramètres complémentaires : l'indice de condition, le rapport gonado-somatique et le suivi histologique des gonades. Les deux premiers sont à caractère quantitatif et le troisième à caractère qualitatif.

L'indice de condition et le rapport gonado-somatique sont facile à mettre en œuvre et permettent de cerner dans les meilleurs délais les principaux phénomènes du cycle de

reproduction (gamétogenèse et périodes d'expulsion des gamètes). Quant au suivi histologique, il est plus long à mettre en pratique, mais il offre néanmoins la possibilité de suivre les stades d'évolution gonadique, notamment les phases de repos et de restauration des gonades après l'émission des gamètes.

5.5.1. Indice de condition (IC)

L'indice de condition nous donne une idée de l'état physiologique des individus d'une population **(Bodoy et Massé, 1978; Lucas et Beninger, 1985)**. En effet, cet indice permet d'estimer la part de la matière organique émise lors de la reproduction **(Bodoy et Massé, 1978)**. Selon **Pellerin–Massicotte (1994)**, il est aussi un indicateur général de stress et de la santé des organismes.

L'indice de condition (IC) choisi dans la présente étude est celui proposé par **Pellerin-Massicotte *et al.*, (1989)**. Il va nous permettre de suivre les étapes de la gamétogénèse et les périodes des émissions de gamètes. Il est calculé de la manière suivante :

$$I.C = (\text{Poids frais de la chair/poids total})*100$$

5.5.2. Rapport gonado-somatique (RGS)

L'indice gonadique exprime la relation entre un descripteur quantitatif de l'appareil sexuel et un descripteur quantitatif des organes somatiques. L'indice le plus généralement employé est appelé rapport gonado-somatique (RGS).

Le RGS a été calculé chez les femelles matures (≥28 mm) de *P. rustica* selon l'équation :

$$RGS = (Pg/Pc)*100$$

Pg : poids de la gonade

Pc : poids de la chair

5.5.3. Histologie des gonades

Mensuellement, les gonades des femelles matures (> 28 mm) sont utilisées pour l'examen histologique, afin de déterminer les différents stades de développement gonadique. Après dissection, les ovaires sont immédiatement fixées dans du formol à 10%.

Les différentes étapes de la technique d'histologie classique ont été appliquées selon la méthode décrite par **Martoja et Martoja (1967)** :

- **Fixation :** le fragment de la gonade est placé dans une cassette d'histologie, et conservé dans un fixateur d'histologie le Bouin alcoolique (26 ml formol, 7 ml acide acétique, 45 ml acide picrique (1% dans l'alcool 95°) ,75 ml eau distillé) durant 48 heures.
- **Pré inclusion :** les échantillons ont ensuite été déshydratés dans deux bains successifs d'éthanol et de trois bains de butanol, pour finalement être imprégné dans la paraffine, quatre bains de 24 heures ont été effectués.
- **Inclusion :** les tissus imprégnés de paraffine doivent ensuite être inclus dans un bloc de paraffine, que l'on moulera autour des tissus sur banc d'inclusion. Le socle du moule est constitué par la cassette d'histologie annotée afin de conserver la référence de l'individu. Une fois solidifié, le bloc de paraffine est débité en prisme autour du fragment de tissus.
- **Réalisation des coupes :** les blocs de paraffine contenant les tissus sont coupés à l'aide d'un microtome. Ils sont d'abord dégrossis jusqu'à ce que la coupe passe par la totalité de la section de la gonade, puis coupés à 5 µm d'épaisseur. Les coupes sont déposées sur une lame de microscope, ensuite étalées à l'aide d'une plaque chauffante à 30°C et sécher à l'étuve de 60°C pendant 1 heur.
- **Coloration :** Afin d'obtenir une coloration contrastée des tissus reproducteurs, on utilise une coloration hématoxyline-éosine **(Martel, 2005)**. Les tissus sont déparaffinés par des bains successifs de xylène, puis hydratés dans l'alcool avant d'être plongés dans des colorants, et rincés une deuxième fois par des bains d'alcool, puis xylène. En fin, les lames sont montées avec quelques gouttes de baume de Canada en les recouvrant d'une lamelle.

Les préparations histologiques ont été observées sous un microscope optique avec deux grossissements (X10 etX40), selon la taille des cellules. Le microscope été muni d'une caméra vidéo afin d'enregistrer les images.

Les différents stades de développement gonadique sont décrits d'après l'échelle adopté par **McCarthy *et al.*, 2008** (pour les espèces *P. vulgata* et *P. ulyssiponensis*), **Belkhodja *et al.* (2011)** pour *P. caerulea*, et modifiée par **Prusina *et al.* (2014)** pour l'espèce *Patella rustica* **(Tab.2)**.

Tableau 2: Apparence histologique des stades de développement gonadique chez *P. rustica* (adopté et modifié par **McCarthy *et al.*, 2008 et Belkhodja *et al.*, 2011**).

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 commence 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-ponte** : 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).

5.6. Dosage des biomarqueurs

Les individus destinés aux analyses enzymatiques sont débarrassés de leur chair, puis la tête et le manteau sont prélevés et conservés dans 1 ml de solution détergente et 1 ml de tampon phosphate pour le dosage de l'acétylcholinestérase et la glutathion-S-transférase (**Fig.24)**. L'activité spécifique des enzymes est mesurée par rapport aux protéines. Le dosage des protéines est réalisé selon **Bradford (1976)**.

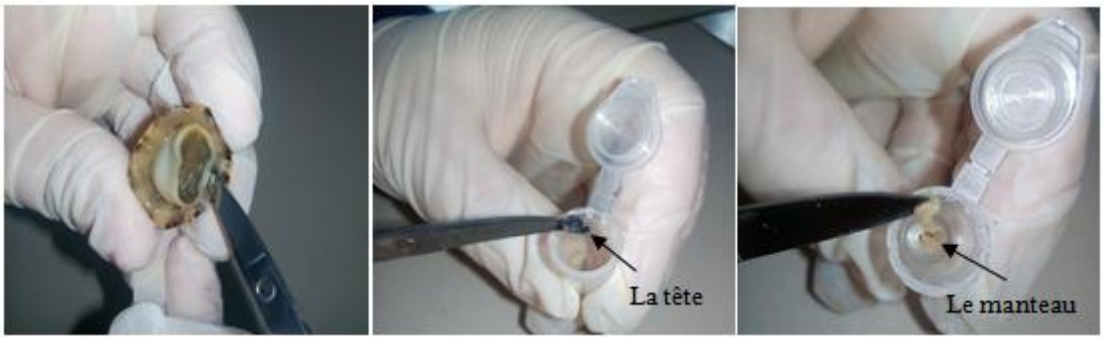


Figure 24. Prélèvement des tissus chez *Patella rustica*.

5.6.1. Dosage de l'AChE

Les activités Acétylcholinestérasiques ont été utilisées en tant que marqueur de neurotoxicité. Ces activités, qui ont été très étudiées chez les insectes **(Bocquené et Galgani, 2004)**, font l'objet d'une recherche active chez les mollusques **(Cunha *et al.*, 2007)**. Les AChE sont

notamment sensibles aux pesticides carbamates et organophosphorés, mais aussi à certains métaux lourds. Cette activité à été dosé au niveau de la tête des *Patella rustica* par la technique spectrophotométrique décrite par **Ellman *et al*. (1961)**, qui consiste à fournir à l'enzyme un substrat, l'acétylthiocholine (ASCh), dont l'hydrolyse libère de la thiocholine (SCh) et de l'acide acétique. La quantité de thiocholine obtenue est proportionnelle à l'activité enzymatique, on la révèle grâce à une méthode colorimétrique faisant intervenir un ion (acide 5,5'- dithio-bis-2-nitrobenzoïque ou DTNB), qui se lie avec la thiocholine pour former un complexe de couleur jaune que l'on dose à 412 nm.

Les têtes sont homogénéisées pendant quelques secondes dans 1 ml de solutions détergente (solution D) [38,03 mg EGTA (acide éthylène glycol-bis, β-aminoéthyl éther N N N' N' tétra-acétique), 1 ml triton X 100%, 5,845 g NaCl (chlorure de sodium), 80 ml tampon tris (10 mM, pH 7)], à l'aide d'un homogénéisateur à ultrasons (Sonifer B-30). Puis, centrifuger à 9000 tours pendant 15 minutes. Le surnageant est utilisé immédiatement pour la mesure de l'activité de l'AChE.

L'activité spécifique de l'AChE est déterminée comme suit : 100 µl de surnageant sont additionnées à 100 µl de DTNB (0,1 M, pH 8) [39,6 mg de DTNB, 15 mg CO3HNa (bicarbonate de sodium), dans 10 ml tris 0,1 M pH 7] et 1 ml du tampon tris (0,1 M pH 7).

Après 3 à 5 mn de repos nécessaire pour épuiser la réaction spontanée, 100 µl de substrat acétylthiocholine iodide (Sigma R) (118 mg ASCh dans 5 ml d'eau distillée) sont ajoutés. La lecture des densités optiques s'effectue toutes les 4 mn pendant 20 mn, contre un blanc où le surnageant à été remplacé par un volume équivalent de solution détergente (100 µl). La conversion des variations de densité optique en activité enzymatique est réalisée selon la formule :

$$\text{AChE } (\mu\text{M}/\,\text{min}/\text{mg des protéines}) = \frac{\Delta\text{Do} \times \text{Vt}}{1{,}36 \times \text{Vs}} / \text{ mg des protéines}$$

ΔDo : Densité optique

Vt : Volume total des solutions (0,1 ml surnageant + 0,1 ml du DTNB + 1 ml tris + 0,1 ml de substrat ASch)

Vs : Volume du surnageant (0,1ml)

1,36 : Coefficient d'extinction molaire du DTNB à 412 nm.

Mg de protéines : Quantité de protéines exprimée en mg.

5.6.2. Dosage de la GST

La mesure de l'activité de la glutathion S-transférase (GST), consiste à fournir à l'enzyme un substrat : le 1-chloro-2,4 dinitrobenzène (CDNB), qui réagit facilement avec le glutathion réduit. La réaction de conjugaison de ces deux produits entraîne la formation d'une molécule nouvelle, qui absorbe la lumière à 340 nm de longueur d'onde. La valeur de densité optique mesurée est proportionnelle à la quantité du complexe GSH-CDNB formée dans la température ambiante, elle-même liée à l'intensité de l'activité de la GST**(Habig *et al*., 1974)**.

Le protocole utilisé pour le dosage de l'activité spécifique de la GST est le suivant : le manteau de *P. rustica* est homogénéisé dans 1 ml du tampon d'homogénéisation (20 ml de tampon phosphate 0,1 M, pH = 6 ; 1,71 g saccharose) pendant quelques secondes à l'aide d'un broyeur à ultrasons (Sonifer B-30). L'homogénat obtenu est centrifugé à 14000 tours/mn pendant 30 mn, et le surnageant servira au dosage de l'activité de la GST. Une fraction aliquote de 0,2 ml est ajoutée à 1,2 ml du mélange CDNB-GSH ; (4,052 mg CDNB ; 30,73 mg GSH ; 0,8 ml d'éthanol ; 20 ml tampon phosphate 0,1 M pH 7).

La lecture se fait contre un blanc préparé dans les mêmes conditions avec 0,2 ml d'eau distillée remplaçant le surnageant. La variation de la densité optique due à l'apparition du complexe CDNB-GSH est mesurée toutes les minutes pendant 5 mn à 340 nm dans un spectrophotomètre (SHIMADZI-UV-1202). La quantité en protéines des différents échantillons biologiques a été préalablement déterminée.

L'activité spécifique de la GST est déterminée d'après la formule suivante:

$$\text{GST } (\mu\text{M}/\,\text{min}/\text{mg de protéines}) = \frac{\Delta\,\text{Do} \times \text{Vt}}{9{,}6 \times \text{Vs}} / \,\text{mg de protéines}$$

ΔDo : Densité optique à 340 nm.

Vt: Volume des solutions de dosage (1,2 ml du mélange CDNB-GSH+0,2 ml du surnageant),

9,6 : Coefficient d'extinction du mélange GSH-CDNB (à 340 nm)

Vs : Volume du surnageant utilisé dans le dosage,

mg de protéines : Quantité de protéines exprimée en mg.

5.7. Dosage des protéines

Le dosage des protéines est effectué selon la méthode de **Bradford (1976)** sur une fraction aliquote de 0,1 ml de l'homogénat avec 4 ml de bleu brillant de coomassie (BBC), la

solution de BBC se prépare comme suit : 50 mg de bleu brillant de coomassie (G250), 25 ml d'éthanol (95 %), après agitation de 2 heures on ajoute, 50 ml d'acide orthophosphorique (85%) et on complète à 500 ml d'eau distillée. La lecture des absorbances s'effectue à une longueur d'onde de 595 nm et la gamme d'étalonnage est réalisée à partir d'une solution Albumine de sérum de bœuf (BSA) comme standard (1mg /1ml) selon les indications ci-dessous :

Tableau 3 : Dosage des protéines, réalisation de la gamme d'étalonnage.

Tubes	1	2	3	4	5	6
Quantité de la solution mère (µl)	0	20	40	60	80	100
Eau distillée (µl)	100	80	60	40	20	0
Réactif BBC (ml)	4	4	4	4	4	4
Quantité de BSA (µg)	0	20	40	60	80	100

5.8. Analyses statistiques

Les résultats obtenus sont représentées par la moyenne plus ou moins (m ± s), établie sur un effectif ou un nombre de répétitions précisés dans les figures et les tableaux. L'analyse statistique a été réalisée à l'aide du logiciel MINITAB version 16 Fr et Prism version 6 disponible au Laboratoire de Biologie Animale Appliquée.

Différents tests ont été utilisés. L'analyse de la variance à un et à deux critères de classification (ANOVA) a été utilisée afin de comparer les moyennes pour les indices (densité, indice de condition, rapport gonado-somatique) et les différents dosages (AChE, GST) en fonction des différents sites d'échantillonnage.

De plus, le test HSD (honest significative différence) de Tukey nous a permis de classer les différents mois et sites **(Hsu, 1996)**.

RÉSULTATS

CHAPITRE III : RESULTATS

1. Paramètres environnementaux

1.1. Température

L'évolution de la température (°C) durant l'année 2012 présente une même tendance pourles trois stations. Par ailleurs, la température montre des fluctuations importantes en rapport avec les saisons. En effet, le minimum a été enregistré pendant la saison hivernale et au mois de février au niveau des trois stations avec 15°C à El-Kala, 15,6 °C à El-Katara et 15,4 °C à Toche. Une augmentation progressive de la température a été notée à partir d'avril atteignant son maximum en août avec 28,7 °C à El-Kala et 29,2 °C à El-Katara et Toche. En période automnale une diminution de la température a été observée pour les trois sites d'étude (**Fig.25**).

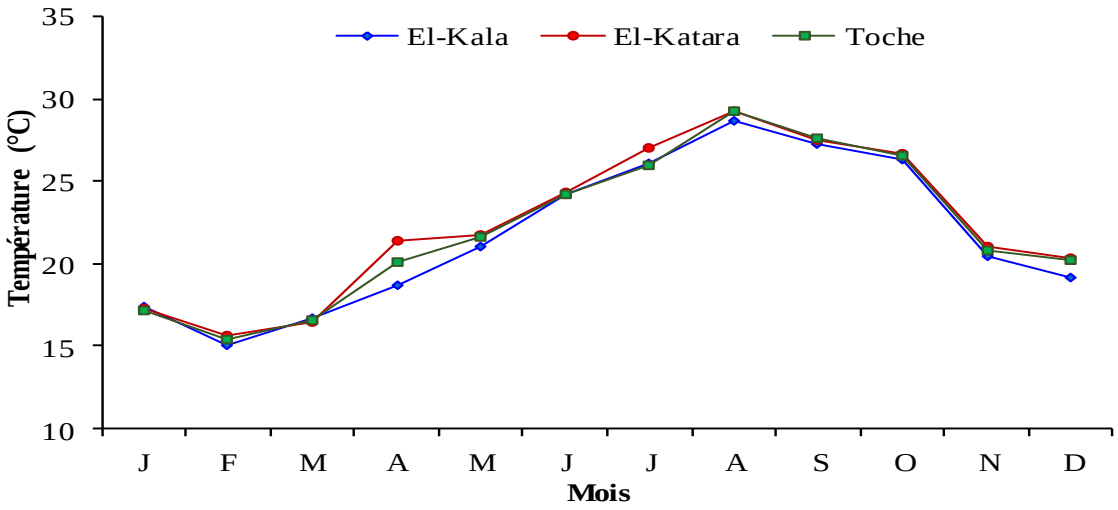


Figure 25. Variation mensuelle de la température dans les stations prospectées en 2012.

L'analyse de la variance à un critère de classification n'a pas montré de différences significatives entre les sites (El-Kala, El-Katara et Toche) pour la température **(Tab.4)**.

Tableau 4 : ANOVA à un facteur contrôlé des variations de la température des eaux dans les stations d'étude (El-Kala, El-Katara et Toche) durant l'année 2012.

Source	DDL	SCE	CM	F	P
C2	2	2,367	1,18	0,056	0,945 NS
Erreur	33	690,3	20,92		
Total	35	692,7			

DDL : Degré de liberté; **SCE:** Sommes des carrées des écarts; **CM:** Carré moyen; **F:** Test de Fisher; **P:** Seuil de signification.

1.2. Salinité

Ce paramètre présente des fluctuations similaireset croit régulièrement durant la saison chaude et sèche de juin à septembre, illustrées par un pic de 37,60 psu au mois d'août à El-Kala. Les basses salinités sont relevées durant la période qui s'étale de décembre à mai dans les stations prospectées avec un minimum de 35,80 psu enregistré à Toche en février, à El-Katara et El-Kala un minimum respectivement de 35,90 psu et 36,30 psu en mars **(Fig.26)**.

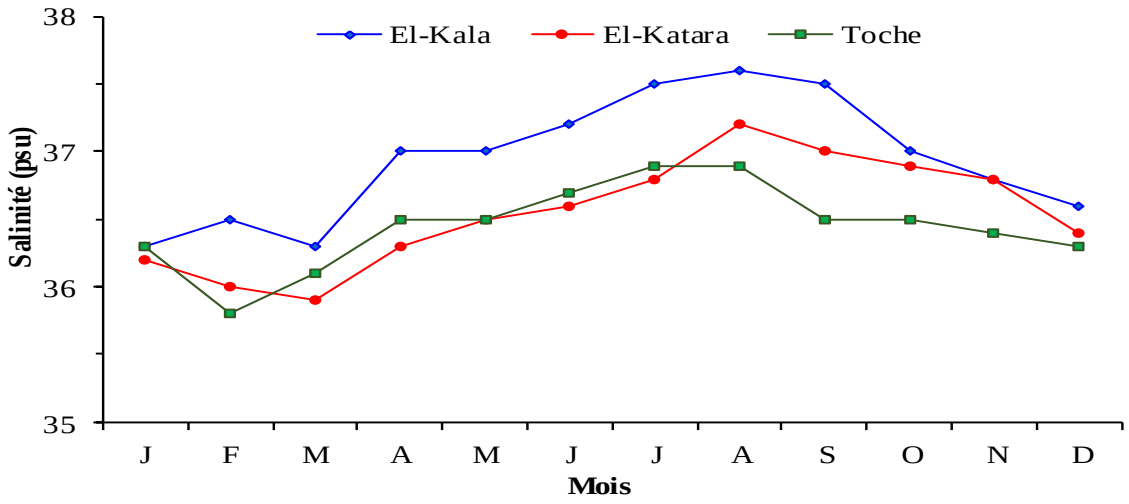


Figure 26. Variation mensuelle de la salinité dans les stations prospectées en 2012.

L'analyse de la variance à un critère de classification a montré une différence significative entre les stations (El-Kala, El-Katara et Toche) **(Tab.5)**.

Tableau 5 : ANOVA à un facteur contrôlé des variations de la salinité des eaux dans les stations d'étude (El-Kala, El-Katara et Toche) durant l'année 2012.

Source	DL	SC	CM	F	P
C2	2	1,621	0,8103	5,173	0.0111*
Erreur	33	5,169	0,1566		
Total	35	6,790			

DDL : Degré de liberté; **SCE:** Sommes des carrées des écarts; **CM:** Carré moyen; **F:** Test de Fisher; **P:** Seuil de signification.

2. Structure de la communauté des patelles

2.1. Richesse spécifique

L'inventaire des *Patellidae* dans le secteur Ouest du golfe d'Annaba, nous a permis de recenser 5 espèces : *Patella rustica* (Linnaeus, 1758), *Patella caerulea* (Linnaeus, 1758), *Patella vulgata* (Linnaeus, 1758), *Patella ulyssiponensis* (Gmelin, 1791) et *Patella intermedia* (Murray ,1857).

En plus des cinq espèces déjà répertoriées dans le golfe d'Annaba, nous avons recensé niveau de la plage de la vieille Calle *Patella nigra* (Da Costa ,1771), ramenant à six le nombre d'espèces de patelles dans la région.

2.2.Variation saisonnière de la dominance

2.2.1. Hiver

*** El-Kala**

Nous avons récolté 1116individus appartenant à la famille des Patellidae. *Patella rustica* (Linnaeus, 1758)est l'espèce caractéristique avec une dominance de 81% **(Fig.27)**. La deuxième place est occupée par *P. intermedia* (Murray ,1857)avec 9,76 % des patelles suivi par *P. vulgata*(Linnaeus, 1758)avec un taux de 4,39 %, *P. caerulea* (Linnaeus, 1758) et *P. ulyssiponensis* (Gmelin, 1791) présentent des pourcentages de 2,68 % et 1,79 % respectivement. On note la présence de *P. nigra* (Da Costa ,1771) à un très faible taux qui ne dépasse pas 0,35%.

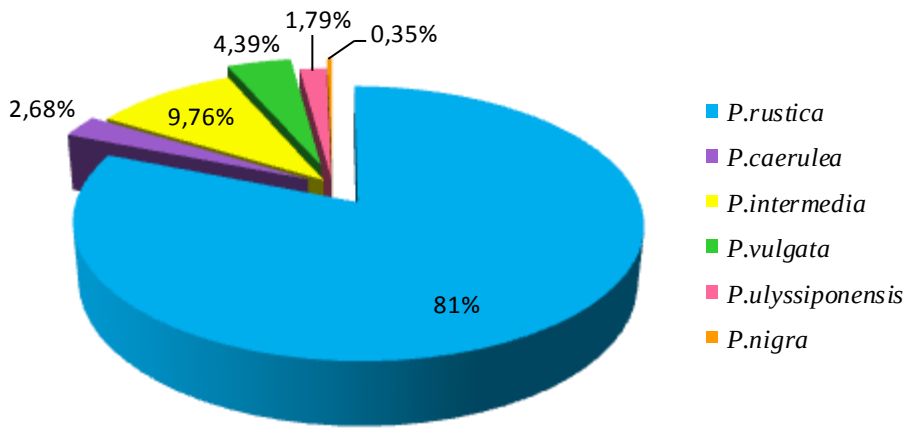


Figure 27. Dominance des différentes espèces de patelles en période hivernale à El-Kala.

*** El-Katara**

Durant l'hiver, nous avons récolté 398 individus appartenant à la famille des Patellidae, avec des dominances inégales (**Fig.28**). En effet, les résultats obtenus révèlent la dominance de *Patella rustica* avec un pourcentage de 35,42 %, la seconde place revient à *P. caerulea* avec une dominance de 27,38 %, suivi de *P. intermedia* et *P. ulyssiponensis* avec des valeurs de l'ordre de 23,86 % et 11,05 % respectivement. On signale une faible dominance de *P. vulgata* de 2,26 %.

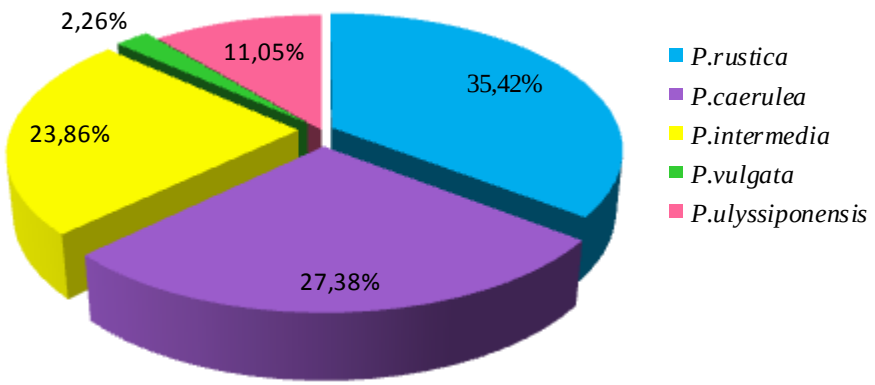


Figure 28. Dominance des différentes espèces de patelles en période hivernale à El-Katara.

*** Toche**

Dans la station Toche, nous avons recueilli 412 individus de patelles. L'espèce dominante est *Patella rustica* avec un taux de 51,94 %, suivi par *P. intermedia* avec 26,21 %, la troisième place est occupée par *P. caerulea* avec 9,22 %, alors que *P. vulgata* et *P. ulyssiponensis* présentent des dominances très similaires de 6,55 % et 6,06 % respectivement (**Fig.29**).

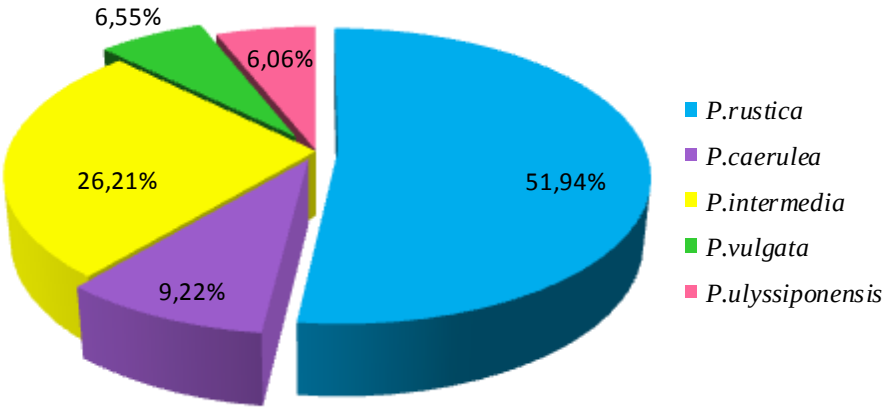


Figure 29. Dominance des différentes espèces de patelles en période hivernale à Toche.

2.2.2. Printemps

***El-Kala**

Durant le printemps nous avons collecté 1043 individus au niveau de la station d'El-Kala *Patella rustica* est incontestablement l'espèce la plus dominante présentant 78,61 % des patelles. La deuxième place revient à *P. intermedia* (Dm = 9,3 %), suivi par *P. ulyssiponensis*

avec un taux de 5,08 %. Alors que *P. vulgata* et *P. caerulea* représente respectivement des pourcentages de 4,98 % et 1,62 %. En dernière position *P. nigra* (Dm = 0,38 %) (**Fig.30**).

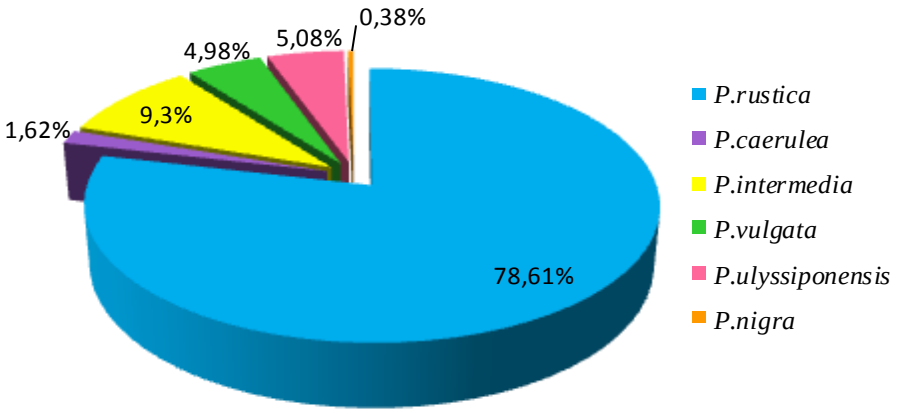


Figure 30. Dominance des différentes espèces de patelles en période printanière à El-Kala.

***El-Katara**

Au niveau de cette station, nous avons recueilli 576 individus de Patelles **(Fig.31)**. *Patella rustica* occupe la première place avec une dominance de 34,89 %. La deuxième place est occupée par *P. intermedia* avec 30,03 % des patelles, suivi par *P. ulyssiponensis* avec un taux de 19,44 %. *P. caerulea* représente 10,24 % des patelles et *P. vulgata* occupe la dernière position avec un taux qui ne dépasse pas 5,38 %.

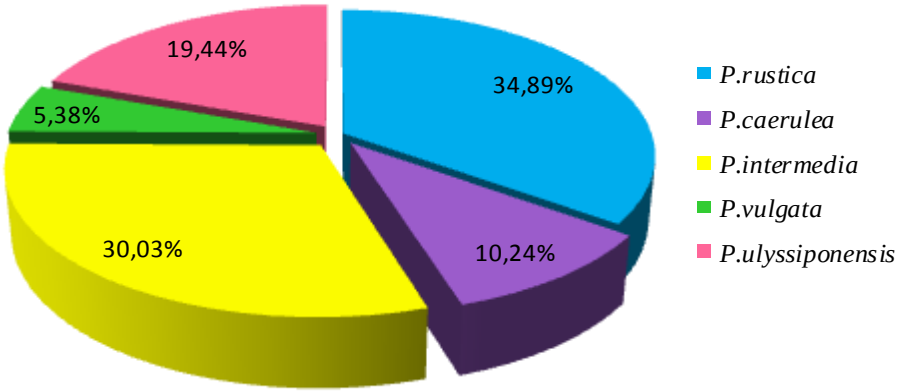


Figure 31. Dominance des différentes espèces de patelles en période printanière à El-Katara.

***Toche**

Dans la station Toche, nous avons recueilli 759 individus appartenant à la famille des Patellidae. L'espèce dominante est *Patella rustica* avec un taux de 39,52 %, suivi par *P. intermedia* avec 25,82 %, alors que *P. ulyssiponensis* occupe la 3ème position avec une dominance de 18,05 %. *P. caerulea* présente une dominance de 13,83 %. Le plus faible taux revient à *P. vulgata* avec une dominance de 2,76% (**Fig.32**).

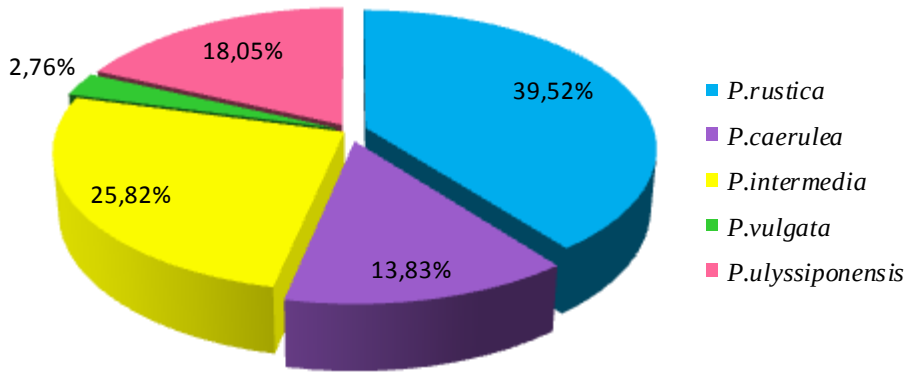


Figure 32. Dominance des différentes espèces de patelles en période printanière à Toche.

2.2.3. Eté

***El-Kala**

Dans la station d'El-Kala, on a enregistré une nette dominance de *Patella rustica* 89,06% sur l'ensemble de 1326 individus récoltés. *P. vulgata* occupe la deuxième position par un taux de 5,58 %, suivi par *P. intermedia* (3,61%). *P. ulyssiponensis* occupe la quatrième place avec 1,43 %. Les plus faibles dominances de 1,06% appartiennent aux deux espèces *P. caerulea* et *P. nigra* avec des taux de 0,22 % et 0,07 % respectivement**(Fig.33)**.

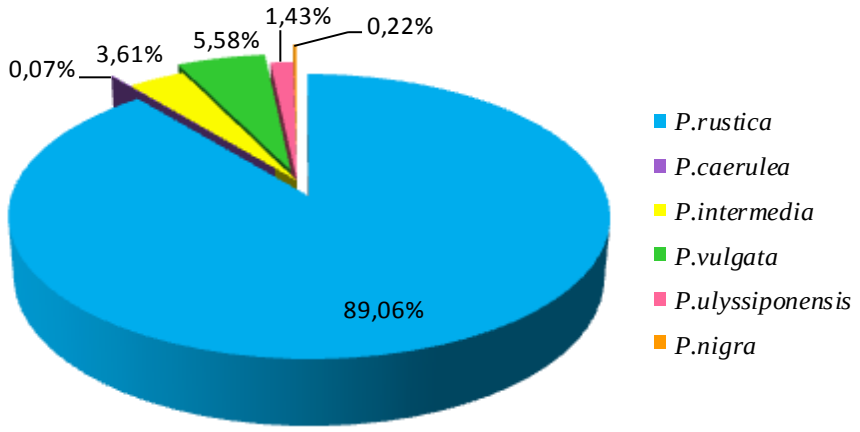


Figure 33. Dominance des différentes espèces de Patelles en période estivale à El-Kala.

***El-Katara**

Au niveau de cette station, nous avons recueilli 287 individus de Patelles. *Patella rustica* occupe la première place avec une dominance de 60,62 %. *P. intermedia* en deuxième position avec un pourcentage de 14,63%, suivi par *P. caerulea* et *P. ulyssiponensis* avec des taux similaires de 9,75 % et 9,05 % respectivement. *P. vulgata* représente 5,92 % des patelles et occupe la dernière position **(Fig.34)**.

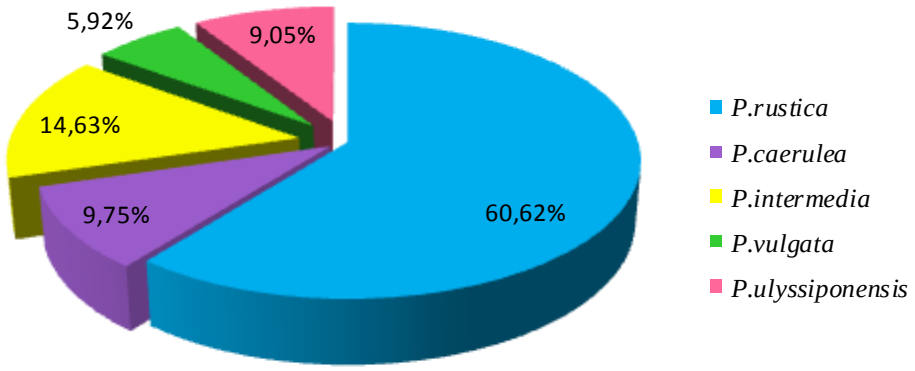


Figure 34. Dominance des différentes espèces de Patelles en période estivale à El-Katara.

***Toche**

676 individus de patelles ont été collectés. *Patella intermedia* prédomine avec un taux de 43,63 %. La deuxième position appartient à *P. rustica* avec une dominance de 32,54 %,

suivi par *P. ulyssiponensis* et *P. caerulea* avec des taux similaires de 8,43 % et 8,13 % respectivement. *P. vulgata* occupe la dernière place avec 7,24 % des individus **(Fig.35)**.

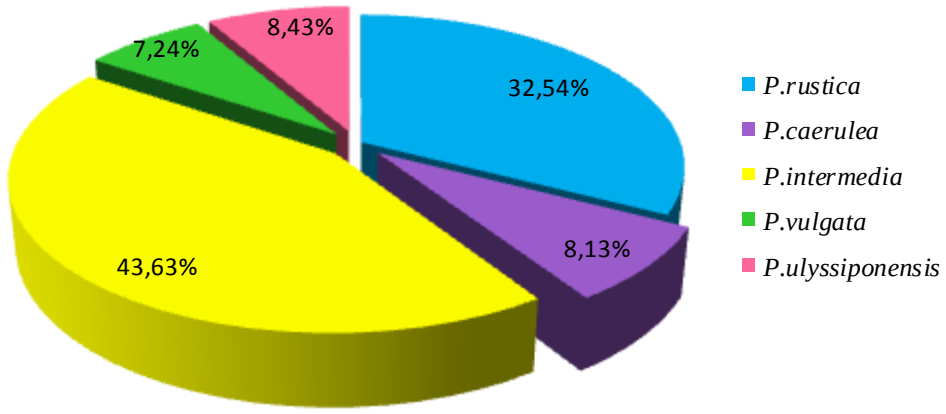


Figure 35. Dominance des différentes espèces de Patelles en période estivale à Toche.

2.2.4. Automne

***El-Kala**

Nous avons récoltés 507 individus. *Patella rustica* prédomine avec un taux de 83,43 %, *P. intermedia* en deuxième position avec 7,88 %, suivi par *P. vulgata* 4,73%. *P. caerulea* occupe la quatrième place. *P. ulyssiponensis* et *P. nigra* présentent les plus faibles dominances de l'ordre de 0,98 % et 0,39 % respectivement **(Fig.36)**.

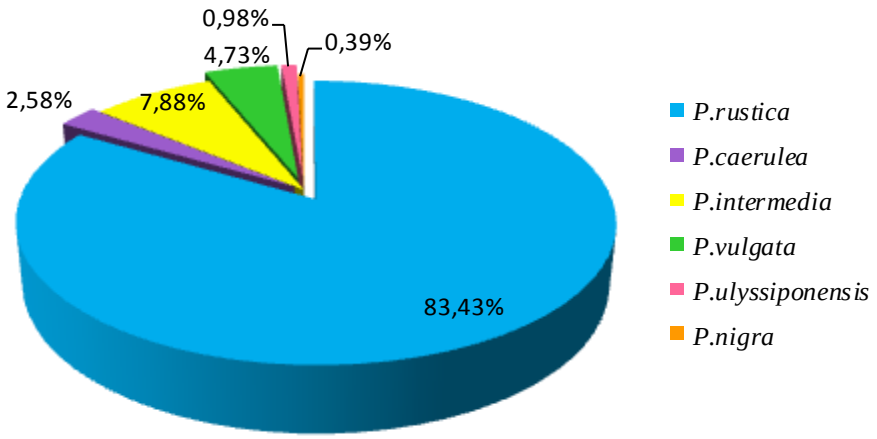


Figure 36. Dominance des différentes espèces de Patelles en période automnale à El-Kala.

*** El-Katara**

211 individus ont été collectés. *Patella intermedia* prédomine avec un pourcentage de 40,28%, suivi par *P. rustica* 31,27 %. *P. vulgata* présente un taux de 12,79 %, ensuite *P. caerulea* avec 10,42 %. *P. ulyssiponensis* présente la plus faible dominance de l'ordre de 5,21% **(Fig.37)**.

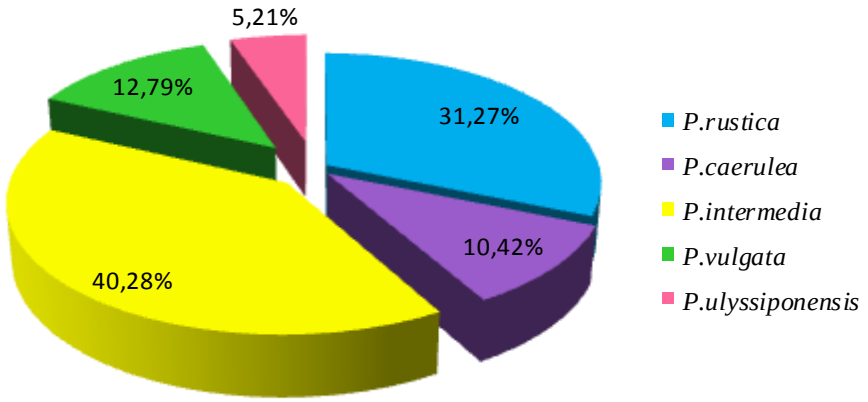


Figure 37. Dominance des différentes espèces de Patelles en période automnale à El-Katara.

***Toche**

Dans la station Toche, 585 individus ont été collectés en automne. *Patella intermedia et P. rustica* présentent des pourcentages similaires élevés avec 39,14% et 38,63% respectivement, suivi par *P. caerulea* (10,25%). En fin, *P. vulgata* et *P.ulyssiponensis* présentent des taux similaires de 6,66 % et 5,29 % respectivement**(Fig.38)**.

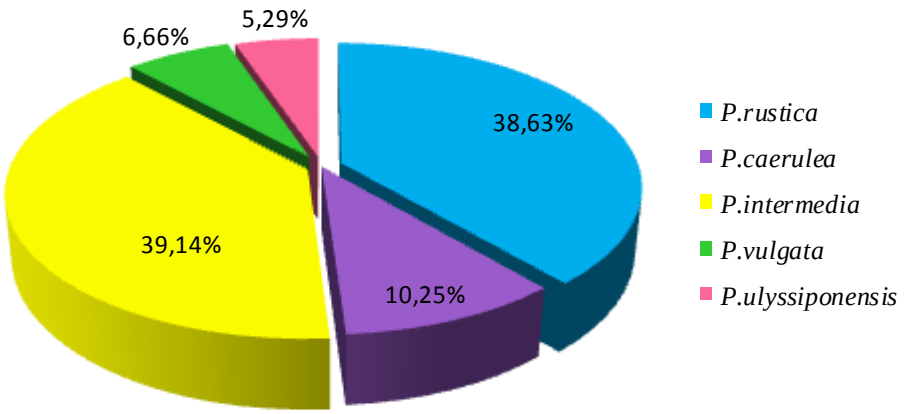


Figure 38. Dominance des différentes espèces de Patelles en période automnale à Toche.

2.3. Variation mensuelle de la densité

Le suivi des variations de la densité de *Patella rustica* dans les trois stations d'étude en 2012 montre que la moyenne annuellela plus importante a été enregistrée à El-Kala avec une valeur de 82,44 ± 34,75 ind./m². Cette station présente des variations importantes de la densité entre les mois, illustrées par une valeur élevée enregistrée en juin (161,33 ± 55.52 ind./m²), et une valeur faible observée au mois de février (36.66 ± 5,79 ind./m²).

La station d'El-Katara abrite la moyenne annuelle la plus faible dont la densité est de 16,97 ± 8,41 ind./m². La valeur la plus élevée est décelée en juin (52,33 ± 23,69 ind./m²), alors que le minimum d'individus est relevé en décembre (4,66 ± 2,62ind./m²).

Toche offre une densité annuelle de 25,38 ± 4,66 ind./m². La plus forte densité est observée au mois de juillet (38,33 ± 11,14 ind./m²). Par ailleurs, dans cette station la plus faible densité est signalée en janvier (8 ± 2,94 ind./m²) **(Fig.39)**.

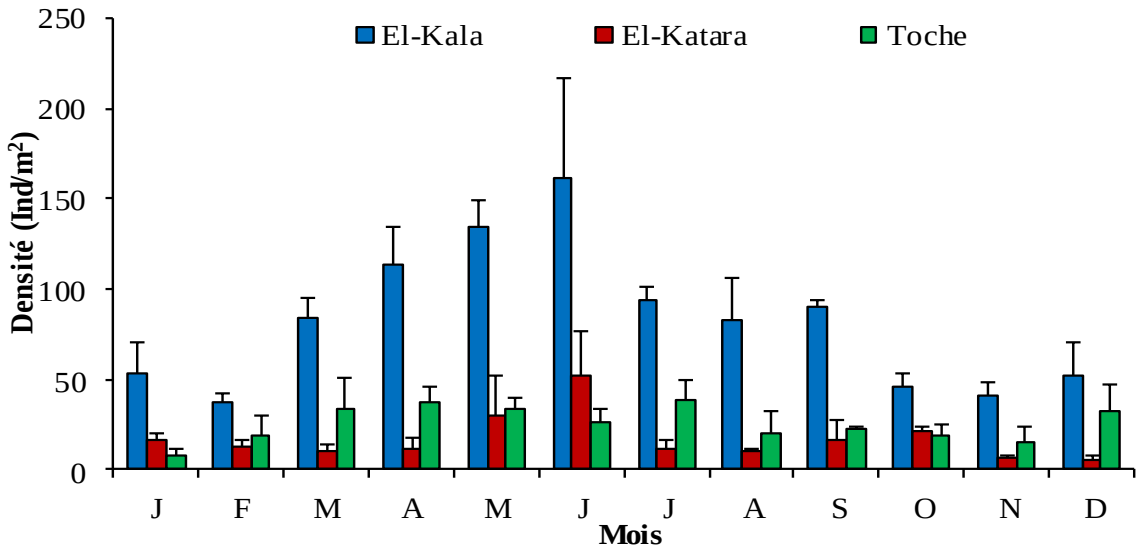


Figure 39. Variation spatio-temporelle de la densité (ind./m²) de *P. rustica* dans les stations prospectées en 2012 (m ± s, n=3).

En tenant compte des mois, et d'après les résultats de l'analyse de la variance à un seul critère de classification (**Tab.6**), on note qu'il y'a une différence très hautement significatives ($P \leq 0,001$) entre les trois stations au cours des mois d'avril, mai, juillet et septembre. Durant les mois de janvier, mars, août, octobre et novembre on a une différence hautement significative ($P \leq 0,01$) et une différence significative ($P \leq 0,05$) en février, juin et décembre. Le test HSD de Tukey révèle le classement montré dans le tableau ci-dessous :

Tableau 6 : Variations mensuelles de la densité (ind/m^2) de *P. rustica*: analyse à un critère de classification (AV1) entre les stations pour le même mois, avec la classification de Tukey (m± s).

	El-Kala		El-Katara		Toche		P
Janvier	53± 17,107	**A**	16,666± 3,399	**B**	8± 2,943	**B**	0,01**
Février	36,666 ± 5,792	**A**	13 ± 3,559	**B**	19 ± 11,224	**AB**	0,0477*
Mars	84,333 ± 11,145	**A**	10,333 ± 3,399	**B**	33,666 ± 16,819	**B**	0,0021**
Avril	113,666 ± 20,805	**A**	12 ± 5,354	**B**	37 ± 9,273	**B**	0,0007***
Mai	134 ± 14,966	**A**	30 ± 21,416	**B**	33,666 ± 6,018	**B**	0,0008***
Juin	161,333 ± 55,529	**A**	52,333 ± 23,697	**B**	26,333 ±7,363	**B**	0,0186*
Juillet	93,333 ± 7,845	**A**	11 ± 5,354	**B**	38,333 ± 11,145	**C**	0,0002***
Août	83 ± 23,366	**A**	9,666 ± 1,247	**B**	20 ± 12,675	**B**	0,0062**
Septembre	90,333 ± 3,299	**A**	16,666 ± 10,338	**B**	22 ± 2,16	**B**	<0,0001***
Octobre	46,333 ± 6,236	**A**	21,333 ± 2,054	**B**	19 ± 6,48	**B**	0,0038**
Novembre	41,333 ± 7,039	**A**	6 ± 2,16	**B**	15,666 ± 7,93	**B**	0,0033**
Décembre	52 ± 18,547	**A**	4,666 ± 2,624	**B**	32 ± 15,253	**AB**	0,0396*

L'analyse de la variance à deux critères de classification (station, mois) (**Tab.7**), révèle une différence très hautement significative facteur temps et station et l'interaction temps/ stations ($P \leq 0{,}001$).

Tableau 7 : Analyse à deux critères de classification (AV2) (station, mois) de la densité de *P. rustica* dans les trois stations durant 2012.

Source de variation	**DDL**	**SCE**	**CM**	**F obs.**	**P**
Stations	2	91353	45677	142,4	0,000***
Mois	11	32463	2951	9,198	0,000***
Interaction station*mois	22	26975	1226	3,821	0,000***
Erreur résiduelle	72	23101	320,9		

DDL : Degré de liberté; **SCE:** Sommes des carrées des écarts; **CM:** Carré moyen; **F:** Test de Fisher; **P:** Seuil de signification.

2.4. Structure des tailles

L'analyse des différents histogrammes de fréquences de tailles a permis la mise au point de la structure démographique de *Patella rustica* durant l'année 2012 et la localisation dans le temps et dans l'espace de l'installation des jeunes recrus sur le substrat durs, après leur séjour larvaire (quelques jours) parmi le plancton. La connaissance des modalités de recrutement et d'installation des patelles dans le secteur Ouest du golfe d'Annaba, s'inscrit dans le cadre de la connaissance de la structure et l'organisation de cette espèce encore mal connue dans la région.

***El-Kala**

Pour la station d'El-Kala l'examen des histogrammes montre que les plus petites tailles appartiennent à la classe [6-7[mmrelevéeen janvier, mars, mai et juin, par contre on note l'absence de cette classe de taille durant le reste des mois. Ainsi on a observé la présence constante des grandes classes de taille supérieure à 30 mm durant toute la période étudiée à l'exception des mois de juin et juillet. Ensuite, une augmentation importante des fréquences des grandes classes de taille avec un déplacement du mode vers la droite à partir de juillet et août. Notons que les classes de taille les plus dominantes durant l'année sont : [14-15[, [15-16[, [16-17[, [17-18[, [18-19[, [19-20[, [20-21[et [21-22[mm, et les plus grands individus atteignent une taille entre 38 et 39 mm.

***El-Katara**

L'examen des histogrammes des fréquences de la station d'El-Katara montre l'absence des classes de taille inférieures à la classe [12-13[mm durant les mois de janvier, février, juillet, octobre, novembre et décembre. On note l'apparition despetits individus de taille comprise entre [6-7[, [7-8[mm au cours des mois de mars et juin respectivement. Les mois de juillet et août sont caractérisés par la présence dela plus grande classe de taille [36-37[mm. On remarque aussi une augmentation importante des grandes classes de taille avec un déplacement du mode vers la droite à partir du mois de juillet.

***Toche**

Au niveau de la station Toche l'examen des histogrammes au mois de janvier montre l'absence des petites classes de taille et la présence d'individus appartenant aux classes [14-15[jusqu'à [33-34[mm. En février, on signale l'installation des jeunes recrues de la classe [4-5[. Au mois d'avril on remarque la présence des petites classes de taille [3-4[mm et [5-6[mm [6-7[avec une augmentation des fréquences des classes qui s'étalent de [8-9[mm à [24-25[mm, on observe aussi l'absence des patelles detaille supérieure à] 26-28] mm et des tailles plus grandes. Alors qu'à partir du mois de mai on remarque la disparition des jeunes recrus de taille inférieur à 7 mm, ainsi que l'apparition des classes adultes [27-28[, [28-29[et[29-30[mm en mai et [32-33[en juin, avec le déplacement du mode vers la droite traduisant la croissance des patelles durant ces mois.Notons que les classe de taille les plus dominantes durant l'année sont : [8-9[, [9-10[, [11-12[, [12-13[, [13-14[, [14-15[et [17-18[mm et la taille maximale enregistrée appartient à la classe] 32-33].

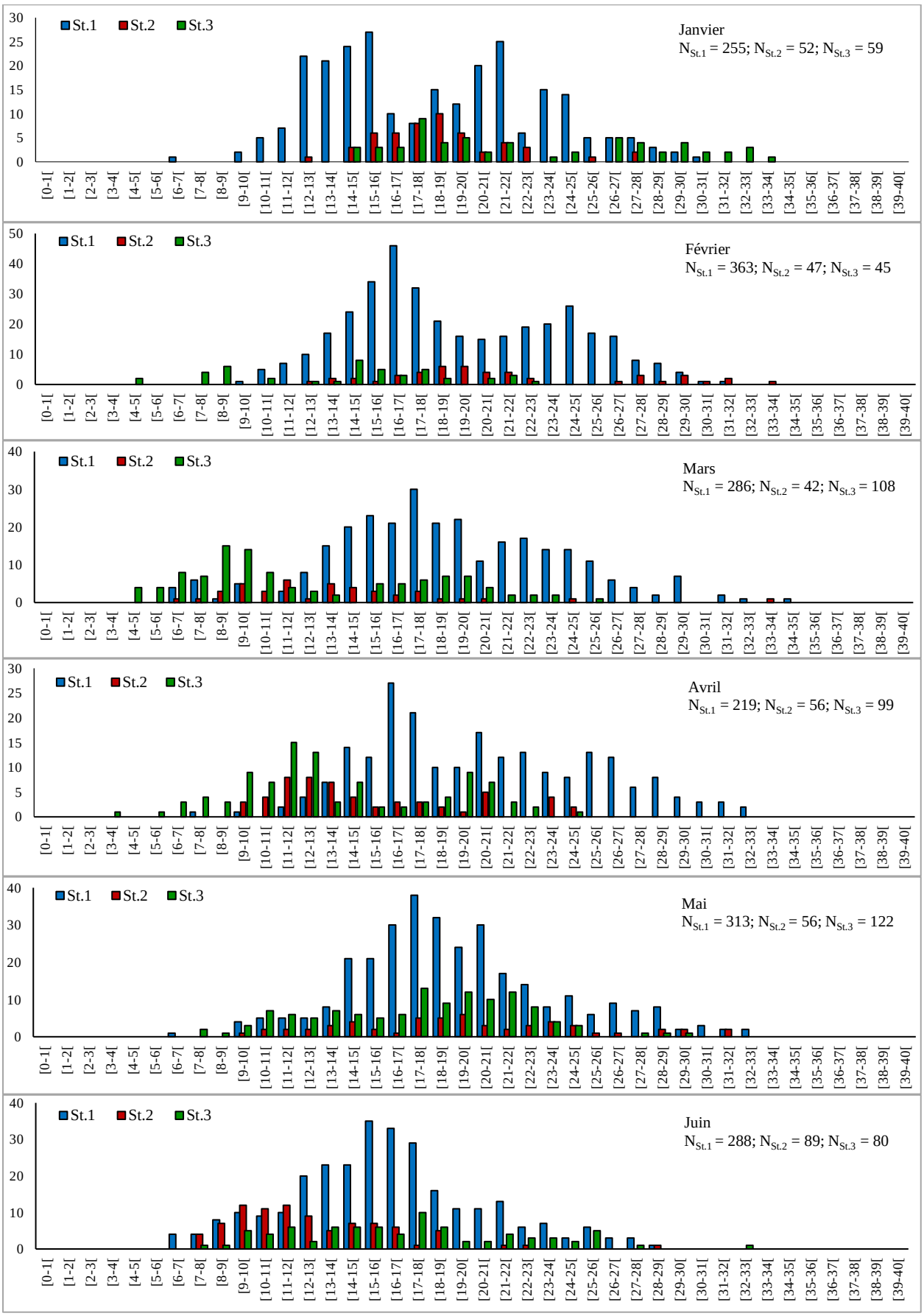


Figure 40. Distribution des fréquences de tailles chez *Patella rustica* dans les stations prospectées (janvier - juin 2012), (St.1 : El-Kala, St.2 : El-Katara, St.3 : Toche).

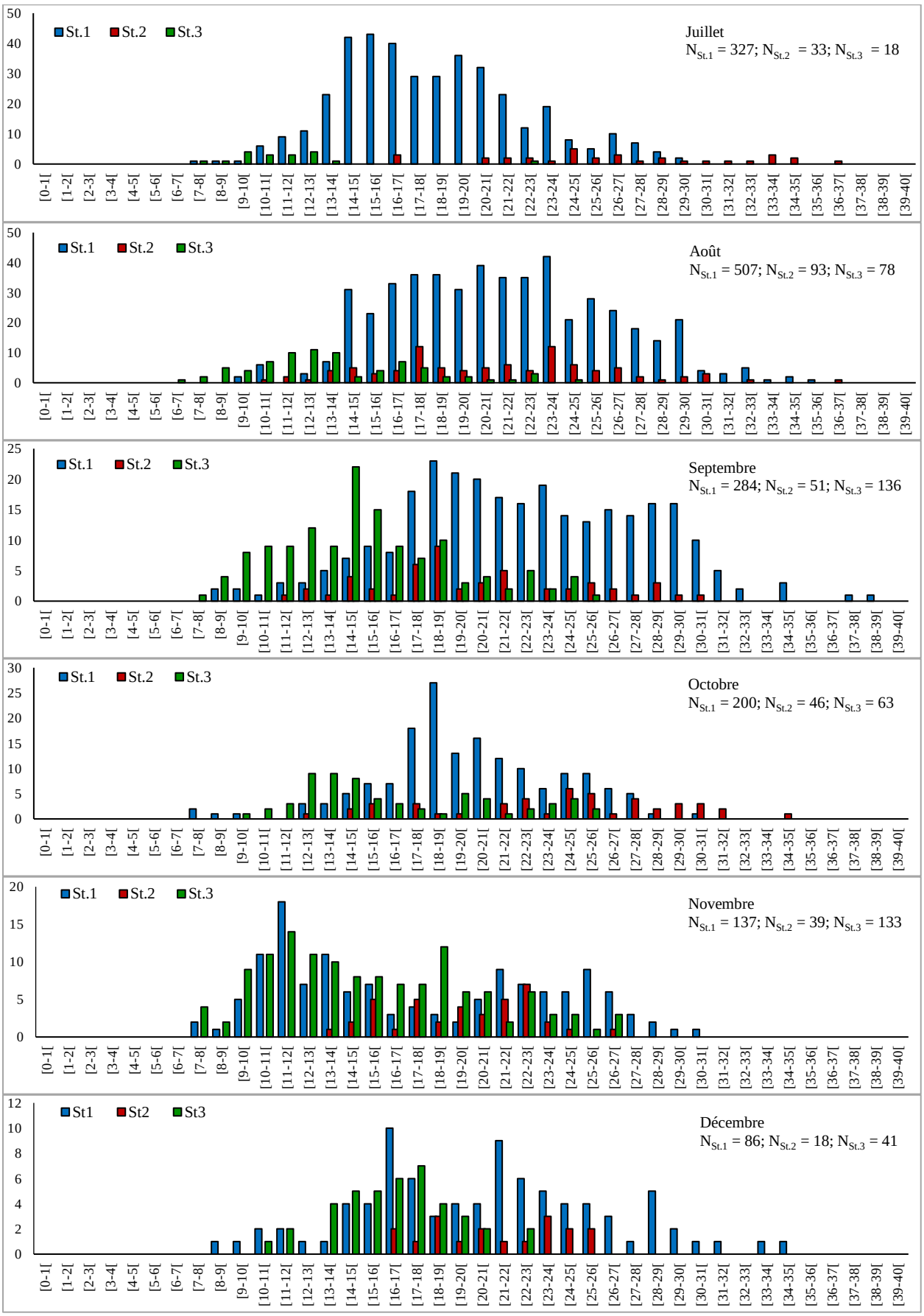


Figure 41. Distribution des fréquences de tailles chez *Patella rustica* dans les stations prospectées (juillet - décembre 2012), (St.1 : El-Kala, St.2 : El-Katara, St.3 : Toche).

2.5. Sex ratio

Chez *Patella rustica*, la différentiation sexuelle n'est possible que pendant la période d'activité sexuelle. Par conséquent, la sex-ratio a été calculée pendant cette période qui s'étale de mai à décembre, où le sexe est macroscopiquement identifiable.

Globalement, les fréquences relatives des deux sexes montrent une dominance des mâles par rapport aux femelles dans les trois stations prospectées **(Fig.42)**.Durant la période d'étude, nous avons collecté 2880 spécimens matures de taille ≥12mm, qui sont composés de 1865 mâles, 873 femelles et 142 indifférenciés. Toutefois, dans la station d'El-Kala, on relève la dominance des mâles surtout en juin (76,34%) et juillet (73,6 %).

Alors que dans la plage d'El-Katara, les mâles dominent surtout en juin et novembre avec des taux similaires de 74,41 % et 74,35% respectivement, à l'exception du mois de juillet où on a enregistré une légère dominance des femelles (54,54%). Dans la station de Toche les mâles prédominent durant toute la période d'activité sexuelle avec un taux le plus élevé enregistré en décembre (76,31%). Les individus indifférenciés sont décelés dans les trois stations durant toute la période d'étude, à l'exception des mois de novembre et décembre à El-Katara on note l'absence de ces individus.

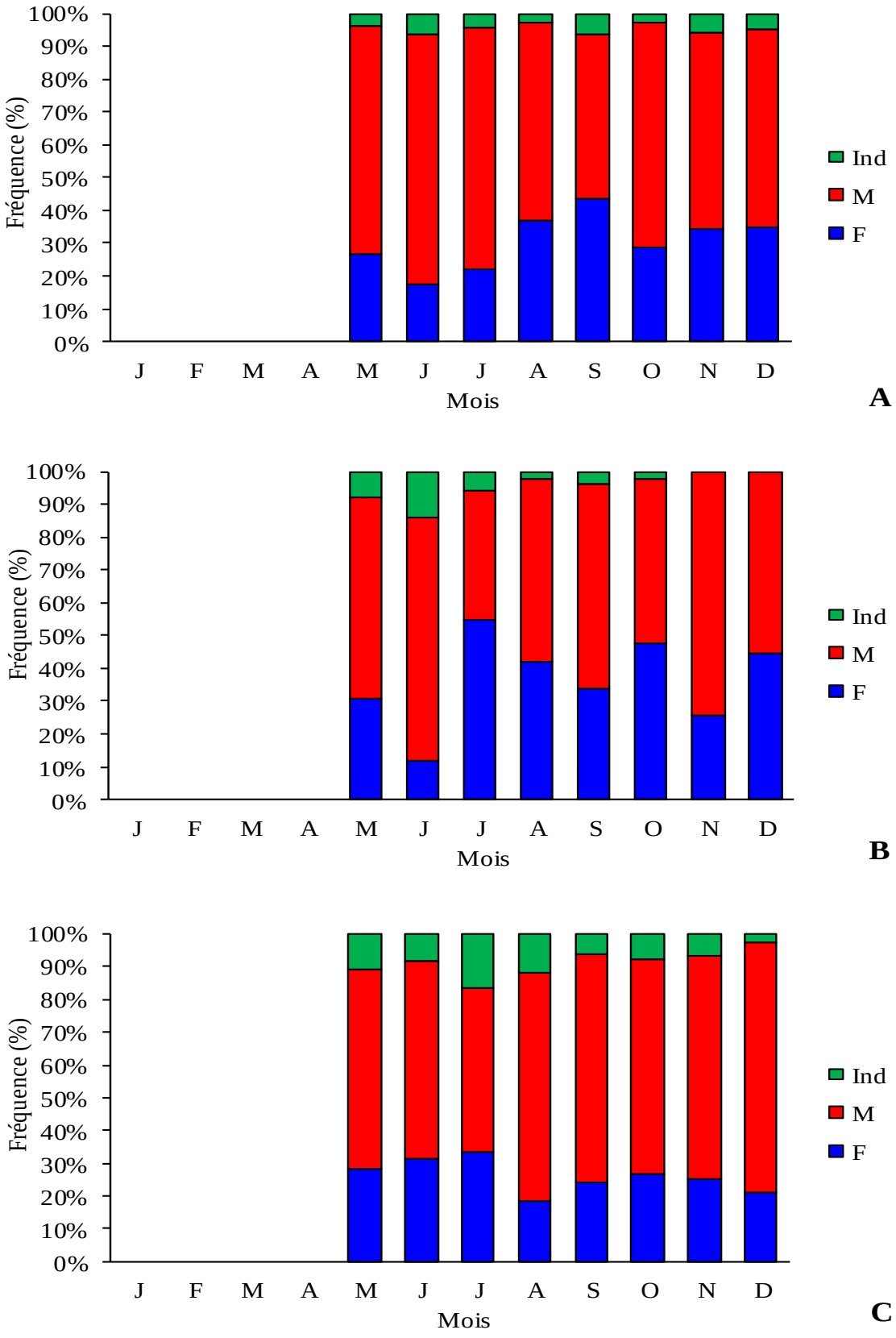


Figure 42. Fréquence relative des sexes dans les stations prospectées durant la période d'activité sexuelle (mai à décembre 2012) (**A** : El-Kala, **B** : El-Katara, **C** : Toche ; Ind: indifférenciés, M: mâles, F: femelles)

3. Etude de la croissance

3.1.Détermination de l'âge

- **Station d'El-Kala**

Dans la station d'El-Kala, nous avons pu déterminer 4 cohortes (**Fig.VII** de l'annexe). L'âge de la population totale est limité à 4 ans (**Tab. 8**).

Tableau 8 : Détermination des classes d'âge de *Patella rustica* de la station d'El-Kala par la méthode de Battacharya. N : représente l'effectif de la population totale.

Âge	Population totale (N=3284)	
	Longueurs observées	Ecart-Type
1	7 ,88	1,370
2	17,57	13,750
3	22,00	1,010
4	26,08	2,590

- **Station El-Katara**

Chez la population totale de *Patella rustica* de la station d'El-Katara nous avons pu déterminer 6 cohortes (**Fig.VIII** de l'annexe).L'âge de la population totale est limité à 6 ans (**Tab.9**).

Tableau 9 :Détermination des classes d'âge *Patella rustica* de la plage d'El-Katara par la méthode de Battacharya. N : représente l'effectif de la population totale.

Age	Population totale (N=582)	
	Longueurs observées	Ecart-Type
1	11,13	1,770
2	14,90	1,080
3	18,22	1,210
4	21,58	1,200
5	24,34	1,360
6	28,98	1,770

- **Station de Toche**

Dans la station Toche, nous avons pu déterminer 6 cohortes (**Fig. IX** de l'annexe).L'âge de la population totale est limité à 6 ans (**Tab.10**).

Tableau 10 : Détermination des classes d'âge de *Patella rustica* de la plage Toche par la méthode de Battacharya. N : représente l'effectif de la population totale.

Age	Population totale (N=951)	
	Longueurs observées	Ecart-Type
1	4,91	0,710
2	11,75	2,690
3	17,79	1,230
4	21,29	1,760
5	27,09	2,260
6	32,47	0,610

3.2.Analyse de la Croissance

3.2.1. Croissance linéaire absolue

- **Station El-Kala**

L'application du modèle de Von Bertalanffy aux couples âge-longueurs obtenus par la méthode de Battacharya, nous a permis d'aboutir à l'équation suivante:

$$\text{Population totale : } L_1 = 34{,}07\ [1\text{-}e^{-0{,}31(t\text{-}3{,}99)}]$$

La taille asymptotique (L∞) obtenue chez la population totale est de 34,07 mm. Les valeurs théoriques, observées et de l'accroissement théoriques correspondant à chaque âge sont consignées dans le tableau 16 de l'annexe. Chez la population totale, les valeurs observées et théoriques sont très proches.

Chez la population totale, la taille théorique maximale est de 24,19mm. Cette valeur est proche de celle observée qui est de 26,08 mm. Le taux d'accroissement annuel est de 9,06 mm à la première année, qui chute à3,59 mm à la quatrième année **(Fig.43)**

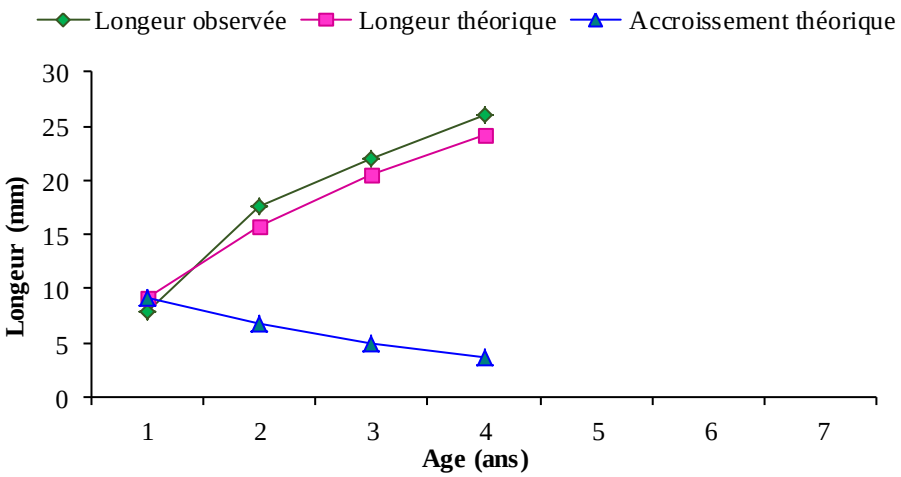


Figure 43. Croissance linéaire observée et théorique et accroissement annuel théorique chez la population totale de *Patella rustica* de la station El-Kala.

Station El-Katara

L'application du modèle de Von Bertalanffy aux couples âge-longueurs obtenus par l'étude de la méthode de Battacharya , nous a permis d'aboutir à l'équation suivante :

$$\text{Population totale : } L_1 = 34{,}07\ [1\text{-}e^{-0{,}31(t\text{-}5{,}98)}]$$

La taille asymptotique (L∞) obtenue chez la population totale est égale à 34,07mm. Les valeurs théorique, observées et de l'accroissement théoriques correspondant à chaque âge sont consignées dans le tableau17 en annexe.

Chez la population totale, les valeurs théoriques et observées sont très proches, la taille théorique maximale est de 26,11mm. Cette valeur est proche de celle observée qui est de 28,98 mm.Le taux annuel de croissance est élevé durant la première et la deuxième année de 8,1 mm et 6.01mm, il chute à 1,81 mm à la sixième année **(Fig.44)**.

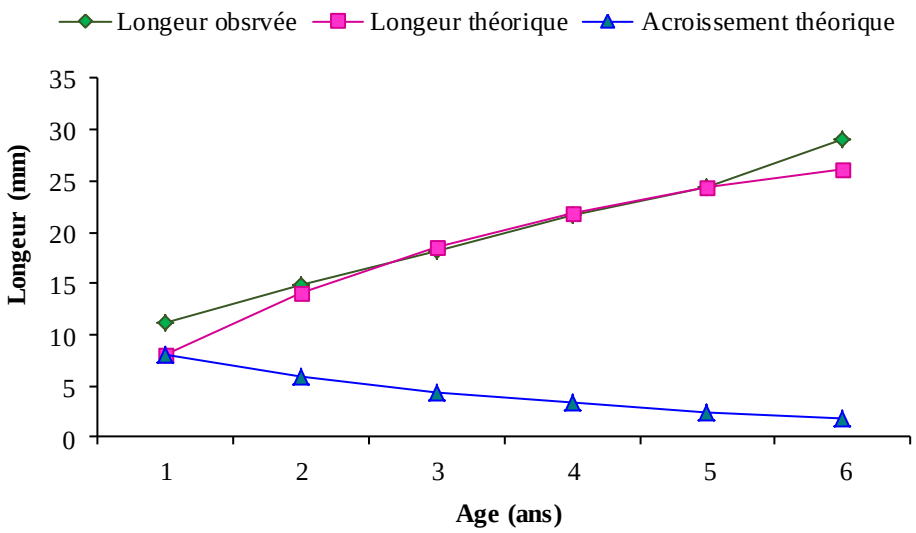


Figure 44. Croissance linéaire observée et théorique et accroissement annuel théorique chez la population totale de *Patella rustica* de la station El-Katara.

Station Toche

L'application du modèle de Von Bertalanffy aux couples âge-longueurs obtenus par l'étude de la méthode de Battacharya , nous a permis d'aboutir à l'équation suivante :

$$\text{Population totale : } L_1 = 64{,}94\ [1-e^{-0{,}10(t-5{,}98)}]$$

La taille asymptotique ($L\infty$) obtenue chez la population totale est égale à 64,94mm. Les valeurs théorique, observées et de l'accroissement théoriques correspondant à chaque âge sont consignées dans le tableau 18en annexe.

Chez la population totale, les valeurs théoriques et observées sont très proches, la taille théorique maximale est de 29,26 mm. Cette valeur est proche de celle observée qui est de 32,47 mm. Le taux annuel de croissance est élevé durant la première année (6,17 mm) et chute à 3,74 mm à la sixième année **(Fig.45)**.

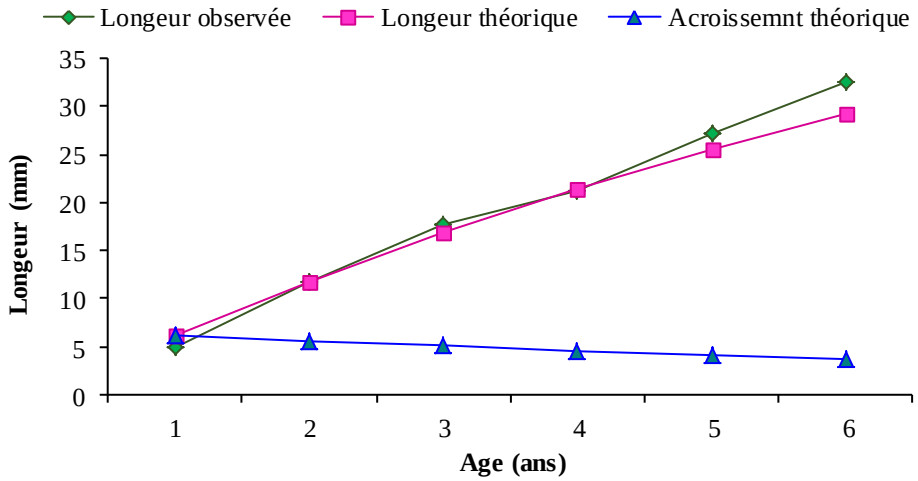


Figure 45. Croissance linéaire observée et théorique et accroissement annuel théorique chez la population totale de *Patella rustica* de la station Toche.

3.2.2. Croissance pondérale absolue

- **Station d'El-Kala**

Pour la population de la plage d'El-Kala, le modèle de la croissance pondérale absolue s'écrit comme suit :

$$\text{Population totale : } Pt=0,85[1-e^{-0,31(t-3,99)}]^{0,67}$$

Les valeurs du poids total théorique et l'accroissement annuel théorique correspondant à chaque âge pour la population totale de *Patella rustica* échantillonnée à la plage d'El-Kala sont consignés dans le tableau19 de l'annexe.

Chez la population totale, le taux de croissance est stable jusqu'à la quatrième année (0,35 g/an) **(Fig.46)**.

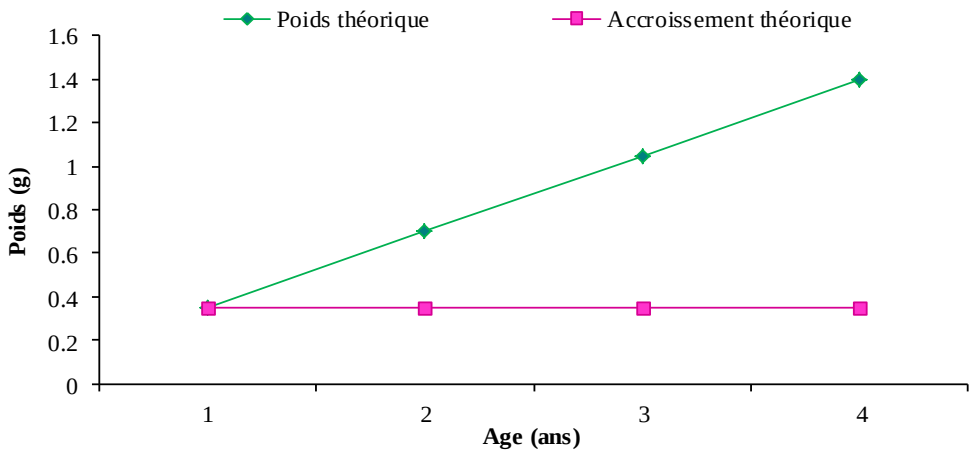


Figure 46. Croissance pondérale théorique et accroissement annuel théorique chez la population totale de *Patella rustica* d'El-Kala.

Station El-Katara

Chez la population d'El-Katara, le modèle de la croissance pondérale absolue s'écrit comme suit :

$$\text{Population totale: } Pt=0{,}29[1-e^{-0{,}30(t-5{,}98)}]^{1{,}182}$$

Les valeurs du poids total théorique et l'accroissement annuel théorique correspondant à chaque âge pour la population totale de *Patella rustica* sont consignées dans le tableau 20 de l'annexe.

Chez la population totale, l'accroissement pondéral annuel est de 0,05 g durant la première année. Le gain pondéral reste constant tout le long de la vie de la patelle **(Fig.47)**

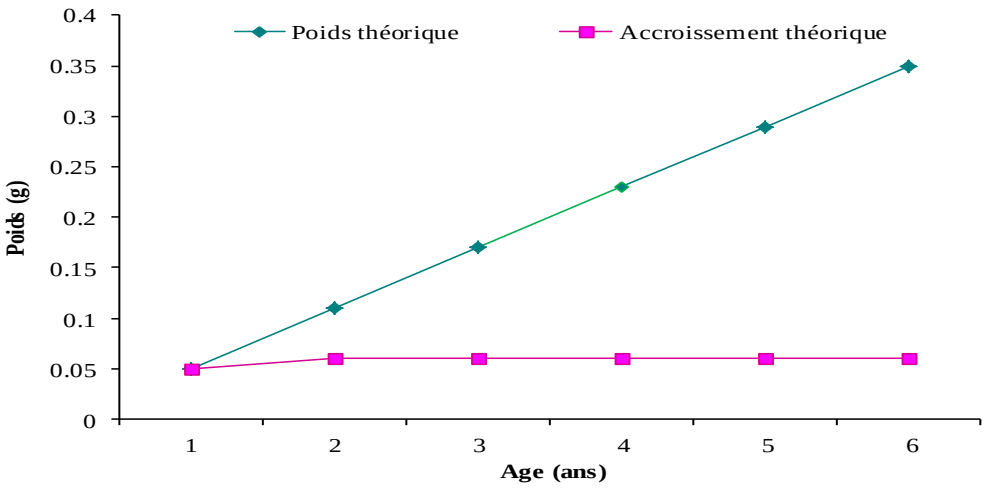


Figure 47. Croissance pondérale observée et théorique et accroissement annuel théorique chez la population totale de *Patella rustica* d'El-Katara.

Station Toche

Pour la population de la plage Toche, le modèle de la croissance pondérale absolue s'écrit comme suit :

$$\text{Population totale: } Pt = 0{,}26[1-e^{-0{,}10(t-5{,}98)}]^{1{,}268}$$

Les valeurs du poids total théorique et l'accroissement annuel théorique correspondant à chaque âge pour la population totale de *Patella rustica* échantillonnées à la plage Toche sont consignés dans les tableaux 21 de l'annexe.

Chez la population totale, le taux de croissance est faible jusqu'a la quatrième année où il augmente légèrement (0,02 g/an) puis il chute de nouveau à la cinquième et la sixième année (0,01 g/an) **(Fig.48)**.

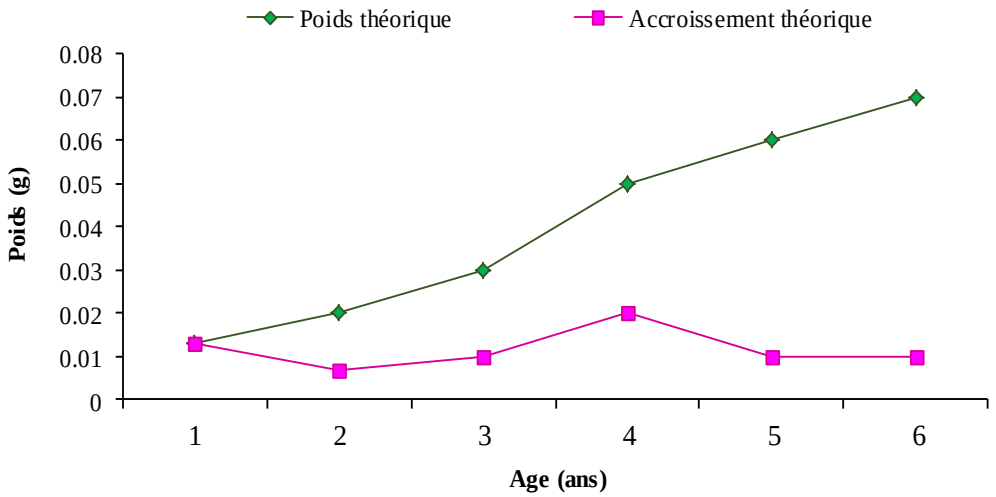


Figure 48. Croissance pondérale théorique et accroissement annuel théorique chez la population totale de *Patella rustica* échantillonnés à Toche.

4. Etude du cycle reproducteur

4.1. Indice de condition

La **figure 49** représente les variations mensuelles de l'indice de condition (I.C) chez *Patella rustica* collectée dans les deux stations du golfe d'Annaba : El-Katara et Toche, ainsi que dans la région d'El-Kala. D'après les résultats obtenus, la station Toche présente des moyennes qui varient entre 0,286 ± 0,051 au mois de février à 0,488 ± 0,074 au mois de janvier. A El-Katara les moyennes sont comprises entre un minimum de 0,319 ± 0,037au mois de février et un maximum de 0,615 ± 0.056 au mois de janvier. Quant à la station de référence

d'El-Kala les moyennes varient entre 0,345 ± 0,37 au mois de juin et 0,534 ± 0,041 au mois de décembre.

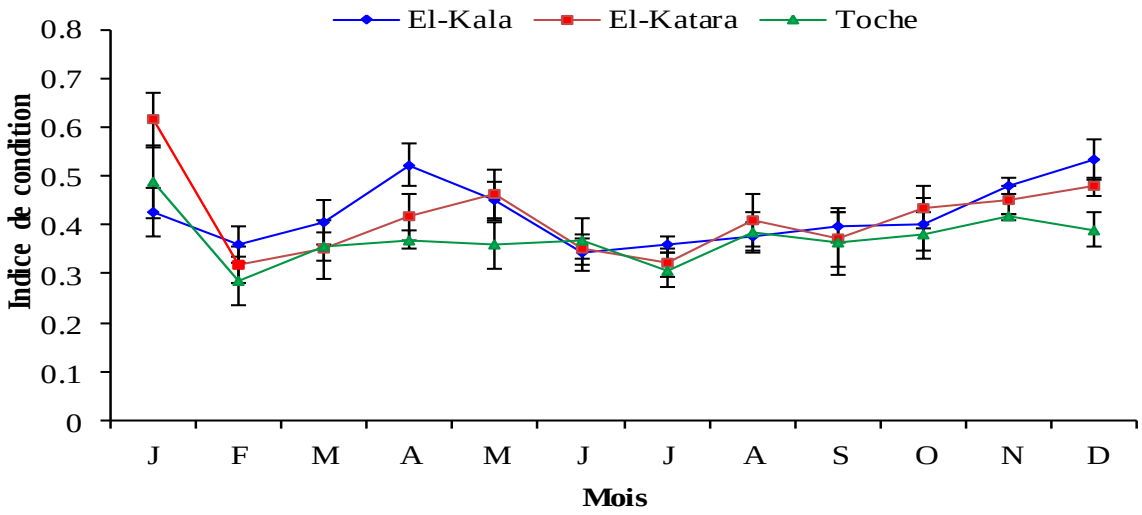


Figure 49. Variations spatio-temporelles de l'indice de condition chez *P. rustica* durant l'année 2012 (N=10).

En tenant compte des mois, et d'après les résultats de l'analyse de la variance à un seul critère de classification (**Tab.11**), on note qu'il y'a une différence très hautement significatives (P ≤ 0,001) entre les trois stations pendant toute la période de l'étude à l'exception des mois de février et juillet (P< 0,01) une différence très significative , une différence significative (P< 0,05) au mois de mars. Durant les mois de juin, août, septembre et octobre (P≥0,05), il n'existe pas de signification. Le test HSD de Tukey révèle le classement montré dans le tableau ci-dessous :

Tableau 11: Analyse de la variance à un seul critère de classification (station) en fonction des mois (N = 10), de l'indice de condition chez *P. rustica*, avec la classification de Tukey (m± s).

	El-Kala		El-Katara		Toche		P
Janvier	0,427± 0,049	**A**	0,615±0.056	**AB**	0,488±0,074	**B**	<0,0001***
Février	0,36±0.036	**A**	0,319± 0,037	**AB**	0,286±0,051	**B**	0,0038**
Mars	0,406± 0,045	**A**	0,35±0,059	**B**	0,355±0,03	**AB**	0,0334*
Avril	0,523± 0,045	**A**	0,416±0,047	**B**	0,37±0,019	**B**	<0,0001***
Mai	0,449± 0,04	**A**	0,464±0,05	**A**	0,358±0,046	**B**	<0,0001***
Juin	0,345± 0,037	**A**	0,351±0,021	**A**	0,366±0,049	**A**	0,5065NS
Juillet	0,36± 0,018	**A**	0,322±0,028	**B**	0,308±0,035	**B**	0,0019**
Août	0,376±0,028	**A**	0,409±0,053	**A**	0,385±0,04	**A**	0,2503NS
Septembre	0,399± 0,037	**A**	0,372± 0,056	**A**	0,362± 0,066	**A**	0,3583 NS
Octobre	0,401± 0,053	**A**	0,436± 0,044	**A**	0,38± 0,048	**A**	0,0670 NS
Novembre	0,48± 0,016	**A**	0,449± 0,029	**B**	0,416± 0,007	**C**	<0,0001***
Décembre	0,534± 0,041	**A**	0,478±0,018	**B**	0,39± 0,034	**C**	<0,0001***

L'analyse de la variance à deux critères de classification (station, mois) (**Tab.12**), révèle une différence très hautement significative facteur temps et station et l'interaction temps/ stations ($P \leq 0{,}001$).

Tableau 12: Analyse de la variance à deux critères de classification (station, mois) de l'indice de condition chez *P. rustica* dans les trois stations durant la période d'étude (N=10).

Source de variation	DDL	SCE	CM	F obs.	P
Stations	2	0,1757	0,08787	42,54	0,000***
Mois	11	1,063	0,09666	46,79	0,000***
Interaction station*mois	22	0,4157	0,01890	9,147	0,000***
Erreur résiduelle	324	0,6693	0,002066		

DDL : Degré de liberté; **SCE:** Sommes des carrées des écarts; **CM:** Carré moyen; **F:** Test de Fisher; **P:** Seuil de signification.

4.2. Rapport gonado-somatique

Les valeurs les plus importantes du rapport gonado-somatique sont enregistrées au mois de novembre au niveau des trois stations prospectées **(Fig.50)**.

La station d'El-Kala abrite la moyenne la plus faible de 0.64 ± 0,59 au mois de février, et la moyenne la plus élevée de 30,70 ± 3,29 au mois de novembre. A El-Katara le RGS atteint un maximum de 24,69 ± 0,57 en novembre et un minimum de 0,83 ± 0,46 au mois de juin.

Toche présente un RGS de 30,57 ± 7,10 au mois de novembre et de 0,76 ± 0,50 en août.

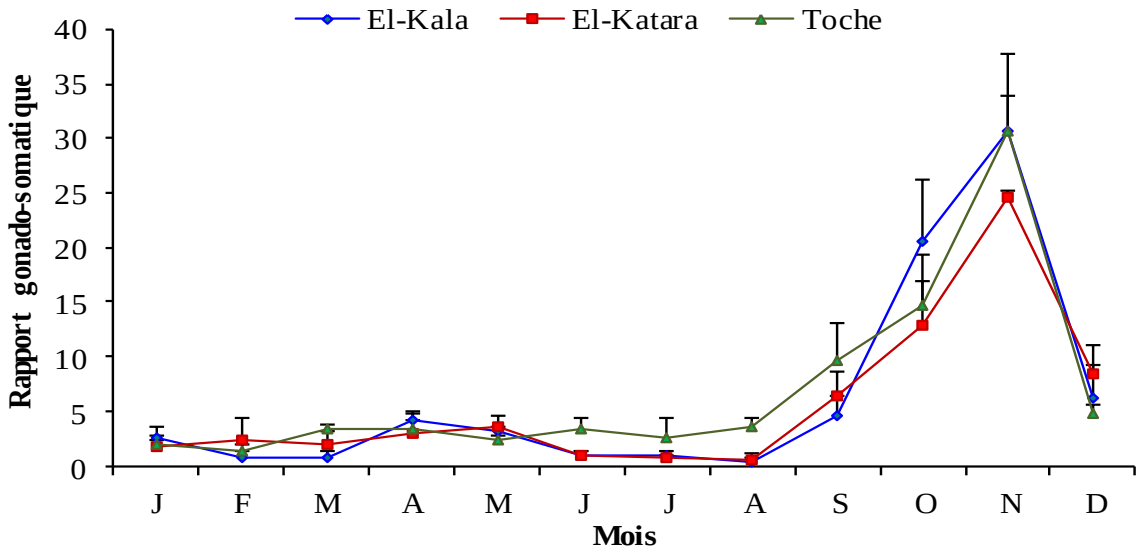


Figure 50. Variation mensuelle du rapport gonado-somatique dans les stations prospectées durant l'année 2012.

En tenant compte des mois, et d'après les résultats de l'analyse de la variance à un seul critère de classification (**Tab.13**), on note une différence significative ($P \leq 0,05$) durant les mois de mars et décembre, et une différence très hautement significative ($P \leq 0,001$) au mois de juin, par contre il n'y aurait aucune différence significative durant le reste des mois ($P \geq 0,05$). Le test HSD de Tukey révèle le classement montré dans le tableau ci-dessous :

Tableau 13 : Analyse de la variance à un seul critère de classification (station) en fonction des mois (N = 4), du rapport gonado-somatique.

	El-Kala		El-Katara		Toche		P
Janvier	2,562± 1,044	**A**	1,665± 1,084	**A**	1,969 ± 0,368	**A**	0,1071ns
Février	0,647 ± 0,599	**A**	2,27 ± 2,122	**A**	1,437 ± 0,477	**A**	0,1165ns
Mars	0,827 ± 0,411	**A**	1,967 ± 1,113	**AB**	3,273 ± 0,588	**B**	0,0113*
Avril	4,15± 0,855	**A**	3± 1,142	**A**	3,372 ± 1,330	**A**	0,4732ns
Mai	3,205± 0,451	**A**	3,605± 0,888	**A**	2,272 ± 0,449	**A**	0,0742ns
Juin	0,976± 0.364	**A**	0,835± 0,466	**A**	3,308 ± 1,004	**B**	<0,0001***
Juillet	0,927 ± 0,363	**A**	0,752 ± 0,269	**A**	2,457 ± 1,841	**A**	0,6597ns
Août	0,427 ± 0,348	**A**	0,627± 0,510	**A**	3,570 ± 0,825	**A**	0,6755ns
Septembre	4,632 ±1,808	**A**	6,415± 2,213	**A**	9,645± 3.326	**A**	0,0992ns
Octobre	20,567 ± 5,671	**A**	12,912 ± 4,088	**A**	14,635 ± 4,748	**A**	0,1870ns
Novembre	30,707± 3,293	**A**	24,696 ± 0,577	**A**	30,577 ± 7,109	**A**	0,2332ns
Décembre	6,18 ± 3,076	**A**	8,355± 2,679	**AB**	4,804 ± 0,727	**B**	0,0384*

L'analyse de la variance à deux critères de classification (station, mois) (**Tab.14**), révèle une différence très hautement significative facteur temps et l'interaction temps/ stations ($P \leq 0,001$), et pas de signification pour le facteur stations (P=0,0997).

Tableau 14: Analyse de la variance à deux critères de classification (station, mois) du rapport gonado-somatique chez *P. rustica* dans les trois stations durant la période d'étude (N= 4).

Source de variation	**DDL**	**SCE**	**CM**	**F obs.**	**P**
Stations	2	32,73	16,36	2,356	0,0997 NS
Mois	11	8863	805,7	116	<0,0001***
Interaction station*mois	22	427,8	19,45	2,799	0,0002***
Erreur résiduelle	108	750,2	6,947		

DDL : Degré de liberté; **SCE:** Sommes des carrées des écarts; **CM:** Carré moyen; **F:** Test de Fisher; **P:** Seuil de signification.

4.3. Histologie des ovaires

Cette étude vise à suivre les différents stades de l'ovogenèse, ainsi qu'à déterminer d'éventuelles perturbations et/ou différences au niveau du cycle de la reproduction chez *Patella rustica* prélevée dans les stations du golfe d'Annaba exposées à la pollution et dans la station d'El-Kala qui est éloignée des sources de contamination. A cet effet, une dizaine de femelles matures (>28 mm) ont été collectées mensuellement durant un cycle (2012) au niveau des différentes stations retenues.

L'activité sexuelle chez les femelles de *P. rustica* d'El-Kala et du golfe d'Annaba commence à partir du mois de mai, et atteignent leur maturité génitale à partir de septembre dans le golfe d'Annaba et en octobre à El-Kala avec un pic enregistré en novembre pour les deux sites. A partir de décembre les ovaires émettent leurs gamètes pour entamer par la suite la phase de restauration et l'ovogenèse (**Tab. 15**).

L'observation microscopique des coupes histologiques des ovaires de *P. rustica* nous a permis d'identifier cinq stades d'ovogénèse: (I) repos sexuel **(Fig.51)**, (II) début d'ovogénèse**(Fig.52)**, (III) fin d'ovogenèse **(Fig.53)**, (IV) maturation **(Fig.54)**, (V) ponte et post-ponte **(Fig.55)**.

Tableau 15 : Chronologiedes différents stades d'ovogenèse chez *Patella rustica* observé en histologie pour les deux sites.

Stades sexuels	**El-Kala**	**Golfe d'Annaba**
Stade I	janvier à avril	janvier à avril
Stade II	mai à juillet	mai à août
Stade III	août, septembre	août
Stade IV	octobre, novembre	septembre à novembre
Stade V	décembre	décembre

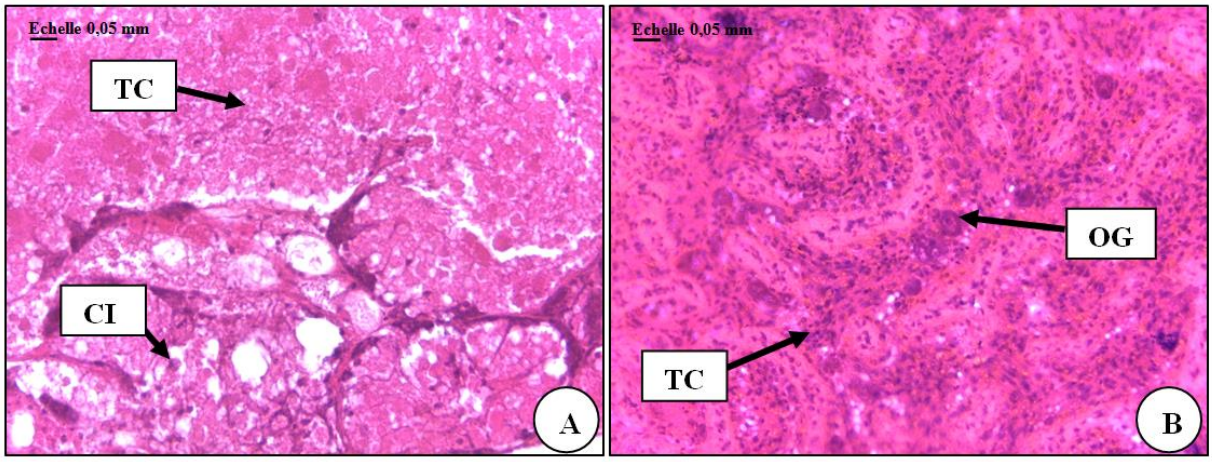


Figure 51. Stade I : Repos sexuel: la gonade est lâche; Le tissu conjonctif est très abondant, avec la présence d'ovogonies inférieures à 6 µm de diamètre. A ce stade, l'identification sexuelle chez *P. rustica* est impossible, puisque le tissu de la gonade est homogène et transparent. (**A**: El-Kala, **B**: Golfe d'Annaba ; TC: tissu conjonctif, CI: cellule indifférenciée, OG: ovogonie). Barre d'échelle: 0,05 mm.

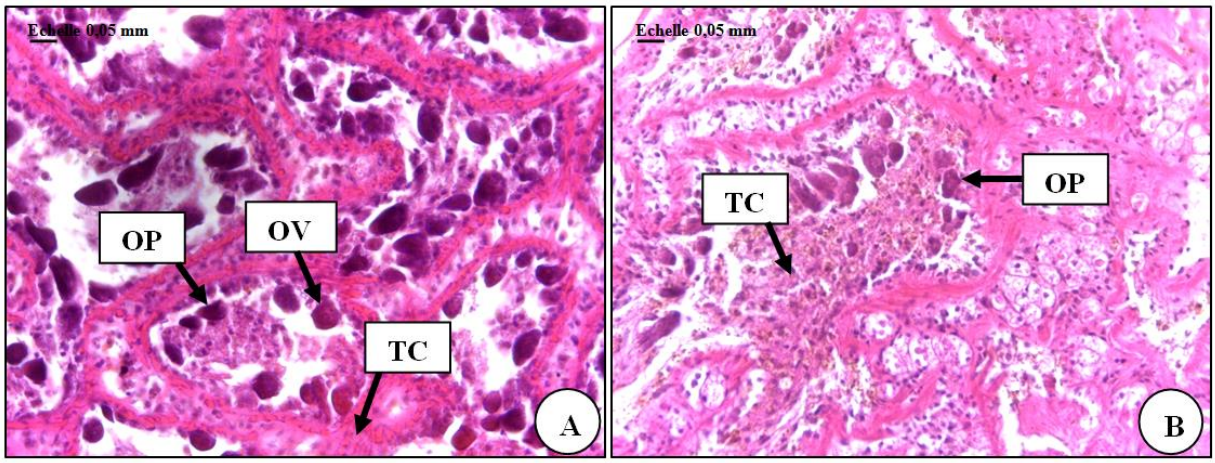


Figure 52. Stade II : début du développement ou d'ovogenèse : on distingue la présence d'ovogonies et moins d'ovocytes de diamètre moyen de 0,05 mm. (**A**: El-Kala, **B**: Golfe d'Annaba ; TC: tissu conjonctif, OV: ovocyte vitellogènique, OP: ovocyte prévitellogénique). Barre d'échelle: 0,05 mm.

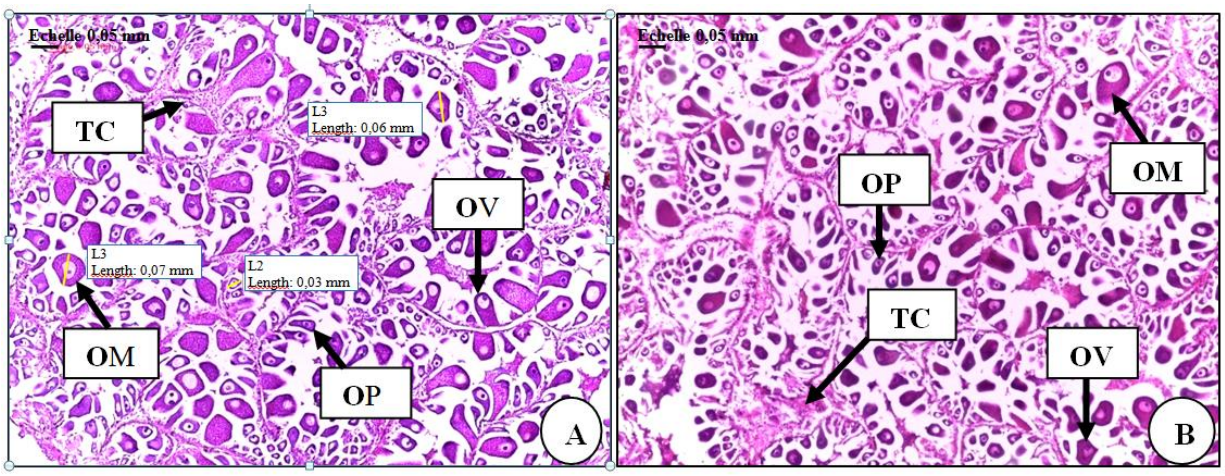


Figure 53. Stade III : fin du développement ou d'ovogenèse : cette phase est caractérisée par un rétrécissement du tissu conjonctif en faveur des ovocytes vitellogeniques. Nous avons également observé une présence significative d'ovocytes prévitellogeniques pouvant atteindre une taille de 0,08 mm. (**A**: El-Kala, **B**: Golfe d'Annaba ; TC: tissu conjonctif, OV: ovocyte vitellogènique, OP: ovocyte prévitellogénique). Barre d'échelle: 0,05 mm.

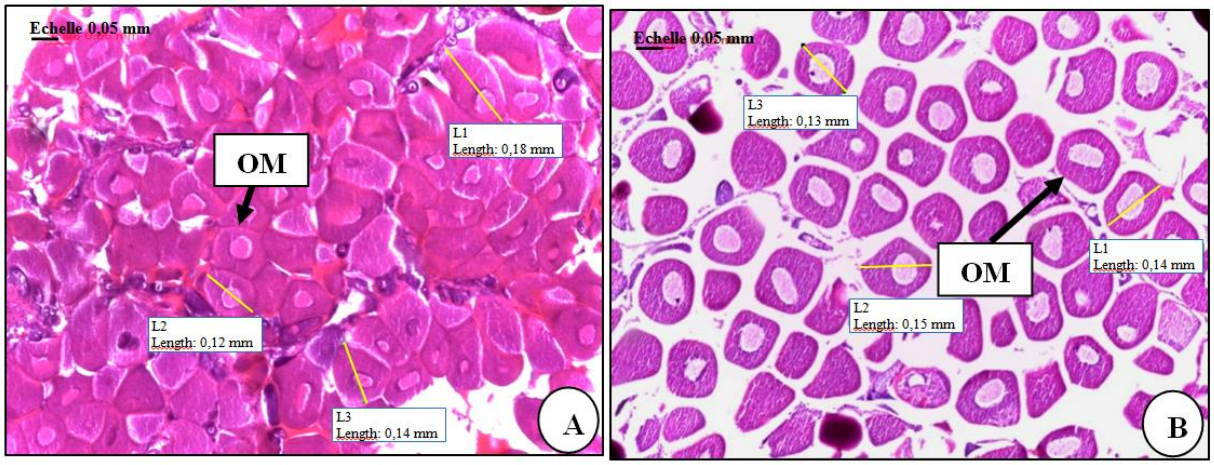


Figure 54. Stade IV: maturation : La gonade atteint son volume maximal, elle est remplie principalement d'ovocytes matures d'un diamètre moyen d'environ 0,15 mm. (**A**: El-Kala, **B**: Golfe d'Annaba ; OM: ovocyte mature). Barre d'échelle: 0,05 mm.

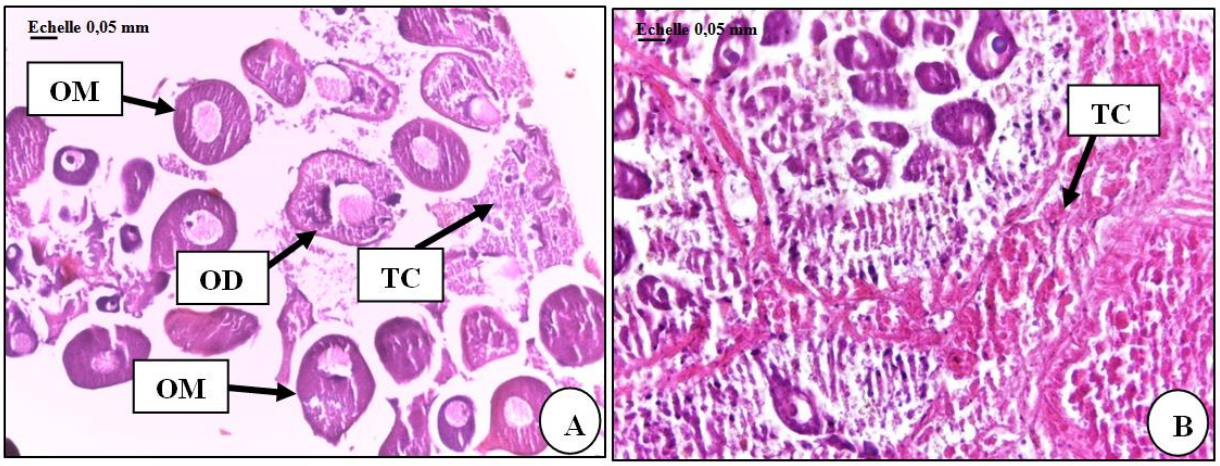


Figure 55. Stade V: ponte et post-ponte : évacuations d'ovocytes matures, les ovaires ont un aspect beaucoup plus lâche. (**A**: ponte et **B**: post-ponte (pour les deux sites); OM: ovocyte mature, OD: oocyte dégénératif, TC: tissu conjonctif). Barre d'échelle: 0,05 mm.

5. Analyses biochimiques

5.1. L'acétylcholinestérase

L'activité spécifique de l'AChE exprimée en µmol/min/mg de protéines a été déterminée mensuellement au niveau de la tête de *P. rustica* selon la méthode d'Elman et *al*., 1961. L'activité enzymatique de l'AChE atteint des valeurs moyennes minimales enregistrées au mois de mars (3,999±1,239 ; 5,458±2,210 µmol/min/mg de protéines) chez les individus collectés respectivement à El-Katara et Toche. A El-Kala la valeur minimale et de 10,876 ±1,083 (µm/min/mg de protéines) en octobre. Quant aux plus fortes activités elles sont enregistrées en juin (27,732±1,389; 14,431±2,588 µmol/min/mg de protéines) et correspondent aux individus collectés respectivement à El-Kala et El-Katara, et un maximum de 10,138 ± 0,555(µmol/ min/mg de protéines) a été observé au mois d'avril dans la station Toche (**Fig.56**).

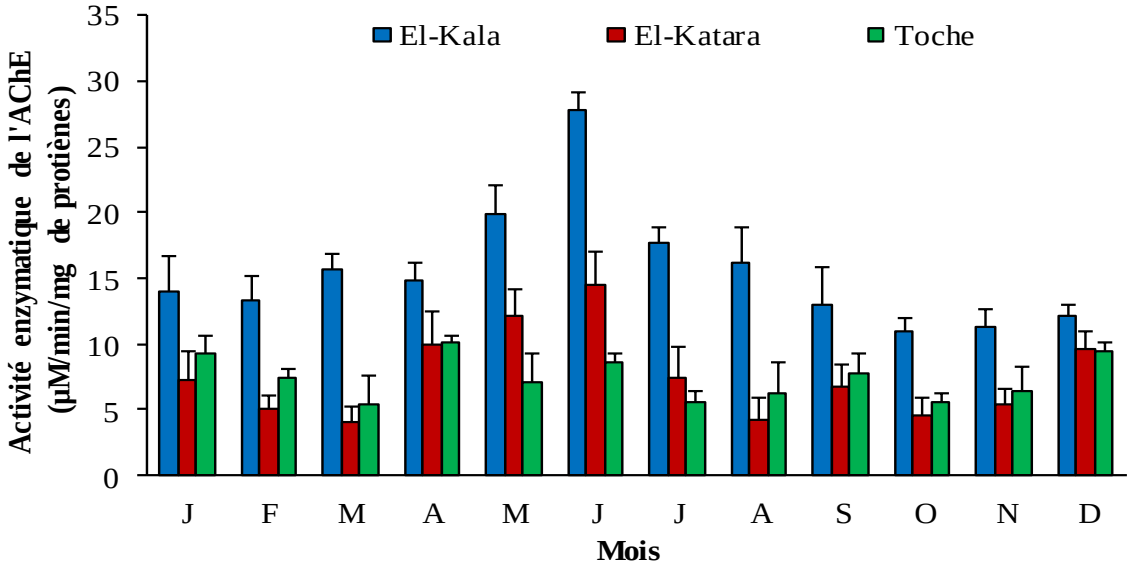


Figure 56. Variations spatio-temporelles de l'activité spécifique de l'AChE (µmol/min/mg de protéine) au niveau de la tête de *P. rustica* durant l'année 2012 (N=4).

Les résultats de l'analyse de la variance à un seul critère de classification (**Tab.16**), révèle une différence très hautement significatives (P ≤ 0,001) entre les trois stations pendant toute la période de l'étude à l'exception des mois de janvier, septembre, décembre (P< 0,05). Une différence significative est a signalée durant les mois d'avril et novembre. Les résultats sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 16: Analyse de la variance à un seul critère de classification (station) en fonction des mois (N = 4) de l'AChE, avec la classification de Tukey (m± s).

	El-Kala		El-Katara		Toche		P
Janvier	13,917 ± 2,754	**A**	7,198± 2,265	**B**	9,280 ± 1,336	**AB**	<0,0129*
Février	13,226 ± 1,960	**A**	5,126 ± 0,969	**B**	7,334 ± 0,724	**B**	0,0001***
Mars	15,673 ± 1,105	**A**	3,999± 1,239	**B**	5,458 ± 2,210	**B**	<0,0001***
Avril	14,781 ± 1,331	**A**	9,962 ± 2,461	**B**	10,138 ± 0,555	**B**	0,0092**
Mai	19,789 ± 2,298	**A**	12,116± 2,109	**B**	7,129 ± 2,198	**B**	0,0002***
Juin	27,732 ± 1,389	**A**	14,431± 2,588	**B**	8,679 ± 0,531	**C**	<0,0001***
Juillet	17,752 ± 1,044	**A**	7,495± 2,293	**B**	5,515 ± 0,868	**B**	<0,0001***
Août	16,187 ±2,606	**A**	4,168 ± 1,815	**B**	6,158 ± 2,401	**B**	0,0003***
Septembre	12,891 ±2,992	**A**	6,697 ±1,808	**B**	7,793 ± 1,472	**B**	0,0157*
Octobre	10,876 ±1,083	**A**	4,593 ± 1,247	**B**	5,525 ± 0,643	**B**	<0,0001***
Novembre	11,359 ±1,321	**A**	5,436 ± 1,080	**B**	6,433 ± 1,838	**B**	0,0016**
Décembre	12,118 ± 0,783	**A**	9,632 ± 1,328	**B**	9,467 ± 0,652	**B**	0,0142*

L'analyse de la variance à deux critères de classification (station, mois) (**Tab.17**), révèle une différence très hautement significative facteur temps et station et l'interaction temps/ stations ($P \leq 0{,}001$).

Tableau 17 : Analyse de la variance à deux critères de classification (station, mois) de l'Activité spécifique de l'AChE chez *P. rustica* dans les trois stations durant 2012 (N=4).

Source de variation	DDL	SCE	CM	F obs.	P
Stations	2	2067	1033	256,7	0,000***
Mois	11	969,7	88,15	21,90	0,000***
Interaction station*mois	22	595,8	27,08	6,728	0,000***
Erreur résiduelle	108	464,7	4,025		

DDL : Degré de liberté; **SCE:** Sommes des carrées des écarts; **CM:** Carré moyen; **F:** Test de Fisher; **P:** Seuil de signification.

5.2. La Glutathion S-transférase

La détermination de l'activité enzymatique de la GST a été réalisée au niveau du manteau des *P. rustica* selon la méthode d'Habig *et al.* (1974).

Les valeurs moyennes de l'activité enzymatique de la GST montrent une valeur minimale de 0,06 ± 0,012 (µm/min/mg de protéines) au mois d'avril au niveau de la station d'El-Kala, et une valeur maximale de 0,839 ± 0,046 (µm/min/mg de protéines) à Toche le mois de mars (**Fig.57**).

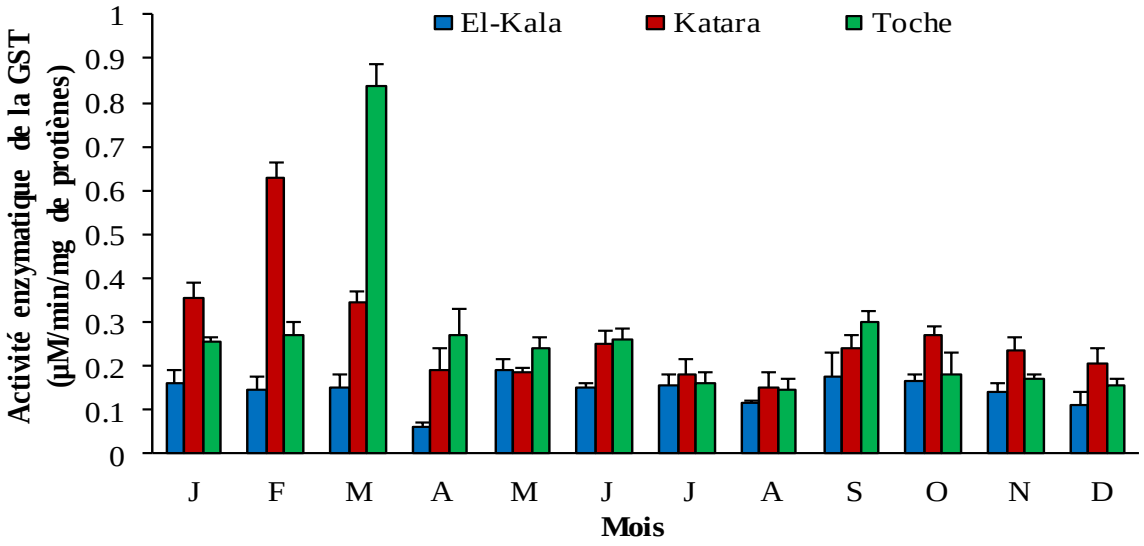


Figure 57. Variations spatio-temporelles de l'activité spécifique de la GST (µmol/min/mg de protéine) au niveau du manteau de *P. rustica* durant l'année 2012 (N=4).

D'après les résultats de l'analyse de la variance à un seul critère de classification (**Tab.18**), on note qu'il y'a une différence très hautement significatives (P ≤ 0,001) entre les trois stations durant janvier, février, mars, avril et juin, une différence très significative (P< 0,01) a été enregistrée en octobre, novembre et décembre.

Alors qu'on note une différence significative (P< 0,05) aux mois de mai et septembre, par contre aucune différence n'a été observée en juillet et août. Les résultats sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 18: Analyse de la variance à un seul critère de classification (station) en fonction des mois (N = 4) de la GST,avec la classification de Tukey (m± s).

	El-Kala	El-Katara	Toche	P
Janvier	0,161 ± 0,029 **A**	0,352± 0,036 **B**	0,255± 0,009 **C**	<0,0001***
Février	0,146± 0,029 **A**	0,626 ± 0,037 **B**	0,269± 0,031 **C**	<0,0001***
Mars	0,148± 0,03 **A**	0,342± 0,027 **B**	0,839± 0,046 **C**	<0,0001***
Avril	0,06± 0,012 **A**	0,189± 0,05 **B**	0,271± 0,058 **B**	0,0010***
Mai	0,192± 0,024 **A**	0,185± 0,01 **A**	0,239±0,023 **B**	0,0199*
Juin	0,148± 0,012 **A**	0,251± 0,028 **B**	0,257±0,026 **B**	0,0005***
Juillet	0,153± 0,028 **A**	0,181 ± 0,034 **A**	0,159± 0,025 **A**	0,5052ns
Août	0,114± 0,005 **A**	0,152 ± 0,031 **A**	0,146± 0,022 **A**	0,1387ns
Septembre	0,177± 0,052 **A**	0,237 ± 0,034 **AB**	0,3± 0,025 **B**	0,0134*
Octobre	0,165± 0,017 **A**	0,268± 0,019 **A**	0,182± 0,047 **B**	0,0065**
Novembre	0,138± 0,021 **A**	0,236± 0,028 **A**	0,169± 0,01 **B**	0,0010**
Décembre	0,111± 0,029 **A**	0,205± 0,033 **B**	0,156± 0,015 **AB**	0,0072**

L'analyse de la variance à deux critères de classification (station, mois) (**Tab.19**), révèle une différence très hautement significative facteur temps et station et l'interaction temps/ stations (P ≤ 0,001).

Tableau 19: Analyse de la variance à deux critères de classification (station, mois) de l'Activité spécifique de la GST chez *P. rustica* dans les trois stations durant 2012 (N=4).

Source de variation	DDL	SCE	CM	F obs.	P
Stations	2	0,5131	0,2565	204,9	0,000***
Mois	11	1,017	0,09247	73,86	0,000***
Interaction station*mois	22	1,298	0,05900	47,12	0,000***
Erreur résiduelle	108	0,1352	0,001252		

DDL : Degré de liberté; **SCE:** Sommes des carrées des écarts; **CM:** Carré moyen; **F:** Test de Fisher; **P:** Seuil de signification.

DISCUSSION

CHAPITRE IV : DISCUSSION

1. Paramètres physico-chimiques

La température est l'un des premiers facteurs qui contrôle l'essentiel des activités biologiques et écologiques des êtres vivants **(Thiery, 1987)**. Elle joue un rôle fondamental dans la répartition des espèces et la limitation de certaines activités biologiques **(Rodier, 1996)**. Les variations de la température de l'eau sont tributaires des variations de la température atmosphérique ambiante et qui dépend elle aussi des variations saisonnières **(Neveu *et al.*, 2001)**. Par ailleurs, la température atmosphérique a également une action directe sur l'évaporation de l'eau et par conséquent sur la salinité des eaux superficielles **(Belkheir et Hadj Ali, 1991)**.

L'accroissement de la température favorise avec d'autres facteurs la productivité primaire et donc une augmentation de nourriture pour la faune aquatique **(Bremond et Vuichard, 1973)**.

Durant notre étude, les relevés de la température des eaux dans les trois stations affichent des variations similaires et fait ressortir l'existence d'une période chaude avec un maximum de 29,2°C (août) relevé dans le golfe d'Annaba, et une période froide avec un minimum de 15°C (février) enregistré à El-Kala , soit une amplitude de 14,2°C. Les données statistiques indiquent qu'il n'existe pas de différence entre les stations étudiées. Des résultats similaires sont rapportés dans le golfe d'Annaba par **Khélifi-Touhami *et al.* (2007)**, et **Khati-Hadj Moussa (2009)**. De même **Fréhi *et al.* (2007)**, signalent des fluctuations thermiques dans l'ensemble du golfe qui oscillent entre 14,0°C en hiver et 25,8°C en été. Au niveau du littoral oranais on a enregistré des oscillations entre 16,33°C en hiver et 30,67°C en été **(Rouane-Hacene, 2013)**.L'amplitude thermique au cours de la présente étude est très similaire à celle enregistrée dans différents travaux antérieurs réalisés dans le golfe d'Annaba **(Frehi, 1995 ; Nouacer, 2002 ; Beldi, 2007 ; Khati-Hadj Moussa, 2009 ; Sifi, 2009 ; Hamdani, 2012, Hafsaoui *et al.*, 2016)**, où l'amplitude était proche de 15°C. Ces résultats sont bien supérieurs à ceux relevés dans les eaux du large du bassin algérien, où la température oscille entre 8 et 23°C, soit un écart de 8°C seulement **(Benzohra, 1993)**. A Oran et Mostaganem la température varie entre 12 et 30°C **(Remili et Kerfouf, 2013)**, soit une amplitude de 18°C.

La température joue un rôle important dans le contrôle de divers processus biologiques et physiologiques tels que le métabolisme, la reproduction, la croissance et la répartition biogéographique des espèce aquatiques, soit directement ou en relation avec d'autres facteurs

écologiques **(Parsons, 1989 ; Imasheva *et al.*, 1997)**. Rappelons également que des études menées par plusieurs auteurs **(Pazos *et al.*, 1996 ; Rodriguez-Rua *et al.*, 2003 ; Darriba *et al.*, 2004)**, démontrent qu'il existe une forte corrélation entre la température et la disponibilité alimentaire. Chez les mollusques, la température peut agir sur l'éclosion des œufs, leur taux de croissance corporelle, ainsi que leur vitesse de maturité sexuelle et l'abondance **(Benmassaoud, 1987)**.

Selon **Rodríguez-Rúa *et al.* (2011)** dans leur étude sur *Spisula solida* (Mollusque : Bivalve), la gamétogénèse commence lorsque la température de l'eau de mer commence à diminuer, et la ponte coïncide avec des basses valeurs de la température qui ont augmenté progressivement. En effet, la température a souvent été associée aux cycles de reproduction des espèces Patella **(Orton *et al.*, 1956; Fretter et Graham, 1976 ; Prusina *et al.*, 2014)**.

La salinité est un facteur écologique important, qui lui-même peut être influencé par les variations saisonnières de la température. En effet, les élévations de la température durant la saison estivale provoquent une forte évaporation, et la baisse des précipitations induisent une augmentation de la salinité. Alors que, les faibles températures et les fortes précipitations pendant la saison hivernale provoquent une diminution du phénomène d'évaporation et une dilution des eaux marines et par conséquent une baisse de la salinité **(Soucek, 2007)**.

Dans la présente étude, les plus faibles taux de salinité ont été enregistrés durant la période froide de l'année. En revanche, les taux de salinité les plus élevés coïncident avec l'augmentation de la température de l'eau en Juillet et août. Nos résultats montrent une différence significative entre les stations, avec des salinités qui varient entre 35,8 et 37,2psu dans le golfe d'Annaba, et de 36,3 à 37,6psudans la région d'El-Kala. Des constations similaires observées dans le golfe d'Annaba avec des extrêmes comprises entre 35 et 38 psu, ont été rapportées par **(Frehi, 1995 et 2007 ; Beldi, 2007 ; Sifi, 2009 ; Hamdani, 2012, Boumaza, 2014 ; Hafsaoui *et al.*, 2016)**. Toutefois, nos résultats sont relativement plus élevés par rapport à ceux signalés par **Ounissi *et al.* (1998)** ayant travaillé non loin de l'embouchure de l'oued Mafragh, signalant ainsi des valeurs comprises entre 32 et 37 psu. Dans le littoral oranais, **Rouane-Hacene (2013)** a enregistré des fluctuations qui varient entre 36,17 et 37,67 psu ces résultats restent spécifique à la méditerranée.

La salinité conditionne la répartition et la dynamique des espèces **(Verschuren *et al.*, 2000 ; Llanso *et al.*, 2002 ; Teske et Wooldridge, 2003 ; Giménez *et al.*, 2005 ; Pasquaud, 2006)**. De nombreux travaux indiquent que les espèces exposées à de faibles salinités, augmentent leur consommation d'oxygène et altèrent l'utilisation du métabolisme énergétique **(Aarset et**

Aunaas, 1990 ; Guerin et Stickle, 1992 ; Einarson, 1993). **Soucek (2007)**, a révélé que de fortes salinités réduisent le métabolisme énergétique chez le mollusque gastéropode *Corbicula luminea*. Cependant, la salinité ne semble pas affecter l'abondance larvaire chez la palourde européenne *Rudita pesdecussatus* **(Chicharo et Chicharo, 2001)**.

2. Structure de la communauté des patelles

En plus de son utilisation dans les études d'inventaire de la diversité biologique, la biodiversité est devenue indispensable dans l'évaluation environnementale, par l'utilisation d'espèces bioindicatrices. L'étude de la biodiversité en général sera d'une grande utilité pour ce qui est des espèces d'intérêt commerciale ou écologique ou encore pour la protection de la nature **(Rouabah et Rouabah, 2007)**.

Plusieurs auteurs ont noté une diversité remarquable des écosystèmes marins littoraux en méditerranée **(Boudouresque, 1996; Ramos-Espla et Sanchez-Lizaso, 2002; Ballesteros, 2003)**. Cette diversité ainsi que la richesse de ces écosystèmes permet la prolifération de la faune et de la flore associée.

Pour étudier la structure de la communauté de la famille des Patellidae, il est nécessaire de faire une identification et de présenter les différentes espèces rencontrées. Lors d'un cycle annuel (2012), on a enregistré la présence de 5 espèces appartenant au genre *Patella* dans le golfe d'Annaba: *Patella rustica, P. intermedia, P. caerulea, P. vulgata* et *P. ulyssiponensis* ; une sixième espèce *P. nigra* à été recensée dans la région d'El-Kala. Ces résultats sont en accord avec les travaux de **Boumaza *et al.* (2016)** dans la même zone d'étude, ainsi que **Beldi et *al.* (2012)** qui confirment aussi l'existence de cinq espèces de patelles dans le golfe d'Annaba. Par ailleurs, **Grimes *et al.* (2004)** précisent que *P. rustica* s'installe surtout dans le médiolittoral inférieur et c'est à ce niveau d'immersion qu'elle est abondante. Selon **Ridgway *et al.* (1998)**, *Patella rustica* est rencontrée en Méditerranée jusqu'à la côte Atlantique de la Péninsule Ibérienne et au nord de l'Afrique, y compris les îles Macaronésienne. En effet, la présence de cette espèce est bien confirmée dans les stations prospectées où celle-ci domine numériquement ses congénères en 2012.La prédominance de *P. rustica* dans les stations du golfe, malgré leur forte exposition aux sources de contamination confirme bien son statut d'espèce bioindicatrice de pollution.

L'analyse comparative des dominances montre globalement que, la structure de la communauté des patelles du littoral Est algérien (en terme de représentativité des différentes espèces) est assez hétérogène. En effet, *P. rustica* occupe la première place dans les trois

stations, avec des dominances annuelles moyennes similaires à El-Katara (Dm = 39,53 %) et Toche (Dm = 39,47 %) et une nette dominance de 83,36 % à El-Kala. La deuxième place appartient à *P. intermedia* avec des taux plus ou moins importants dans le golfe d'Annaba par rapport au site d'El-Kala. Il est important de signaler la présence de *P. nigra* uniquement à El-Kala avec une faible dominance annuelle (Dm = 0,32 %).La dominance de *P. rustica* a été aussi signalée par **Boumaza *et al.* (2016)** à El-Kala et au Cap de Garde dans le golfe d'Annaba avec plus de la moitié du stock malacologique. Nos résultats sont différents par rapport aux travaux de **Beldi *et al.* (2012)** et **Boumaza *et al.* (2016)**, qui signalent que *P. caerulea* est l'espèce dominante dans les stations de Toche et El-Katara du golfe d'Annaba.
On a également signalé des variations saisonnières importantes des dominances moyennes des patelles.

Tableau 20 : Distribution saisonnière des patelles dans la zone d'étude (Golfe d'Annaba et El-Kala).

Stations	Espèces	Hiver	Printemps	Été	Automne
El-Katara	*P. rustica*	++	++	+++	++
	P. caerulea	++	+	+	+
	P. intermedia	++	++	+	++
	P. vulgata	+	+	+	+
	P. ulyssiponensis	+	+	+	+
	P. nigra	-	-	-	-
Toche	*P. rustica*	+++	++	++	++
	P. caerulea	+	+	+	+
	P. intermedia	++	++	++	++
	P. vulgata	+	+	+	+
	P. ulyssiponensis	+	+	+	+
	P. nigra	-	-	-	-
El-Kala	*P. rustica*	+++	+++	+++	+++
	P. caerulea	+	+	+	+
	P. intermedia	+	+	+	+
	P. vulgata	+	+	+	+
	P. ulyssiponensis	+	+	+	+
	P. nigra	+	+	+	+

Sella et Bacci (1971), Simunovic (1970) et **Della Santina *et al.* (1993)** rapportent que les deux espèces *P. rustica* et *P. caerulea* coexistent sur les côtes rocheuses italiennes. Toutefois, **Mauro *et al.* (2003)** citent la présence de trois espèces appartenant au genre *Patella*: *P. caerulea, P. rustica* et *P. ulyssiponensis* peuplant les côtes italiennes. Cependant, *P. ulyssiponensis* est la moins abondante par rapport aux deux espèces précitées **(Culioli, 2003)**. D'après **Davies (1969)**, *P. ulyssiponensis* et *P. rustica* colonisent les côtes méditerranéennes et atlantiques. Selon cet auteur, *P. rustica* occupe la zone intertidale supérieure alors que *P. caerulea* et *P. ulyssiponensis* colonisent la partie inférieure de cette zone.Il est intéressant de signaler l'absence de *Patella ferruginea* dans nos échantillons car ce gastéropode prosobranche est endémique à la Méditerranée occidentale **(De Beaufort et Lacaze, 1988 ; Laborel-Deguen et Laborel, 1990)**. Cette espèce ne subsiste plus aujourd'hui qu'en Corse, Sardaigne, dans le sud-est de l'Espagne et dans certaines zones de l'Afrique du Nord **(Maurin et Keith, 1994)**. En effet, une importante population a été observée en août 1997 autour des îles Habibas (près des côtes oranaises) et au Cap Falcon (ouest de la baie d'Oran) **(Semroud et Boumaza, 1998 ; Larbi Doukara, 2007)**. Par ailleurs, **Espinosa *et al.* (2007)** rapportent que dans le port de Ceuta (nord du Maroc), *P. ferruginea* coexiste avec cinq autres espèces : *Patella caerulea, P. nigra, P. rustica, P. ulyssiponensis* et *Siphonaria pectinata*. Ces mêmes auteurs signalent que *P. ferruginea* est très sensible à la pollution, c'est l'espèce la plus menacée de disparition en Méditerranée.

D'autre part, **Templado *et al.* (2004)** rapporte que *P. nigra* est également en voie de disparition dans la Méditerranée occidentale car c'est une espèce qui est également sensible aux problèmes de pollution. En effet, dans nos échantillons on signale l'absence de cette espèce dans le golfe, alors qu'elle est faiblement présente au niveau de la station référence d'El-Kala.

L'analyse faunistique effectuée sur la population de *P. rustica* montre d'importantes variations spatio-temporelles. En effet, nous avons enregistré d'importantes variations quantitatives de *P. rustica* (espèce dominante) dans les stations prospectées. La station d'El-Kala confirme son statut particulier de station de référence avec une densité maximale de 161,33 ± 55.52 ind./m² en juin. Ce biotope caractérisé par une relative préservation vis-à-vis les apports terrigènes des oueds et des agglomérations avoisinantes. Ceci semble favoriser l'installation et la prospérité d'importantes populations de patelles.

A l'échelle du golfe d'Annaba, les extrêmes de la moyenne des abondances de *P. rustica* dans la plage d'El-Katara fluctuent entre 4,66 ind./m² (décembre) et 52,33 ind./m² (juin), et entre 8 ind./m² (janvier) et 38,33 ind./m² (juillet) dans la station Toche.

Les faibles densités enregistrées dans le golfe d'Annaba par rapport à la région d'El-Kala pourraient être liée à l'existence de rejets urbains (eaux usées des agglomérations avoisinantes) au niveau des plages El-Katara et Toche. Des résultats similaires ont été obtenus par **Boumaza *et al.* (2016)**. Selon **Beldi et *al.* (2012)**, les plus fortes densités des patelles du golfe d'Annaba sont enregistrées dans la station Toche suivi par El-Katara, alors que la plus faible abondance est rencontrée au Cap de Garde. C'est ainsi que **Simonini *et al.* (2004)** et **Labrune *et al.* (2007)** ont signalé que l'enrichissement en matière organique influence directement ou indirectement la composition et l'abondance de la macrofaune benthique marine.

L'analyse de la variance à deux critères de classifications (ANOVA) révèle une différence très hautement significative ($p \leq 0{,}001$) facteur temps et station ainsi que l'interaction station/mois. Ces différences spatio-temporelles serait probablement dû aux variations de la température des eaux et sous l'influence de l'intensité hydrodynamique, et en rapport avec un probable recrutement printanier. En effet, un tel constat a été aussi observé chez *P. caerulea* du Golfe d'Annaba où les fortes densités hivernales ont été liées à un éventuel recrutement automnale **(Beldi *et al.*, 2012)**. Par ailleurs, le recrutement chez *P. caerulea* est signalé uniquement en saison hivernale et plus précisément au mois de février sur les côtes italiennes **(Anonyme, 2002)**.

Il faut rappeler que les densités des patelles dans le littoral Est Algérien sont en concordance avec celle rapportées par la littérature. En effet, sur les côtes du Sud-Est de l'Afrique du Sud la densité de *Patella granularis* varie entre 31 et 177 ind./m^2 **(Laura Suzanne, 2000)**, et entre 40 et 230 ind./m² **(Bosman et Hockey 1988 a)**.

A titre comparatif, la patelle géante *Patella ferruginea* (espèce protégée en Méditerranée), présente une densité moyenne qui ne dépasse pas 0,7 ind/m^2, décelée dans l'île de Zembra (Tunisie), avec un maximum de 6 ind/m^2 seulement **(Boudouresque et Laborel-Deguen, 1986)**. Tandis qu'en Corse, **Laborel-Deguen et Laborel (1990)** notent une densité moyenne de 0,79 ind/m^2 avec un maximum de 44 ind/m^2, dans l'île Alboran (Espagne), **Paracuellos *et al.* (2003)** avancent une densité de cette population de 0,006 ind/m^2 seulement. Ces faibles densités de *P. ferruginea* sont tout à fait normales en raison de la sensibilité de la patelle

géante vis-à-vis la pollution et suite au statut de celle-ci en tant qu'espèce protégée en voie de reconstitution de stock naturel.

L'étude de la distribution des fréquences de tailles d'une espèce est souvent d'un intérêt multiple; notamment la connaissance instantanée des tailles les plus représentatives, les périodes de ponte et la durée de vie des différentes classes de taille **(Bachelet, 1981 ; Dauvin, 1988 ; Bazairi, 1999 ; Zine, 2004)**. De nombreuses recherches ont montré également que pour une même espèce les préférences physico-chimiques vis-à-vis des caractéristiques du biotope varient en fonction des classes de taille **(Jensen, 1993 ; Montaudouin et Bachelet, 1996)**.

L'analyse des différents histogrammes des fréquences de taille, a permis la mise au point de la structure démographique de *P. rustica* durant l'année 2012 dans les trois stations prospectées. Cependant, on a pu enregistrer la présence des petites classes de taille durant toute la période d'étude avec un pic traduisant un recrutement au mois de mars. Nos résultats sont en accord avec les travaux de **Sousa *et al.* (2017)**, qui signalent que le mode de recrutement de *P. aspera* était continu tout au long de l'année avec un pic majeur identifié en mars.

Selon **Henriques *et al.* (2012)**, *P. candei* présente également un profil de recrutement continu tout au long de l'année, avec l'événement de recrutement majeur survenu en janvier. Les différences entre les recrutements entre les espèces pourraient s'expliquer par des facteurs physiques spécifiques tels que la température, l'habitat, la topographie du fond et l'humidité des facteurs de surface et biologiques tels que la présence d'espèces concurrentes **(Lewis et Bowman, 1975)**. En effet, **Hill (2008)**, a souligné que le recrutement chez les patelles varie d'une année à une autre et d'un endroit à l'autre. Les différences de comportement de reproduction et périodes de recrutement sont probablement liées à la variété de la morphologie, l'habitat, la distribution et les différences de latitude de chaque espèce **(Brazao et *al.* 2003)**. Cependant, sur les côtes italiennes, le recrutement chez *P. caerulea* est observé uniquement en saison hivernale et plus précisément au mois de février **(Anonyme, 2002)**.Par ailleurs, on a inventoriée un certain nombre de jeunes recrus inférieurs à 6 mm qui s'installent essentiellement dans le médiolittoral inférieur dans les endroits relativement abrités contre les fortes intensités hydrodynamiques des vagues des houles, où ils préfèrent occuper les cavités des roches.

D'après **Hill (2008)**, les larves ciliées de *P. caerulea* vivent dans le plancton environ deux semaines, puis se métamorphosent sur le fond en donnant des juvéniles qui ne mesurent que 0.2 mm de longueur. Les juvéniles se rencontrent principalement dans les parties basses de

l'estran (étage médiolittoral), où les rochers restent toujours humides et dans les flaques, puis ils se déplacent lentement et habitent dans les différentes parties de l'étage médiolittoral.

Durant le cycle annuel étudié nous avons également enregistrés l'apparition des grands individus supérieurs à 30 mm au niveau des trois stations prospectées, ce qui traduit une nette croissance des patelles durant la période d'étude.

La sex ratio est une caractéristique de l'espèce dont les variations sont parfois liées à l'environnement. Selon **Kartas et Quignard (1984)**, la sex ratio est un des paramètres qui contribuent pour maintenir dans une certaine limite, la capacité reproductrice de l'espèce. Dans cette étude, l'observation macroscopique a mis en évidence la dominance de mâles comparés aux femelles pendant le cycle annuel. Nos résultats sont d'accord avec ceux de **Belkhodja *et al.* (2010)** chez *P. cearulea* du Canal de Bizerte en Tunisie, où les mâles dominent par rapport aux femelles. On connaît aussi la dominance des mâles tant chez l'espèce *P. vulgata* que chez *P. ulyssiponensis* vivant sur la côte irlandaise **(McCarthy *et al.*, 2008)** et *P. depressa* collectée dans la côte portugaise par **Morais *et al.* (2003)**. Contrairement à nos résultats, **Prusina *et al.* (2014)** ont rapporté qu'en Mer Adriatique les femelles de *P. rustica* dominent les mâles.

Selon **Borges *et al.* (2016)**, le changement sexuel chez *P. vulgata* peut arriver aux plus petites tailles suite à des réductions de la densité des plus grandes classes de taille. Les proportions et les tailles de sexes dans les populations des patelles protandriques suggèrent que la plupart des individus changent le sexe de mâle en femelle via une phase de repos neutre **(Choquet, 1971)**. Certains cas pourraient être moins fréquents comme la maturation directe des juvéniles en femelle, ou le changement sexuel protandrique unidirectionnel **(Le Quesne et Hawkins, 2006 ; Guallart *et al.*, 2013)**.

Baxter (1983), **Borges (2013)** et **Guallart *et al.* (2013)**, signalent que quelques individus restent mâles au cours de leurs vies comme indiqué par la présence de grands mâles occasionnels. En effet, chez *P. vulgata* **(Le Quesne et Hawkins, 2006)** et *P. ferruginea* **(Guallart *et al.*, 2013)**, de grands mâles pourraient aussi être le résultat de renversement sexuel en mâle par des individus précédemment femelles après une phase de repos.

3. Etude de la croissance

La croissance est un élément essentiel d'aptitude qui peut avoir un impact sur l'abondance et la distribution des populations naturelles **(Wo *et al.*, 1999)** . Elle peut être considérée comme un paramètre indicateur de la pollution chez les organismes aquatiques **(Gomot, 1997)**. Certains programmes de biosurveillances de l'environnement aquatique ont utilisé avec succès la croissance et la distribution spatio-temporelle des mollusques gastéropodes dans l'étude de la direction et de l'impact d'une contamination par une grande variété de polluants industriels et urbains **(Smolders *et al.*, 2003 ; Ortiz-Zarragoitia et Cajaraville, 2010)**.

La croissance est plus rapide pendant les périodes où la disponibilité de la nourriture (algues ou microalgues) est meilleure, comme c'est le cas chez plusieurs espèces brouteuses colonisant les rives rocheuses **(Branch et Branch, 1980 ; Creese, 1980 ; Creese et Underwood, 1982 ; Underwood, 1984 a,b ; Quinn, 1988 ; Liu, 1994 a,b)**.

Malgré leur diversité et la signification écologique, qui a incité la recherche intensifiée au cours des décennies passées, la connaissance de l'histoire de vie des patelles, leur âge et le mode de croissance sont limités. La croissance des Patelles peut être mesurée à l'aide de différentes méthodes incluant les augmentations de la longueur, la hauteur et l'épaisseur de la coquille, les augmentations du poids total ou du poids de la chair, ou une combinaison de tous ces facteurs **(Shumway, 1991)**. Elle varie d'une manière importante selon les espèces de Patelles, leur distribution géographique, le climat, la localisation dans les zones subtidales ou intertidales, ainsi que les différences individuelles et leur origine génétique. Elle peut aussi varier d'une manière importante, d'une année à l'autre **(Delgado et Defeo, 2007)**. L'efficacité de la croissance des Patelles peut être affectée par les xénobiotiques **(Neuberger-Cywiak et *al.*, 2007)**.

Dans nos résultats le modèle de Von Bertalanffy présente des tailles asymptotiques (L∞) de 34,07 mm, 31,31 mm et 64,94mm chez les populations de *P. rustica* d'El-Kala, El-Katara et Toche respectivement. La constante de croissance (K) et de l'ordre de 0,31 ans^{-1} à El-Kala, 0,30 an^{-1} à El-Katara et 0,10 an^{-1} à Toche. Des résultats similaires sont rapportés par **Prusina *et al.* (2015)**, qui présentent une taille asymptotique de 38.22 mm et une constante de 0,30 an^{-1} chez la population de *P. rustica*. Chez *P.aspera*, le paramètre de croissance de Von Bertalanffy a montré une longueur asymptotique de 84.15 mm pour les femelles et 80.51 mm

chez les mâles avec un coefficient de croissance de 0,36 et 0,32 an^{-1} respectivement **(Sousa *et al.*, 2017)**.

Les études de **Belkhodja *et al.*, 2012**, ont mis en évidence 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.

D'autre part la détermination de l'âge des patelles montre qu'il est limité à 4 ans chez la population d'El-Kala et 6 ans pour les spécimens du golfe d'Annaba. **Prusina *et al.* (2015)**, montre que90,8% des patelles sont plus jeune que 4 ans et que seulement 1,6% sont plus âgé que 6ans.En effet **Sousa *et al.* (2017)**, présentent *P. aspera* comme une patelle modérément d'une grande longévité avec une prédominance de spécimens plus jeune que 3 ans. Chez *P. vulgata*, le rythme d'accroissement linéaire est la résultante de diverses influences dont les plus importantes semblent être la température, la nourriture et la vie sexuelle. La longévité possible est de 5 à 6 ans **(Choquet, 1968)**. Le même auteur signale que la croissance est discontinue mais ne subit pas d'arrêt hivernal sauf chez certains animaux âgés, elle varie également selon le milieu, et que la vitesse de la croissance diminue en fonction directe de l'âge.

Comme la taille, le poids nous informe sur la vitesse de la croissance. Chez la population d'El-Kala le taux de croissance pondérale est important et stable jusqu'à la quatrième année, par contre le gain pondéral est moins important au niveau du golfe d'Annaba. Ce qui traduit que le poids des individus de *P. rustica* issu de la station non polluée est bien supérieur à celui des individus des stations contaminées. Ces résultats sont proches à ceux de **Boucetta (2017)**, qui signale que chez *Phorcus turbinatus* (Mollusque: Gastéropode), le poids total maximal enregistré dans la station témoin est plus important par rapport à celui des stations polluées. En effet, il est important de signalé que la physiologie des organismes (croissance, reproduction) est étroitement liée à la quantité de nourriture disponible, la couverture algale et la composition floristique, qui jouent un rôle prépondérant pour l'abondance des herbivores **(Hereu, 2004)**.

4. Etude du cycle reproducteur

L'emploi de l'indice de condition peut apporter des renseignements complémentaires sur le phénomène de reproduction **(Bodoy et Massé, 1978)**. Il est généralement considéré comme reflétant l'activité reproductrice **(Ojea *et al.*, 2004 ; Joaquim *et al.*, 2008)**.

L'indice de condition, qui indiquele statut physiologique des organismes, est utilisé régulièrement pour estimer la valeur des mollusques pour leur exploitation et leur consommation **(Cruz et Villalobos, 1993; Filgueira *et al.*, 2013)**. Cet indice est intrinsèquement liée au cycle de reproduction aussi bien que pour l'utilisation de l'énergie et les cycles de stockage, et associé de manière extrinsèque à la disponibilité de la nourriture et à la température **(Newell et Bayne, 1980; Arrieche *et al.*, 2004)**, reflétant ainsi la qualité environnementale de leur habitat.

Dans notre étude, la variation mensuelle a montré une augmentation graduelle de cet indice en automne, qui pourrait être liée au cycle reproducteur et à la maturation des gonades. D'autre part, le pic observé en janvier (période de repos sexuel) et l'augmentation au printemps ne correspondait pas au cycle de gamétogenèse. En effet, les plus faibles valeurs de l'indice de condition sont enregistrées en février dans le golfe d'Annaba et en juin à El-Kala. **Barillé, (1996)** explique la baisse de cet indice soit par les conditions trophiques soit par un amaigrissement suite à une ponte. Selon **Guillou et *al.*, (1990)**, l'indice de condition se révèle un bon indicateur de l'état physiologique indispensable pour que l'accroissement de température printanière puisse stimuler la ponte.

Chez *P. rustica* collectée sur la côte de Skikda, l'indice de condition a révélé des variations saisonnières importantes, avec un maximum pendant l'été **(Maatallah et Djebar, 2014)**. Les mêmes auteurs on noté une corrélation entre la distribution spatiale et l'indice de condition de *P. rustica* ainsi que la température de l'eau mesurée dans les sites étudiés.

Selon **Fernández *et al.* (2015)**, *P. vulgata* présente l'indice de condition le plus faible durant la période de maturité sexuelle, ce qui rend cette période moins apte à l'exploitation de la ressource, tant du point de vue biologique que commercial. **Rodríguez-Rúa *et al.* (2011)**, constatent que la variation mensuelle de l'état de l'indice de *Spisula solida* dans la côte sud-ouest de l'Espagne ne correspondait pas au cycle de la gamétogenèse caractérisé. L'indice de condition est fortement influencé par le modèle de stockage d'énergie **(Joaquim *et al.*, 2008)**.

D'autre part, l'étude du cycle reproducteur de *Donax trunculus* par **Hafsaoui *et al.* (2016)**, a démontré que l'émission des gamètes cause une perte du poids induisant une baisse des valeurs de l'IC en été. Par contre l'augmentation de celui-ci qui débute en automne peut être due à une maturation ou un redéveloppement de l'ovaire *D. trunculus* dans le golfe d'Annaba.

Le cycle gonadique de *P. rustica* a été décrit en utilisant la variation mensuelle du rapport gonado-somatique. Cette méthode est généralement utilisée chez les espèces ayant des gonades facile à disséquer du reste du soma, car c'est un bon indicateur des changements

gonadiques tout au long de l'année **(Grant et Tyler, 1983 ; Brêthes *et al.*, 1994)**. Les changements saisonniers dans le RGS reflètent les périodes d'accumulation et de libération des gonades ainsi que l'utilisation des réserves d'énergie stockées **(Toro *et al.*, 2001)**.

L'indice gonadique a fluctué largement pendant la période d'étude avec un pic enregistré en novembre. Les changements significatifs des valeurs de cet indice enregistré de septembre à novembre fournissent des informations sur l'existence de développement gonadique pendant la période d'automne, et que la chute hivernale enregistrée en décembre a révélé l'existence d'une émission gamétique à partir de ce mois. Nos résultats sont en adéquation avec les travaux de **Prusina *et al.* (2014)** sur la même espèce de la Mer Adriatique, qui a montré que *P. rustica* a une période de reproduction par an caractérisé par une ponte entre novembre et décembre pour les deux sexes.

La période de développement des gonades chez les patelles varie d'une espèce à une autre, elle est hivernal chez *P. aspera* dans le Nord-Est de l'Atlantique **(Sousa *et al.*, 2017)**, *P. Candei* dans l'archipel de Madère **(Henriques *et al.*, 2012)** et *P. vulgata* dans les îles britanniques **(Orton, 1929 ; Orton *et al.*, 1956)**. Par contre, *Patella ulyssiponensis* et *Patella depressa* dans la côte portugaise centrale, sont décrites comme espèces à développement gonadique estivale **(Guerra et Gaudêncio, 1986 ; Bowman et Lewis, 1986 ; Brazão *et al.*, 2003 ; Ribeiro *et al.*, 2009)**.

Chez *P. aspera*, les valeurs mensuelles du RGS ont révélé une augmentation à partir de novembre avec un pic en janvier, ensuite il diminue constamment jusqu'à avril, ce qui suggère que la saison de reproduction de cette espèce se produit de janvier à avril. La propagation est suivie d'une phase de repos plus longue qui dure 5 mois de mai à septembre. En effet, la durée des périodes de ponte et de repos varie selon la région d'occurrence principalement en raison de l'influence de la température. Dans les régions à températures plus élevées, la ponte se produit dans une période plus courte, contrairement à ce qui se passe dans les régions aux eaux plus froides, où le développement des gonades nécessite une période plus longue **(Orton, 1929)**. Plusieurs autres facteurs tels que la forte vitesse du vent liée à la stimulation de l'action des vagues et l'augmentation de la concentration du phytoplancton pourraient également induire la ponte, agissant comme déclencheurs environnementaux. Dans l'archipel de Madère, la ponte de *P. aspera* est simultanée à une concentration plus élevée de phytoplancton, en accord avec **Underwood (1979)**, qui affirme que les espèces de

gastéropodes avec des larves planctotrophes pondent lorsque la concentration de phytoplancton est plus élevée.

L'histologie des gonades joue un rôle très important dans l'étude de la reproduction des espèces. La gamétogenèse caractérisée dans cette étude est semblable à celle décrite par **Prusina *et al.* (2014)**. Elle nous a permis de localiser une période de reproduction par an chez *Patella rustica*, confirmant aussi les résultats de **(Frenkiel, 1975 et Othaitz, 1994)**.

L'activité ovarienne commence avec l'augmentation de la température d'eau de mer en fin du printemps et l'émission des gamètes a coïncidé avec la chute de la température observée entre les mois de novembre et décembre. Ces résultats sont similaires à ceux de **Prusina *et al.* (2014)** en Mer Adriatique chez la même espèce. Chez *P. caerulea*, l'émission principale des gamètes est enregistrée à partir d'avril et l'émission partielle est observée entre octobre et décembre, elle a été liée à la baisse soudaine de la température de l'eau de mer **(Belkhodja *et al.*, 2010)**. Plusieurs études concernant l'espèce *P. Vulgata* ont suggérées que l'émission gamétique n'est pas uniquement liée à l'agitation de la mer, mais aussi à la chute de la température de l'eau de mer inférieure à 12°C **(Bowman, 1985 ; Bowman *et al.*, 1986; Delany *et al.*, 2002)**.

Dans les Îles britanniques **(Ortron *et al.*, 1961 ; Bowman *et al.*, 1986)** et au Portugal du nord **(Guerra *et al.*, 1986)**, les gamètes de *P. ulyssiponensis* atteignent le stade de maturation en mai et l'émission des gamètes peut durer jusqu'à septembre. Cependant, beaucoup de différences ont été trouvées entre *Patella rustica* et d'autres espèces de patelles, toutes ces différences entre les périodes de ponte sont probablement liées, premièrement, à la taille des individus, au logement, à la distribution et aux différences latitudinal de chaque espèce **(Brazão *et al.*, 2003)** et aussi à la température d'eau de mer considérée comme l'un des facteurs les plus influençant qui contrôle la ponte des invertébrés marins **(Blackmore, 1969 ; Ribeiro *et al.*, 2009)**. Ceci confirme l'importance des facteurs abiotiques dans la reproduction des invertébrés marins en général **(Pearse, 1999)**.

Sur les côtes italiennes, la reproduction chez *P. caerulea* et *P. rustica*, se déclenche en automne et en hiver, et le maximum de développement des gonades est observé en novembre et décembre par contre le minimum en juin et juillet **(Della Santina, 1990)**. Par ailleurs, dans la Péninsule Ibérienne, la maturation des gonades chez *P. vulgata* a débuté en automne, avec

une ponte principal à la fin de l'automne / début de l'hiver. La ponte a lieu entre octobre et janvier, ensuite les gonades restent au repos pendant les mois d'été **(Fernández *et al.*, 2015)**.

En effet, l'activité reproductrice chez *P. aspera* est hivernale avec un cycle reproducteur qui englobe trois périodes principales de développement, ponte, repos et la gamétogenèse pour les deux sexes. Le développement gonadique s'étale d'octobre à décembre, la ponte se déroule probablement de janvier jusqu'à avril et le repos entre les mois de mai à septembre **(Sousa *et al.*, 2017)**.

5. Analyses biochimiques

Le suivie de l'activité de l'AChE dans la tête de *P. rustica*, montre des variations spatio-temporelles très importantes. D'une manière générale on signale une inhibition de l'activité spécifique de l'AChE au niveau des stations du golfe d'Annaba exposées à plusieurs sources de pollution par rapport au site de référence d'El-Kala. Nos résultats sont en accord avec ceux de par **Boumaza *et al.* (2016)** chez *Patella cearulea*. Des résultats similaires on été aussi signalé par **Sifi *et al.* (2007) ; Amira *et al.* (2011)** et **Soltani *et al.* (2012)** chez le bivalve *Donax trunculus* dans le golfe d'Annaba. Cette inhibition pourraient être expliquer par la présence des substances neurotoxiques dans les sites pollués, des résultats similaires on été trouvé chez le poisson *Zoarces viviparous* prélevés dans les sites pollués au sud-ouest de la mer Baltique **(Schiedek *et al.*, 2006)**.

Plusieurs travaux on été effectué afin d'évaluer l'effet des métaux lourd sur l'activité spécifique de l'AChE chez des mollusques aquatiques. **Brown *et al.* (2004)**, rapportent que le cuivre n'inhibe pas l'AChE par contre ils ont signalé une augmentation significative à 6.1 µg de Cu chez *P. vulgata*. Tandis que **Belabed et Soltani (2013)** ont enregistré une inhibition de l'activité spécifique de l'AChE chez le mollusque bivalve *Donax trunculus* après traitement au Cadmium. Selon **(Boucetta *et al.*, 2016)**, le dosage enzymatique chez la troque *Phorcus turbinatus* indique que l'altération de l'activité de l'AChE avec l'induction de la GST durant la période d'étude sont due, premièrement, à la présence de fortes concentrations des métaux trace, et au facteurs abiotiques d'autre part. En effet, le même auteur signale que l'effet saisonnier a également une influence sur les biomarqueurs, avec une faible activité de l'AChE à l'automne et des valeurs élevées de la GST en hiver.

La GST joue un rôle important dans la détoxication des organismes **(Cossu *et al.*, 1997)**. L'activité de la GST peut être induite par certains polluants **(Roméo *et al.*, 2003 ; Regoli *et***

***al.*, 2004)**. La GST est employée dans le laboratoire et dans les études de terrain comme biomarqueur pour plusieurs contaminants **(Almar *et al.*, 1998 ; Fenet *et al.*, 1998 ; Yu et Abo-Elghar, 2000 ; Yu *et al.*, 2002)**.

Les résultats de dosage de la GST au niveau du manteau des *P. rustica* récoltées dans la zone d'étude durant l'année 2012 montrent des fluctuations spatio-temporelles très importantes. Les valeurs maximales ont été enregistrées à El-Katara et Toche, cet état de fait serait probablement dû à l'exposition de ces deux stations à divers sources de pollution. Des résultats similaires ont été obtenue chez *P. caerulea* **(Boumaza *et al.*, 2016)**, et *Paracentrotus lividus* (Oursin) où l'activité de la glutathion S-Transférase et de la cholinéstérase ont été utilisé en tant que biomarqueurs de contamination de l'environnement dans la zone côtière du Portugal **(Cunha *et al.*, 2005)**. Les mêmes résultats sur *Donax trunculus* dans le golfe d'Annaba ont été également rapportées par plusieurs autres auteurs **(Sifi *et al.*, 2007 ; Amira *et al.*, 2011 ; Soltani *et al.*, 2012)**.

L'augmentation des valeurs de la GST au niveau de ces deux stations serait due à un mécanisme appelé stress oxydatif où l'activité de la GST augmente en catalysant des réactions de conjugaison entre un peptide, le glutathion et des molécules réactives qui abouti à une détoxification de l'organisme de la patelle pour permettre leur élimination **(Chatterjee et Bhattacharya, 1984)**.

D'autre part, plusieurs travaux ont enregistré une induction de l'activité enzymatique de la GST suite à une exposition au métaux lourds, tel que les travaux de **Cunha *et al.*, (2007)** sur les gastéropodes marins *Monodontalineata* et *Nucellalapillus* après exposition au cuivre. Ainsi que les travaux de **Belabed et Soltani (2013)** sur *Donax trunculus* suite à une exposition au Cd. Selon **Meghlaoui *et al.* (2013)**, l'induction de l'activité de la GST chez l'annélide polychète *Perinereis cultrifera* de Skikda et Annaba est due à la présence du complexe pétrochimique et des activités industrielles, par contre une faible activité a été observée à El-Kala.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Ce travail s'intègre dans un programme national de biosurveillance de la qualité des eaux du golfe d'Annaba. Il vise à évaluer l'impact de la pollution sur la croissance et la reproduction d'une espèce bioindicatrice *Patella rustica*, par un suivi mensuel de quelques paramètres physico-chimiques de l'eau de mer durant l'année 2012.

Le suivi des paramètres physico-chimiques de l'eau, montre que les fluctuations thermiques sont importantes et font ressortir deux grandes périodes thermiques; une période froide de décembre à avril et une période chaude de mai à novembre. Toutefois, et en raison de la faible profondeur de cette étroite ceinture littorale, ces fluctuations sont en relation directe avec les conditions climatiques locales.
Les variations halines sont caractérisées par une phase décroissante de dilution et une phase croissante de concentration qui sont en concordances respectivement avec les périodes de fortes précipitations et celles de réchauffements et d'évaporations.

L'étude de la composition des Patellidae dans l'étage médiolittoral, nous a permis d'identifier cinq espèces appartenant au genre *Patella* dans le golfe d'Annaba: *Patella rustica, P. intermedia, P. caerulea, P. vulgata, P. ulyssiponensis*. En plus de ces cinq espèces, la région d'El-Kala en compte une sixième avec la patelle noire *Patella nigra.* Notons que sur l'ensemble des patelles recensées durant la période d'étude *Patella rustica* est l'espèce la plus rencontrée au niveau des stations prospectées avec des dominances annuelles de l'ordre de 83,36%, 39,53% et 39,47% enregistrées respectivement à El-Kala , El-Katara et Toche.

En terme de densité, l'analyse faunistique effectuée sur la communauté des patelles montre que durant le cycle étudié la densité maximale est enregistrée à El Kala avec une moyenne de 161,33 ind./m² (juin), confirmant ainsi son statut particulier de station de référence. A l'échelle du golfe d'Annaba, les plus fortes densités des patelles sont enregistrées au sein de la station d'El-Katara avec une densité maximale de 52,33 ind./m² en juin suivi de Toche (38,33 ind./m² en juillet), alors que la plus faible abondance est rencontrée en décembre dans la station de Toche avec une moyenne de 4,66 ind./m². Les variations spatio-temporelles de la densité ont montré d'importantes fluctuations qui seraient en relation directe avec les facteurs abiotiques et les différentes pressions anthropiques que subit le golfe d'Annaba.

Le suivi de la dynamique de la population de *P. rustica* par l'analyse des fréquences de taille, nous a permis la mise en évidence d'un pic de recrutement en mars. Par ailleurs, la taille maximale de ce gastéropode dans le littoral Est Algérien (38,25mm) est très comparable à la majorité des tailles des patelles colonisant les côtes méditerranéennes.

La différentiation sexuelle chez *P. rustica* n'est possible que pendant la période d'activité sexuelle. D'une manière générale, la sex-ratio a mis en évidence la dominance de mâles comparés aux femelles pendant le cycle annuel au niveau des trois stations.

L'âge de *P. rustica* n'excède pas 6 ans observé dans le golfe d'Annaba. La croissance linéaire est importante durant la première année, avec une diminution de celle-ci lors de deuxième et la troisième année. Par ailleurs, l'accroissement pondérale (0,35g/an) et constant chez les patelles d'El-Kala jusqu'à 4 ans et est plus important par rapport à celui du golfe d'Annaba.

L'évaluation de l'indice de condition de *P. rustica,* fait apparaître des différences très hautement significatives entre les trois stations prospectées, ces différences pourraient être liées aux conditions environnementales telles que la disponibilité de la nourriture et la pollution. Les variations mensuelles de l'indice de condition, ont montré une augmentation graduelle en automne, qui pourrait être liée au cycle reproducteur et à la maturation des gonades.

D'après les résultats du rapport gonado-somatique, *P. rustica* présente un seul cycle de reproduction par an avec un pic de ponte qui coïncide avec la période froide de l'année.

L'histologie de l'ovaire de *P. rustica*, nous a permis de localiser la période d'activité sexuelle; qui s'étale de mai à décembre. Cette étude, nous a permis également de déterminer la chronologie et les conditions de maturation des ovocytes, ainsi que leur émission dans le milieu environnant. Par conséquent, il est intéressant de signaler qu'il n'y a pas de différence dans la chronologie de la maturation ovocytaire chez les femelles d'El-Kala et du golfe d'Annaba. A la base de ces résultats, on pourrait conclure que la pollution n'aurait pas d'influence sur l'ovogenèse et sur la période de reproduction en général.

L'analyse biochimique a permis de mettre en évidence une inhibition de l'AChE et une induction de l'activité de la GST chez les individus collectés en comparaison avec la station témoin El-Kala confirmant ainsi le stress que subit le golfe d'Annaba par différentes sources de pollution.

Dans cette optique, il serait intéressant de poursuivre ces investigations pour une meilleure protection de notre environnement marin par :

- Une étude détaillée de la physiologie (nutrition, digestion, hormones…) de ce gastéropode qui serait judicieuse, car elle permettrait d'approfondir les différents mécanismes engendrés par une exposition aux contaminants.
- La détermination de l'impact d'autres facteurs abiotiques tel que l'hydrodynamisme, l'émersion, la nature du substrat… sur la croissance de la patelle.
- La détermination de la composition biochimique des gonades afin de pouvoir mieux interpréter les variations pouvant être engendrées par divers contaminants présents dans le milieu.
- Une extension de ce monitorage au moyen du bioindicateur quantitatif *Patella rustica* à l'ensemble du littoral Algérien (Skikda, Bejaia, Alger).
- Le comportement de la patelle devrait être étudié vis-à-vis des contaminants chimiques précis incluant les éléments traces métalliques et substances organiques.

RÉSUMÉS

RÉSUMÉ

L'objectif de cette thèse est le diagnostic de l'état de santé des eaux du golfe d'Annaba. Ainsi, nous nous sommes intéressés à la structure, la dynamique, cycle reproducteur ainsi que la réponse de quelques biomarqueurs du stress environnemental chez *Patella rustica* colonisant l'étage médiolittoral des stations : El-Kala, El-Katara et Toche, sur un cycle annuel 2012. A cet effet, nous avons tout d'abord mesurés quelques paramètres physico-chimiques qui conditionnent la distribution des Patellidae dans leur biotope ainsi que leurs répartitions.

D'une manière générale, les caractéristiques physico-chimique (température et salinité) des eaux de la frange étudiée, montrent une certaine homogénéité spatiale entre les deux stations de suivi du golfe d'Annaba et la station de référence d'El-Kala. Les fluctuations temporelles sont directement liées aux conditions climatiques saisonnières.

La distribution des patelles montre d'importantes fluctuations spatio-temporelle qui seraient en relation avec les facteurs environnementaux d'une part et les différentes pressions que subit le golfe d'Annaba d'autre part. Signalons la présence de cinq espèces appartenant au genre *Patella* dans le golfe d'Annaba: *Patella rustica, P. intermedia, P. caerulea, P.vulgata, P. ulyssiponensis*. En plus de ces cinq espèces, la région d'El Kala en compte une sixième avec la patelle noire *Patella nigra.* Notons que *Patella rustica* est dominante au niveau des trois stations prospectées. L'analyse faunistique effectuée sur la communauté des patelles montre qu'en terme de densité, El Kala confirme sont statut particulier de station de référence avec une densité maximale en juin. A l'échelle du golfe d'Annaba, les extrêmes des abondances de *P. rustica* varient entre un minimum enregistré en hiver et un maximum recensé en été.

L'analyse des différents histogrammes des fréquences de taille, a permis la mise au point de la structure démographique de *P. rustica* durant l'année 2012. En effet, on a pu enregistrer la présence des petites classes de taille durant toute la période d'étude avec un pic traduisant un recrutement au mois de mars.

L'étude de la sex-ratio, a mis en évidence la dominance de mâles comparés aux femelles pendant le cycle annuel au niveau des trois stations.

La longévité de la population étudiée en utilisant le modèle de Battacharya n'excède pas 4 ans à El-Kala et 6 ans dans les stations du golfe d'Annaba. La croissance a été estimée par le modèle classique de Von Bertalanffy qui présente des tailles asymptotiques ($L\infty$) de 34,07 mm, 31,31 mm et 64,94 mm chez les populations de *P. rustica* d'El-Kala, El-Katara et Toche

respectivement. Chez la population d'El-Kala le taux de croissance pondérale est plus important par rapport à celui du golfe d'Annaba.

Les variations mensuelles de l'indice de condition, ont montré une augmentation graduelle de cet indice en automne, qui pourrait être liée au cycle reproducteur et à la maturation des gonades.

Les résultats du rapport gonado-somatique montre que *P. rustica* a un seul cycle de reproduction par an avec un pic de ponte qui coïncide avec la période froide de l'année.

Selon l'analyse histologique des ovaires, la maturation commence en novembre, et le pic de ponte est enregistré en décembre. La période de repos sexuel est observée entre janvier et avril, suivi par le début d'ovogenèse à partir du moi de mai.

Les résultats du dosage des biomarqueurs chez *P. rustica*, révèlent une inhibition de l'activité spécifique de l'AChE ainsi qu'une induction de l'activité enzymatique de la GST dans les stations du golfe d'Annaba comparativement aux réponses enregistrées chez les patelles de la station témoin.

Mot-clés : Golfe d'Annaba, *Patella rustica*, pollution, biosurveillance, croissance, reproduction, biomarqueurs.

ABSTRACT

The objective of this thesis is the diagnosis of the state of health of the waters of Annaba Gulf. Thus, we were interested in the structure, the dynamics, the reproductive cycle as well as the response of some biomarkers of the environmental stress in *Patella rustica* colonizing the mediolittoral stage of the stations: El-Kala, El-Katara and Toche, on an annual cycle 2012. To this effect, we first measured some physicochemical parameters that condition the distribution of Patellidae in their biotope.

In general, the physicochemical characteristics (temperature and salinity) of the waters of the studied fringe show a certain spatial homogeneity between the two monitoring stations of Annaba Gulf and the reference station of El-Kala. Temporal fluctuations are directly related to seasonal climatic conditions.

The distribution of limpets shows significant spatio-temporal fluctuations that would be related to environmental factors on the one hand and the different pressures that the Gulf of Annaba is facing on the other hand. We note the presence of five species belonging to the genus Patella in Annaba Gulf: *Patella rustica, P. intermedia, P. caerulea, P. vulgata, and P. ulyssiponensis*. In addition to these five species, El Kala region counts sixth one species *Patella nigra* black limpet. We note that *Patella rustica* is dominant at the three stations surveyed. The faunistic analysis carried out on the limpet community shows that in terms of density, El Kala confirms its particular status as a reference station with maximum density in June. At the scale of Annaba Gulf, the extremes of *P. rustica* abundances vary between a minimum recorded in winter and a maximum recorded in summer.

The analysis of the different histograms of the size frequencies, allowed the development of the population structure of *P. rustica* during the year 2012. Indeed, it was possible to record the presence of the small size classes during the whole period of study with a peak reflecting recruitment in March.

The study of the sex ratio, showed the dominance of males compared to females during the annual cycle at the three stations.

The longevity of the population studied using the Battacharya model does not exceed 4 years in El-Kala and 6 years in the resorts of Annaba Gulf. Growth was estimated by the classical Von Bertalanffy model with asymptotic ($L\infty$) sizes of 34.07 mm, 31.31 mm, and 64.94 mm in the population of *P. rustica* of El-Kala, El -Katara and Toche respectively. In the population of El-Kala the rate of weight growth is greater compared to that of Annaba Gulf.

The monthly changes in the condition index showed a gradual increase in this index in autumn, which could be related to the reproductive cycle and gonad maturation.

The gonado-somatic report shows that *P. rustica* has a single reproductive cycle per year with a spawning peak coinciding with the cold period of the year.

According to the histological analysis of the ovaries, maturation begins in November, and the peak spawning is recorded in December. The period of sexual rest is observed between January and April, followed by the beginning of oogenesis from the month of May.

The biomarker assay results in *P. rustica* reveal an inhibition of AChE specific activity as well as an induction of GST enzymatic activity in the Annaba Gulf stations compared to the responses recorded in limpets of the control station.

Keywords: Gulf of Annaba, *Patella rustica*, pollution, biomonitoring, growth, reproduction, biomarkers.

الملخص

الهدف من هذه الرسالة هو تشخيص الحالة الصحية لمياه خليج عنابة. كدلك كنا مهتمين بالهيكل، وديناميات، والدورة التناسلية، فضلا عن استجابة بعض المؤشرات الحيوية للإجهاد البيئي في *Patella rustica* التى تستوطن طبقة ميديوليتورال من المحطات: القالة، القطارة وطوش، على دورة سنوية 2012. وتحقيقا لهذه الغاية، قمنا أولا بقياس بعض المعاير الفيزيائية والكيميائية التي تشرط انتشار patellidae في مجالها البيئي وتوزيعاتها.

وبصفة عامة، تظهر الخصائص الفيزيائية والكيميائية (درجة حرارة وملوحة) لمياه الهامش المدروسة، تجانسا مكانيا معينا بين محطتي المراقبة في خليج عنابة ومحطة القالة المرجعية. وترتبط التقلبات الزمنية ارتباطا مباشرا بالظروف المناخية الموسمية.

ويبين توزيع Patella تقلبات مكانية وزمانية هامة التي يمكن أن تكون ذات صلة بالعوامل البيئية من جهة والضغوط المختلفة التي يعاني منها خليج عنابة من جهة أخرى. كما نلاحظ وجود خمسة أنواع تنتمي إلى جنس Patella في خليج عنابة: *Patella rustica*، *P. intermedia*، *P. caerulea*، *P. vulgata*، *P.ulyssiponensis*. بالإضافة إلى هذه الأنواع الخمسة، فإن منطقة القالة لديها نوع سادس هو *nigra*. *P* ونلاحظ ان *P. rustica* هي المهيمنة في المحطات الثلاث التي شملتها الدراسة. ويظهر التحليل الحيواني على مجتمع Patella أنه من حيث الكثافة، القالة تؤكد وضعها الخاص كمحطة مرجعية مع الحد الأقصى للكثافة في جوان. في خليج عنابة، حدود كثافة *P. rustica* تتراوح بين الحد الأدنى المسجل في فصل الشتاء والحد الأقصى المسجل في الصيف.

وسمح تحليل مختلف المدرجات التكرارية لترددات الطول بتطوير البنية الديموغرافية ل*P. rustica* خلال عام 2012. وبالفعل، كان من الممكن تسجيل وجود الطبقات صغيرة الطول خلال كل فترة الدراسة مع ذروة تعكس التثبيت في مارس.

وأظهرت دراسة نسبة الجنس هيمنة الذكورة مقارنة بالإناث خلال الدورة السنوية في المحطات الثلاث.

إن طول عمر الكائنات التي تمت دراستها باستخدام نموذج Battacharya لا يتجاوز 4 سنوات في القالة و 6 سنوات في خليج عنابة. تم تقدير النمو من قبل نموذج Von Bertalonffy الكلاسيكي الذي يقدم أحجام متناغمة (L∞) من 34.07 مم، 31.31 مم و 64.94 ملم ل *P. rustica* في القالة ، القطارة و طوش على التوالي. ويزداد معدل نمو الوزن عند *P. rustica* في القالة مقارنة بخليج عنابة.

وأظهرت التغيرات الشهرية في مؤشر الحالة (Indice de condition) زيادة تدريجية في هذا المؤشر في فصل الخريف، والتي يمكن أن تكون ذات صلة بالدورة التناسلية ونضج الغدد التناسلية.

يظهر تقريرgonado-somatique أن *P. rustica* لديها دورة تناسلية واحدة في السنة مع ذروة الطرح التي تتزامن مع الفترة الباردة من السنة.

وفقا للتحليل النسيجي للمبيضين، يبدأ النضج في تشرين الثاني / نوفمبر، وسجل الطرح الذروة في ديسمبر كانون الاول. وتلاحظ فترة الراحة الجنسية بين يناير ونيسان، تليها بداية النشاط المبيضي من شهر مايو.

كشفت نتائج اختبار المؤشرات الحيوية عند *P. rustica* عن تثبيط النشاط المحدد ل AChE فضلا عن تحريض النشاط الانزيمي GST في محطات خليج عنابة مقارنة بالردود المسجلة لدى Patella في محطة التحكم.

كلمات البحث: خليج عنابة، *Patella rustica*، التلوث، بيومونيتورينغ، النمو، التكاثر، المؤشرات الحيوية

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

A

Aarset A.V. et Aunaas T., 1990. Influence of environmental salinity on oxygen consumption and ammonia excretion of the arctic under-ice amphipod *Onisimus glacialis*. *Mar. Biol.,* 1**07:** 9–15.

Alioua A., Maizi N., Semadi F., Tahar A et Kahoul M., 2008. Détection et Etude de la Pollution Mercurielle à L'aide des bio Indicateurs dans la région d'Azzaba (Algérie Orientale). *European Journal of scientific Research*, **24** (1):12-22.

Almar M., Otero L., Santos C. et Gallego J.G., 1998. Liver glutathione content and glutathione dependent enzymes of two species of freshwater fish as bioindicators of chemical pollution. *Journal of Environmental Science & Health Part B*, **33**(6): 769-783.

Almeida E.A., Bainy A.C.D., Loureiro A.P.M., Martinez G.R., Myamoto S. et Onuki J., 2007. Oxidative stress in *Perna perna* and other bivalves as indicators of environment stress in the brasilian marine environment: antioxydants, lipid peroxidation and DNA damage. *Comp. Biochem. Physiol. A. Mol. Integr. Physiol*., **46 :** 588- 600.

Amiel A.J., Kronfeld J. et Navrot J., 1974. *Patella vulgata* : a biological monitor of coastal metal pollution, a preliminary study. Environmental pollution, 7 (4): 303-308.

Amira A., Sifi K. et Soltani N., 2011. Measure of environmental stress biomarkers in *Donax trunculus* (Mollusca, Bivalvia) from the gulf of Annaba (Algeria). *European Journal of Experimental Biology*, **1** (2):7-16.

Amiard J.C., Caquet T. et Lagadic L., 1998. Les biomarqueurs parmi les méthodes d'évaluation de la qualité de l'environnement. Lavoisier Tec&Doc, Paris, 21-31.

Anonyme, 1976. Extension du port d'Annaba. Etude générale des conditions Naturelles dans le golfe (synthèse finale du LCHF) : p 50.

Anonyme, 2002. Evaluation of the overall potentiel of break waters as a tool to aid management of coastal assemblages. Delos, Delivrable 47 WWP.3.4: Italy .conract N: EVK3-CT-2000-00041:14P.

Anonyme, 2006. Problèmes prioritaires pour l'environnement méditerranéen. *Rapport de l'Agence Européenne pour l'environnement, Rapport AEE*, **4**: 90.

Aparici-Seguer V., Guallart-Furia J. et Vicent-Rubert J.J., 1995. *Patella ferruginea* population in Chafarinas Islands (Alborin Sea, Western Mediterranean). In : *Abstacs. Twelfth International Malacological Congress*: 119-121 (A. Guerra , E. Rolin & F. Rocja, Eds.). Instituto de Investigaciones Marinas (CSIC), Vigo.

Arrieche D., Licet B., García N., Lodeiros C. et Prieto A., 2004. Índice de condición gonádico y de rendimiento del mejillón marrón *Perna perna* (Bivalvia: Mylilidae) del Morro de Guarapo, Venezuela. Interciencia 27 (11), 613–619.

Azzoni R., Giordani G. et Viaroli P., 2005. Iron–sulphur–phosphorus interactions: implications for sediment buffering capacity in a mediterranean eutrophic lagoon (Sacca di Goro, Italy). *Hydrobiologia*, **550**(1): 131-148.

B

Bachelet G., 1981. Données préliminaires sur l'organisation trophique d'un peuplement benthique marin. Vie Milieu., **31**(3-4): 205-213.

Blanchette B.N. et Singh B.R. 1999. Purification and characterization of the glutathione- S-transferases from the northern quahog, Mercenaria mercenaria. *J. Marine Biotechnol*. 1: 74-80.

Ballesteros E., 2003. The coralligenous in the Mediterranean. RAC-SPA editor, Tunisia, 104 p. (*under press*)**.**

Bannister J.V., 1970. Some adaptational differences in the limpets *Patella caerulea* and *Patella lusitanica* in relation to the zonation. Thesis Doct. *Sci. Univ*. Malta : 105 p.

Barba R., Moreno D., Molina M., Sandino L., Linde A., Remon J.M., Rosa J., Arroyo M.C., Fernandez-Casado M. et Gomez G., 2005. Programa de gestion sostenible de recursos para la conservacion del medio marino Andaluz : datos preliminares del censo de *Patella ferruginea* Gmelin, 191.

Barillé A.L., 1996. Contribution à l'étude des potentialités conchylicoles de Prthuis Breton. Thèse de doctorat. Université d'Aix-Marseille II, 243 pp.

Batista D., Muricy G., Rocha R.C. et Miekeley N.F., 2014. Marine sponges with contrasting life histories can be complementary biomonitors of heavy metal pollution in coastal ecosystems. *Environmental Science and Pollution Research*, **21**(9): 5785-5794.

Baturo W., 1995. Etude des effets écotoxicologiques de l'atrazine et de l'hexachlorobenzène sur *Lymnaea palustris* (Gastropoda : Pulmonata) maintenue en mésocosmes : identification et validation expérimentale de biomarqueurs. Rapport de Thèse N° **3865**, Université Paris-Sud, Paris.

Baxter J.M., 1983. Annual variations in soft-body dry weight, reproductive-cycle and sex-ratios in populations of *Patella vulgata* at adjacent sites in the Orkney Islands. Mar. Biol. 76:149–157.

Bazairi H., 1999. La faune macrobenthique de la lagune de Moulay Bousselham : Structure des peuplements et successions spatio-temporelles. Thèse doctorat. Université Mohammed V, Rabat, Maroc : 199p.

Beeby A., 2001. What do sentinels stand for? *Environ. Pollut*.**, 112**, 285-298.

Behrens A. et Segner H., 2005. Cytochrome P450 A induction in brown trout exposed to small streams of an urbanized area: results of a five-year-study. *Environ. Poll*., **136(2) :** 231-242.

Belabed B.E., 2006. Évaluation de la contamination par les métaux lourds dans le littoral d'Annaba et la lagune El Mellah. *Thèse magister*, Univ. Badji Mokhtar, Annaba: 98 p.

Belabed S. et Soltani N., 2013. Acute toxicity of cadmium on *Donax trunculus*: acetylcholinesterase, glutathione S-transferase activities and pattern of recovery. *European Journal of Experimental Biology*, 3(2):54-61.

Belbacha S., 2008. Contribution à la connaissance de la biodiversité marine de la région d'El-Kala (Est Algérien). *Thèse magister*, Univ. Badji Mokhtar, Annaba : 90 pp.

Beldi H., Gimbert F., Maas S., Scheifler R. et Soltani N., 2006. Seasonal variations of Cd, Cu, Pb and Zn in the edible mollusc *Donax trunculus* (Mollusca, Bivalvia) from the gulf of Annaba, Algeria. *African Journal of Agricultural Research*, **1**(4): 85-90.

Beldi H., 2007. Étude de *Gambusia affinis* (Poisson, Téléostéen) et *Donax trunculus* (Mollusque, Pélécypode) : écologie, physiologie et impacts de quelques altéragènes. Thèse doct. Ecologie marine. Univ. Annaba : 106p (+ annexes).

Beldi H., Boumaza F.Z., Draredja B. et Soltani N., 2012. Biodiversité des Patellidae (gastropoda, prosobranchia) du golfe d'Annaba (Algérie Nord-Est). *Bull. Soc. zool. Fr.*, 2012, 137(1-4) : 121-132.

Belkheir M. et Hadj Ali S.M., 1991. Contribution à l'étude des mécanismes d'eutrophisation dans le lac de Tunis : évolution des paramètres physico-chimiques et biologiques. *Bull. Inst. Scient. Tech. océanogr*. Pêche. Salombo. Tunis, **8:** 81-98.

Belkhodja H., Jaafoura M.H., Missaoui H. et 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.

Belkhodja H., Jaafoura M.H., Missaoui H. et Romdhane M.S., 2011. Histological investigation of the reproductive cycle of the limpet *Patella caerulea* Linnaeus, 1758. *Cahiers de Biologie Marine*, 52: 279-290.

Belkhodja H. et Romdhane M.S., 2012. Etude morphométrique du mollusque gastéropode *Patella caerulea* linnaeus, 1758 des cotes Nord de la Tunisie. *Bull. Inst. Natn. Scien. Tech*. Mer de Salammbô, Vol. 39, 2012.

Benelli C., Fabbri A., Grassi S., Lambardi M. et Rugini E., 2001. Histology of somatic embryogenesis in mature tissues of olive (*Olea europaea L.*)., *J. Hort. Sci. Biotechnol*., **76(1):** 112-119.

Benmassaoud, F., 1987. Étude de deux mollusques lamellibranches: *Cerastoderma edule* (L., 1767) et *Venerupis decussata* (L., 1758) dans l'estuaire du Bou-Regreg. Thèse de 3èmecycle, Université Mohammed V, Rabat (Maroc): p: 119.

Benzaoui M.Y., Bentaallah M.E.A., Ben Naoum B.E., Kerfouf A. et Boutiba Z., 2015. Heavy metals (Hg, Cd, Pb) concentrations on Mytilus galloprovincialis (Lamarck, 1819) in Oran coastal waters (Western Algeria): new evidences. J Appl Environ Biol Sci 5(6):1–9.

Benzohra M., 1993. Les structures hydrologiques le long des côtes algériennes. In: Workshop sur la circulation des eaux et pollution des côtes méditerranéennes du Maghreb, INOC, Izmir : 33-46.

Bergayou H., Mouneyrac C., Pellerin J. et Moukrim A., 2009. Oxidative stress responses in bivalves (*Scrobicularia plana, Cerestoderma edule*) from the oued Souss estuary (Marocoo). *Ecotoxicol. Environ. Saf*., **72 :** 765-769 pp.

Berger B. et Dallinger R., 1993. Terrestrial snails as quantitative indicators of environmental metal pollution. Environmental Monitoring and Assessment 25, 65-84.

Bhattacharya G.G., 1967. A sample method of resolution of a distribution into Gaussian components. *Biometrics,* **137**(1): 137-143.

Bini G., Pugliese A.M., Pepeu G. et Chelazzi G., 2006. Tetrodotoxin prevents copper-induced bradycardia in Gastropod limpets. *Environ. Pollut*., 139 : 79-85.

Blackmore D.T., 1969. Studies of *Patella vulgate* L. I. Growth, reproduction and zonal distribution. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 3: 200-213.

Bocquené G., 1996. L'acétylcholinestérase, marqueur de neurotoxicité. Application à la surveillance des effets biologiques des polluants chez les organismes marins. Thèse de Doctorat, Ecole Pratique des Hautes Etudes, 250 p.

Bocquené G., et Galgani F., 2004. Les marqueurs biologiques des effets polluants : l'Acétylcholinestérase. *Ed. Ifremer*, methodes d'analyse en milieu marin, 28p.

Bodin N., Burgeot T., Stanisiere J. Y., Bocquené G., Menard D., Minier C., Boutet I., Amat A., Cherel Y. et Budzinski H., 2004. Seasonal variation of a battery of biomarkers and physiological indice for mussel *Mytilus galloprovincialis* transplanted into the northwest Mediterranean Sea. *Comp. Biochem. Physiol. C. Toxical. Pharmacom*., **138 :** 411-427.

Bodoy A. et Massé H., 1978. Quelques paramètres permettant de suivre la production organique d'un Mollusque bivalve au cours d'un cycle saisonnier. *Pub. Sci. Tech. NEXO, Actescolloque.,* **7:** 753-766.

Boening D.W., 1999. An evaluation of bivalves as biomonitors of heavy metals pollution in marine waters. *Environmental monitoring and assessment*, **55**(3): 459-470.

Bolton R.M. et Ahokas J.T., 1997. Mixed function oxidases in an Australian marsupial, the brushtail possum (*Trichosurus vulpecula*). *Arch. Environ. Contam. Toxicol*. 33(1):83-9.

Bordjiba O., Bekhouche F., Hassaine A. et Djenidi R., 2009. Impact de la Pollution Par Les Hydrocarbures Sur la Qualité des Eaux Usées Dans la Région de Skikda (Nord-Est Algérien). *European Journal of Scientific Research,* **26(1):** 87-97.

Borges C.D.G., 2013. The influence of environment and exploitation on sex change in limpets. [Ph.D. thesis], University of Southampton, Southampton, UK.

Borges C.D.G., Hawkins S. J., Crowe T. P. et Doncaster C.P., 2016. The influence of simulated exploitation on Patella vulgata populations: Protandric sex change is size-dependent. Ecology and Evolution. *Ecol Evol*. 2016; 6(2):514–31. DOI: 10.1002/ece3.1872.

Bosman A.L. et Hockey P.A.R., 1988 a. The influence of primary production rate on the population dynamics of *Patella granularis*, an intertidal limpet. *Mar. Ecol.* **9(3)**: 181-198.

Boucetta S., Beldi H., et Draredja B., 2016. Effects of metal pollution on the activities of Acetylcholinesterase and glutathione -S -transferase in *Phorcus (Osilinus) turbinatus* (Gastropoda, Trochidae) of the coast East- Algerian. *Advances in Environmental Biology*, 10(5): 46-60

Boucetta S., 2017. Biosurveillance des eaux du littoral Est Algérien á travers un mollusque gastéropode : *Phorcus*(=*Osilinus*) *turbinatus* (Born, 1780). Thèse de doctorat en sciences de la mer option : écologie marine. Université Badji Mokhtar – Annaba. 208 pages.

Boudouresque C.F. et Laborel-Deguen F., 1986. *Patella ferruginea*. In : Le benthos marin de l'île de Zembra (Parc National, Tunisie). Boudouresque C.F., Harmelin J.G., Jeudy De Grissac A. Ed. GIS Posidonie publ., Fr : 105-110.

Boudouresque C.F., 1996. Impact de l'homme et conservation du milieu marin en Méditerranée. *GIS Posidonie publications, 2ème édition, Marseille* : 1-243.

Boumaza F.Z., 2014. Évaluation de l'état de santé des eaux du golfe d'Annaba à travers un Mollusque Gastéropode *Patella caerulea* (L., 1758): paramètres écologiques et biochimiques. Thèse Doct. Univ. Annaba (Algérie): p: 159.

Boumaza F.Z., Beldi H. et Soltani N., 2016. Biodiversity of patellidae (Gastropoda, Prosobranchia) in northeastern coast of Algeria: impact of marine pollution. 2nd ICIEM 2016, International Conference on Integrated Environmental Management for Sustainable Development.

Boutefnouchet N., Bouzerna N. et Chettibi H., 2005. Assesment of the Petrochemical Industry Pollution on the Skikda Bay, Algeria. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, **2**(3): 463-468.

Boutiba Z., 2004. Quid de l'Environnement Marin. Edit: Dar El Gharb, 273p.

Bowman R. S et Lewis J. R., 1977. Annual fluctuations in the recruitment of *Patella vulgata.* J. U.K., 57: 793-815.

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, pp : 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.

Boyden C.R. et Zeldis J.R., 1979. Preliminary observations using an attached microphonic sensor to study feeding behaviour of and intertidal limpet. Estuar. Coast. Mar. Sei., 9 (6): 759-769.

Bradford M.M., 1976. A rapid and sensitive method for the quantification of microgramquantities of protein utilizing the principe of protein –dye binding. *Anal Biochem.,* **72 :** 248 – 254.

Branch G.M. et Branch M.L., 1980. Experimental analysis of intraspecific competition in an intertidal Gastropod, *Littorina unifasciata***.** *Australian Journal of Marine and Freshwater Research*, **32**: 573-589.

Branch G.M., 1981. The biology of limpets: physical factors, energy flow and ecological interactions.,*Oceanog. Mar. Biol. Ann. Rev*. **19**: 235-280.

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.

Bremond R. et Vuichard R., 1973. Paramètres de la qualité des eaux, Ministère de la protection de la nature et de l'environnement, SPEPE, Paris, 179 p.

Bresler V., Mokady O., Fshelson L., Feldstein T. et Abelson A., 2003. Marine molluscs in environemental monitoring : II. Experimental exposure to selected polluants. *Helgol. Mar. Res*., **57** : 206-211.

Brêthes J.C., Ferreyra G. et Veja S., 1994. Distribution, growth and reproduction of the limpet *Nacella* (*Patinigera concinna* Strebel 1908) in relation to potential food availability, in Esperanza Bay (Antarctic Peninsula). Polar Biol. 1994; 14:161–70.

Brown J.R., Galloway T.S., Lowe D., Browne M.A., Dissanayake A., Jones M.B. et Depledge M.H., 2004. Differential sensitivity of three marine invertebrates to copper assessed using multiple biomarkers. *Aquatic Toxicology* **66:** 267–278.

Bulleri F. et Chapman M.G., 2010. The introduction of coastal infrastructure as a driver of change in marine environments. *Journal of Applied Ecology*, **47**(1): 26-35.

Bulleri F., Menconi M., Cinelli F. et Benedetti-Cecchi L., 2000. Grazing by two species of limpets on arificial reefs in northwest Mediterranean. *J. exp. mar. Biol. Ecol*., 255 : 1-19.

Bulter P.A., Andren L., Bonde G.J., Jernelov A. et Reisch D.J., 1971. Monitoring organisms. FAO conference on marine pollution and its effect on living ressources and fishing, Rome. FAO fisheries reports. (99). pp. 101-112.

Burgeot T., Bocquene G., Pingray G., Godefroy D., Legrand J., Dimeet J., Marco F., Vincent F., Henocque Y., et Jeanneret H.O., 1994. Monitoring biological effects ofcontamination in marine fish along French coasts by measurement of ethoxyresorufin-O-deethylase activity. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, **29**, 131-147.

Burton G.A., 1992. "Plankton, Macrkphyte, Fish and amphibian toxicity testing of fresh water sadimentc".In Burton, GAJ (Eds). Sediment Toxicity Assesrment, Lesis, Chelsea, MT. USA. 167-176p.

C

Cairns J., Mount D.I., 1990. Aquatic toxicology. *Environ. Sci. Technol*, **24**, 154-161.

Calow P., Sibly R.M., 1990. A physiological basis of population processes: ecotoxicological implications. *Funct. Ecol*., **4,** 283-288.

Campanella L., Conti M.E., Cubadda F. et Sucapane C., 2001. Trace metals in seagrass and mollusks from an uncontaminated area in the Mediterranean. *Environmental Pollution, 111*, 117–126.

Caquet T., Lagadic L., 1998. Conséquences d'atteintes individuelles précoces sur la dynamique des populations et la structuration des communautés et des écosystèmes Lavoisier *Tec & Doc* , Paris,265-298.

Chatterjee S. et Bhattacharya S., 1984. Detoxification of indutrial polluants by the glutathione-S-transferase system in the liver of Anabas testudineus (Bloch). Toxicol. Lett., 187-198pp.

Chicharo L. et Chicharo M.A., 2001. Effects of environmental conditions on planktonic abundances, benthic recruitment and growth rates of the bivalve mollusc *Ruditapes decussatus* in a Portuese coastal lagoon. *Fish. Res.*, **53:** 235-250.

Choquet M., 1968. Croissance et longévité de *Patella vulgata* (L.), gastéropode prosobranche dans le Boulonnais. Cahiers de Biologie Marine, T 9 : 449-468.

Choquet M., 1969. Contribution à l'étude du cycle biologique et de l'inversion du sexe chez *Patella vulgata.* Thèse, Fac. Lille: 234 p.

Choquet M., 1971. Etude do cycle biologique et de l'inversion du sexe chez Patella vulgata L. (Mollusque Gasteropode Prosobranche). *Gen. Comp. Endocrinol*. 16:59–73.

C**oeurdassier M., 2001.** Utilisation de mollusques gastéropodes pulmonés terrestres (*Helix aspersa*) et aquatiques (*Lymnia stagnalis* et *Lymnia palustris*) comme indicateurs de pollution par les éléments métalliques et les xénobiotiques .Thèse de doctorat, université de franche comté, France.281p.

Collignon J., 1991. Écologie et biologie marines, introduction à l'halieutique. Ed. Masson, Paris: 298p.

Cossu A., Doyotte A., Jacquin M.C. et Vasseur P., 1997. Biomarqueurs du stress oxydant chez les animaux aquatiques. Biomarqueurs en écotoxicologie Aspects fondamentaux. Paris7 Masson; 1997. p. 149– 163.

Creese R.G., 1980. An analysis of distribution and abundance of populations of the highshore limpet, *Notoacmea petterdi* (Tenison-Woods). *Oecologia*, **45**(2): 252-260.

Creese R.G. et Underwood A.J., 1982. Analysis of inter-and intra-specific competition amongst intertidal limpets with different methods of feeding. *Oecologia*, **53**(3): 337-346.

Cretella M., Scillitani G., Toscano F., Tirella P., Picarello O. et Cataudo A., 1994. Relationships between *Patella ferruginea* Gmelin, 1791 and the other Tyrrhenian species of *Patella* (Gastropoda : Patellidae). *Journal of Molluscan Studies*, 60 : 9-17.

Cruz R.A. et Villalobos C., 1993. Monthly changes in tissue weight and biochemical composition of the mussel *Mytella guyanensis* (Bivalvia: Mytillidae) in Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 41, 93–96.

Cubadda F., Conti M.E. et Campanella L., 2001. Size-dependent concentrations of trace metals in four Mediterranean gastropods. *Chemosphere*, *45*, 561– 569.

Culioli J.M., 2003. L'Office de l'Environnement de la Corse et le parc National de Port-Cros. Le journal de la pointe du Cap Corse. Association Finochiarola pour la gestion des espaces naturels de pointe du Cap Corse. N°2. Hiver 2002-2003.

Cunha I., Garcia L.M et Guilhermino L., 2005. Sea-urchin (*Paracentrotus lividus*) glutathione S-transferases and cholinesterase activities as biomarkers of environmental contamination. *Journal of* Environmental Monitoring, **7**: 1-7**.**

Cunha I., Mangas-Ramirez E. et Guilhermino L., 2007. Effects of copper and cadmium on cholinesterase and glutathione S-transferase activities of two marine gastropods (*Monodonta lineata* and *Nucella lapillus*). *Comparative Biochemistry and Physiology*, Part **C 145 :** 648–657.

Curini-Galletti M., 1979. Ritrovamento di una *Patella ferruginea*. Notiziario C.I.S.M.A., 1: 53-54.

D

Daby D., 2006. Coastal pollution and potential biomonitors of metals in Mauritius.Water. Air. Soil. Pollut. **174:** 63-91.

Dajoz R., 1985. Précis d'écologie. 5 ème édition, Ed. Dunod, Paris, 505 p.

Darriba S., San Juan F. et Guerra A., 2004. Reproductive cycle of the razor clam *Ensis arcualus* (Jeffreys, 1865) in northwest Spain and its relation to environmental conditions. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology.*, **311:** 101-115.

Dauvin J.C., 1988. Structure et organisation trophique du peuplement des sables grossiers à *Amphioxus lanceolatus*-Venus fasciata de la baie de Morlaix (Manche occidentale). *Cahiers de Biologie marine*, **29**: 163–185.

Davies P.S., 1969. Effect of environment on metabolic activity and morphology of Mediterranean and British species of *Patella. Pubbl. Stn. Zool. Napoli*, 37: 641-656.

De Beaufort F. et Lacaze J.-C., 1988. Livre rouge des espèces menacées en France ; Tome 2 : Espèces marines et littorales menacées. SFF/MNHN, 356.

De Jonge C., Hopmans E.C., Stadnitskaia A., Rijpstra W.I.C., Hofland R., Tegelaar E. et Sinninghe Damsté J.S., 2013. Identification of novel penta- and hexamethylated branched glycerol dialkyl glycerol tetraethers in peat using HPLC–MS2, GC–MS and GC–SMB-MS. *Organic Geochemistry*, **54:**78–82.

Delany J., McGrath D., O'Riordan R. et Myers A., 2002. Reproduction in the intertidal limpets *Patella vulgata* and *Patella ulyssiponensis*. In: Myers A, editor. New survey of Clare Island. Volume 3: marine intertidal ecology. Dublin: Royal Irish Academy; 2002. p. 91–116.

Delgado, E. et Defeo, O., 2007. Tisular and population level responses to habitat harshness in sandy beaches : the reproductive strategy of *Donaxhanleyanus*. *Mar. Biol.*,**152:** 919-927.

Della Santina P., 1990. Eco-etologia dei Patellidae (Mollusca: Gastropoda) sul litorale-tirrenico. Ph.D Thesis, Universita degli Studi di Firenze, Italy: 214p.

Della Santina P., Sonni C., Sartoni G. et Chelazzi G., 1993. Food availability and diet composition of three coexisting Mediterranean limpets *(Patella* spp.). *Mar.Biol.*, 116: 87-95.

Dendero F., Dagnino A., Jonsson H., Capri F., Gastaldi L. et Viarengo A., 2006. Assessing the occurrence of a stress syndrome in mussels (*Mytilus edulis*) using a combined biomarker/ gene expression approach. *Aqua. Toxicol*., **78 S :** 13-24.

Depledge M.H. et Galloway T.S., 2005. Healthy animals, healthy ecosystems. *Front. Ecol. Environ.*, **3(5):** 551-558.

Dewes L.J., Sandrine J.Z., Monserrat J.M. et Yunes J.S., 2006. Biochimical and Physiological responses after exposure to microcytins in the crab *Chasmagnathus granulates* (Decapods, Brachyra). *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, **65 :** 201-208.

Dicks B., 1973. Some effects of Kuwait erude oil on the limpet *Patella vulgata.* Environmental pollution, 5 (3): 219-229.

Douhri H. et Sayah F., 2009. The use of enzymatic biomarkers in two marine invertebrates *Nereis diversicolor* and *Patella vulgata* for the biomonitoring of Tangier's bay (Morocco). *Ecotoxicology and Environmental Safety*, **72**, 394-399.

Duquesne S. et Kuster E., 2010. Biochemical, metabolic, and behavioural responses and recovery of Daphnia magna after exposure to an organophosphate. *Ecotoxicology and Environnemental Safety*, **72** : 394-399.

E

Edouard H. et Christian C., 1973. Biologie et physiologie des coquillages. Direction de l'environnement et de l'aménagement littoral. 108 p.

EEA. European Environment Agency, 2014. Horizon 2020 Mediterranean report. Toward shared environmental information systems. EEA Technical report No. 6/2014. Publications Office of the European Union.Luxembourg. Available online from: http://www.eea.europa.eu/ publications/horizon-2020-mediterranean-report.

Einarson S., 1993. Effects of temperature, seawater osmolarity and season on oxygen consumption and osmoregulation of the amphipod *Gammarus oceanicus*. *Mar. Biol.*, **117:** 599–606.

Eldafrawi A.T., 1985. Acetylcholinesterase and anticholinesterase. *In* : Kerkut, G.A. & Gillbert, L.I.((Eds.). Compresive Insect Phsiology, Biochimestry and Pharmacology. New York, Pregamon press., **12 :** 115-130.

Ellman G.L., Courtney K.D., Andres V., et Featherstone R.M., 1961. A new and rapid colorimetric determination of acetylcholinesterase activity. *Biochemical Pharmacology and Physiology*. **38** : 84-90.

El-Morhit M., 2009. Hydrochimie, éléments traces métalliques et incidences écotoxicologiques sur les différentes composantes d'un écosystème estuarien (BAS

LOUKKOS). Thèse de Doctorat, Université Mohammed V-Agdal. Faculté des sciences. Rabat, Maroc. 260p.

Espinosa F., Guerra-Garcia J.M. et Garcia-Gomez J.C., 2007. Sewage pollution and extinction risk: an endangered limpet as a bioindicator? *Biodiversity and Conservation*, **16**, 377-397.

F

Fenet H., Casellas C. et Bontoux J., 1998. Laboratory and field-caging studies on hepatic enzymatic activities in European eel and rainbow trout. *Ecotoxicology and environmental safety*, **40**(1): 137-143.

Fernández N., Alborés I. et Ace˜na-Matarranz S., 2015. Characterization of the reproductive cycle and physiological condition of *Patella vulgata* in the NW of the Iberian Peninsula: Relevant information for a sustainable exploitation. Fisheries Research 164 (2015) 293–301.

Fernández N., Alborés I. et Acena-Matarranz S., 2016. Spatial variability of the reproductive cycle and physiological condition of *Patella* spp. (Mollusca Gastropoda) in the NW of the Iberian Peninsula: Implications for exploitation. Fisheries Research 179 (2016) 76–85.

Ficher W., Bauchot M.L. et Schneider M., 1987. Fishes Fao d'identification des espèces pour les besoins de la pêche. Méditerranée et mer Noire. Zone de pêche 37. Vol.1. Végétaux et invertébrés. Publication Fao et commission de communautés européennes. Rome, Fao, Vol.1. 760 p.

Filgueira R., Comeau L.A., Landry T., Grant J., Guyondet T., Mallet A., 2013. Bivalve condition index as an indicator of aquaculture intensity: a meta-analysis. *Ecol. Indic.* 25, 215–229.

Fischer-Piette E., 1935. Systématique et biogéographie des Patelles d'Europe et d'Afrique du Nord. J. of Conchyliology, **79 :** 5-66.

Fischer-Piette E., 1941. Croissance, taille maxima et longévité possible de quelques animaux intercotidaux en fonction du milieu. *Ann. Inst. Oceano.*, **T 21:** 1-28.

Fischer-Piette E., 1946. Nouvelles observations sur les patelles à croissance rapide du milieu d'estuaire. *Bull. Lab. Marit. Dinard*, 27, pp : 22-26.

Fisher-Piette E., 1948. Sur les éléments de prospérité des patelles et sur leur spécificité. *Journal de Conchyliologie*. 88: 45-96.

Fitzpatrick P.J. et Sheehan D., 1993. Separation of multiple forms of glutathione S transferase from the blue mussel, Mytilus edulis. *Xenobiotica.* 23(8):851-61.

Fitzpatrick P.J., Kraq T.O., Højrup P., et Sheehan D., 1995. Characterization of a glutathione S-transferase and a related glutathione-binding protein from gill of the blue mussel, Mytilus edulis. *Biochem. J.* 1; 305 (Pt 1):145-50.

Foley V. et Sheehan D., 1998. Glutathione S-transferases of the yeast *Yarrowia lipolytica* have unusually large molecular mass. *Biochem. J.*, 333: 839–845.

Forbes V.E., Depledge M.H., 1992. Cadmium effects on the carbon and energy balance of mudsnails. *Mar. Biol.*, **113**, 263-269.

Forbes V.E. et Forbes T.L., 1994. Ecotoxicology in Theory and Practice. Chapman & Hall, London.

Fréhi H., 1995. Etude de la structure et du fonctionnement du système phytoplanctonique dans un écosystème marin côtier : Eutrophisation de la baie d'Annaba. *Thèse de Magister*, Université d'Annaba, Algérie, 160p.

Fréhi H., 2007. Hydrobiologie de la baie d'Annaba: Etude descriptive des Dinoflagellés et écologie des espèces nuisibles. Thèse de Doct. d'Etat. Univ. Annaba, Algérie : 166p.

Fréhi H., Couté A., Mascarell G., Perrette Gallet C., Ayada M. et Kara M.H., 2007. Dinoflagellés toxiques et/ou responsables de blooms dans la baie d'Annaba (Algérie). *C.R.Biologies*, 330: 615-628.

Frenkiel L., 1975. Contribution à l'étude des cycles de reproduction des Patellidae en Algérie [Contribution to the study of reproductive cycles of Patellidae in Algeria]. Pubblicazioni della Stazione Zoologica di Napoli, 39 (Suppl): 153–189.

Fretter V. et Graham A., 1976. The prosobranch molluscs of Britain and Denmark. I. Pleurotomariacea, Fissurellacea and Patellacea. Journal of Molluscan Studies, 1: 1-37.

Fretter V. et Graham A., 1962. British Prosobranche Molluscs, their functional anatomy and ecology. *Ray Society*: 755p.

G

Galloway T.S. et Depledge M.H., 2001. Immunotoxicity in invertebrates: measurement and ecotoxicological relevance. *Ecotoxicology*. **10:** 5-23.

George S. Young 1988. Turbulence Structure of the Convective Boundary Layer. Part II. Phonenix 78 Aircraft Observations of Thermals and Their Environment. *J. Atmos. Sci.*, **45**, 727–735.

Geffard A., Amiard-Triquet C. et Amiard J.C., 2005. Do seasonal changes affect metalothionein induction by metals in mussels, *Mytilus edulis*? *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, **61 :** 209-220.

George G.S. et Buchanan G., 1990. Isolation, properties and induction of plaice liver cytosolic glutathione S-transferases. *Fish Physiol. & Biochem.*, v. 8, n° 6 : 437-449.

Giménez L., Borthagaray A., Rodrĭguez M., Brazeiro A. et Dimitriadis K., 2005. Scale dependent patterns of macroinfaunal distribution in soft sediment intertidal habitats along a large-scale estuarine gradient. *Helgoland Marine Research*, **59**: 224-236.

Gobas F. et Morrison H.A., 2000. Bioconcentration and biomagnification in the aquatic environment. In: R.S. Boethling & D. Mackay (eds). Handbook of Property Estimation Methods for Chemicals: Environmental and Health Sciences, Lewis, Boca Raton, Florida, USA, pp. 189-231.

Gomot A., 1997. Dose dependent effects of cadmium on the growth of snails in toxicity bioassays.*Arch. Environ. Contam. Toxicol*., **33:** 209-216.

Gomot-de Vaufleury A. et Kerhoas I., 2000. Effects of cadmium on the reproductive system of the land snail *Helix aspersa*. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, **64**, 434-442.

Gorbi S., Lamberti C.V., Notti A., Fattorini D. et Molted, Regoli F., 2008. An ecotoxicological protocol with caged mussels, *Mytilus galloprovincialis*, for monitoring the impact of an offshore platform in the Adriatic Sea. *Mar. Environ. Res*., **65:** 34-49.

Grant A. et Tyler P.A., 1983. The analysis of data in studies of invertebrate reproduction. I. Introduction and statistical analysis of gonadal indices and maturity indices. Int J Invertebr Reprod Dev. 1983; 6: 259–69.

Grandfils R., 1982. Contribuction al conocimiento de *Patella ferruginea* (Gmelin, 1789). *Iberus*, 2 : 57-69.

Grimes S., Boutiba Z., Bakalem A., Bouderbala M., Boudjllal B., Boumaza S., Boutiba M., Guedioura A., Hafferssas A., Hemida F., Kaidi N., Khelifi H., Kerzabi F., Merzoug A., Nouara A., Sellali B., Sellali-Merabtine H., Samroud R., Seridi H., Taleb M.Z. et Taouahria T., 2004. Biodiversité Marine et littorale Algérienne. ISBN 9961-9547-O-X. Ouvrage domicile au laboratoire « Réseau de surveillance environnementale ». *Univ*. Es Sénia, Oran: 361p.

Grimes S., 2010. Peuplement benthiques des substrats meubles de la côte Algérienne, Taxonomie, Structure et Statut écologique. *Thèse de doctorat, Université d'Oran, Faculté des sciences*. 362p.

Guallart J., Calvo M., Acevedo I. et Templado J.. 2013. Two-way sex change in the endangered limpet *Patella ferruginea* (Mollusca, Gastropoda). Invertebr. Reprod. Dev. 57:247–253.

Guemouda M., Meghlaoui Z., Daas T., Daas-Maamcha O. et Scaps P., 2014. Monitoring pollution in East Algerian coasts using biochemical markers in the polychaete annelid *Perinereis cultrifera*. *Annals of Biological Research*. **5** (2), p31.

Guerin J.L. et Stickle W.B., 1992. Effects of salinity gradients on the tolerance and bioenergetics of juvenile blue crabs (*Callinectes sapidus*) from waters of different environmental salinities. *Mar. Biol.*, **114:** 391–396.

Guerra M.T. et Gaudêncio M.J., 1986. Aspects of the ecology of *Patella* spp. On the Portuguese coast. Hydrobiologia. **1986**; 142:57–69.

Guillou J., Bachelet G., Desperez M. et Ducrotoy J.P., 1990. Les modalités de la reproduction de la coque (*Cerastodermaedule*) sur le littoral français de la Manche et de l'Atlantique. *Aquat. Living. Resour*., Vol. 3, p 29-41.

Gürlük S., 2009. Economic growth, industrial pollution and human development in the Mediterranean region. Ecological Economics, 68: 2327-2335.

H

Habig W.H., Pabst M.J. et Jakoby W.B., 1974. Glutathione S-transferases. The first step in mercapturic acid formation. *J. Biol. Chem.*, 249: 7120-7130.

Hafsaoui I., Bouaziz R., Draredja B. et Beldi H., 2016. Reproduction cycle of *Donax trunculus* (Mollusca, Bivalvia) in the gulf of Annaba (Northeast Algeria). Advances in Environmental Biology, 10(5) May 2016, Pages: 82-95.

Hamdani A., 2012. La reproduction chez un mollusque bivalve *Donax trunculus* L. dans le golfe d'Annaba. Rapport entre les aspects cytologiques et biochimiques et la pollution. Thèse Doct. Univ. Annaba: 165p. (+ annexes).

Hatton H., 1936. Observations sur l'habitat et sur la croissance de *patella vulgata* (L.). Note préliminaire. *Bull. Labo. Marit.* Dinard, 15 : 17-20.

Hatton H., 1938. Essais de bionomie explicative sur quelques espèces intercotidales d'algues et d'animaux. *Ann. Inst. Oceano*., 17: 241-348.

Henriques P., Sousa R., Pinto A.R., Delgado J., Faria G., Alves A. et Khadem M., 2012. Life history traits of the exploited limpet *Patella candei* (Mollusca: Patellogastropoda) of the north-eastern Atlantic. *J. Mar. Biol. Assoc.* UK. 2012; 92(6):1–9.

Hereu B., 2004. The role of interactions between fishes, sea urchins and algae in the Northwestern Mediterranean rocky infralittoral. These. Universitat de Barcelona.

Hill J.M., 2008.*Patella vulgata*. Common limpet.*Marine Life Information Network: Biology* and Sensitivity Key Information Sub-programme [on-line]. Plymouth: Marine Biological Association of the United Kingdom. [cited 14/07/2008].

Holt M.S., 2000. Source of chemical contaminants and routes into the freshwater environment. *Food. Chem. Toxicol*., 38 (SUPPL.1).

Hong Y.Y., Chiu C.Y., Dweck C.S., Lin D. et Wan W., 1999. Implicit theories, attributions, and coping: A meaning system approach. *Journal of Personality and Social Psychology*, 77, 588 – 599.

Howard A.G. et Nickless G., 1977. Heavy metal complexation in polluted molluscs. 1) Limpets *Patella vulgata* and *P. intermedia.*

Hsu J.C., 1996. Multiple Comparisons. Chapman and Hall.

Huang H., Wu J.Y. et Wu J.H., 2007. Heavy metal monitoring using bivalved shellfish from Zhejiang coastal waters, East China Sea.*Environ. Monitor. Assess.*,**129:** 315-320.

Huscheck G. et Hansen P.D., 2005. Ecotoxicological classification of the berlin river system using bioassays in respect to the European water directive. *Environmental Monitoring Assessment*, **121**: 15-31.

I

Imasheva A.G., Loeschcke V., Zhivotovsky L.A. et Lazebny O.E., 1997. Effects of extreme temperatures on phenotypic variation and developmental stability in *Drosophilia melanogaster* and *Drosophila buzzatii*. *Biol. J. Linn. Soc.*, **61(1):** 117–126.

J

Jakboy B.W. et Habig H.W., 1980. Glutathione transferase In : Enzymatic basis of detoxication (Eds.). By Jakboy, B.W. New York : Academic Press., Vol II : 63-94.

Jensen K.T., 1993. Density-dependent growthin cockles: evidence from interannual comparisons. *J. Mar Biol Ass UK*., **73**: 333-342.

Joaquim S., Matias D., Lopes B., Arnold W.S. et Gaspar M.B., 2008. The reproductive cycle of white clam *Spisula solida* (L.) (Mollusca: Bivalvia): Implications for aquaculture and wild stock management. *Aquaculture*: 281: 43-48.

Jones N.S., 1948. Observations and experiments on the bilogy of *Patella vulgata* at Port St Mary, Isle of Man. *Proc. Trans. Li. Biol. Soc*., 56 : 60-77.

Jumel A. et Lagadic L., 2000. Metabolism of polysaccharides in *Lymnaea palustris* (Mollusca, Gastropoda) exposed to 4-nonylphenol and nonylphenol dodecylethoxylate in mesocosms. Third SETAC World Congress. Global Environmental Issues in the 21th Century: Problems, Causes and Solutions. Brighton, Angleterre.

K

Kaiser J., **2001.** Bioindicators and Biomarkers of Environmental Pollution and Risk Assessment (Enfield: Sciences publishers inc.).

Kamisaka K., Habig W.H., Ketley J.N., Arias M. et Jakoby W.B., 1975. Multiple forms of human glutathione S-transferase and their affinity for bilirubin. *Eur J Biochem.* 1;60(1):153-61.

Kammenga J.E., Dllinger R., Donker H.M., Koheler H.R., Smonsen V., Triebskorm R. et Weeks M.J., 2000. Biomarkers in terrestrial invertebrates for ecotoxicological soil risk assessement. *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*, **164:** 93-147.

Kantin R., Andral B., Debard S., Denis J., Derolez V., Emery E., Ganzin N., Hervé G., Laugier T., Le Borgne M., L'Hostis D., Oheix J., Orsoni V., Raoult S., Sartoretto S. et Tomasino C., 2006. Le Référentiel Benthique Méditerranéen (REBENT MED). IFREMER. R. INT. DOP/ LER-PAC/ 06-08, 124 pp.

Kartas, F. et J.P. Quignard, 1984. La fécondité des poissons téléostéens, Collection de Biologie des Milieux Marins. 5 e Ed., Masson: p: 121.

Kettrup A. et Marth P., 1998. Specimen banking as an environmental surveillance tool. In Ecotoxicology: Ecological Fundamentals, Chemical Exposure and Biological Effects (eds G. Schüürmann et B. Market), John Wiley & S ons, New York, 413-438.

Khammar H., 2007. Caractères chimiques des effluents urbains introduits au littoral d'Annaba. Mémoire de magister. Univ. Annaba., 49 pp.

Khati Hadj Moussa W., 2009. Etude de la qualité des eaux du golfe d'Annaba par l'utilisation d'un mollusque sentinelle, la moule *Perna perna* : essai in vivo et in situ. Application a la biosurveillance de l'environnement marin. Thèse Doct. Univ. Annaba: 87p.

Khélifi-Touhami M., Ounissi M. Saker I., Haridi A., Djorfi S. et Abdenour C., 2006. The hydrology of the Mafreg estuary (Algeria) : Transport of inorganic nitrogen and phosphorus to the adjacant coast. Journal of food, agriculture and environment, **4:** 340- 346.

Khélifi-Touhami M., Semroud R., Hamidi M., Ouinissi M., Néjib Daly A et Aissa P., 2007. The planktonic communities from Mediterranean Sea (Algeria, Tunisia) with a redescription of *Paracalanus indicus* Wolferden, 1905 (Copepod: Calanoïda). Facluty of sciences, Univ. Of Annaba, Algeria. Faculty of sciences, Univ. Of Carthage, Tunisia : 327-337.

L

Laborel-Deguen F. et Laborel J., 1990. Nouvelles données sur la patelle géante *Patella ferruginea* Gmelin en Méditerranée. I. Statut, répartition et étude des populations. II. Écologie, biologie, reproduction. *Haliotis,* **10**, 41-62.

Laborel–Deguen F. et Laborel J., 1991a. Statut de *Patella ferruginea* Gmelin en Méditerranée. In: *Les Espèces marines à protéger en Méditerranée:* 91–103 (C.F. Boudouresque, M. Avon & V. Gravez, Eds.). GIS Posidonie Publishers, Marseille.

Laborel–Deguen F. et Laborel J., 1991b. Nouvelles observations sur le population de *Patella ferruginea* Gmelin de Corse. In: *Les Espèces marines à protéger en Méditerranée:* 119–128 (C.F. Boudouresque, M. Avon & V. Gravez, Eds.). GIS Posidonie Publishers, Marseille.

Laborel-Degun F., Laborel J. et Morhange C., 1993. Appauvrissement des populations de la patelle géante *Patella ferruginea* Gimel. (Mollusca, Gastéropoda, Prosobranchiata) des côtes de la Réserve marine de Scandola (Corse du Sud) et du Cap Corse (Haute Corse). Travsci. Parc nat. rég. Rés. nat. Corse, Fr., 41 : 25-32.

Larbi Doukara K., 2007. La Patelle géante *Patella ferruginea* Gmelin, 1791 : Statut, biologie, écologie et distribution sur le littoral occidental algérien. Thèse Magister. Univ. Es Sénia, Oran (Algérie), 136.

Labrune C., Grémare A., Amouroux J.M., Sarda R., Gil J. et Taboada S., 2007. Assessment of soft-bottom polychaete assemblages in the Gulf of Lions (NW Mediterranean) based on a mesoscale survey. *Estuar. Coast. Shelf Sci.,* 71: 133-147.

Lagadic L., Caquet T., Amiard J.C. et Ramade F., 1997. Biomarqueurs en écotoxicologie : principes et définitions. In : Biomarqueurs en Ecotoxicologie. *Aspects Fondamentaux.* Lagadic L., Caquet T., Amiard J-C. et Ramade F. (Eds.), *Masson, Paris*, 1-9.

Lam K.S. et Gray J.S., 2003. The use of biomarkers in environmental monitoring programmes. *Mar. Pollut. Bull*., **46:** 182-186.

Larbi Doukara K., 2007. La Patelle géante *Patella ferruginea* Gmelin, 1791 : Statut, Biologie, Ecologie, et distribution sur le littoral occidental algérien. Thèse Magister. Univ. Es Sénia (Oran) : 136p.

Laskowski R. et Hopkin P., 1995 b. Accumulation of Zn, Cu, Pb, and Cd in the garden snail (*Helix aspersa*) : Implication for Predators . Environmental Pollution, **91,** 289-297.

Laura Suzanne V., 2000. The growth and reproduction of *patella granularis* (mollusca: patellogastropoda) on the southeast coast of south Africa. Thesis of doctorate. Rhodes University. 247 p.

Leblanc G.A. et Cochrane B.J., 1987. Identification of multiple glutathione S-transferases from Daphnia magna. *Comp Biochem Physiol B.*88(1):39-45.

Lee R.F. et Keeran W.S., 1988. Marine invertebrate glutathione-*S*-transferases: purification, characterization and induction. *Marine Environmental Research*. Volume 24. 1-4 : 97-100.

Le Quesne W.J.F. et Hawkins S.J., 2006. Direct observations of protandrous sex change in patellid *Patella vulgata*, *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 86, 161-162.

Lewis J.R. et Bowman R.S., 1975. Local habitat induced varlatiOnS ln the population dynamics of *Patella vulgata* (L.). *J. Exp. Mar. Biol. Ecolo,* Vol. **17:** 165-203.

Lima F.P., Queiroz N., Ribeiro P.A., Hawkins S.J. et Santos A.M., 2006. Recent changes in the distribution of a marine gastropod, *Patella rustica* Linnaeus, 1758, and their relationship to unusual climatic events. *Journal of Biogeography*, 33: 812-822.

Lima F.P., Ribeiro P.A., Queiroz N., Xavier R., Tarroso P., Hawkins S.J. et Santos A.M., 2007. Modelling past and present geographical distribution of the marine gastropod *Patella rustica* as a tool for exploring responses to environmental change. Glob Change Biol. **2007**; 13:2065–77.

Liu J.H., 1994a. The ecology of the Hong Kong limpets *Cellans grata* (Gould, 1859) and *Patelloida pygmaea* (Dmiker, 1860): distribution and population dynamics. *The Journal of Moulluscan Studies*, **60**: 55-67.

Liu J.H., 1994b. Distribution and population dynamics of three populations of Siphonaria on rocky intertidal shores in Hong Kong. *Journal of the Molluscan Studies*, **60**: 431-443.

Llanso R.J., Scott L.C., Dauer D.M., Hyland J.L. et Russell D.E., 2002. An estuarine benthic index of biotic integrity for the Mid-Atlantic region of the United States. I. Classification of assemblages and habitat definition. *Estuaries*, **25**: 1219–1230.

Lobel P.B., Mogie P. et Wright D.A., 1982. Metal accumulation in four molluscs. *Mar. Poll. Bull.*, 13 **(5):** 170-174.

Lucas A. et Beninger P.G., 1985. The use of physiological condition indices in marine bivalve aquaculture. *Aquaculture*, **44**(3): 187-200.

M

Maatallah R. et Djebar A.B., 2014. *Patella rustica* Linnaeus, 1758 (Gastropoda, Patellogastropoda) Inhabiting Coast of Skikda (Algérie). Journal of Life Sciences. January 2014, Vol. 8, No. 1, pp. 65-77.

Magni P., 2003. Biological benthic tools as indicators of coastal marine ecosystems health. *Chem. Eco*., **19:** 363-372.

Magni P., De Flaco G., Falugi C., Franzoni M., Monteverde M., Perrone E., Sgro M. et Bolognesi C., 2005. Genotoxicity biomarkers and acetylcholinesterase activity in natural populations of *Mytilus galloprovincialis* a long a population gradient in the gulf of Oristano (Sardinia, western Mediterranean). *Environ. Pollut. Elsevier*., Amsterdam.

Markert B.A., Breure A.M. et Zechmeister H.G., 2003. Definitions, strategies and principles for bioindication/biomonitoring of the environment.Bioindicators and biomonitors: principles, concepts and applications, B.A. Markert, A.M. Breure, H.G. Zechmeiter, editors. (Oxford: Elsevier Science Limited), pp. 3-39.

Martel-Pelletier J., 2005. New insghts into the major pathophysiological processes responsible for the development of osteoarthritis. *Pubmed-indexed for medline*., **34** : 6-8.

Martin M.H., Coughtrey P.J., 1982. Biological Monitoring of Heavy Metal pollution. Land and Air. Applied Science,London.

Martinez-Lara E., Leaver M. et George S., 2002. Evidence from heterologous expression of glutathioneS-transferases A and A1 of the plaice (Pleuronectes platessa) that their endogenous role is in detoxification of lipid peroxidation products. *Mar. Environ. Res.* 54, 263–266.

Martoja M. et Martoja R., 1967. Initiation aux techniques de l'histologie animale. *Masson et Cie* (Eds) : 347p.

Maurin H. et Keith P., 1994. Inventaire de la faune menacée en France - Le Livre rouge. Muséum national d'Histoire naturelle / WWF / Nathan, Paris, 176.

Mauro A., Arculeo M. et Parrinello N., 2003. Morphological and molecular tools in identifying the Mediterranean limpets Patella caerulea, Patella aspera and Patella rustica. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology. **295**. 131– 143**.**

McCarthy J.F. et Shugar L.R., 1990. Biomarkers of environmental contamination. Boca Raton Floride, Lewis (Eds.).

McCarthy M., Woosnam P. et Culloty S.C., 2008. Histological investigation of the reproductive cycles of the limpets *Patella vulgata* and *Patella ulyssiponensis*.*Marine Biology*, 153: 871-877.

Meghlaoui Z., Daas T., Maamcha O. et Scaps P., 2013. Impact du stress environnemental sur la biodiversité des annélides polychètes du littoral Est d'Algérie. *rapp. comm. int. mer médit., 40, 2013.*

METAP., 1994. Mediterranean Environmental Technical Assistance Programme.

Montaudouin de X. et Bachelet G., 1996. Experimental evidence of complex interactions between biotic and abiotic factors in the dynamics of in intertidal population of the bivalve *Cerastoderma edule*. *Oceanologica Acta*., **19**: 449-463.

Morais S., Boaventura D., Narciso L., Ré 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.

Moreno D., 1992. Presencia de *Patella ferruginea* Gmelin, 1791 en el Cabo de Gata (Almeria, SE España). *Cuadernos Investigacion Biologica*, 17: 71.

Munawar M., Hänninen O., Roy S., Munawar N., Kärenlampi L. et Brown D., 1995. Bioindicators of Environmental Health (New York: SPB Academic Pub).

Myers A.A., Southgate T. et Cross T.F., 1980. Distinguishing the effects of ail pollution from natural cyclical phenomena of the biota of Bantry Bay, Ireland. *Mar. Pol. Bull*., 11 **(7) :** 204-207.

N

Nakhlé K.F., 2003. Le Mercure, Le Cadmium et le Plomb dans les eaux littorales libanaises : Apport et suivi au moyen de bioindicateurs quantitatifs (Espongs, Bivalves et Gastéropodes), *Thèse de Doctorat*., Univ. Paris 7: 255p.

Nakhlé K., Cossa D., Khalaf G. et Beliaeff B., 2006. *Brachidontes variabilis* and *Patella* sp. as quantitative biological indicators for cadmium, lead and mercury in the Lebanese coastal waters. *Environmental Pollution,* **142**, 73-82.

Narbonne J. et Michel X., 1993. Use of biomarkers in assessment of contamination in marine ecosystems. Fundamental Approach and Applications, *MAP Technical Reports Series***, 71**, 1-20.

Neuberger-Cywiak, L., Achituv, Y. et Garcia, E.M., 2007. Effects of sublethal Zn++ and Cd++ concentrations on filtration rate, absorption efficiency and scope for growth in *Donaxtrunculus* (Bivalvia: Donacidae). *Bull. Environ. Contam.Toxicol.*,**79:** 622-627.

Neveu A., Riou C., Bonhomme M., Chassin P. et Papy F., 2001. L'eau dans l'espace rural, vie et milieux aquatiques. *Paris.* 3-62 pp.

Newell R.I.E., Bayne B.L., 1980. Seasonal changes in the physiology, reproductivecondition and carbohydrate content of the cockle Cardium (=Cerastoderma) edule (Bivalvia: Cardiidae). *Mar. Biol.* 56, 11–19.

Noel-Lambot F., Bouquegneau J.M. et Frankenne F., 1978. Le rôle des metallothioneines dans le stockage des métaux lourds chez les animaux marins. *Inst. Rev. Oceano. Med.* : 13-20.

Noel-Lambot F., Bouquegneau J.M., Frankenne F. et Disteche A., 1980. Cadmium, zinc and copper accumulation in limpet (Patella *vulgata)* from the British Channel with special reference to metallothioneins. Marine Ecology Progress, serie 2 **(1):** 81-89.

Norton M.G., Franklin F.L. et Blackman R.A.A., 1978. Toxicity testing in the United Kingdom from the evaluation of oil stick dispersants. *Spec. Techn. Pub1. Am. Soc*. Testing and Material, n° 659 : 18-34.

Nouacer S., 2002. Biologie et écologie du sparaillon *Dioldus annularis* du golfe d'Annaba. *Thèse de Magister*. Université d'Annaba. 85 p.

Nuwayrid M.A., Davies P.S. et Elder H.Y., 1980. Changes in the ultrastructure of the gill epithelium of *Patella vulqata* after exposure to North Sea crude oil and dispersant. *J. Mar. Biol. Ass*. U.K., **60 (2) :** 439-448.

O

Ojea J., Pazos A.J., Martinez D., Novoa S., Sa´nchez J.L. et Abad M., 2004. Seasonal variation in weight and biochemical composition of the tissues of Ruditapes decussates in relation to the gametogenic cycle. Aquaculture. 238:451–468.

Oros D.R., Ross J.R.M., Spies R.B. et Mumley T., 2007. Polycyclic aromatic hydrocarbon (PAH) contamination in San Francisco Bay: A 10-year retrospective of monitoring in an urbanized estuary. *Environ. Res.,* **105:** 1–118.

Ortiz-Zarragoitia M et Cajaraville M.P, 2010. Intersex and oocyte atresia in a mussel population from the Biosphere's Reserve of Urdaibai (Bay of Biscay). *Ecotoxicology and Environmental Safety*, **73**(5): 693-701.

Orton J.H., 1929. Observations on *Patella vulgata*: Part III: habitat and habits. *J Mar Biol* Assoc UK. 1929 ; 16:277–88.

Orton J.H., South-ward A.J. et Dood J.M., 1956. Studies on the biology of limpets. II. The breeding of *Patella vulgate* L. in Britain. *J.Mar. Biol. Ass. U K.*, 35: 149-176.

Orton, J.H. et A.J. Southward, 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.

Orus E.O. et Ustra D., 2007. Evaluation of oxidative stress response and neurotoxicity potential of diazinan in different tissues of *Cyprinus caprio*. *Environ. Toxical. Pharmacol*., **95 :** 48-55.

Othaitz J.P., 1994. *Estudio de los ciclosreproductores de cuatrospecies de lapas y dos de tróquidos (Gastropoda, Prosobranchia) delpisointermareal de la costa Vasca*. PhDthesis.Universidad Autónoma de Madrid, Spain.

Ounissi M., Fréhi H. et Khélifi-Touhami M., 1998. Composition et abondance du zooplancton en situation d'eutrophisation dans un secteur côtier du golfe d'Annaba (Algérie). *Annal. Inst. Océano.*, Paris, **74**(1) : 65-77.

Ounissi M. et Khelifi-Touhami M., 1999. Le Zooplancton du plateau continental d'El-Kala (Méditerranée sud-occidentale): composition et abondance en mai 1996 Journal *Rech. Oceanogr*., **24 (1):** 5-11.

Ounissi M., Haridi H. et Retima A., 2002. Variabilité du zooplancton de la lagune Mellah (Algérie) selon l'advection tidale en hiver et au printemps 1996-1997. *J. Rech. Océanog*. Vol 27, Issuel 1: 1-13.

Ounissi M., 2007. Devenir et incidences des flux de matières continentales enrichissantes et polluantes dans le littoral d'Annaba. Bilan final du projet de recherche ONESS /MATE/05/04. 11p.

P

Paracuellos M., Juan C.N., Diego M., Adela G. et Jaun J.A., 2003. Conservational Status and Demographic Characteristics of *Patella ferruginea* Gemlin, 1791 (Mollusca, Gastropoda) on the Alborân Island (Western Mediterranean). *Animal Biodiversity and Conservation,* 26 (2). En prensa. Edicion digital: Almediam, Julio de 2003.

Parenzan P., 1970. Carta d'identita della conchiglie del Mediterraneo. Vol. I: Gasteropodi. Ed. Bios Taras-Twanto, 282.

Parsons P.A., 1989. Environmental stresses and conservation of natural populations. *Ann. Rev. Ecol. Syst.*, **20:** 29–49.

Pascal M., Siorat F. et Bernard F., 1998. Interaction between Noways rats and shrews in Brittany Island. Aliens Newslatter, 8. IUCN, Invasive Spacies Specialist Group, Special Survival Commission: 7.

Pasquaud S., 2006. Les relations trophiques : éléments de structuration des peuplements ichtyologiques en milieu estuarien, application à l'estuaire de la Gironde. Thèse Doct. Univ. Bordeaux I : 239p.

Pazos A.J., Ruiz C., Garcia-Martin O. et Sanchez J., 1996. Seasonal variation of lipid content and fatty acids composition of *Crassostrea gigas* cultured in El Galicia, NW Spain. *Comp. Biochem. Physiol.*, **114 B:** 171-179.

Peakall D., 1994. Biomarkers: the way forward in environmental assessment. *Toxicology and Ecotoxicology News*, **1**: 55-60.

Pearse J.S., 1999. Seasonal reproduction, marine invertebrates. In: Encyclopedia of reproduction (Ed. Knobil E., Neill J.D). *Academic Press.*San Diego, pp: 352-360.

Pellerin-Massicotte J.B., Vincent Y. et Pelletier E., 1989. Evaluation de la qualité de l'estuaire du Saint-Laurent. Etudes spatiales. Rapport remis au *Ministère de l'Environnement du Québec* : 130p.

Pellerin–Massicote J.B., 1994. Oxidative processes as indicators of chemical stress in marine bivalves. *Aquat. Ecosyst. Health*, 3m: 101-111.

Pérez-Lopez M., Anglade P., Bec-Ferté M.P., Debrauwer L., Perdu E., Cravedi J.P. et Rouimi P., 2000. Cahracterization of hepatic and extrahepatic Glutathione Stransferases in rainbow trout (*Oncorhynchus mtkiss*) and their induction by 3,3', 4,4'- tetrachlorobiphenyle. *Fish phosiology and Biochemistry*, **22**: 21-32.

Perez-López M., Nóvoa-Valiñas M.C. et Melgar Riol M.J., 2002. Glutathione S-transferase cytosolic isoforms as biomarkers of polychlorinated biphenyl (Arochlor-1254) experimental contamination in rainbow trout. *Toxicol. Lett.* 136, 97–106.

Phillips D.J.H., 1980. Quantitative aquatic biological indicators. Their use to monitor trece metal organochlorine pollution. Applied Science publishers, London. 120 p.

Phillips D.J.H. et Segar D.A., 1986. Use of biomonitors in monitoring conservative contaminants: programme design imperatives. *Mar. Pollut. Bull.*, **17**, 10-17.

Phillips D.J.H. et Rainbow, P.S., 1989. Srategies of trace metal sequestration in aquatic organisms. *Mar. Environ. Res*., **28**, 207-210.

Phillips D.J.H. et Rainbow P.S., 1993. Biomonitoring of Trace Aquatic Contaminants. Elsevier, London.

Phillips D.J.H., 1998. Bioaccumulation. In Handbook of Ecotoxicology (ed P. Calow), Blackwell Science, Oxford, 378 -396.

Poppe G.T. et Gotto Y., 1991. Européen seashelles. Vol 1 (Polyplacophra, Caudofoveata, Solenograstra, Gastropoda). Verlag Chiresta Hemmen : p 352.

Porcheddu A. et Milella I., 1991. Aperçu sur l'écologie et sur la distribution de *Patella ferruginea* Gemlin L., 1791 en mers italiennes In: Les espèces marines à protéger en Méditerranée: 11-128 (C. F. Boudouresque, M. Avon & V. Gravez) . Ed. *GIS Posidonie Publishers*, Marseille.

Prapanthadara L., Koottathep S., Promtet N., Hemingway J. et Ketterman A.J., 1996. Purification and characterization of a major glutathione Stranferase from the mosquito *Anopheles dirus* (species B*). Insect Biochem. Mol. Biol.* 26: 277-285.

Prusina I., Ezgeta-Balic D., ljubimir S., Dobroslavic T. et Glamuzina B., 2014. On the reproduction of the Mediterranean keystone limpet *Patella rustica*: histological overview. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*: p: 10.

Prusina I., Peharda M., Ezgeta-Balić D., Puljas S., Glamuzina B. et Golubić S., 2015. Life history trait of the Mediterranean keystone species *Patella rustica*: growth and microbial bioerosion. *Mediterr. Mar. Sci.* **2015**; 16(2):393–401.

Puel D., Zsürger N. et Breittmeyer J.Ph., 1987. Statistical assessment of a sampling pattern for evaluation of changes in mercury and zinc concentrations in *P. caerulea*. *Bull. Environ. Contam. And Toxicol.*, 38: 700-706.

Q

Quinn G.P., 1988. Ecology of the intertidal pulmonale limpet *Siphonaria diemenensis* Quoy et Gaimard. I. Population dynamics and availability of food. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, **117**: 115-136.

R

Ramade F., 1992. *Précis d'écotoxicologie*. Collection d'écologie, vol. 22 Masson, Paris. 300p.

Ramos-Espla A. & Sanchez-Lizaso J.L., 2002. Impacto del arrastre sobre communidades circalitorales de fondos blandos dominadas por coralinaceas. ACTAS, Septima Reunion del Foro Cientifico Para la Pesca Espanola en el Mediterraneo. 103p.

Rao J.V., Kavitha P., Srikanth K., Usman P.K. et Rao T.G., 2007. Environmental contamination using accumulation of metals in marine sponges, *Sigmadocia fibulata* inhabiting the coastal waters of Gulf of Mannar, India. *Toxicological and Environmental Chemestry,* **89:** 487-498.

Ravera O., 1991. Mini-review: influence of heavy metals on the reproduction and embryonic development of freshwater pulmonates (Gastropoda, Mollusca) and cladocerans (Crustacea, Arthropoda). *Comp. Biochem. Physiol*., **100**, 215-219.

Regoli F., Frenzilli G., , Bocchetti R., Annarumma F., Scarcelli V., Fattorini D. et Nigro M.M. 2004. *Aquat. Toxicol*., 68, 167.

Remili S. et Kerfouf A., 2013. Évaluation de la qualité physico-chimique et du niveau de contamination métallique (Cd, Pb, Zn) des rejets d'eaux usées d'Oran et de Mostaganem (littoral Ouest algérien), *Physio-Géo*. Volume 7 | 2013 http://physio-geo.revues.org/3258.

Ribeiro P.M.A., 2008. Ciclos reprodutivos de *Patella* spp. no norte de Portugal. Importância na avaliação de impactes ambientais em praias rochosas. Master thesis, University of Porto; 2008.

Ribeiro P., 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 Assoc UK. 2009 ; 89(6):1215–21.

Rodier J., 1996. L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. *Chimie, physico-chimie, bactériologie, biologie. 8ème Ed. Dunod Bordas, Paris,* 1135p.

Roméo M., Hoarau P., Garello G., Gnassia-Barelli M. et Girard J.P. 2003. *Environ. Pollut*., (122), 369, 378.

Ridgway S.A., Reid D.G., Taylor J.D., Branch G.M. et Hodgson A.N., 1998. A cladistic phylogeny of the family Patellidae (Mollusca: Gastropoda). Philosophical Transactions of the Royal Society, B 353: 1645-1671.

Rodriguez Rúa A., Prado M.A., Romero Z. et Bruzón M., 2003. The gametogenenic cycle of *Scrobicularia plana* (da Costa, 1778) (Mollsc: Bivalvia) in Guadalquivir estuary (Cádiz SW Spain). *Aquaculture.,* **217**: 157-166.

Rodríguez-Rúa, A., Pozuelo I., Conzalez de Canales M.L., Sarasquete C. et de los Angeles Bruzon M., 2011. Reproductive cycle of *Spisula solida* (L.) (Mollusca: Bivalvia) on the southwest coast of Spain. *Invertebrate Reproduction & Development*, 57(1): 1-9.

Rouabah A. et Rouabah L., 2007. Biodiversité et complexe d'espèces *Perinereis cultrifera*: un exemple de spéciation. *Sciences et Technologies*, **25**, 79–87.

Rouane-Hacene O., Belhaouari B. et Boutiba Z. 2012. Trace element concentrations (Zn, Cu, Pb and Cd) in the Mediterraneanmussel Mytilus galloprovincialis from Oran Harbour (Oran Bay, Algerian west coast). J Appl Environ Biol Sci 2(9):446–452.

Rouane-Hacene O., 2013. Biosurveillence de la qualité des eaux côtières du littoral occidental algérien, par le suivi des indices biologiques, de la biodisponibilité et la bioaccumulation des métaux lourds (Zn, Cu, Pb et Cd) chez la moule *Mytilus galloprovincialis* et l'oursin *Paracentrotus lividus*. *Thèse de Doctorat*. Univ. Oran. 249p.

Rouane-Hacene O., Boutiba Z., Benaissa M., Belhaouari B., Francour P., Guibbolini-Sabatier M. et Risso-De Faverney C., 2017. Seasonal assessment of biological indices, bioaccumulation, and bioavailability of heavy metals in sea urchins Paracentrotus lividus from Algerian west coast, applied to environmental monitoring**.** *Environ. Sci. Pollut. Res.* pp 1- 14.

Rouimi P., Anglade P., Debrauwer L. et Tulliez J., 1996. Characterization of pig liver glutathione S-transferases using HPLC-electrospray-ionization mass spectrometry. *Biochem. J.* 317, 879–884.

S

Saker I.E., 2007. Pollutions chimiques par les effluents industriels directs introduits littoral d'Annaba. Mémoire de magister Univ. Annaba. 34p.

Schiedek D., Broeg K., BarSˇiene' J., Lehtonen K.K., Gercken J., Pfeifer S., Vuontisjä rvi H., Vuorinen P.J., Dedonyte V., Koehler A., Balk L. et Schneider R., 2006. Biomarker responses as indication of contaminant effects in blue mussel (Mytilus edulis) and female eelpout (Zoarces viviparus) from the southwestern Baltic Sea. Mar. Pollut. Bull. 53, 387–405.

Seddik Y., 2008. Évaluation du niveau de la pollution bactériologique chez un Mollusque Gastéropode *Patella caerulea* (Linné, 1758) dans la côte oranaise Est. Thèse Magister. Univ. Es Sénia (Oran) : 121p.

Sella G. et Bacci G., 1971. Relationship between mesolittoral and infralittoral *Parella* populations in the Mediterranean. *Pubbl. Staz. Biol.* Napoli, 39: 87-106.

Semroud R. et Boumaza S., 1998. Données préliminaires sur *Patella ferruginea* Gmelin 1791, des îles Habibas. Journées de la mer ''Océan 98'', USTHB (Alger), le 12-13 mai 1998.

Shumway S.E., (Ed), 1991. Scallops : Biology, Ecology and Aquaculture. Developments in Aquaculture and Fisheries Science, Vol. 21. Elsevier, Amsterdam. 1095 p.

Sifi K., Chouahda S. et Soltani N., 2007. Biosurveillance de l'environnement par mesure de biomarquaurs chez *Donax trunculus* (L., 1758) dans le golfe d'Annaba (Algerie). *Mésogé*, **63**: 11-18.

Sifi K., 2009. Biosurveillance de la qualité des eaux du golfe d'Annaba : croissance, copmposition biochimique et dosage des biomarqueurs du stress environnemental chez *Donax trunculus* (Mollusque, Bivalve). Thèse de Doct. Biologie Animale, Univ. Annaba : 229p.

Sifi K., Amira A. et Soltani N., 2013. Oxidative stress and biochemical composition in *Donax trunculus* (Mollusca, Bivalvia) from the gulf of Annaba (Algeria). *Advances in Environmental Biology*, **7**(4): 595-604.

Simonini R., Ansaloni I., Bonvicini Pagliai A.M. et Prevedelli D., 2004. Organic enrichment and structure of the macrozoobenthic community in the northern Adriatic Sea in an area facing Adige and Po mouths. *ICES J. Mar. Sci.*, 61: 871-881.

Simunovic A., 1970. Recherches écologiques sur les peuplements faunistiques de l'étage supralitoral des côtes rocheuses de I'Adriatique moyenne. *Acta Adriaf.*, 14: 3-39.

Smith F.G.W., 1935. The development of *Patella vulgata. Phil. Trans*. B., 225 (520): 95-125.

Smolders R., Bervoets L., Wepener V. et Blust R., 2003. A conceptual framework for using mussels as biomonitors in whole effluent toxicity. *Human and Ecological Risk Assessment*, **9**(3): 741-760.

Soltani N., Amira A., Sifi K. et Beldi H., 2012. Environmental monitoring of Annaba Gulf (Algeria): Measurement of biomarkers in *Donax trunculus* and metallic pollution. *Bulletin of the Zoological Society of France*, **137**(1-4): 47-56.

Soualili D., Dubois P., Gosselin P., Pernet P. et Guillou M., 2008. Assessment of seawater pollution by heavy metals in the neighbourhood of Algiers: use of the sea urchin, *Paracentrotus lividus*, as a bioindicator. ICES J Mar Sci 65:132–139.

Soucek D.J., 2007. Sodium sulfate impacts feeding, specific dynamic action, and growth rate in the freshwater bivalve *Corbicula fluminea. Aqua. Toxicol.,* **83:** 315-322.

Sousa R., Delgado J., Pinto A.R. et Henriques P., 2017. Growth and reproduction of the North-eastern Atlantic keystone species *Patella aspera* (Mollusca: Patellogastropoda). *Helgol. Mar. Res., 71:8.*

Southward A.J., 1979. Cycling fluctuations in population density during eleven years recolonisation of rocky shores in west Cornwall, following the Torrey Canyon oil spill in 1967. 13th European Marine Biology Symposium, Port Erin, Isle of Man, 27 sept. -04 oct. 1978, Pergamon Press, Oxford, England : 85-92.

Stenersen J., Guthenberg C. et Mannervik B., 1979. Glutathione S-transferases in earthworms (Lumbricidae). *Biochem. J.* 181 : (47–0).

Stenersen J., Kobro S., Bjerke M. et Arend U., 1987. Glutathione transferases in aquatic and terrestrial animals from nine phyla. *Comp. Biochem. Physiol*. 86C, 73–82

Stillitano F., Mugelli A., Cerbai E. et Vanucci S., 2007. Quantification of midkine gene expression in Patella caerulea (Mollusca, Gastropoda) exposed to cadmium. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, **75**, 120-124.

Storelli M.M. et Marcotrigiano G.O., 2005. Bioindicator organisms: Heavy metal pollution evaluation in the Ionian Sea (Mediterranean Sea, Italy). *Environemental Monitoring and Assessment*. March 2005, Volume 102**,** pp 159-166.

Sureda A., Box A., Ensenat M., Alou E., Tauler P., Deudero S. et Pons A., 2006. Enzymatic antioxydant reponse of a labrid fish (*Coris julis*) liver to environmental caulerpenyne. *Comp. Biochem. Physiol*., 144 C : 191-196.

T

Taleb M.Z. et Boutiba Z., 2007. La moule *Mytilus galloprovincialis* : bioindicatrice de pollution marine – cas du port d'Oran. *Sciences & Technologie*, **25 C** :59-64.

Templado J., Calvo M., Garcia A., Luque A.A., Maldonado M. et Moro L., 2004. Guia deinvertebrados y peces marinos protegidos par la legislacion nacional y internacional. Organismo Auto nomo Parques Nacionales, Ministerio de Medio Ambiente, Madrid.

Teske P. et Wooldridge T., 2003. What limits the distribution of subtidal macrobenthos in permanently open and temporarily open/closed South African estuaries- Salinity vs. sediment particle size. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, **57**: 225-238.

Thiery A., 1987. Les Crustacés Branchiopodes *Anostraca, Notostraca* et *Conchostraca* des milieux limniques temporaires (Dayas) au Maroc. Taxonomie, biogéographie, écologie. Ph. D. Thesis, Université Aix-Marseille III., 405.

Toro J.E., Thompson R.J. et Innes D.J., 2001. Reproductive isolation and reproductive output in two sympatric mussel species (*Mytilus edulis, M. trossulus*) and their hybrids from Newfoundland. *Mar Biol.* 2001; 141:897–909.

Torres M.A., Testa C.P., Gaspari C., Masutti M.B., Panits C.M.N., Curi-Pedrosa R., Almeida E.A., Di Mascio P. et Filho D.W., 2002. Oxidative stress in the mussel Mytella guyanensis from polluted mangroves on Santa Catarina Island, Brazil. *Mar. Bull*., 44: 923-932.

Türkmen M., Türkmen A., Akyurt I. et Tepe Y., 2005. Limpet, *Patella caerulea* Linnaeus, 1758 and Barnacle, *Balanus* sp., as Biomonitors of Trace Metal Availabilities in Iskenderun Bay, Northern East Mediterranean Sea. *Bull. Environ. Contam. Toxicol*. **74 :** 301–307.

U

Underwood A.J., 1979. The ecology of intertidal gastropods. *Adv Mar Biol*.1979; 16:111–210.

Underwood A.J, 1984a. Microalgal food and the growth of the intertidal gastropods *Nerita atramentosa* Reeve and *Bembicium nanum* (Lamarck) at four heights on a shore. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, **79**: 277-291.

Underwood A.J, 1984b. The vertical distribution and seasonal abundance of intertidal microalgae on a rocky shore in New South Wales. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, **78**: 199-220.

UNEP-MAP. United Nations Environment Programme-Mediterranean Action Plan, **2014a**. Coastal Management. Available online from: http://www.unepmap.org/index.php?module=content2&catid=001003003

V

Valavandis A., Vlahogianni T., Dassenakis M. et Scoullos M., 2006. Molecular biomarkers of oxidative stress in aquatic organisms in relation to toxic environmental pollutants. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, **64**: 178-189.

Van der Oost R., Beyer J. et Vermeulen N.P.E., 2003. Fish bioaccumulation and biomarkers in environmental risk assessment a review. *Environmental Toxicology Pharmacology*, **13** : 57-149.

Van Straalen N.M., 1996. Critical body concentrations: their use in bioindication. In Bioindicator Systems for Soil Pollution Kluwer Academic, Amsterdam, 5-16.

Vanucci S. Minerdi D., Kadomatsu K., Mengoni A. et Bazzicalupo M., 2005. Putative midkine family protein up-regulation in *Patella caerulea* (Mollusca, Gastropoda) exposed to sublethal concentrations of cadmium. Aquatic Toxicology, 75: 374-379.

Vassière R. et Fredj G., 1963. Contribution à l'étude de faune Benthique du plateau continental de l'Algérie. *Bull. Inst. Océanogr. Monaco. Vol. 60 ; N 1272 : P 83.*

Verschuren D., Tibby J., Sabbe K., et Roberts N., 2000. Effect of depth, salinity, and substrate on the invertebrate community of a fluctuating tropical lake. *Ecology*, **61**: 70-82.

Viarengo A., Canesie L., Pertica M., Mancinelli G., Accomando R., Smaal A.C. et Orunesu M., 1995. Stress on Stress response : a simple monitoring tool in the assessment of a general stress syndrome in mussels. *Mar. Environ. Res*. **39 :** 245-248.

Viarengo A., Lowe D., Bolognesi C., Fabbri E. et Koehler A., 2007. The use of biomarkers in biomonitoring: a 2-tier approach assessing the level of pollutant-induced stress syndrome in sentinel organisms. *Comparative Biochemestry and Physiology*, **146C**: 281-300.

W

Webb J.A. et Keough M.J., 2002. Measurement of environmental trace-metal levels with transplanted mussels and diffusive gradients in thin films (DGT): a comparison of techniques. *Marine Pollution Bulletin*, **44**(3): 222-229.

Wittig, R., 1993. General aspects of biomonitoring heavy metals by plants.B. Markert, VHC, Weinheim, 3-27.

Wilbrink M., Zijl R., Roubos E.W., Ter Maat A., De Vlieger T.A. et Vermeulen N.P.E., 1992. Effects of 2,2'-dichlorobiphenyl on egg laying in the pond snail Lymnaea stagnalis. Comp. Biochem. Physiol, **102**, 3-9.

Wo K.T., Lam P.K.S. et Wu R.S.S., 1999. A comparison of growth biomarkers for assessing sublethal effects of cadmium on marine gastropod, *Nassariusfestivus*.*Mar. Pollut. Bull*., **39:** 165-173.

Wood P.C., 1979. Public health aspect of shellfish from polluted waters. Biological indicators of water quality 12-15.09.1978 Newcastle, John Wiley & Sons editors, New York, 1979 : 1-18.

Wright J.R. et Hartnoll G., 1981. An energy budget for a population of the limpet *Patella vulgata. J. Mar. Biol. Ass*. U.K., 61 627-646.

Y

Yang U.Y., Chen S., Devine G.J., Denholin I., Jewees P. et Moores G.J., 2004. The involvement of microsomal oxidative in pyrethroid resistance in *Helicoverpa armigera* from Asia. *Insect. Biochem. Mol. Biol*., **34 :** 763-733.

Yu S.J et Abo-Elghar G.E, 2000. Allelochemicals as inhibitors of glutathione S-transferases in the fall armyworm. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, **68**(3): 173-183.

Yu F, Finley R.L, Raz A et Kim H.R.C, 2002. Galectin-3 translocates to the perinuclear membranes and inhibits cytochrome c release from the mitochondria a role for synexin in galectin-3 translocation. *Journal of Biological Chemistry*, **277**(18): 15819-15827.

Yüzereroğlu T.A., Gök G., Çoğun H.Y., Firat Ö., Sabahattin Aslanyavrsusu. Onur Maruldah et Kargin F. 2009. Havey metals in Patella caerulea (Mollusca, Gastropoda) in polluted and non polluted areas from Iskenderun Gulf (Mediterranean, Turkey). *Environ. Monit. Assess.*

Z

Zeghdoudi E., 2006. Modélisation bioéconomique des pêcheries méditerranéennes. Application aux petits pélagiques de la baie de Bou-Ismail.

Zine N.E., 2004. Etude éco-biologique et dynamique des populations de la palourde (*Ruditapes decussatus* L.) et analyse typologique de la faune benthique de milieux paraliques Atlantico-Méditerranéens du Maroc. *Thèse Doctorat d'état*. Univ. Moulay Ismail. Meknès: 190p.

Annexe 1

** Données Statistiques*

** Figures*

Tableau 1 : Analyse de la variance à un seul critère de classification (station) de la température des eaux dans les stations d'étude.

One-way analysis of variance	
P value	0.9451
P value summary	ns
Are means signif. different? (P < 0.05)	No
Number of groups	3
F	0.05658

ANOVA Table	SS	df	MS
Treatment (between columns)	2.367	2	1.184
Residual (within columns)	690.3	33	20.92
Total	692.7	35	

Tableau 2 : Analyse de la variance à un seul critère de classification (station) de la salinité des eaux dans les stations d'étude.

One-way analysis of variance	
P value	0.1634
P value summary	ns
Are means signif. different? (P < 0.05)	No
Number of groups	3
F	1.915

ANOVA Table	SS	df	MS
Treatment (between columns)	0.9355	2	0.4678
Residual (within columns)	8.061	33	0.2443
Total	8.996	35	

Tableau 3 : Analyse de la variance à un seul critère de classification (station) de la densité de *P. rustica* au mois de janvier (El-Kala, El-Katara, Toche) :

One-way analysis of variance	
P value	0.0100
P value summary	**
Are means signif. different? (P < 0.05)	Yes
Number of groups	3
F	10.93
R square	0.7847

ANOVA Table	SS	df	MS
Treatment (between columns)	3420	2	1710
Residual (within columns)	938.7	6	156.4
Total	4359	8	

Tukey's Multiple Comparison Test	Mean Diff.	q	Significant? P < 0.05?	Summary
kala vs katara	36.33	5.031	Yes	*
kala vs toche	45.00	6.232	Yes	*
katara vs toche	8.667	1.200	No	ns

Tableau 4 : Analyse de la variance à un seul critère de classification (station) de la densité de *P. rustica* au mois de février (El-Kala, El-Katara, Toche) :

One-way analysis of variance				
P value	0.0477			
P value summary	*			
Are means signif. different? (P < 0.05)	Yes			
Number of groups	3			
F	5.274			
R square	0.6374			
ANOVA Table	SS	df	MS	
Treatment (between columns)	908.2	2	454.1	
Residual (within columns)	516.7	6	86.11	
Total	1425	8		
Tukey's Multiple Comparison Test	Mean Diff.	q	Significant? P < 0.05?	Summary
kala vs katara	23.67	4.417	Yes	*
kala vs toche	17.67	3.298	No	ns
katara vs toche	-6.000	1.120	No	ns

Tableau 5 : Analyse de la variance à un seul critère de classification (station) de la densité de *P. rustica* au mois de mars (El-Kala, El-Katara, Toche) :

One-way analysis of variance				
P value	0.0021			
P value summary	**			
Are means signif. different? (P < 0.05)	Yes			
Number of groups	3			
F	20.51			
R square	0.8724			
ANOVA Table	SS	df	MS	
Treatment (between columns)	8588	2	4294	
Residual (within columns)	1256	6	209.3	
Total	9844	8		
Tukey's Multiple Comparison Test	Mean Diff.	q	Significant? P < 0.05?	Summary
kala vs katara	74.00	8.859	Yes	**
kala vs toche	50.67	6.065	Yes	*
katara vs toche	-23.33	2.793	No	ns

Tableau 6 : Analyse de la variance à un seul critère de classification (station) de la densité de *P. rustica* au mois d'avril (El-Kala, El-Katara, Toche) :

One-way analysis of variance	
P value	0.0007
P value summary	***
Are means signif. different? (P < 0.05)	Yes
Number of groups	3
F	30.75
R square	0.9111

ANOVA Table	SS	df	MS	
Treatment (between columns)	16839	2	8419	
Residual (within columns)	1643	6	273.8	
Total	18482	8		

Tukey's Multiple Comparison Test	Mean Diff.	q	Significant? P < 0.05?	Summary
kala vs katara	101.7	10.64	Yes	***
kala vs toche	76.67	8.025	Yes	**
katara vs toche	-25.00	2.617	No	ns

Tableau 7 : Analyse de la variance à un seul critère de classification (station) de la densité de *P. rustica* au mois de mai (El-Kala, El-Katara, Toche) :

One-way analysis of variance	
P value	0.0002
P value summary	***
Are means signif. different? (P < 0.05)	Yes
Number of groups	3
F	25.13
R square	0.8481

ANOVA Table	SS	df	MS	
Treatment (between columns)	325.4	2	162.7	
Residual (within columns)	58.26	9	6.473	
Total	383.6	11		

Tukey's Multiple Comparison Test	Mean Diff.	q	Significant? P < 0.05?	Summary
El-Kala vs El-Katara	7.674	6.032	Yes	**
El-Kala vs Toche	12.66	9.952	Yes	***
El-Katara vs Toche	4.987	3.920	No	ns

Tableau 8 : Analyse de la variance à un seul critère de classification (station) de la densité de *P. rustica* au mois de juin (El-Kala, El-Katara, Toche) :

One-way analysis of variance	
P value	< 0.0001
P value summary	***
Are means signif. different? (P < 0.05)	Yes
Number of groups	3
F	96.44
R square	0.9554

ANOVA Table	SS	df	MS	
Treatment (between columns)	764.0	2	382.0	
Residual (within columns)	35.65	9	3.961	
Total	799.6	11		

Tukey's Multiple Comparison Test	Mean Diff.	q	Significant? P < 0.05?	Summary
El-Kala vs EL-Katara	13.30	13.37	Yes	***
El-Kala vs Toche	19.05	19.15	Yes	***
EL-Katara vs Toche	5.752	5.780	Yes	**

Tableau 9 : Analyse de la variance à un seul critère de classification (station) de la densité de *P. rustica* au mois de juillet (El-Kala, El-Katara, Toche) :

One-way analysis of variance				
P value	0.0002			
P value summary	***			
Are means signif. different? (P < 0.05)	Yes			
Number of groups	3			
F	49.20			
R square	0.9425			
ANOVA Table	SS	df	MS	
Treatment (between columns)	10551	2	5275	
Residual (within columns)	643.3	6	107.2	
Total	11194	8		
Tukey's Multiple Comparison Test	Mean Diff.	q	Significant? P < 0.05?	Summary
kala vs katara	82.33	13.77	Yes	***
kala vs toche	55.00	9.200	Yes	**
katara vs toche	-27.33	4.572	Yes	*

Tableau 10 : Analyse de la variance à un seul critère de classification (station) de la densité de *P. rustica* au mois d'août (El-Kala, El-Katara, Toche) :

One-way analysis of variance				
P value	0.0062			
P value summary	**			
Are means signif. different? (P < 0.05)	Yes			
Number of groups	3			
F	13.35			
R square	0.8165			
ANOVA Table	SS	df	MS	
Treatment (between columns)	9454	2	4727	
Residual (within columns)	2125	6	354.1	
Total	11578	8		
Tukey's Multiple Comparison Test	Mean Diff.	q	Significant? P < 0.05?	Summary
kala vs katara	73.33	6.750	Yes	**
kala vs toche	63.00	5.799	Yes	*
katara vs toche	-10.33	0.9511	No	ns

Tableau 11 : Analyse de la variance à un seul critère de classification (station) de la densité de *P. rustica* au mois de septembre (El-Kala, El-Katara, Toche) :

One-way analysis of variance	
P value	< 0.0001
P value summary	***
Are means signif. different? (P < 0.05)	Yes
Number of groups	3
F	82.69
R square	0.9650

ANOVA Table	SS	df	MS	
Treatment (between columns)	10125	2	5062	
Residual (within columns)	367.3	6	61.22	
Total	10492	8		

Tukey's Multiple Comparison Test	Mean Diff.	q	Significant? P < 0.05?	Summary
kala vs katara	73.67	16.31	Yes	***
kala vs toche	68.33	15.13	Yes	***
katara vs toche	-5.333	1.181	No	ns

Tableau 12 : Analyse de la variance à un seul critère de classification (station) de la densité de *P. rustica* au mois d'octobre (El-Kala, El-Katara, Toche) :

One-way analysis of variance	
P value	0.0038
P value summary	**
Are means signif. different? (P < 0.05)	Yes
Number of groups	3
F	16.19
R square	0.8436

ANOVA Table	SS	df	MS	
Treatment (between columns)	1378	2	688.8	
Residual (within columns)	255.3	6	42.56	
Total	1633	8		

Tukey's Multiple Comparison Test	Mean Diff.	q	Significant? P < 0.05?	Summary
kala vs katara	25.00	6.638	Yes	**
kala vs toche	27.33	7.257	Yes	**
katara vs toche	2.333	0.6195	No	ns

Tableau 13 : Analyse de la variance à un seul critère de classification (station) de la densité de *P. rustica* au mois de novembre (El-Kala, El-Katara, Toche) :

One-way analysis of variance	
P value	0.0033
P value summary	**
Are means signif. different? (P < 0.05)	Yes
Number of groups	3
F	17.08
R square	0.8506

ANOVA Table	SS	df	MS	
Treatment (between columns)	2001	2	1000	
Residual (within columns)	351.3	6	58.56	
Total	2352	8		

Tukey's Multiple Comparison Test	Mean Diff.	q	Significant? P < 0.05?	Summary
kala vs katara	35.33	7.998	Yes	**
kala vs toche	25.67	5.810	Yes	*
katara vs toche	-9.667	2.188	No	ns

Tableau 14 : Analyse de la variance à un seul critère de classification (station) de la densité de *P. rustica* au mois de décembre (El-Kala, El-Katara, Toche) :

One-way analysis of variance				
P value	0.0396			
P value summary	*			
Are means signif. different? (P < 0.05)	Yes			
Number of groups	3			
F	5.805			
R square	0.6593			
ANOVA Table	SS	df	MS	
Treatment (between columns)	3388	2	1694	
Residual (within columns)	1751	6	291.8	
Total	5138	8		
Tukey's Multiple Comparison Test	Mean Diff.	q	Significant? P < 0.05?	Summary
kala vs katara	47.33	4.800	Yes	*
kala vs toche	20.00	2.028	No	ns
katara vs toche	-27.33	2.772	No	ns

Tableau 15 : Analyse de la variance à deux critères de classification (temps/station) de la densité de *P. rustica*.

Two-way ANOVA

Source of Variation	% of total variation	P value
Interaction	15.51	< 0.0001
Column Factor	52.53	< 0.0001
Row Factor	18.67	< 0.0001

Source of Variation	P value summary	Significant?
Interaction	***	Yes
Column Factor	***	Yes
Row Factor	***	Yes

Source of Variation	Df	Sum-of-squares	Mean square	F
Interaction	22	26975	1226	3.821
Column Factor	2	91353	45677	142.4
Row Factor	11	32463	2951	9.198
Residual	72	23101	320.9	

Tableau 16 : Détermination de la croissance linéaire observée et théorique et accroissement annuel théorique chez la population totale de *Patella rustica* de la station El-Kala.

âge	**Hauteur observée**	**Hauteur théorique**	**Accroissement théorique**
1	7.88	9.06	9.06
2	17.57	15.72	6.66
3	22	20.6	4.88
4	26.08	24.19	3.59

Tableau 17 : Détermination de la croissance linéaire observée et théorique et accroissement annuel théorique chez la population totale de *Patella rustica* de la station El-Katara.

âge	Hauteur observée	Hauteur théorique	Accroissement théorique
1	11.13	8.1	8.1
2	14.9	14.11	6.01
3	18.22	18.56	4.45
4	21.58	21.86	3.3
5	24.34	24.3	2.44
6	28.98	26.11	1.81

Tableau 18 : Détermination de la croissance linéaire observée et théorique et accroissement annuel théorique chez la population totale de *Patella rustica* de Toche.

âge	Hauteur observée	Hauteur théorique	Accroissement théorique
1	4.91	6.17	6.17
2	11.75	11.75	5.58
3	17.79	16.8	5.05
4	21.29	21.38	4.58
5	27.09	25.52	4.14
6	32.47	29.26	3.74

Tableau 19 : Détermination de la croissance pondérale théorique et accroissement annuel théorique chez la population totale de *Patella rustica* d'El-Kala.

âge	Poids théorique	Accroissement théorique
1	0.35	0.35
2	0.7	0.35
3	1.05	0.35
4	1.4	0.35

Tableau 20 : Détermination de la croissance pondérale théorique et accroissement annuel théorique chez la population totale de *Patella rustica* d'El-Katara.

âge	Poids théorique	Accroissement théorique
1	0.05	0.05
2	0.11	0.06
3	0.17	0.06
4	0.23	0.06
5	0.29	0.06
6	0.35	0.06

Tableau 21 : Détermination de la croissance pondérale théorique et accroissement annuel théorique chez la population totale de *Patella rustica* de Toche.

âge	Poids théorique	Accroissement théorique
1	0.013	0.013
2	0.02	0.007
3	0.03	0.01
4	0.05	0.02
5	0.06	0.01
6	0.07	0.01

Tableau 22 : Analyse de la variance à un seul critère de classification (station) de l'indice de condition chez *P. rustica* au mois de janvier (El-Kala, El-Katara, Toche) :

One-way analysis of variance	
P value	< 0.0001
P value summary	***
Are means signif. different? (P < 0.05)	Yes
Number of groups	3
F	22.09

ANOVA Table	SS	df	MS
Treatment (between columns)	0.1838	2	0.09191
Residual (within columns)	0.1123	27	0.004160
Total	0.2961	29	

Tukey's Multiple Comparison Test	Mean Diff.	q	Significant? P < 0.05?	Summary
El-Kala vs El-Katara	-0.1878	9.208	Yes	***
El-Kala vs Toche	-0.06040	2.961	No	ns
El-Katara vs Toche	0.1274	6.246	Yes	***

Tableau 23 : Analyse de la variance à un seul critère de classification (station) de l'indice de condition chez *P. rustica* au mois de février (El-Kala, El-Katara, Toche) :

One-way analysis of variance	
P value	0.0038
P value summary	**
Are means signif. different? (P < 0.05)	Yes
Number of groups	3
F	6.915

ANOVA Table	SS	df	MS
Treatment (between columns)	0.02757	2	0.01379
Residual (within columns)	0.05383	27	0.001994
Total	0.08141	29	

Tukey's Multiple Comparison Test	Mean Diff.	q	Significant? P < 0.05?	Summary
El-Kala vs El-Katara	0.04130	2.925	No	ns
El-Kala vs Toche	0.07410	5.248	Yes	**
El-Katara vs Toche	0.03280	2.323	No	ns

Tableau 24 : Analyse de la variance à un seul critère de classification (station) de l'indice de condition chez *P. rustica* au mois de mars (El-Kala, El-Katara, Toche) :

One-way analysis of variance	
P value	0.0334
P value summary	*
Are means signif. different? (P < 0.05)	Yes
Number of groups	3
F	3.864

ANOVA Table	SS	df	MS
Treatment (between columns)	0.01889	2	0.009443
Residual (within columns)	0.06597	27	0.002444
Total	0.08486	29	

Tukey's Multiple Comparison Test	Mean Diff.	q	Significant? P < 0.05?	Summary
El-Kala vs El-Katara	0.05520	3.531	Yes	*
El-Kala vs Toche	0.0510	3.263	No	ns
El-Katara vs Toche	-0.004200	0.2687	No	ns

Tableau 25 : Analyse de la variance à un seul critère de classification (station) de l'indice de condition chez *P. rustica* au mois d'avril (El-Kala, El-Katara, Toche) :

One-way analysis of variance	
P value	< 0.0001
P value summary	***
Are means signif. different? (P < 0.05)	Yes
Number of groups	3
F	35.05

ANOVA Table	SS	df	MS	
Treatment (between columns)	0.1229	2	0.06143	
Residual (within columns)	0.04731	27	0.001752	
Total	0.1702	29		

Tukey's Multiple Comparison Test	Mean Diff.	q	Significant? P < 0.05?	Summary
El-Kala vs El-Katara	0.1067	8.060	Yes	***
El-Kala vs Toche	0.1528	11.54	Yes	***
El-Katara vs Toche	0.04610	3.482	No	ns

Tableau 26 : Analyse de la variance à un seul critère de classification (station) de l'indice de condition chez *P. rustica* au mois de mai (El-Kala, El-Katara, Toche) :

One-way analysis of variance	
P value	< 0.0001
P value summary	***
Are means signif. different? (P < 0.05)	Yes
Number of groups	3
F	14.24

ANOVA Table	SS	df	MS	
Treatment (between columns)	0.06655	2	0.03327	
Residual (within columns)	0.06309	27	0.002336	
Total	0.1296	29		

Tukey's Multiple Comparison Test	Mean Diff.	q	Significant? P < 0.05?	Summary
El-Kala vs El-Katara	-0.0151	0.9879	No	ns
El-Kala vs Toche	0.09150	5.986	Yes	***
El-Katara vs Toche	0.1066	6.974	Yes	***

Tableau 27 : Analyse de la variance à un seul critère de classification (station) de l'indice de condition chez *P. rustica* au mois de juin (El-Kala, El-Katara, Toche) :

One-way analysis of variance	
P value	0.5065
P value summary	ns
Are means signif. different? (P < 0.05)	No
Number of groups	3
F	0.6976

ANOVA Table	SS	df	MS	
Treatment (between columns)	0.002246	2	0.001123	
Residual (within columns)	0.04347	27	0.001610	
Total	0.04572	29		

Tukey's Multiple Comparison Test	Mean Diff.	q	Significant? P < 0.05?	Summary
El-Kala vs El-Katara	-0.006400	0.5044	No	ns
El-Kala vs Toche	-0.02070	1.631	No	ns
El-Katara vs Toche	-0.01430	1.127	No	ns

Tableau 28 : Analyse de la variance à un seul critère de classification (station) de l'indice de condition chez *P. rustica* au mois de juillet (El-Kala, El-Katara, Toche) :

One-way analysis of variance	
P value	0.0019
P value summary	**
Are means signif. different? (P < 0.05)	Yes
Number of groups	3
F	7.967

ANOVA Table	SS	df	MS
Treatment (between columns)	0.01442	2	0.007210
Residual (within columns)	0.02444	27	0.0009050
Total	0.03886	29	

Tukey's Multiple Comparison Test	Mean Diff.	q	Significant? P < 0.05?	Summary
El-Kala vs El-Katara	0.03790	3.984	Yes	*
El-Kala vs Toche	0.05190	5.456	Yes	**
El-Katara vs Toche	0.0140	1.472	No	ns

Tableau 29 : Analyse de la variance à un seul critère de classification (station) de l'indice de condition chez *P. rustica* au mois d'août (El-Kala, El-Katara, Toche) :

One-way analysis of variance	
P value	0.2503
P value summary	ns
Are means signif. different? (P < 0.05)	No
Number of groups	3
F	1.458

ANOVA Table	SS	df	MS
Treatment (between columns)	0.005709	2	0.002855
Residual (within columns)	0.05284	27	0.001957
Total	0.05855	29	

Tukey's Multiple Comparison Test	Mean Diff.	q	Significant? P < 0.05?	Summary
El-Kala vs El-Katara	-0.03260	2.330	No	ns
El-Kala vs Toche	-0.008600	0.6147	No	ns
El-Katara vs Toche	0.02400	1.716	No	ns

<

Tableau 30 : Analyse de la variance à un seul critère de classification (station) de l'indice de condition chez *P. rustica* au mois de septembre (El-Kala, El-Katara, Toche) :

One-way analysis of variance	
P value	0.3583
P value summary	ns
Are means signif. different? (P < 0.05)	No
Number of groups	3
F	1.066

ANOVA Table	SS	df	MS	
Treatment (between columns)	0.007135	2	0.003568	
Residual (within columns)	0.09032	27	0.003345	
Total	0.09746	29		

Tukey's Multiple Comparison Test	Mean Diff.	q	Significant? P < 0.05?	Summary
El-Kala vs El-Katara	0.0264	1.443	No	ns
El-Kala vs Toche	0.03660	2.001	No	ns
El-Katara vs Toche	0.01020	0.5577	No	ns

Tableau 31 : Analyse de la variance à un seul critère de classification (station) de l'indice de condition chez *P. rustica* au mois d'octobre (El-Kala, El-Katara, Toche) :

One-way analysis of variance	
P value	0.0670
P value summary	ns
Are means signif. different? (P < 0.05)	No
Number of groups	3
F	2.992

ANOVA Table	SS	df	MS	
Treatment (between columns)	0.01579	2	0.007896	
Residual (within columns)	0.07126	27	0.002639	
Total	0.08705	29		

Tukey's Multiple Comparison Test	Mean Diff.	q	Significant? P < 0.05?	Summary
El-Kala vs El-Katara	-0.03490	2.148	No	ns
El-Kala vs Toche	0.02070	1.274	No	ns
El-Katara vs Toche	0.05560	3.422	No	ns

Tableau 32 : Analyse de la variance à un seul critère de classification (station) de l'indice de condition chez *P. rustica* au mois de novembre (El-Kala, El-Katara, Toche) :

One-way analysis of variance	
P value	< 0.0001
P value summary	***
Are means signif. different? (P < 0.05)	Yes
Number of groups	3
F	23.45

ANOVA Table	SS	df	MS	
Treatment (between columns)	0.02036	2	0.01018	
Residual (within columns)	0.01172	27	0.0004341	
Total	0.03208	29		

Tukey's Multiple Comparison Test	Mean Diff.	q	Significant? P < 0.05?	Summary
El-Kala vs El-Katara	0.03100	4.705	Yes	**
El-Kala vs Toche	0.06380	9.683	Yes	***
El-Katara vs Toche	0.03280	4.978	Yes	**

Tableau 33 : Analyse de la variance à un seul critère de classification (station) de l'indice de condition chez *P. rustica* au mois de décembre (El-Kala, El-Katara, Toche) :

One-way analysis of variance	
P value	< 0.0001
P value summary	***
Are means signif. different? (P < 0.05)	Yes
Number of groups	3
F	43.79

ANOVA Table	SS	df	MS
Treatment (between columns)	0.1061	2	0.05305
Residual (within columns)	0.03271	27	0.001211
Total	0.1388	29	

Tukey's Multiple Comparison Test	Mean Diff.	q	Significant? P < 0.05?	Summary
El-Kala vs El-Katara	0.05560	5.052	Yes	**
El-Kala vs Toche	0.1444	13.12	Yes	***
El-Katara vs Toche	0.08880	8.068	Yes	***

Tableau 34 : Analyse de la variance à deux critères de classification (mois/station) de l'indice de condition chez *P. rustica*.

Two-way ANOVA

Source of Variation	% of total variation	P value
Interaction	17.89	< 0.0001
Column Factor	7.56	< 0.0001
Row Factor	45.75	< 0.0001

Source of Variation	P value summary	Significant?
Interaction	***	Yes
Column Factor	***	Yes
Row Factor	***	Yes

Source of Variation	Df	Sum-of-squares	Mean square	F
Interaction	22	0.4157	0.01890	9.147
Column Factor	2	0.1757	0.08787	42.54
Row Factor	11	1.063	0.09666	46.79
Residual	324	0.6693	0.002066	

Tableau 35 : Analyse de la variance à un seul critère de classification (station) du rapport gonado-somatique chez *P. rustica* au mois de janvier (El-Kala, El-Katara, Toche) :

One-way analysis of variance	
P value	0.1071
P value summary	ns
Are means signif. different? (P < 0.05)	No
Number of groups	3
F	2.893

ANOVA Table	SS	df	MS	
Treatment (between columns)	7.438	2	3.719	
Residual (within columns)	11.57	9	1.286	
Total	19.01	11		

Tukey's Multiple Comparison Test	Mean Diff.	q	Significant? P < 0.05?	Summary
El-Kala vs El-Katara	0.8975	1.583	No	ns
El-Kala vs Toche	-1.030	1.816	No	ns
El-Katara vs Toche	-1.927	3.399	No	ns

Tableau 36 : Analyse de la variance à un seul critère de classification (station) du rapport gonado-somatique chez *P. rustica* au mois de février (El-Kala, El-Katara, Toche) :

One-way analysis of variance	
P value	0.1165
P value summary	ns
Are means signif. different? (P < 0.05)	No
Number of groups	3
F	2.756

ANOVA Table	SS	df	MS	
Treatment (between columns)	14.39	2	7.193	
Residual (within columns)	23.49	9	2.610	
Total	37.88	11		

Tukey's Multiple Comparison Test	Mean Diff.	q	Significant? P < 0.05?	Summary
El-Kala vs El-Katara	-1.623	2.008	No	ns
El-Kala vs Toche	-2.661	3.294	No	ns
El-Katara vs Toche	-1.038	1.285	No	ns

Tableau 37 : Analyse de la variance à un seul critère de classification (station) du rapport gonado-somatique chez *P. rustica* au mois de mars (El-Kala, El-Katara, Toche) :

One-way analysis of variance	
P value	0.0113
P value summary	*
Are means signif. different? (P < 0.05)	Yes
Number of groups	3
F	7.680

ANOVA Table	SS	df	MS	
Treatment (between columns)	11.99	2	5.993	
Residual (within columns)	7.023	9	0.7803	
Total	19.01	11		

Tukey's Multiple Comparison Test	Mean Diff.	q	Significant? P < 0.05?	Summary
El-Kala vs El-Katara	-1.140	2.582	No	ns
El-Kala vs Toche	-2.446	5.538	Yes	**
El-Katara vs Toche	-1.306	2.957	No	ns

Tableau 38 : Analyse de la variance à un seul critère de classification (station) du rapport gonado-somatique chez *P. rustica* au mois d'avril (El-Kala, El-Katara, Toche) :

One-way analysis of variance	
P value	0.4732
P value summary	ns
Are means signif. different? (P < 0.05)	No
Number of groups	3
F	0.8139

ANOVA Table	SS	df	MS
Treatment (between columns)	2.754	2	1.377
Residual (within columns)	15.23	9	1.692
Total	17.98	11	

Tukey's Multiple Comparison Test	Mean Diff.	q	Significant? P < 0.05?	Summary
El-Kala vs El-Katara	1.150	1.768	No	ns
El-Kala vs Toche	0.7775	1.195	No	ns
El-Katara vs Toche	-0.3725	0.5727	No	ns

Tableau 39 : Analyse de la variance à un seul critère de classification (station) du rapport gonado-somatique chez *P. rustica* au mois de mai (El-Kala, El-Katara, Toche) :

One-way analysis of variance	
P value	0.0742
P value summary	ns
Are means signif. different? (P < 0.05)	No
Number of groups	3
F	3.521

ANOVA Table	SS	df	MS
Treatment (between columns)	3.740	2	1.870
Residual (within columns)	4.780	9	0.5311
Total	8.520	11	

Tukey's Multiple Comparison Test	Mean Diff.	q	Significant? P < 0.05?	Summary
El-Kala vs El-Katara	-0.4000	1.098	No	ns
El-Kala vs Toche	0.9325	2.559	No	ns
El-Katara vs Toche	1.333	3.657	No	ns

Tableau 40 : Analyse de la variance à un seul critère de classification (station) du rapport gonado-somatique chez *P. rustica* au mois de juin (El-Kala, El-Katara, Toche) :

One-way analysis of variance	
P value	< 0.0001
P value summary	***
Are means signif. different? (P < 0.05)	Yes
Number of groups	3
F	97.62

ANOVA Table	SS	df	MS	
Treatment (between columns)	70.54	2	35.27	
Residual (within columns)	3.252	9	0.3613	
Total	73.79	11		

Tukey's Multiple Comparison Test	Mean Diff.	q	Significant? P < 0.05?	Summary
El-Kala vs El-Katara	0.1415	0.4708	No	ns
El-Kala vs Toche	-5.071	16.87	Yes	***
El-Katara vs Toche	-5.213	17.34	Yes	***

Tableau 41 : Analyse de la variance à un seul critère de classification (station) du rapport gonado-somatique chez *P. rustica* au mois de juillet (El-Kala, El-Katara, Toche) :

One-way analysis of variance	
P value	0.6597
P value summary	ns
Are means signif. different? (P < 0.05)	No
Number of groups	3
F	0.4358

ANOVA Table	SS	df	MS	
Treatment (between columns)	0.2894	2	0.1447	
Residual (within columns)	2.989	9	0.3321	
Total	3.278	11		

Tukey's Multiple Comparison Test	Mean Diff.	q	Significant? P < 0.05?	Summary
El-Kala vs El-Katara	0.1750	0.6074	No	ns
El-Kala vs Toche	-0.2050	0.7115	No	ns
El-Katara vs Toche	-0.3800	1.319	No	ns

Tableau 42 : Analyse de la variance à un seul critère de classification (station) du rapport gonado-somatique chez *P. rustica* au mois d'août (El-Kala, El-Katara, Toche) :

One-way analysis of variance	
P value	0.6755
P value summary	ns
Are means signif. different? (P < 0.05)	No
Number of groups	3
F	0.4099

ANOVA Table	SS	df	MS	
Treatment (between columns)	0.2336	2	0.1168	
Residual (within columns)	2.565	9	0.2850	
Total	2.798	11		

Tukey's Multiple Comparison Test	Mean Diff.	q	Significant? P < 0.05?	Summary
El-Kala vs El-Katara	-0.2000	0.7493	No	ns
El-Kala vs Toche	-0.3400	1.274	No	ns
El-Katara vs Toche	-0.1400	0.5245	No	ns

Tableau 43 : Analyse de la variance à un seul critère de classification (station) du rapport gonado-somatique chez *P. rustica* au mois de septembre (El-Kala, El-Katara, Toche) :

One-way analysis of variance	
P value	0.0992
P value summary	ns
Are means signif. different? (P < 0.05)	No
Number of groups	3
F	3.020

ANOVA Table	SS	df	MS
Treatment (between columns)	51.65	2	25.82
Residual (within columns)	76.95	9	8.550
Total	128.6	11	

Tukey's Multiple Comparison Test	Mean Diff.	q	Significant? P < 0.05?	Summary
El-Kala vs El-Katara	-1.783	1.219	No	ns
El-Kala vs Toche	-5.013	3.428	No	ns
El-Katara vs Toche	-3.230	2.209	No	ns

Tableau 44 : Analyse de la variance à un seul critère de classification (station) du rapport gonado-somatique chez *P. rustica* au mois d'octobre (El-Kala, El-Katara, Toche) :

One-way analysis of variance	
P value	0.1870
P value summary	ns
Are means signif. different? (P < 0.05)	No
Number of groups	3
F	2.032

ANOVA Table	SS	df	MS
Treatment (between columns)	129.0	2	64.51
Residual (within columns)	285.7	9	31.75
Total	414.7	11	

Tukey's Multiple Comparison Test	Mean Diff.	q	Significant? P < 0.05?	Summary
El-Kala vs El-Katara	7.655	2.717	No	ns
El-Kala vs Toche	5.933	2.106	No	ns
El-Katara vs Toche	-1.723	0.6114	No	ns

Tableau 45 : Analyse de la variance à un seul critère de classification (station) du rapport gonado-somatique chez *P. rustica* au mois de novembre (El-Kala, El-Katara, Toche) :

One-way analysis of variance	
P value	0.2332
P value summary	ns
Are means signif. different? (P < 0.05)	No
Number of groups	3
F	1.719

ANOVA Table	SS	df	MS	
Treatment (between columns)	94.31	2	47.15	
Residual (within columns)	246.9	9	27.43	
Total	341.2	11		

Tukey's Multiple Comparison Test	Mean Diff.	q	Significant? P < 0.05?	Summary
El-Kala vs El-Katara	6.011	2.295	No	ns
El-Kala vs Toche	0.1300	0.04964	No	ns
El-Katara vs Toche	-5.881	2.246	No	ns

Tableau 46 : Analyse de la variance à un seul critère de classification (station) du rapport gonado-somatique chez *P. rustica* en décembre (El-Kala, El-Katara, Toche) :

One-way analysis of variance	
P value	0.0384
P value summary	*
Are means signif. different? (P < 0.05)	Yes
Number of groups	3
F	4.785

ANOVA Table	SS	df	MS	
Treatment (between columns)	74.21	2	37.10	
Residual (within columns)	69.78	9	7.754	
Total	144.0	11		

Tukey's Multiple Comparison Test	Mean Diff.	q	Significant? P < 0.05?	Summary
El-Kala vs El-Katara	-2.175	1.562	No	ns
El-Kala vs Toche	3.840	2.758	No	ns
El-Katara vs Toche	6.015	4.320	Yes	*

Tableau 47 : Analyse de la variance à deux critères de classification (mois/station) du rapport gonado-somatique chez *P. rustica*.

Two-way ANOVA

Source of Variation	% of total variation	P value
Interaction	4.25	0.0002
Column Factor	0.32	0.0997
Row Factor	87.98	< 0.0001

Source of Variation	P value summary	Significant?
Interaction	***	Yes
Column Factor	ns	No
Row Factor	***	Yes

Source of Variation	Df	Sum-of-squares	Mean square	F
Interaction	22	427.8	19.45	2.799
Column Factor	2	32.73	16.36	2.356
Row Factor	11	8863	805.7	116.0
Residual	108	750.2	6.947	

Tableau 48 : Analyse de la variance à un seul critère de classification (station) de l'AChE au mois de janvier (El-Kala, El-Katara, Toche)

One-way analysis of variance	
P value	0.0129
P value summary	*
Are means signif. different? (P < 0.05)	Yes
Number of groups	3
F	7.340

ANOVA Table	SS	df	MS	
Treatment (between columns)	94.65	2	47.32	
Residual (within columns)	58.03	9	6.448	
Total	152.7	11		
Tukey's Multiple Comparison Test	Mean Diff.	q	Significant? P < 0.05?	Summary
El-Kala vs El-Katara	6.719	5.292	Yes	*
El-Kala vs Toche	4.637	3.652	No	ns
El-Katara vs Toche	-2.082	1.640	No	ns

Tableau 49 : Analyse de la variance à un seul critère de classification (station) de l'AChE au mois de février (El-Kala, El-Katara, Toche)

One-way analysis of variance	
P value	0.0001
P value summary	***
Are means signif. different? (P < 0.05)	Yes
Number of groups	3
F	29.75

ANOVA Table	SS	df	MS	
Treatment (between columns)	140.3	2	70.14	
Residual (within columns)	21.22	9	2.358	
Total	161.5	11		
Tukey's Multiple Comparison Test	Mean Diff.	q	Significant? P < 0.05?	Summary
El-Kala vs El-Katara	8.101	10.55	Yes	***
El-Kala vs Toche	5.892	7.674	Yes	**
El-Katara vs Toche	-2.209	2.877	No	ns

Tableau 50 : Analyse de la variance à un seul critère de classification (station) de l'AChE au mois de mars (El-Kala, El-Katara, Toche)

One-way analysis of variance	
P value	< 0.0001
P value summary	***
Are means signif. different? (P < 0.05)	Yes
Number of groups	3
F	47.63

ANOVA Table	SS	df	MS
Treatment (between columns)	323.7	2	161.9
Residual (within columns)	30.59	9	3.398

Total	354.3	11		
Tukey's Multiple Comparison Test	Mean Diff.	q	Significant? P < 0.05?	Summary
El-Kala vs El-Katara	11.67	12.67	Yes	***
El-Kala vs Toche	10.22	11.08	Yes	***
El-Katara vs Toche	-1.459	1.583	No	ns

Tableau 51 : Analyse de la variance à un seul critère de classification (station) de l'AChE au mois d'avril (El-Kala, El-Katara, Toche)

One-way analysis of variance	
P value	0.0092
P value summary	**
Are means signif. different? (P < 0.05)	Yes
Number of groups	3
F	8.257

ANOVA Table	SS	df	MS	
Treatment (between columns)	59.76	2	29.88	
Residual (within columns)	32.57	9	3.619	
Total	92.33	11		
Tukey's Multiple Comparison Test	Mean Diff.	q	Significant? P < 0.05?	Summary
El-Kala vs El-Katara	4.820	5.067	Yes	*
El-Kala vs Toche	4.643	4.882	Yes	*
El-Katara vs Toche	-0.1763	0.1853	No	ns

Tableau 52 : Analyse de la variance à un seul critère de classification (station) de l'AChE au mois de mai (El-Kala, El-Katara, Toche)

One-way analysis of variance	
P value	0.0002
P value summary	***
Are means signif. different? (P < 0.05)	Yes
Number of groups	3
F	25.13

ANOVA Table	SS	df	MS	
Treatment (between columns)	325.4	2	162.7	
Residual (within columns)	58.26	9	6.473	
Total	383.6	11		
Tukey's Multiple Comparison Test	Mean Diff.	q	Significant? P < 0.05?	Summary
El-Kala vs El-Katara	7.674	6.032	Yes	**
El-Kala vs Toche	12.66	9.952	Yes	***
El-Katara vs Toche	4.987	3.920	No	ns

Tableau 53 : Analyse de la variance à un seul critère de classification (station) de l'AChE au mois de juin (El-Kala, El-Katara, Toche)

One-way analysis of variance	
P value	< 0.0001
P value summary	***
Are means signif. different? (P < 0.05)	Yes

Number of groups	3			
F	96.44			
ANOVA Table	SS	df	MS	
Treatment (between columns)	764.0	2	382.0	
Residual (within columns)	35.65	9	3.961	
Total	799.6	11		
Tukey's Multiple Comparison Test	Mean Diff.	q	Significant? P < 0.05?	Summary
El-Kala vs EL-Katara	13.30	13.37	Yes	***
El-Kala vs Toche	19.05	19.15	Yes	***
EL-Katara vs Toche	5.752	5.780	Yes	**

Tableau 54 : Analyse de la variance à un seul critère de classification (station) de l'AChE au mois de juillet (El-Kala, El-Katara, Toche)

One-way analysis of variance				
P value	< 0.0001			
P value summary	***			
Are means signif. different? (P < 0.05)	Yes			
Number of groups	3			
F	54.63			
ANOVA Table	SS	df	MS	
Treatment (between columns)	345.2	2	172.6	
Residual (within columns)	28.43	9	3.159	
Total	373.6	11		
Tukey's Multiple Comparison Test	Mean Diff.	q	Significant? P < 0.05?	Summary
El-Kala vs El-Katara	10.26	11.54	Yes	***
El-Kala vs Toche	12.24	13.77	Yes	***
El-Katara vs Toche	1.980	2.228	No	ns

Tableau 55 : Analyse de la variance à un seul critère de classification (station) de l'AChE au mois d'août (El-Kala, El-Katara, Toche)

One-way analysis of variance				
P value	0.0003			
P value summary	***			
Are means signif. different? (P < 0.05)	Yes			
Number of groups	3			
F	23.56			
ANOVA Table	SS	df	MS	
Treatment (between columns)	332.0	2	166.0	
Residual (within columns)	63.43	9	7.047	
Total	395.5	11		
Tukey's Multiple Comparison Test	Mean Diff.	q	Significant? P < 0.05?	Summary
El-Kala vs El-Katara	12.02	9.055	Yes	***
El-Kala vs Toche	10.03	7.556	Yes	**
El-Katara vs Toche	-1.991	1.500	No	ns

Tableau 56 : Analyse de la variance à un seul critère de classification (station) de l'AChE au mois de septembre (El-Kala, El-Katara, Toche)

One-way analysis of variance	
P value	0.0157
P value summary	*
Are means signif. different? (P < 0.05)	Yes
Number of groups	3
F	6.833

ANOVA Table	SS	df	MS	
Treatment (between columns)	87.41	2	43.71	
Residual (within columns)	57.57	9	6.397	
Total	145.0	11		
Tukey's Multiple Comparison Test	Mean Diff.	q	Significant? P < 0.05?	Summary
El-Kala vs El-Katara	6.194	4.898	Yes	*
El-Kala vs Toche	5.098	4.031	Yes	*
El-Katara vs Toche	-1.096	0.8669	No	ns

Tableau 57 : Analyse de la variance à un seul critère de classification (station) de l'AChE au mois d'octobre (El-Kala, El-Katara, Toche)

One-way analysis of variance	
P value	< 0.0001
P value summary	***
Are means signif. different? (P < 0.05)	Yes
Number of groups	3
F	32.95

ANOVA Table	SS	df	MS	
Treatment (between columns)	91.99	2	45.99	
Residual (within columns)	12.56	9	1.396	
Total	104.6	11		
Tukey's Multiple Comparison Test	Mean Diff.	q	Significant? P < 0.05?	Summary
El-Kala vs El-Katara	6.284	10.64	Yes	***
El-Kala vs Toche	5.352	9.060	Yes	***
El-Katara vs Toche	-0.9318	1.577	No	ns

Tableau 58 : Analyse de la variance à un seul critère de classification (station) de l'AChE au mois de novembre (El-Kala, El-Katara, Toche)

One-way analysis of variance	
P value	0.0016
P value summary	**
Are means signif. different? (P < 0.05)	Yes
Number of groups	3
F	14.39

ANOVA Table	SS	df	MS
Treatment (between columns)	80.46	2	40.23
Residual (within columns)	25.17	9	2.797

Total	105.6	11		
Tukey's Multiple Comparison Test	Mean Diff.	q	Significant? P < 0.05?	Summary
El-Kala vs El-Katara	5.923	7.084	Yes	**
El-Kala vs Toche	4.926	5.891	Yes	**
El-Katara vs Toche	-0.9973	1.193	No	ns

Tableau 59 : Analyse de la variance à un seul critère de classification (station) de l'AChE au mois de décembre (El-Kala, El-Katara, Toche)

One-way analysis of variance	
P value	0.0142
P value summary	*
Are means signif. different? (P < 0.05)	Yes
Number of groups	3
F	7.077

ANOVA Table	SS	df	MS	
Treatment (between columns)	17.64	2	8.820	
Residual (within columns)	11.22	9	1.246	
Total	28.86	11		
Tukey's Multiple Comparison Test	Mean Diff.	q	Significant? P < 0.05?	Summary
El-Kala vs El-Katara	2.485	4.452	Yes	*
El-Kala vs Toche	2.651	4.749	Yes	*
El-Katara vs Toche	0.1655	0.2965	No	ns

Tableau 60 : Analyse de la variance à deux critères de classifications (mois/station) de l'AChE.

Source of Variation	% of total variation	P value
Interaction	14.65	< 0.0001
Column Factor	50.82	< 0.0001
Row Factor	23.84	< 0.0001

Source of Variation	P value summary	Significant?
Interaction	***	Yes
Column Factor	***	Yes
Row Factor	***	Yes

Source of Variation	Df	Sum-of-squares	Mean square	F
Interaction	22	595.8	27.08	6.728
Column Factor	2	2067	1033	256.7
Row Factor	11	969.7	88.15	21.90
Residual	108	434.7	4.025	

Tableau 61 : Analyse de la variance à un seul critère de classification (station) de la GST au mois de janvier (El-Kala, El-Katara, Toche)

One-way analysis of variance	
P value	< 0.0001
P value summary	***
Are means signif. different? (P < 0.05)	Yes

Number of groups	3
F	35.39

ANOVA Table	SS	df	MS	
Treatment (between columns)	0.07240	2	0.03620	
Residual (within columns)	0.009205	9	0.001023	
Total	0.08160	11		
Tukey's Multiple Comparison Test	Mean Diff.	q	Significant? P < 0.05?	Summary
El-Kala vs El-Katara	-0.1903	11.90	Yes	***
El-Kala vs Toche	-0.09325	5.832	Yes	**
El-Katara vs Toche	0.0970	6.066	Yes	**

Tableau 62 : Analyse de la variance à un seul critère de classification (station) de la GST au mois de février (El-Kala, El-Katara, Toche)

One-way analysis of variance	
P value	< 0.0001
P value summary	***
Are means signif. different? (P < 0.05)	Yes
Number of groups	3
F	174.0

ANOVA Table	SS	df	MS	
Treatment (between columns)	0.4973	2	0.2487	
Residual (within columns)	0.01286	9	0.001429	
Total	0.5102	11		
Tukey's Multiple Comparison Test	Mean Diff.	q	Significant? P < 0.05?	Summary
El-Kala vs El-Katara	-0.4800	25.39	Yes	***
El-Kala vs Toche	-0.1230	6.507	Yes	**
El-Katara vs Toche	0.3570	18.89	Yes	***

Tableau 63 : Analyse de la variance à un seul critère de classification (station) de la GST au mois de mars (El-Kala, El-Katara, Toche)

One-way analysis of variance	
P value	< 0.0001
P value summary	***
Are means signif. different? (P < 0.05)	Yes
Number of groups	3
F	297.7

ANOVA Table	SS	df	MS	
Treatment (between columns)	1.017	2	0.5083	
Residual (within columns)	0.01536	9	0.001707	
Total	1.032	11		
Tukey's Multiple Comparison Test	Mean Diff.	q	Significant? P < 0.05?	Summary
El-Kala vs El-Katara	-0.1935	9.367	Yes	***
El-Kala vs Toche	-0.6910	33.45	Yes	***
El-Katara vs Toche	-0.4975	24.08	Yes	***

Tableau 64 : Analyse de la variance à un seul critère de classification (station) de la GST au mois d'avril (El-Kala, El-Katara, Toche)

One-way analysis of variance	
P value	0.0010
P value summary	***
Are means signif. different? (P < 0.05)	Yes
Number of groups	3
F	16.62

ANOVA Table	SS	df	MS	
Treatment (between columns)	0.09023	2	0.04511	
Residual (within columns)	0.02443	9	0.002714	
Total	0.1147	11		
Tukey's Multiple Comparison Test	Mean Diff.	q	Significant? P < 0.05?	Summary
kala vs kat	-0.1283	4.924	Yes	*
kala vs Toche	-0.2108	8.091	Yes	***
kat vs Toche	-0.0825	3.167	No	ns

Tableau 65 : Analyse de la variance à un seul critère de classification (station) de la GST au mois de mai (El-Kala, El-Katara, Toche)

One-way analysis of variance	
P value	0.0199
P value summary	*
Are means signif. different? (P < 0.05)	Yes
Number of groups	3
F	6.249

ANOVA Table	SS	df	MS	
Treatment (between columns)	0.006926	2	0.003463	
Residual (within columns)	0.004988	9	0.0005542	
Total	0.01191	11		
Tukey's Multiple Comparison Test	Mean Diff.	q	Significant? P < 0.05?	Summary
kala vs kat	0.006750	0.5735	No	ns
kala vs Toche	-0.04725	4.014	Yes	*
kat vs Toche	-0.05400	4.588	Yes	*

Tableau 66 : Analyse de la variance à un seul critère de classification (station) de la GST au mois de juin (El-Kala, El-Katara, Toche)

One-way analysis of variance	
P value	0.0005
P value summary	***
Are means signif. different? (P < 0.05)	Yes
Number of groups	3
F	19.74

ANOVA Table	SS	df	MS
Treatment (between columns)	0.03038	2	0.01519
Residual (within columns)	0.006926	9	0.0007695

Total	0.03731	11		
Tukey's Multiple Comparison Test	Mean Diff.	q	Significant? P < 0.05?	Summary
kala vs kat	-0.1038	7.480	Yes	**
kala vs Toche	-0.1095	7.895	Yes	***
kat vs Toche	-0.00575	0.4146	No	ns

Tableau 67 : Analyse de la variance à un seul critère de classification (station) de la GST au mois de juillet (El-Kala, El-Katara, Toche)

One-way analysis of variance	
P value	0.5052
P value summary	ns
Are means signif. different? (P < 0.05)	No
Number of groups	3
F	0.7374

ANOVA Table	SS	df	MS	
Treatment (between columns)	0.001728	2	0.0008641	
Residual (within columns)	0.01055	9	0.001172	
Total	0.01227	11		
Tukey's Multiple Comparison Test	Mean Diff.	q	Significant? P < 0.05?	Summary
kala vs kat	-0.0280	1.636	No	ns
kala vs Toche	-0.006250	0.3652	No	ns
kat vs Toche	0.02175	1.271	No	ns

Tableau 68 : Analyse de la variance à un seul critère de classification (station) de la GST au mois d'août (El-Kala, El-Katara, Toche)

One-way analysis of variance	
P value	0.1387
P value summary	ns
Are means signif. different? (P < 0.05)	No
Number of groups	3
F	2.480

ANOVA Table	SS	df	MS	
Treatment (between columns)	0.003322	2	0.001661	
Residual (within columns)	0.006028	9	0.0006697	
Total	0.009349	11		
Tukey's Multiple Comparison Test	Mean Diff.	q	Significant? P < 0.05?	Summary
kala vs kat	-0.0380	2.937	No	ns
kala vs Toche	-0.03175	2.454	No	ns
kat vs Toche	0.006250	0.4830	No	ns

Tableau 69 : Analyse de la variance à un seul critère de classification (station) de la GST au mois de septembre (El-Kala, El-Katara, Toche)

One-way analysis of variance	
P value	0.0134
P value summary	*
Are means signif. different? (P < 0.05)	Yes

Number of groups	3
F	7.237

ANOVA Table	SS	df	MS	
Treatment (between columns)	0.03002	2	0.01501	
Residual (within columns)	0.01867	9	0.002074	
Total	0.04869	11		
Tukey's Multiple Comparison Test	Mean Diff.	q	Significant? P < 0.05?	Summary
kala vs kat	-0.05975	2.624	No	ns
kala vs Toche	-0.1225	5.380	Yes	*
kat vs Toche	-0.06275	2.756	No	ns

Tableau 70 : Analyse de la variance à un seul critère de classification (station) de la GST au mois d'octobre (El-Kala, El-Katara, Toche)

One-way analysis of variance	
P value	0.0065
P value summary	**
Are means signif. different? (P < 0.05)	Yes
Number of groups	3
F	9.286

ANOVA Table	SS	df	MS	
Treatment (between columns)	0.02447	2	0.01224	
Residual (within columns)	0.01186	9	0.001318	
Total	0.03633	11		
Tukey's Multiple Comparison Test	Mean Diff.	q	Significant? P < 0.05?	Summary
El-Kala vs kat	-0.1033	5.689	Yes	**
El-Kala vs Toche	-0.01725	0.9504	No	ns
kat vs Toche	0.0860	4.738	Yes	*

Tableau 71 : Analyse de la variance à un seul critère de classification (station) de la GST au mois de novembre (El-Kala, El-Katara, Toche)

One-way analysis of variance	
P value	0.0010
P value summary	**
Are means signif. different? (P < 0.05)	Yes
Number of groups	3
F	16.37

ANOVA Table	SS	df	MS	
Treatment (between columns)	0.02018	2	0.01009	
Residual (within columns)	0.005549	9	0.0006165	
Total	0.02573	11		
Tukey's Multiple Comparison Test	Mean Diff.	q	Significant? P < 0.05?	Summary
Kala vs Kat	-0.09825	7.914	Yes	***
Kala vs Toche	-0.03100	2.497	No	ns
Kat vs Toche	0.06725	5.417	Yes	*

Tableau 72 : Analyse de la variance à un seul critère de classification (station) de la GST au mois de décembre (El-Kala, El-Katara, Toche)

One-way analysis of variance	
P value	0.0072
P value summary	**
Are means signif. different? (P < 0.05)	Yes
Number of groups	3
F	8.987

ANOVA Table	SS	df	MS	
Treatment (between columns)	0.01759	2	0.008793	
Residual (within columns)	0.008806	9	0.0009784	
Total	0.02639	11		
Tukey's Multiple Comparison Test	Mean Diff.	q	Significant? P < 0.05?	Summary
kala vs kat	-0.09375	5.994	Yes	**
kala vs Toche	-0.04525	2.893	No	ns
kat vs Toche	0.0485	3.101	No	ns

Tableau 73 : Analyse de la variance à deux critères de classifications (mois/station) de la GST.

Source of Variation	% of total variation	P value
Interaction	43.80	< 0.0001
Column Factor	17.31	< 0.0001
Row Factor	34.32	< 0.0001

Source of Variation	P value summary	Significant?
Interaction	***	Yes
Column Factor	***	Yes
Row Factor	***	Yes

Source of Variation	Df	Sum-of-squares	Mean square	F
Interaction	22	1.298	0.05900	47.12
Column Factor	2	0.5131	0.2565	204.9
Row Factor	11	1.017	0.09247	73.86
Residual	108	0.1352	0.001252	

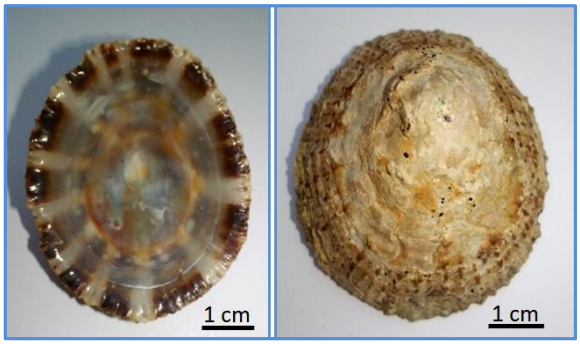


Figure I. Photographie de *Patella rustica* (Linnaeus, 1758)

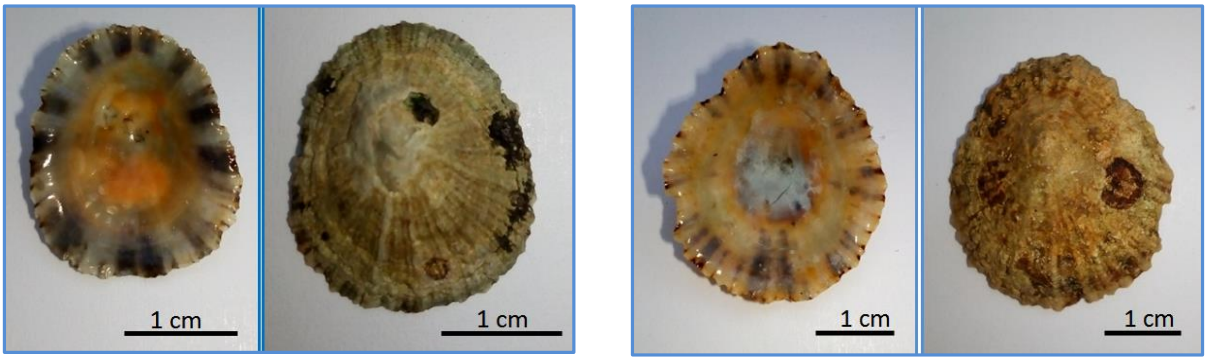


Figure II. Photographie de *Patella intermedia* (Murray ,1857)

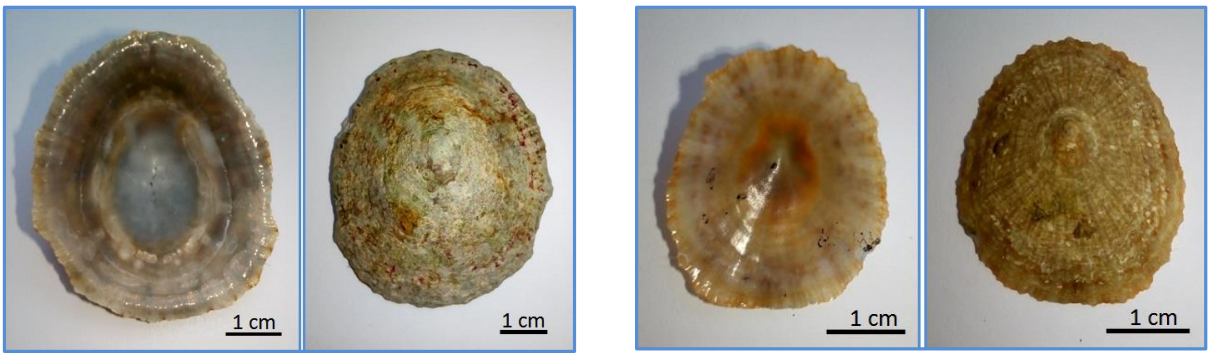


Figure III. Photographie de *Patella caerulea* (Linnaeus, 1758)

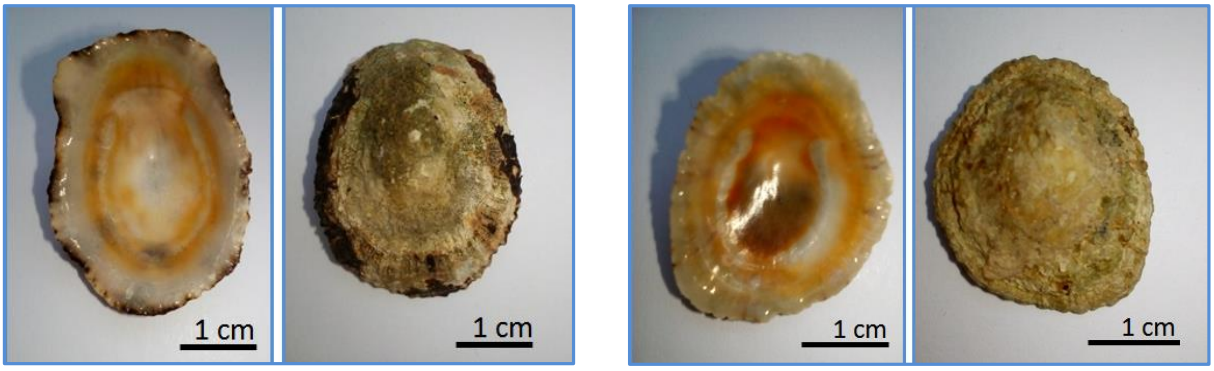


Figure IV. Photographie de *Patella vulgata* (Linnaeus, 1758)

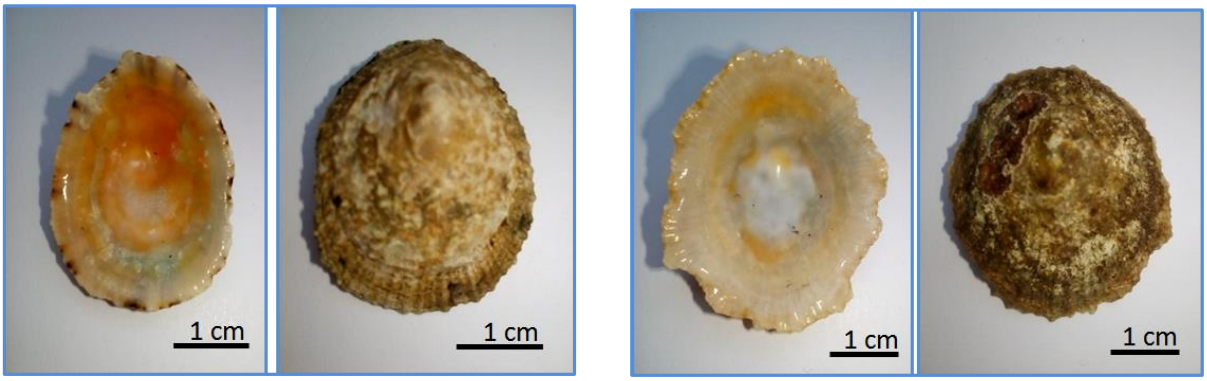


Figure V. Photographie de *Patella ulyssiponensis* (Gmelin, 1791)

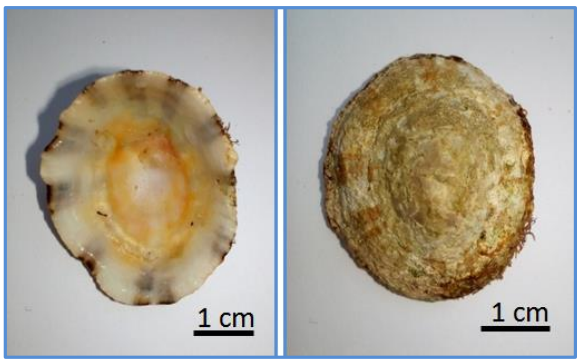


Figure VI. Photographie de *Patella nigra* (Da Costa ,1771)

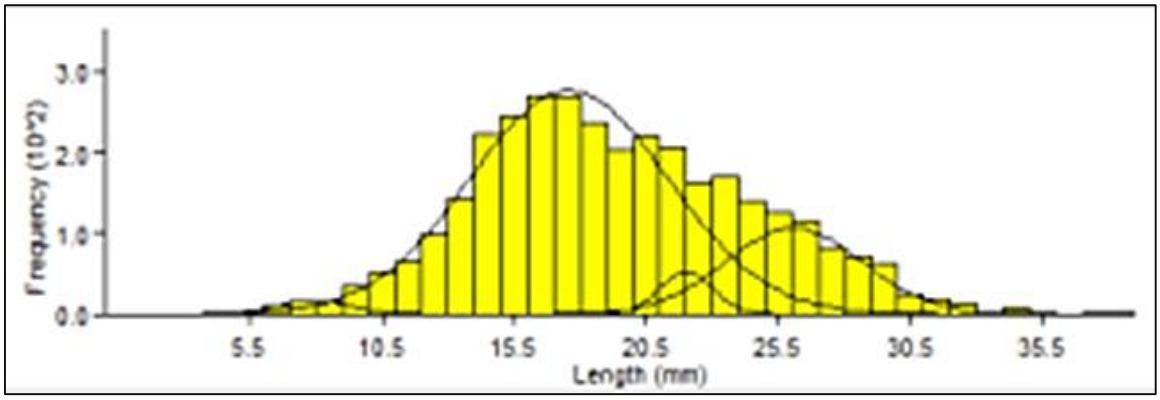


Figure VII. Les différents groupes d'âges chez *P. rustica* dans la station d'El-Kala, selon la méthode de Battacharya (1967).

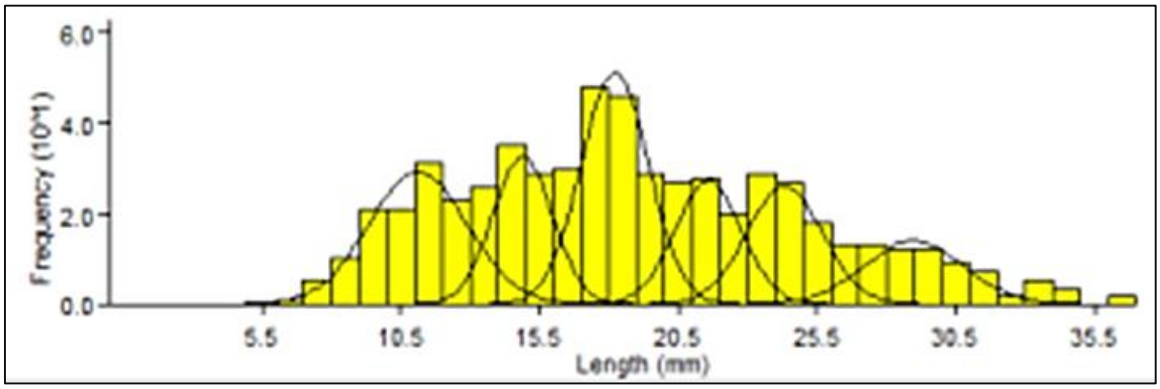


Figure VIII. Les différents groupes d'âges chez *P. rustica* dans la station d'El-Katara, selon la méthode de Battacharya (1967).

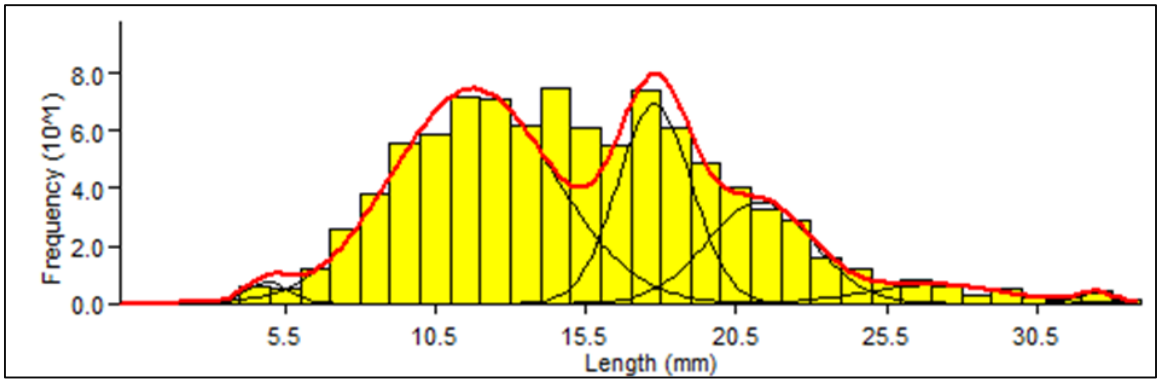


Figure IX. Les différents groupes d'âges chez *P. rustica* dans la station de Toche, selon la méthode de Battacharya (1967).

Annexe 2

Productions scientifiques

Publication internationale :

ZEGAOULA B., BELDI H., DRAREDJA B. & SOLTANI N., 2016. Reproduction of *Patella rustica* (Mollusca, Gastropoda) in the gulf of Annaba (Algeria, Mediterranean South Western). *Advances in Environmental Biology*, 10(11) November 2016, Pages: 42-50.

Communication nationale :

ZEGAOULA B., BELDI H., DRAREDJA B. & SOLTANI N. "Structure et dynamique de *Patella rustica* (Mollusque, Gastéropode) dans le golfe d'Annaba : impact de stress environnementaux" 1er Séminaire National « Santé et Bio-surveillance Des Ecosystèmes Aquatiques » SBSEA – 26 et 27 Novembre 2014, Souk-Ahras (Algérie).

Communications internationales :

ZEGAOULA B., BELDI H., DRAREDJA B. & SOLTANI N. "Les indicateurs biologiques dans la biosurveillance du golfe d'Annaba : Cas de la GST et de l'indice gonadique chez les Patelles". Les 14èmes Journées Tunisiennes des Sciences de la Mer**.** Sousse (Tunisie) : 15 - 18 Décembre 2012.

ZEGAOULA B., BELDI H., DRAREDJA B. & SOLTANI N. "Dynamique des populations des patelles dans le golfe d'Annaba : Importance des facteurs environnementaux et des activités anthropiques". Les Quinzièmes Journées Tunisiennes des Sciences de la Mer & La 3ème Rencontre Tuniso-Française d'Ichtyologie. Mahdia (Tunisie) : 14 - 17 Décembre 2013.

ZEGAOULA B., BELDI H., DRAREDJA B. & SOLTANI N. "Approche diagnostique des eaux du golfe d'Annaba (Algérie Nord-Est): Dosage de biomarqueurs chez *Patella rustica* (Mollusque, Gastéropode)". IIème Congrès de l'Association Tunisienne de Biotechnologie et Valorisation des Bio-Ressources : *18* - 20 Mars 2014, Tabarka (Tunisie).

BELDI H., **ZEGAOULA B.**, DRAREDJA B. & SOLTANI N. "Use of biochemical indicators in *Patella rustica* (Mollusca, Gastropoda) in biomonitoring waters of the Annaba Gulf (Algeria Northeast)". *International Congress on Estuaries & Coastal Protected Areas*. Izmir (Turkey): 04-06 November 2014.

ZEGAOULA B., BELDI H., DRAREDJA B. & SOLTANI N. "Densité et dominance de *Patella rustica* (Mollusque, Gastéropode) dans le golfe d'Annaba : Impact de stress environnementaux". Le IX ème Congrès Maghrébin des Sciences de la Mer. Sousse (Tunisie) : 21 au 24 Décembre 2014.