



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 LMD

Spécialité: BIOLOGIE ANIMALE ENVIRONNEMENTALE
Option PHYSIO-TOXICOLOGIE

Intitulé

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

Presentée par: M^{lle} Fatima Zohra BOUMAZA

Soutenu le 02 Février 2014

Directrice de thèse : Mme Hayet BELDI

Professeur, Université d'Annaba

Membre de Jury:

M. Nouredine SOLTANI

Président

Professeur, Université d'Annaba

M. Moustefa BOULAHIDID

Examineur

Professeur, ENSSMAL, Alger

Mme Aicha TADJINE

Examinatrice

Professeur, Université d'El Tarf

M. Lyamine MEZDEJRI

Examineur

M.C.A, Université de Skikda

M. Brahim DRAREDJA

Examineur

Professeur, Université d'Annaba

Février 2014

AVANT-PROPOS

Avant de présenter les résultats de mes recherches, je tiens à exprimer à tous ceux qui m'ont permis de mener à bien ce travail, mes sentiments de reconnaissance.

Mes remerciements vont en premier lieu aux membres de jury :

*Monsieur **SOLTANI Noureddine***

Professeur au Département de biologie et Directeur du Laboratoire de Biologie Animale Appliquée, pour l'honneur qu'il me fait de présider le jury malgré les nombreuses tâches qui lui incombent. Il m'a accompagné durant mon cursus de graduation et de post graduation, je le remercie énormément.

*Madame **Hayet BELDI***

Professeur au Département des Sciences de la Mer, d'avoir accepté de diriger cette thèse. Elle m'a fait part de son expérience et son savoir faire dans les domaines de biologie, physiologie, et d'écotoxicologie marines. J'ai particulièrement apprécié son soutien, ses précieuses orientations et la confiance qu'elle a bien voulu m'accorder. C'est un honneur et un plaisir de travailler avec vous Mme le Professeur, merci pour votre compréhension, vos qualités humaines, votre professionnalisme ainsi que votre sourire au quotidien.

*Monsieur **Moustefa BOULLAHIDJ***

Professeur à l'ENSSMAL, Alger. Je suis très honorée de votre présence dans ce jury. Qu'il me soit permis de vous exprimer ici toute ma gratitude.

*Madame **Aïcha TADJINE***

Professeur à l'université d'El Tarf, de me faire l'honneur de bien vouloir juger ce travail, je vous pris d'accepter le témoignage de ma respectueuse reconnaissance.

Monsieur Lyamine MEZDEJRI

Maitre de Conférence « A » à l'université de Skikda, m'a honoré en examinant cette thèse. Ses remarques et critiques seront les bienvenues. Je tiens donc, à lui exprimer mes sincères reconnaissances. Je tiens à lui exprimer mes vifs remerciements pour son aide efficace lors de la réalisation de dosage des métaux traces.

Monsieur Brahim DRAREDJA,

Professeur au Département des Sciences de la Mer, que je remercie chaleureusement pour sa participation à ce jury. Il a toujours répondu à mes questions avec patience et sourire, il m'a beaucoup apporté surtout dans le domaine de l'écologie benthique.

Cette thèse a été réalisée au sein du Laboratoire de Biologie Animale Appliquée, ainsi que le laboratoire du Département des Sciences de la Mer, Université BADJI Mokhtar - Annaba, je tiens à cet effet à remercier toutes les personnes ayant participé de près ou de loin à sa réalisation.

Je tiens également à remercier :

Monsieur Ali TAHAR,

Professeur au Département de biologie, pour son soutien continu, ses conseils et ses orientations pour le traitement statistique des résultats de cette thèse.

Mesdames : Nadia SOLTANI-MAZOUNI, Dahbia HABES et Nadia ARIBI, Professeur au Département de biologie, pour leur soutien, leur orientations au cours de ma formation.

Mesdames Samira YEZZI et Soraya, techniciennes au Laboratoire de Biologie Animale Appliquée et le laboratoire du Département des Sciences de la Mer, m'ont toujours facilité la tâche lors de mes différentes analyses biochimiques, je les remercie chaleureusement.

Remerciement

Avant tout, je remercie le bon dieu de m'avoir donné le courage et la force de mener à bien ce travail

J'ai reçu au cours de ces années l'aide et le soutien de nombreuses personnes, famille, amis, Enseignants, chercheurs, étudiants et personnel de l'université Badji Mokhtar Annaba que je souhaite vivement remercier.

Après le bon dieu, c'est grâce à mes parents que je suis arrivé à ce stade :

Ma mère Saliha Kadri tu étais toujours derrière nous moi et mes sœurs et mes frères depuis l'école primaire jusqu'à l'obtention du Bac, tu as tolérée mon caractère insupportable quand je stresse, et elle a essayé au maximum de me préparé une atmosphère favorable pour le travail à domicile merci infiniment maman.

Mon père et mon ami Mostepha connue sous les prénoms de Kamel ou El-Haj ou bien Paul sans toi papa je n'aurais jamais pu faire ce travail avec cette qualité. Tu étais avec moi dans toutes mes sorties sur terrain tu ne m'as jamais privé de quoi que se soit. Tu as été mon soutien moral permanent.

Merci pour vous deux pour tous ce que vous faites pour nous, et pour moi particulièrement pour la réalisation de cette thèse, vous m'avez fournies tout le nécessaire pour mes fournitures et mes déplacements, je vous adore et que dieu vous garde pour nous en bonne santé inshallah. J'espère que vous êtes fière de moi. Mes remerciements ne suffiront pas pour gratifier la hauteur de votre implication.

Mes plus vifs remerciements et toute ma reconnaissance vont à Jedi Tayeb l'ancien MOUDJAHED le colonel BOUMAZA, la fierté de la famille pour son soutien permanent et ses conseils dans ma vie personnelle et professionnel. Vous étiez toujours là pour nous tous, et avec moi surtout dans mes réussites, mes anniversaires et tout évènement important. Vos conseils illuminent ma vie et me procure la motivation, vraiment vous êtes mon guide, vous m'avez beaucoup encouragé pour persévérer d'avantage afin d'obtenir le Doctorat et ce depuis mon inscription à l'université, que dieu vous garde en bonne santé pour nous tous, je t'aime Jedou.

Je tiens également à exprimé mes remerciements et toute ma reconnaissance à mon grand-père Kadri Amor, pour son soutien, son

encouragement et son aide à chaque fois que j'ai eu besoin d'aide vous étiez là pour moi malgré vos occupations, merci Jedou que dieu vous garde en bonne santé inshallah.

Mes plus vifs remerciements vont à Tonton Lakhder Professeur au département d'hydraulique, mon oncle qui ma beaucoup soutenue dans mes études et il ne cesse jamais de m'aider et de m'orienté, je n'oublierai jamais ses gestes avec moi au cours de mon parcours universitaire, et aussi que c'est vous qui nous a annoncé ma réussite au BAC.

Je veux bien exprimer mes sentiments pour quelqu'un qui représente beaucoup pour moi : ma grand-mère MIMA, vraiment je ne trouve pas les mots pour la décrire, c'est un ange sur terre, c'est une femme du paradis, je vous assure que je n'exagère pas dans sa description. Merci pour tous ce que vous avez fais pour nous et que dieu vous garde en bonne santé.

Je présente tous mes remerciements pour mes sœurs et mes frères : Kouki, Zizou, Hamada et Ayoub de m'avoir facilité la vie, pour votre sens d'humour, votre aide surtout moral, a travers la traduction des documents en anglais, des sorties supplémentaires...etc. Merci d'être là pour moi.

Je tiens également à exprimé mes remerciements à ma chère tante Malika, qui m'a donnée toute l'affection dès mes premiers jours. Vous avez remplacé mama Remaki que j'aurais souhaité qu'elle soit parmi nous le jour de la soutenance, rahmat allah aliyha. Ainsi que mes cousines : Khedija, Nabila, Linda, Assia, Soumya et mon cousin Youcef pour votre soutien et votre encouragement.

Je tiens également à remercier chaleureusement mes très chères tentes : Salima, Farida, Meriem et Faiza, pour leur encouragement, et de m'avoir motivée à chaque fois quand je faibli, et je dédie ce travaille à tout mes cousines et mes cousins : Nouha, Asala, Rayan , Bouchra, Abdou,Ilyes, Fahed, Maram, Ikram, Maisem et Rana. Ainsi que mon khali Saad et mes cousines : Asma, Nesrine, Ines, Katia et mes cousins : Imed et Amir.

Je remercie aussi khali le jumeau de ma mère Hamou, par sa présence morale, physique et matériel sans oublié que vous m'avez accompagné au colloque de Nice et ce malgré vos occupations Professional, ainsi que Narimane, Hamza, Sabrina et Amina.

Je remercie tout particulièrement monsieur SAIFI « didina », pour son aide

efficace depuis mon Master, vous m'avez fait la mise en page de mon master ainsi que l'impression aussi, pour la qualité des photos que vous m'avez prises lors de la réalisation de ce travail. Je m'excuse du dérangement que tu as subi durant la réalisation de ma thèse.

Je remercie également chaleureusement mon oncle BOUMAZA Ali « hfaïd », monsieur le sénateur tonton CHEBLI Bachir !, tonton BERAH Fouad, tonton KOUCHARI zoubir, tonton FETAR Rabeh, tonton GUETAI Cherif, tonton BOUAZIZ Mohamed, tonton MERHABAOUI Mahmoud, tonton CHAGRA El-Bahi, mon cousin et le directeur du Parc National d'El-Kala BENJIDID Moncef, tonton Mohamed ACHOU, monsieur SAYEH Raouf : je vous remercie le plus profond du cœur, pour tout ce que vous avez fait pour moi, vous êtes un cadeau du ciel.

Je tiens à remercier ma deuxième famille : l'équipe de Biologie Animale Appliquée

Mes amies, mes enseignantes et mes grandes sœurs :

Akila AMIRA tu as été mon guide au laboratoire pour la partie des biomarqueurs. Amel HAMDANI « Chouchou » tu es un amour je n'oublierais jamais ce que tu as fait pour moi, tu étais ma conseillère, ma mère en sorte au laboratoire !, tu as veillé sur ma santé et mon bien-être, sans oublier ton aide sur l'étude de la biométrie. Karima SIFI tu es mon exemple à suivre, merci pour tes conseils, tes orientations et ta gentillesse. Salima CHOUAHDA j'ai commencé la recherche avec toi, tu étais là dans mes premiers pas, tu m'as beaucoup apporté. Samira KILANI-MORAKSHI je ne trouve pas les mots pour t'exprimer mes sentiments et ma reconnaissance, tu étais mon enseignante en master j'ai eu beaucoup de plaisir d'être votre étudiante. Najwa ZAIDI je te remercie beaucoup pour ton support moral et pour ton sens d'humour malgré les problèmes. Madame AYAD Wahida vous m'avez beaucoup apporté. Fella KERMICHE je te remercie pour ton soutien et ton encouragement.

Du plus profond du cœur je tiens à remercier mes collègues et mes frères : Boudinar Ahmed Sofiane et Larabaa Rabeh, vous m'avez apportés beaucoup d'aide lors de la réalisation de cette thèse. Sans vous je n'aurais pas pu rester tard au laboratoire pour finir mes techniques, votre présence me procure de la confiance et la sécurité. Sofiane je te remercie pour ton aide même quand tu es loin. Merci à vous deux, sachez bien que je suis là pour vous aussi.

Ma chère amie BOUZERAA Hayette, tu étais là avec moi dans mes

premiers pas, on a voyagés ensemble, on a partagé beaucoup de moments bonnes et mauvaises. Merci pour ton soutien continue et ta présence.

M^{elle} Inès BOUGATAYA « Noussa » une fille que j'aime beaucoup, je la remercie pour son aide efficace au laboratoire pour la partie Biométrie, merci pour ton soutien et ton aide ma chère.

Je tiens également à remercier mes collègues Boulahbel Billel le fournisseur d'outil informatique au laboratoire, BENSBA Fethi, mon cher voisin ANBI AHMED Sofiane et son cousin et mon ami SELLAHI Hamza pour votre gentillesse pour votre aide incontestable dans la vie quotidienne. Je vous remercie pour votre spontanéité et votre soutien.

Je tiens à remercier également chaleureusement et vivement mes très chères copines : Rosa qui se comporte comme une maman avec moi et je ne comprends pas pourquoi « je t'adore rosati ». Chahra la plus sensible et la plus zen des gens que j'ai connues. Noura la plus compréhensive, je te souhaite une bonne continuation ma chère. TLIDJAN Sara qui était à mes côtés surtout les derniers moments les plus difficiles et les plus stressantes. EMBAREK Rym un seul mot ne suffit pas pour te décrire merci pour ton aide sans que je le demande. Amina la belle blonde, Meriem MENSOURI la souriante. Amira de l'équipe de Toxicologie pour le soutien moral et ces encouragements. Merci pour vous tous de votre gentillesse et votre amour inestimable.

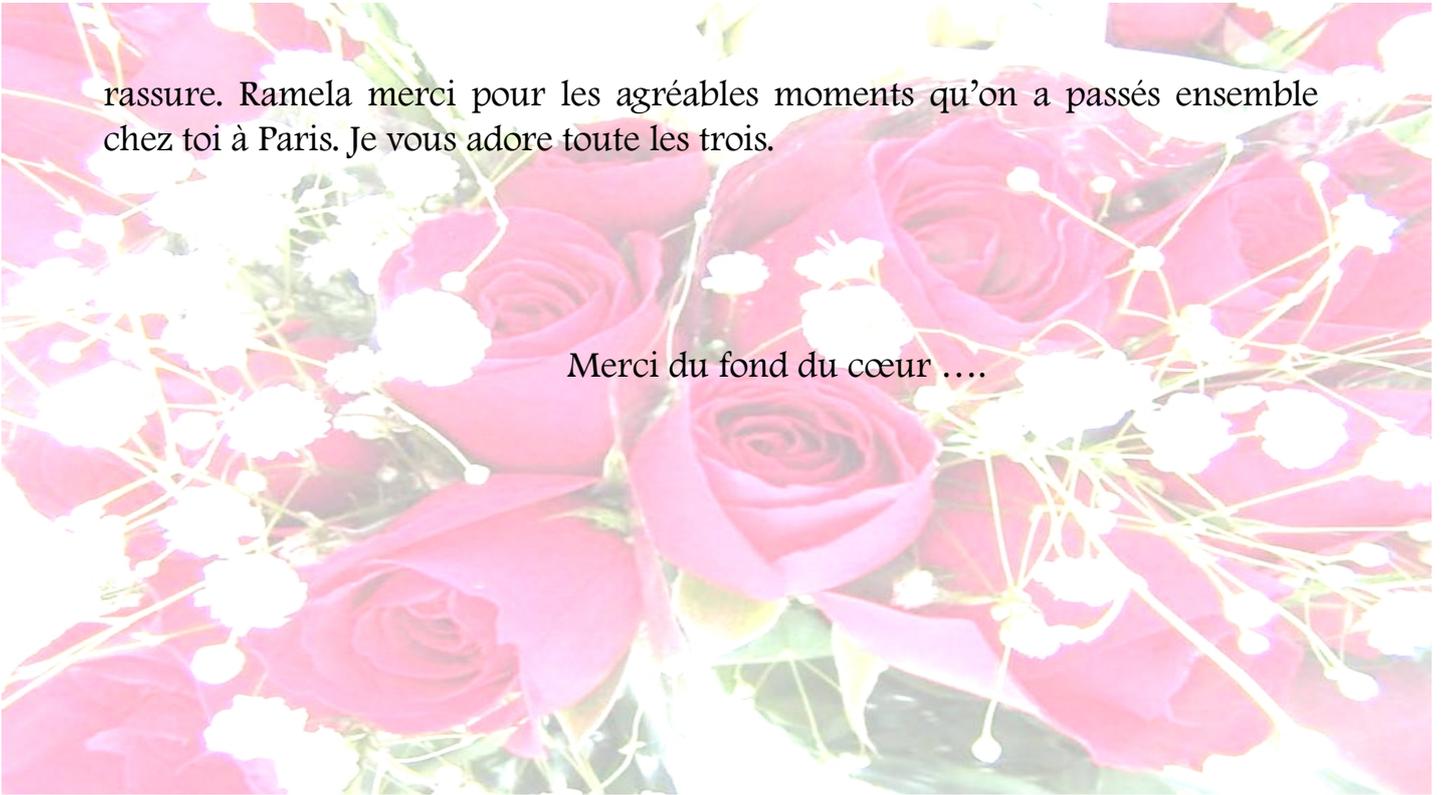
Je remercie également les miss d'architecture mes chères : Sameh et Hayette, Magda, yasmine ainsi que Marwa et mes frères : Yakoub, Zaki, Aymen pour votre écoute, les fous-rires et tout les bons moments qu'on a passé ensemble.

Mes autres merci vont à tout mes collègues et mes amis en Biologie. Pendant toutes ces années d'étude des amitiés se sont construites et ce genre de liens m'a tellement aidé qu'un simple merci ne suffira pas : Rachid, Khalil, Raouf, Digo, Amina. Je remercie tout l'équipe de Biologie Animale Appliquées les techniciennes et les doctorants : Meriem SENANI et SOUCHA Soumiya, Neila, Amel, Fatiha, Lamia, Hadia, Hanane, Isma, Bouchra qui travaille sur le même matériel biologique et CHEFAI Amine de m'avoir beaucoup motivé dernièrement.

Amel, Aida et Rimmel mes sœurs malgré tout cette distance qui nous sépare mais vous étiez là pour moi dans les moments les plus difficiles. Merci pour vos conseils, votre amour qui me donne beaucoup de courage et qui me

rassure. Ramela merci pour les agréables moments qu'on a passés ensemble
chez toi à Paris. Je vous adore toute les trois.

Merci du fond du cœur



LISTE DES FIGURES

N°	Titre	Page
01	Sources de polluants dans l'environnement.	6
02	Origine des la pollution des oceans (d'après National Géographique, 2002).	7
03	Représentation des méthodologies permettant d'évaluer les risques écotoxicologiques (modifié d'après un diagramme de Lagadic et al., 1997).	10
04	Relations entre les principaux contaminants et les marqueurs biologiques (d'après Narbonne & Michel 1993).	11
05	Action des cholinestérases dans la transmission de l'influx nerveux et inhibition par un contaminant (Burgeot et al., 1994). <i>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.</i>	14
06	Position géographique du golfe d'Annaba.	16
07	courantologie du golfe d'Annaba (Anonyme, 1976).	17
08	Position géographique de la région d'El Kala.	20
09	Photographie d'une <i>Patella caerulea</i> .	23
10	vues de la coquille de <i>Patella caerulea</i> .	23
11	Morphologie de la tête des patelles.	24
12	Anatomie des Patellidae.	26
13	Radula d'une patelle (Seddik ,2008).	26
14	Changement de sexe chez les patelles en relation avec l'âge. Suivant la fourchette de taille choisie, tous les individus sont de sexe mâle (Branche, 1981).	27
15	Principaux organismes observés sur une côte rocheuse de l'étage médiolittoral.	28
16	« home finding » 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 (d'après Branche, 1981).	29
17	Sites d'échantillonnages des Patelles dans le Golfe d'Annaba. (1: El Katara, 2: Toche, 3: Cap de Garde).	30
18	Site de collecte des Patelles dans la station d'El Katara et source de pollution.	30
19	Site de collecte des Patelles dans la station Toche et source de pollution.	31
20	Site de collecte des Patelles dans la station Cap de Garde et source de pollution.	31

21	Site de collecte des Patelles dans la station d'El Kala.	32
22	Collecte des patelles à l'aide d'un couteau.	33
23	Multi paramètres du terrain	33
24	Conservation des patelles	34
25	Différentes mensurations effectuées chez les patelles.	35
26	Prélèvement du tissu chez la patelle.	36
27	Variation mensuelles de la température des stations prospectées (février 2010- anvier 2011).	41
28	Variation mensuelle de la salinité des stations prospectées (février 2010- janvier2011).	42
29	Photographie de <i>Patella caerulea</i>	42
30	Photographie de <i>Patella rustica</i> .	43
31	Photographie de <i>Patella vulgata</i>	44
32	Photographie de <i>Patella ulyssiponensis</i>	44
33	Photographie de <i>Patella intermedia</i>	45
34	Photographie de <i>Patella nigra</i> .	46
35	variation spatio-temporelle de la densité (ind./m ²) des patelles dans les stations prospectées (février 2010 – janvier 2011).	47
36	Variation spatio-temporelle de la Biomasse (PSLC) des Patelles dans les stations prospectées (février 2010 – janvier 2011).	50
37	Variation de la biomasse moyenne (PSLC) selon les espèces à El-Katara.	53
38	Variation de la biomasse moyenne (PSLC) selon les espèces à Toche.	53
39	Variation de la biomasse moyenne (PSLC) selon les espèces au Cap de Garde.	54
40	Variation de la biomasse moyenne (PSLC) selon les espèces à El-Kala.	55
41	Dominances des différentes espèces de patelles en période printanière à El- Katara.	55
42	Dominance des différentes espèces de Patelle en période printanière à Toche.	56
43	Dominance des différentes espèces de Patelles en période printanière au Cap de Garde.	57
44	Dominance des différentes espèces de Patelles en période printanière à El-Kala.	57

45	Dominance des différentes espèces de Patelles en période estivale à El-Katara.	58
46	Dominance des différentes espèces de Patelle en période estivale à Toche.	59
47	Dominance des différentes espèces de Patelles en période estivale au Cap de Garde.	59
48	Dominance des différentes espèces de Patelles en période estivale à El-Kala.	60
49	Dominance des différentes espèces de Patelles en période automnale à El-Katara.	61
50	Dominance des différentes espèces de Patelles en période automnale à Toche.	61
51	Dominance des différentes espèces de Patelles en période automnale au Cap de Garde.	62
52	Dominance des différentes espèces de patelles en période automnale à El-Kala.	63
53	Dominance des différentes espèces de Patelles en période hivernale à El- Katara.	63
54	Dominance des différentes espèces de Patelles en période hivernale à Toche.	64
55	Dominance des différentes espèces de Patelles en période hivernale au Cap de Garde.	64
56	Dominance des différentes espèces de Patelles en période hivernale à El-Kala.	65
57	Dominance annuelle des différentes espèces de Patelles à El-Katara.	66
58	Dominance annuelle des différentes espèces de Patelles à Toche.	66
59	Dominance annuelle des différentes espèces de Patelles au Cap de Garde.	67
60	Dominance annuelle des différentes espèces de Patelles à El-Kala.	67
61	Régression entre la longueur totale et le poids total chez <i>P. caerulea</i> à El-Katara.	69
62	Régression entre la longueur totale et le poids total chez <i>P. caerulea</i> à Toche.	69
63	Régression entre la longueur totale et le poids total chez <i>P. caerulea</i> au Cap de Garde.	70
64	Régression entre la longueur totale et le poids total chez <i>P. caerulea</i> à El-Kala.	71
65	Variations spatio-temporelles de l'activité spécifique de l'AChE ($\mu\text{mol}/\text{min}/\text{mg}$ de protéine) au niveau de la tête des patelles durant la période de février 2010 à janvier 2011 (N=6).	72
66	Variations spatio-temporelles de l'activité enzymatique de la GST ($\mu\text{mol}/\text{min}/\text{mg}$ de protéine) au niveau de la tête des patelles durant la période de février 2010 à janvier 2011 (N=6).	75
67	Variation de la concentration du Cu dans la chaire de <i>P. caerulea</i> dans les	78

	différents sites d'échantillonnage.	
68	Variation de la concentration du Cu dans la chaire de <i>P. caerulea</i> dans les différents sites d'échantillonnage.	79
69	Variation de la concentration du Cr dans la chaire de <i>P. caerulea</i> dans les différents sites d'échantillonnage.	80

LISTE DES TABLEAUX

N°	Titre	Pages
01	Diverses sources de pollution du Golfe d'Annaba (Belabed, 2006).	19
02	Réalisation de la gamme d'étalonnage pour la quantification des protéines.	39
03	Analyse de la variance à un seul critère de classification (site) en fonction des mois (N = 3), (1 El-Kala, 2 El-Katara, 3 Toche, 4 Cap de Garde).	48
04	Analyse de la variance à deux critères de classification (station, mois) de la densité des Patelles dans les quatre stations durant la période d'étude.	48
05	Variation saisonnière de la densité (ind./m ²) des patelles dans la zone d'étude (N= 9, pour les saisons les moyennes suivies d'une même lettre en majuscule ne sont pas significativement différentes, alors que pour les sites les moyennes suivies d'une même lettre en minuscule ne sont pas significativement (P ≥ 0,05) différentes).	49
06	Analyse de la variance à un seul critère de classification (site) en fonction des mois (N = 3), (1 El-Kala, 2 El-Katara, 3 Toche, 4 Cap de Garde).	51
07	Analyse de la variance à deux critères de classification (station, mois) de la biomasse des patelles dans les quatre stations durant la période d'étude.	51
08	Variation saisonnière de la biomasse (PSLC) des patelles collectées dans la zone d'étude (N= 9, pour les saisons les moyennes suivies d'une même lettre en majuscule ne sont pas significativement différentes, alors que pour les sites les moyennes suivies d'une même lettre en minuscule ne sont pas significativement (P ≥ 0,05) différentes).	52
09	Équation de régression de la longueur totale (Lt) et le poids total (Pt), chez <i>P. caerulea</i> dans les stations prospectées.	68

10	Analyse de la variance à deux critères de classification (station, mois) de l'Activité spécifique de l'AChE des Patelles dans les quatre stations durant la période d'étude (N = 6).	72
11	Analyse de la variance à un seul critère de classification (site) en fonction des mois (N = 6), (1 El-Kala, 2 El-Katara, 3 Toche, 4 Cap de Garde) de l'AChE.	73
12	Variation saisonnière de l'activité spécifique de l'AChE ($\mu\text{m}/\text{min}/\text{mg}$ de protéines) des patelles dans la zone d'étude (N= 18, pour les saisons les moyennes suivies d'une même lettre en majuscule ne sont pas significativement différentes, alors que pour les sites les moyennes suivies d'une même lettre en minuscule ne sont pas significativement ($P \geq 0,05$) différentes).	74
13	Analyse de la variance à deux critères de classification (station, mois) de l'Activité enzymatique de la GST des Patelles dans les quatre stations durant la période d'étude (N = 6).	75
14	Analyse de la variance à un seul critère de classification (site) en fonction des mois (N = 6), (1 El-Kala, 2 El-Katara, 3 Toche, 4 Cap de Garde) de l'AChE.	76
15	Variation saisonnière de l'activité enzymatique de la GST ($\mu\text{m}/\text{min}/\text{mg}$ de protéines) des patelles dans la zone d'étude (N= 18, pour les saisons les moyennes suivies d'une même lettre en majuscule ne sont pas significativement différentes, alors que pour les sites les moyennes suivies d'une même lettre en minuscule ne sont pas significativement ($P \geq 0,05$) différentes).	77
16	Analyse de la variance à un critère de classification (station) de l'accumulation du Cu dans la chaire des patelles (N = 3).	78
17	Analyse de la variance à un critère de classification (station) de l'accumulation du Fe dans la chaire des patelles (N= 3).	79
18	Analyse de la variance à un critère de classification (station) de l'accumulation du Fe dans la chaire des patelles (N = 3).	80
19	Concentration des métaux ($\mu\text{g}/\text{g}$ de poids sec) dans la chaire de <i>P. caerulea</i> au niveau des quatre stations prospectés.	81
20	Distribution saisonnière des patelles dans la zone d'étude (Golfe d'Annaba et El-Kala).	87

Liste des Abréviations

AChE : Acétylcholinestérase

ANOVA : Analysis of Variance

ASTM : Anal book of American society for Testing and Material Standards.

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

AV2 : Analyse de la Variance à deux critères de classification

BBC : Bleu Brillant de Coomasie

CIEM-ICES : Conseil International pour l'Exploration de la Mer. International Council for the Exploration of the Sea (ICES)

Cd : Cadmium

Cr : Chrome

Cu : Cuivre

DBO5 : Demande Biochimique en Oxygène

DCO : Demande Chimique en Oxygène

Dm : Dominance moyenne

EC-LIFE : European Commission Environment Life programme

Eq.hab : Equivalent-habitant

FBC : Facteur de BioConcentration

Fe : Fer

F Obs. : F Observé

GESAMP : groupe mixte d'experts chargés d'étudier les aspects scientifiques de la pollution des mers

GST : Glutathion S-transférase

H : Hauteur

HAP : Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques

Hg : Mercure

IFREMER : Institut Français pour la Recherche et l'Exploitation durable de la MER

Ind. : Individus

IOCUNESCO : Intergovernmental Oceanographic Commission of **UNESCO** : United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization

La : Largeur

Lt : Longueur totale

ML : Métaux Lourds

MeHSIP: Elaboration of a Mediterranean Hot Spot Investment Programme.

MEDPOL : Mediterranean Marine Pollution Monitoring and Research Programme

METAP : Mediterranean Environmental Technical Assistance Programme

Mg : Magnésium

Mn : Manganèse

Ni : Nickel

Pb : Plomb

PCB : PolyChloroBiphényles

PNAE-DD : Plan National d'Actions pour l'Environnement et le Développement Durable

PNUE : Programme des Nations Unies pour l'Environnement

PS : Poids Sec

PSLC : Poids Sec Libre de Cendre

Pt : Poids total

R² : Coefficient de détermination

RNO : Réseau National d'Observation

RSE : Réseau de Surveillance Environnementale

Zn : Zinc

SOMMAIRE

AVANT PROPOS

INTRODUCTION

1

CHAPITRE I : GÉNÉRALITÉS

1. Pollution marine	6
2. Origine des polluants	6
2.1. Les apports atmosphériques	7
2.2. Les polluants venus de la terre	7
2.2.1. Les polluants d'origines industrielles	7
2.2.2. Les rejets urbains	8
3. Le devenir des polluants dans le milieu marin	8
3.1. La bioconcentration	8
3.2. La bioaccumulation	8
3.3. La bioamplification	9
4. Principe de la biosurveillance marine	9
5. Les biomarqueurs	10
5.1. Biomarqueurs d'exposition	11
5.2. Biomarqueurs d'effet	11
5.3. Biomarqueurs de susceptibilité	11
6. Les biomarqueurs utilisés	13
6.1. Glutathion S-transférase (GST)	13
6.2. Acétylcholinestérase (AChE)	14

CHAPITRE II : MATÉRIEL ET MÉTHODES

1. Présentation des zones d'étude	16
1.1. Golfe d'Annaba	16
1.1.1. Position géographique	16
1.1.2. Configuration du fond	17
1.1.3. Hydrodynamisme	17
1.1.4. Apports d'eaux douces	18
1.1.5. Sources de pollution dans le Golfe d'Annaba	18

1.2. El-Kala (Plage de l'embouchure)	20
1.2.1. Position géographique	20
1.2.2. Géomorphologie littorale	20
1.2.3. Bathymétrie	21
1.2.4 Apports continentaux	21
2. Caractères généraux de la famille des Patellidae	22
2.1. Position systématique	22
2.2. Description	22
2.3. Anatomie	23
2.3.1. La coquille	23
2.3.2. Le corps	24
2.4. Nutrition	26
2.5. Reproduction	27
2.4. Mode de vie et habitat	27
2.5. Longévité	29
3. Méthodologie de travail	29
3.1. Choix et localisation des stations	29
3.1.1. Golfe d'Annaba	29
3.1.2. Plage de l'embouchure (El Kala)	32
3.2. Collecte des Patelles	32
3.3. Mesure des paramètres physico-chimiques	33
3.4. Conservation	33
3.5. Traitement des échantillons	34
3.5.1. Étude qualitative	34
3.5.2. Etude quantitative	34
3.5.3. Relation taille-poids	35
3.5.4. Activités enzymatiques	36
3.5.5. Dosage des métaux lourd	39
4. Analyses statistiques	39

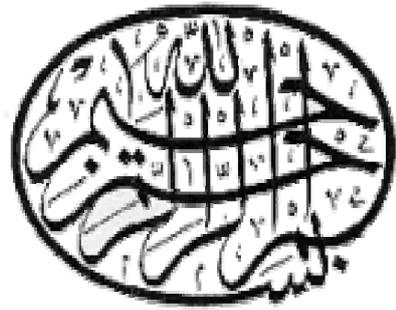
CHAPITRE III : RÉSULTATS

1. Paramètres physico-chimiques des eaux du littoral	41
1.1. Température	41
1.2. Salinité	41
2. Etude qualitative	42
2.1. Golfe d'Annaba	42
2.1.1. <i>Patella caerulea</i> (Linnaeus, 1758)	42
2.1.2. <i>Patella rustica</i> (Linnaeus, 1758)	43
2.1.3. <i>Patella vulgata</i> (Linnaeus, 1758)	44

2.1.4. <i>Patella ulyssiponensis</i> (Gmelin, 1791)	44
2.1.5. <i>Patella intermedia</i> (Murray, 1857)	45
2.2. El-Kala (Plage de l'embouchure)	46
2.2.1. <i>Patella nigra</i> (Da Costa, 1771)	46
3. Etude quantitative	46
3.1. Densité	46
3.2. Biomasse	50
3.2.1 Toutes patelles confondues	50
3.2.2. Selon les espèces	52
3.3. Dominance	55
3.3.1. Variation saisonnière	55
3.3.1.1. Printemps	55
3.3.1.2. Été	58
3.3.1.3. Automne	60
3.3.1.4. Hiver	63
3.3.2. Variation Annuelle	65
4. Relation taille-poids	68
5. Biomarqueurs	71
5.1. L'acétylcholinestérase	71
5.2. La Glutathion S-transférase	74
6. Accumulation des métaux	77

CHAPITRE V : DISCUSSION

1. Paramètres physico-chimiques	82
2. Etude qualitative	83
3. Etude quantitative	84
4. Relation taille-poids	88
5. Les biomarqueurs	89
6. Les métaux trace	91
CONCLUSION ET PERSPECTIVES	93
RÉSUMÉS	96
Résumé	96
Abstract	97
الملخص	98
Références Bibliographiques	99
Annexes	117



وَ هُوَ الَّذِي سَخَّرَ الْبَحْرَ لِتَأْكُلُوا مِنْهُ لَحْمًا طَرِيًّا وَ تَسْتَخْرِجُوا مِنْهُ
حِلْيَةً تَلْبَسُونَهَا وَ تَرَى الْفُلْكَ مَوَاجِرَ فِيهِ وَ لَتَبْتَغُوا مِنْ فَضْلِهِ وَ
لَعَلَّكُمْ تَشْكُرُونَ (14) مِنْ سُورَةِ النَّحْلِ.

INTRODUCTION

«Ce sont les mots qui conservent les idées et qui les transmettent. Il en résulte qu'on ne peut perfectionner le langage sans perfectionner la science, ni la science sans le langage.»

Antoine -Laurent DE LAVOISIER

INTRODUCTION

Au cours des dernières décennies les zones côtières ont été le théâtre d'un développement accéléré s'accompagnant inévitablement de répercussions sur l'environnement en général et sur le milieu marin en particulier. En effet, qu'il s'agisse de développement urbain, industriel, agricole ou touristique, l'activité humaine exerce une pression de plus en plus grande sur les milieux marins (Daby, 2006 ; Huang *et al.*, 2007 ; Rao *et al.*, 2007).

Croyant aux propriétés purificatrices sans limite de l'environnement aquatique, l'homme l'a utilisé sans crainte comme poubelle ou déchetterie du monde, déversant dans les eaux littorales par négligence tous les rejets, toxiques ou non, radioactifs ou pétroliers, aussi bien dans les estuaires qu'à proximité des côtes. Mais la vérité, c'est que l'océan lui-même n'est plus considéré officiellement comme un réservoir infini (Lacaze et Ramade, 1993).

Pour les mers fermées, les menaces sont inversement proportionnelles à leur dimension (Lacaze et Ramade, 1993), leurs surfaces et leurs volumes sont limités et les brassages par les courants y sont faibles (Arrignon, 1991). Le milieu marin méditerranéen est particulièrement exposé au déversement de déchets agricoles, de particules en suspension dans l'air et d'eaux de ruissellement chargées d'agents pathogènes, de métaux lourds, de matières organiques polluantes, d'huiles et de substance radioactives (MeHSIP, 2008). L'ensemble de ces polluants sont issues des activités industrielles, du transport maritime (30% du trafic maritime mondial) et des activités domestiques avec des rejets en mer estimé à 6.10^5 tonnes/an, soit l'équivalent de 30 catastrophes de type Erika (Guallini, 2008). La zone méditerranéenne a été classée par le PNUE comme l'une des cinq régions du monde où les problèmes environnementaux sont les plus graves (Ramade, 1992), alors que la Méditerranée est classée parmi les sept mers les plus menacées (Boudouresque, 1996).

Les enjeux environnementaux et sanitaires, liés aux polluants toxiques dans les milieux aquatiques sont actuellement au cœur de nombreux débats de société et de prise de conscience de la nécessité de réduire la pollution toxique de l'eau (Binelli et Provini, 2003 ; Sarker *et al.*, 2006). La préservation de l'environnement est donc devenue une des priorités des scientifiques et gestionnaires de l'environnement. C'est ainsi que l'étude des polluants et de leurs effets sur les écosystèmes a donné naissance à une discipline récente qu'est l'écotoxicologie, dont le développement est consécutif à l'augmentation des rejets et des accidents dûs à l'intensification des activités anthropogéniques (Valavanidis *et al.*, 2006).

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 (Kaiser, 2001; 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).

Les programmes de biosurveillance reposaient initialement sur l'évaluation de la toxicité d'une substance chimique par des tests de toxicité classiques sur un organisme vivant et ceci dans des conditions bien définies (Keddy *et al.*, 1994 ; Norris *et al.*, 1999). Cependant, ces tests même s'ils restent indispensables, sont longs et ne permettent pas de déterminer la toxicité d'un polluant avant l'observation d'un effet sur la mortalité ou la reproduction (McCarthy & Shugart, 1990). Il était donc important de développer des paramètres biochimiques et physiologiques plus sensibles mesurés chez des espèces vivantes plus spécifiques, afin d'obtenir une réponse plus précoce de l'impact d'une pollution et de prédire *in situ* ces effets néfastes sur l'environnement marin et ses organismes (Peakall, 1994). 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).

Aujourd'hui, les stratégies de surveillance de l'environnement sont plus que jamais au cœur des préoccupations de groupes d'études émanant d'instances internationales, à travers les nombreux programmes scientifiques initiés par le Conseil International pour l'Exploration de la Mer (CIEM-ICES, 1978), la Commission Océanographique Intergouvernementale (IOCUNESCO, 1986), le Programme des Nations Unies pour l'Environnement et diverses commissions de la communauté européenne. La France a joué dans ce domaine un rôle pilote en créant dès 1974, un Réseau National d'Observation de la qualité du milieu marin (R.N.O), qui assure le suivi de nombreux contaminants métalliques et organiques dans l'eau, la matière vivante et le sédiment (RNO 1974). A cet effet, le gouvernement algérien s'est engagé, dans le cadre du premier Rapport National sur l'État et l'Avenir de l'Environnement (RNE, 2000 ; <http://www.ambalgott.com/download/algerie-paned.pdf>) à préparer une stratégie nationale de l'environnement et un Plan National d'Actions pour l'Environnement et le Développement Durable (PNAE-DD). Ce dernier qui s'inscrit dans une démarche programmatique décennale, a été élaboré grâce à la contribution de la Commission Européenne à travers son programme EC-LIFE et au programme METAP administré par la banque mondiale. Pour donner un contenu tangible et rendre opérationnel le principe du développement durable, l'analyse détaillée des problèmes écologiques entreprise dans le cadre de la préparation du PNAE-DD (nature, étendue, coûts socio-économiques et analyse des priorités) a permis de mettre en évidence quatre objectifs stratégiques de qualité, en étroite liaison avec le programme de réformes économiques nationales en cours dont la protection de l'environnement régional et global. La réalisation de cet objectif national repose sur la mise en œuvre de mesures institutionnelles et d'accompagnement ainsi que sur des investissements prioritaires. Nous retenons, à cet effet, le renforcement du réseau de surveillance et de suivi de la qualité des écosystèmes (air, eaux, sols), la soumission des zones d'expansion touristique aux études

d'impact sur l'environnement et la réactivation du projet MEDPOL-PNUE (réseau de surveillance de la pollution marine en Méditerranée).

De nombreuses études scientifiques (Bouderbala *et al.*, 1996 ; Dermeche, 1998 ; Aoudjit, 2001 ; Boutiba *et al.*, 2003 ; Beldi *et al.*, 2006 ; Taleb & Boutiba., 2007), ont été développées ces deux dernières décennies en Algérie pour l'évaluation quantitative et qualitative des différents agents polluants minéraux et organiques bioaccumulés chez certains organismes marins (notamment les Moules, Oursins, Crustacés, Poissons et Cétacés) provenant de plusieurs sites de la côte Algérienne (occidentale et orientale). Ces études ont révélé des concentrations extrêmement élevées en métaux lourds (Hg, Cd, Pb, Zn, Cu, Mn, Ni, Mg), en composés organochlorés (PCB et Pesticides chlorés) et en hydrocarbures polyaromatiques (chrysène, phénanthrène), et dépassant souvent les normes tolérées ainsi que les seuils de références. En effet, et niveau du littoral oranais, il existe le réseau de surveillance environnementale (RSE) créé en 2000, ayant pour objectif de contrôler la pollution des côtes oranaises, en évaluant les niveaux et les tendances de la contamination chimique du littoral. Ce réseau intègre également des mesures d'effets biologiques des contaminants, ainsi que le contrôle de la qualité microbiologique des eaux côtières (Boutiba *et al.*, 2003).

Le littoral est incontestablement une zone stratégique pour l'avenir et le développement futur du pays. Le développement des zones côtières n'a pas été inscrit dans une politique d'aménagement du territoire sous-tendue par une logique de fonctionnement solidaire des espaces, ce qui s'est traduit par une accélération de la dégradation du littoral, d'un patrimoine naturel côtier unique et de l'écosystème marin. Près des deux tiers de la population algérienne réside sur 4 à 4,5% du territoire national, et ce sur une centaine de kilomètres allant des côtes vers l'arrière-pays. Les wilayas littorales qui occupent 2% du pays concentrent plus de 40% de la population (PNAE-DD, 2002).

L'Algérie avec ses longues côtes d'environ 1200 Km, regroupent un éventail d'habitats, et la biodiversité marine algérienne est considérée parmi les plus élevées du bassin méditerranéen (Grimes *et al.*, 2004), grâce à la diversité biologique des espèces d'intérêt écologique et économique. Par ailleurs, le littoral algérien abrite de nombreuses espèces vulnérables ou menacées, à cet égard il reste un élément clé de la conservation de la biodiversité marine et côtière de l'ensemble du bassin méditerranéen.

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 plein 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 de tous les résidus toxiques ou non produits par les différentes unités industrielles implantées le long de la côte. Selon le PNAE-DD (2002), des concentrations élevées de DBO5, DCO, azote et phosphore totaux ont été enregistrées au niveau de l'embouchure de l'Oued Seybouse. Par ailleurs, le port d'Annaba reçoit 9% des charges polluantes (PNAE-DD, 2002).

En raison de leur importance écologique, mode de vie sédentaire, répartition, longévité, abondance, leur capacité de filtration et de bioaccumulation, et de leur facilité d'échantillonnage, les Mollusques et plus particulièrement les Bivalves sont les bioindicateurs les plus fréquemment utilisés dans les programmes d'évaluation de la qualité de l'environnement marin (Huang *et al.*, 2006 ; Espinosa *et al.*, 2007). En effet, leur capacité à faire face aux différents stress affectant leur milieu, les rendent très utiles pour caractériser les effets des contaminants auxquels ils sont exposés, et en font d'excellents indicateurs pour les programmes de suivi à long terme (Guerra-García *et al.*, 2006). Ces espèces, par leur sensibilité, ont la capacité de mettre en évidence des signes précurseurs d'altération du milieu naturel dans lequel ils vivent. Ils agissent par conséquent, comme une sorte de signal d'alarme pour l'ensemble de l'écosystème marin (Markert *et al.*, 2003).

La patelle appartient à la classe des Gastéropodes est un coquillage que l'on trouve au bord de la mer fixé sur les rochers. On le surnomme «Arapède», il est reconnaissable par sa coquille rugueuse en forme de chapeau chinois. On trouve la patelle sur les côtes soumises aux marées, comme sur celles où la marée est quasi négligeable comme c'est le cas de la Mer Méditerranée. Sur les rives où la marée est importante, la patelle se trouve à l'étage médiolittoral ; c'est la zone de balancement des marées, délimitée par le niveau de basse mer de vive eau et le niveau de haute mer de vive eau. Plus précisément elle se trouve au niveau moyen de l'étage précité qu'on appelle l'étage eulittoral (Collignon, 1991).

Malgré l'importance écologique des patelles dans le bassin méditerranée, on enregistre que quelques études consacrées à l'écologie et la biologie de ce Gastéropode Prosobranch. 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 ; Biagi et Poli, 1986 ; Boudouresque et Laborel-Deguen, 1986 ; Laborel-Deguen et Boudouresque, 1990, 1991a, 1991b, 1991c ; 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 ; Pugliese *et al.*, 2004 ; Storelli et Marcotrigiano, 2005 ; Türkmen *et al.*, 2005 ; Vanucci *et al.*, 2005 ; Bini *et al.*, 2006 ; Stillitano *et al.*, 2007 ; Yüzereroğlu, 2009).

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) ont été effectuées, d'où l'originalité et l'intérêt de notre contribution.

Ce travail a pour objectif l'évaluation de la qualité des eaux du littoral Est Algérien à travers l'utilisation d'un Mollusque Gastéropode *Patella caerulea*. 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 l'historique et l'importance de la biosurveillance en tant qu'outil d'évaluation du stress environnemental ainsi que l'intérêt de l'étude.
- Le premier chapitre généralités est consacré à une synthèse bibliographique sur la pollution marine et son origine d'une part et la notion de biomarqueurs 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 à la présentation du matériel biologique, puis un exposé relatif au protocole analytique.
- Dans les chapitres trois et quatre, nous présentons nos résultats et nous discutons en détail les résultats obtenus.
- Enfin , on termine notre document par une conclusion générale et des perspectives.

A travers les résultats obtenus, on tentera de dégager le niveau d'impact de la pollution marine au niveau des aires d'échantillonnages et l'intérêt de cette approche écotoxicologique en vue de son élargissement le long du littoral Est Algérien.

GÉNÉRALITÉS

CHAPITRE I : GÉNÉRALITÉS

1. Pollution marine

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 des polluants

Une grande partie des polluants rejetés dans l'environnement à travers des rejets urbains, industriels et agricoles parviennent au milieu marin directement par émissaires, déballastages, forage off-shore ou indirectement par ruissellement, par des apports fluviaux et par l'atmosphère (**Fig.1**). Localement ces apports peuvent modifier la qualité du milieu, empêcher ou freiner le développement de certaines activités telles la conchyliculture, aquaculture, tourisme, etc. (**Bousquet, 2003**).

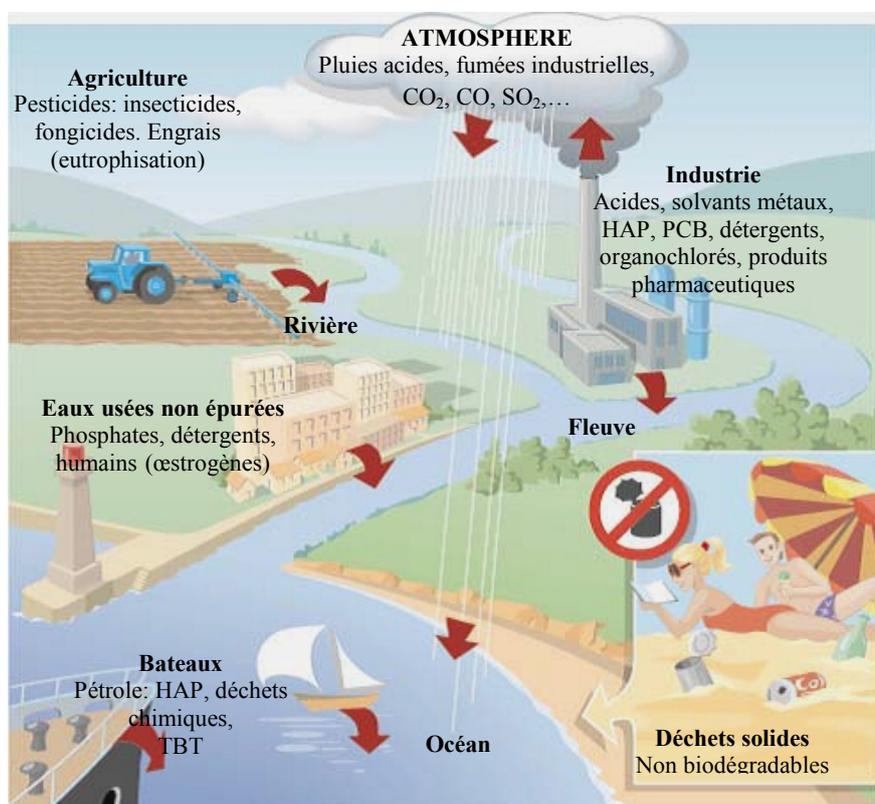


Figure 1 : Sources de polluants dans l'environnement.

Selon l'origine des substances polluantes nous distinguons (**Fig.2**):

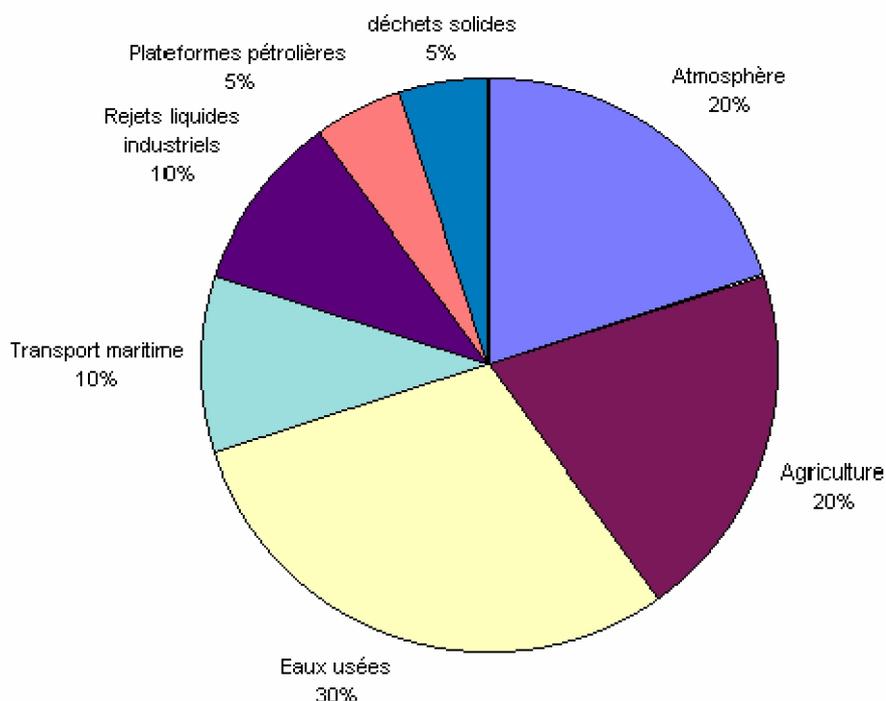


Figure2 : Origine de la pollution des océans (d'après [National Géographique, 2002](#)).

2.1. Les apports atmosphériques

Les polluants générés par les grandes zones industrielles et la combustion des carburants issus des moteurs à explosion, sont transportés par les vents et les pluies sous forme de particules : plomb, Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP) certains d'entre eux sont fortement cancérigènes, Lindane, un insecticide chloré maintenant interdit, mais que l'on retrouve encore dans les environnements marins. Le dépôt en Méditerranée des polluants organiques persistants représente 25 à 30 % des émissions totales européennes ([Bousquet, 2003](#)).

2.2. Les polluants venus de la terre

Elles concernent d'une part les rejets de macro-déchets, et d'autre part les effluents véhiculés par les cours d'eau de surface ou souterrains, les ruissellements des eaux de pluies ou d'irrigation. La pollution d'origine terrestre joue un rôle majeur dans la contamination de la mer Méditerranée ([Bousquet, 2003](#)).

2.2.1. Les polluants d'origines industrielles

Le littoral reçoit environ 20 % de la pollution toxique industrielle, soit une charge toxique à l'effet observé sur un crustacé (daphnie) selon une procédure normalisée. Au niveau national, il existe environ 600 000 installations classées et 65 000 d'entre elles sont soumises à autorisation. 4 800 de ces établissements sont soumis à une autosurveillance des rejets

d'eaux résiduaires. Les 480 plus gros émetteurs industriels sont à l'origine de 5 à 17% des rejets totaux pour un certain nombre de métaux (Cu, Cd, Ni, Hg, Pb, Zn), de 36 à 57 % pour le chrome et les hydrocarbures et 100 % pour le titane. Les rejets les plus importants sont localisés dans les zones industrielles portuaires (IFREMER, 2006).

2.2.2. Les rejets urbains

Les rejets urbains des agglomérations littorales de plus de 10 000 eq.hab. Représentent 1 % de la pollution émise par l'ensemble de la population urbaine nationale. Le taux de dépollution moyen sur le littoral est de 47 %, combinant un taux de collecte des rejets de 71 % et un taux d'épuration par les stations de traitement de 65 % (IFREMER, 2006). Les rejets urbains sont responsables de l'accumulation ponctuelle de matières organiques, micropolluants chimiques et de pollution bactériologique (bactéries, virus, champignons...) (Bousquet, 2003).

3. Le devenir des polluants dans le milieu marin

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. La 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. La 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 métabolisme. 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. La 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 (Goba 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. Principe de la biosurveillance marine

La recherche environnementale qui a débuté dans les années 60, a révélé que plusieurs organismes vivants peuvent bioaccumuler certains toxiques à des concentrations beaucoup plus élevées que celles présentes dans leur environnement. Ceci rend les analyses chimiques dans les tissus beaucoup plus favorables et accessibles. De nos jours, divers programmes de surveillance internationaux utilisent la notion d'"*espèce sentinelle*" telles que les moules et des huîtres comme indicateurs de la présence des contaminants dans les environnements marins et estuarien. Les concentrations en contaminants au niveau des organes peuvent être, par la suite employés pour évaluer les mécanismes de contamination et de détoxification. Le processus de bioaccumulation peut causer l'augmentation significative des concentrations en contaminants dans les tissus des organismes vivants. En outre, une fois séquestrés à travers la chaîne alimentaire, les contaminants peuvent affecter les espèces à des niveaux trophiques plus élevés (Taleb, 2007).

Dans ce contexte, les organismes ou communautés qui réagissent à un effet environnemental suite à un changement d'une fonction biologique mesurable, permettent ainsi d'expliquer le changement environnemental. De telles réponses sont désignées sous le nom de "*bioindicateurs*". En général, des bioindicateurs peuvent être divisés en trois sous-groupes :

1. Les indicateurs écologiques qui mettent en évidence l'état des écosystèmes entiers par la structure de la communauté ou par la simple présence ou l'absence de l'espèce.
2. Les organismes tests qui sont employés dans des méthodes de laboratoire normalisées, telles que les investigations écotoxicologiques de laboratoire.
3. Les espèces qui permettent de mesurer la qualité et la quantité de substances nocives dans l'environnement et offrent dans certains cas la possibilité de détecter les effets biologiques.

D'autres formes de biosurveillance peuvent également être développées, basées sur des changements de diverses caractéristiques biochimiques, physiologiques, morphologiques ou

comportementales des organismes, ainsi que des attributs écologiques traditionnels de la communauté tels que l'abondance et la diversité (Taleb, 2007).

La biosurveillance peut donc être définie comme « *L'utilisation des réponses à tous les niveaux d'organisation biologique (moléculaire, biochimique, cellulaire, physiologique, tissulaire, morphologique, écologique) d'un organisme ou d'un ensemble d'organismes pour prévoir et/ou révéler une altération de l'environnement* » (Goldberg, 1976; Phillips, 1980).

Deux approches complémentaires sont utilisées de nos jours : la première est basée sur les communautés ou populations, il s'agit notamment des indices biocénotiques, qui de par la présence ou l'absence de telle ou telle espèce, nous renseignent sur l'état de santé d'un milieu (Ramade, 1979), mais malheureusement *a posteriori*. La seconde approche est plus prédictive sur l'état de santé du milieu elle se situe au niveau de l'individu et concerne l'utilisation de biomarqueurs (Fig. 3).

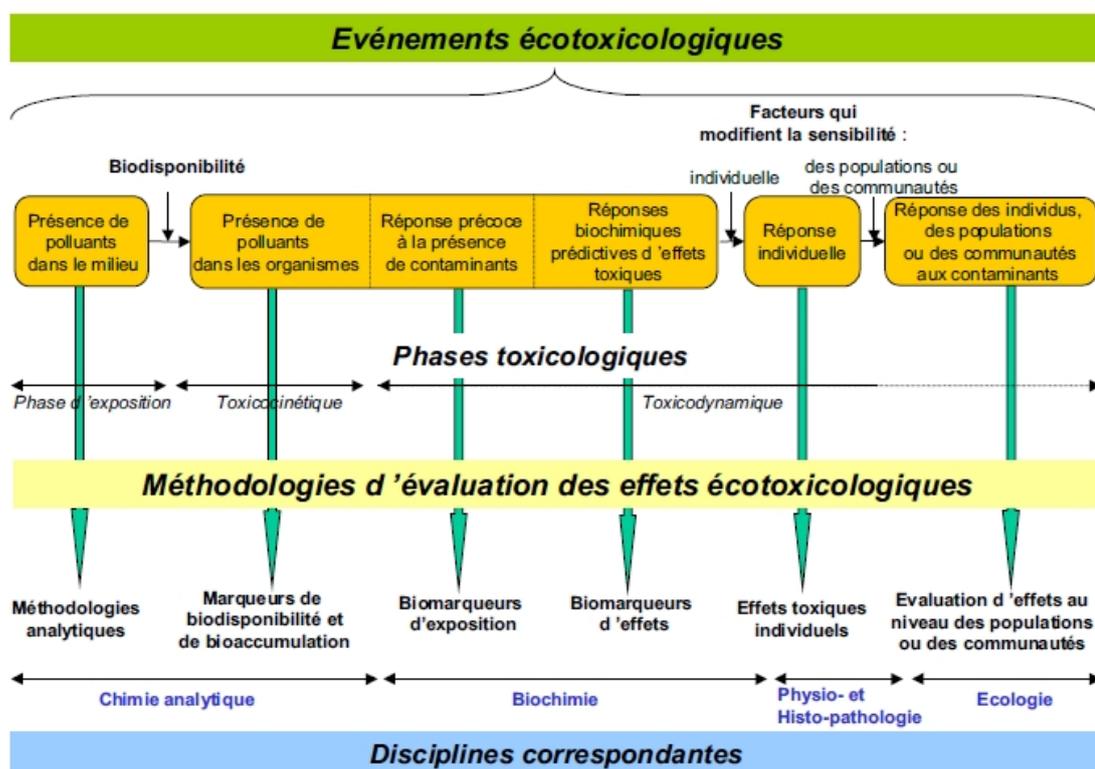


Figure 3 : Représentation des méthodologies permettant d'évaluer les risques écotoxicologiques (modifié d'après un diagramme de Lagadic *et al.*, 1997).

5. Les biomarqueurs

Au début des années 80, la notion de *biomarqueur* est apparue et désigne les changements biochimiques, physiologiques et histologiques chez les organismes susceptibles d'être utilisés comme organisme sentinelle pour estimer soit l'exposition à des contaminants,

soit les effets induits par la pollution (Lagadic *et al.*, 1997). La notion de biomarqueur est donc relativement récente et le développement de son utilisation comme outil de surveillance et d'évaluation de l'environnement est étroitement liée à la connaissance des mécanismes moléculaires des processus toxiques chez différentes espèces animales ou végétales appartenant aux différents écosystèmes (Fig. 3).

Les biomarqueurs proposés se situent à différents niveaux des mécanismes d'action toxique, allant de la cause aux effets. Les paramètres peuvent se mesurer de la première interaction de l'agent toxique avec un récepteur cellulaire jusqu'aux altérations structurelles et fonctionnelles (Aarab, 2004). Ainsi sont apparues les notions de :

5.1. Biomarqueurs d'exposition

Qui rendent compte de la nature et de l'intensité des entités toxiques biodisponibles dans le milieu. Ils sont en général impliqués dans les métabolismes de détoxification des xénobiotiques (ex.: cytochromes P450) ou dans les mécanismes de défense cellulaire (ex.: enzymes antioxydantes). Leurs variations peuvent être spécifiques ou non d'une catégorie de contaminants (ex.: induction chez le poisson du cytochrome P450 CYP1A par les HAPs) et n'entraînent pas obligatoirement d'effets délétères. Elles signifient la plupart du temps que l'organisme s'est adapté à une agression extérieure d'ordre chimique (Lagadi *et al.*, 1997).

5.2. Biomarqueurs d'effet

Qui correspondent à des cibles moléculaires qui, lorsqu'elles sont atteintes, signifient que les mécanismes de défense ou de détoxification de l'organisme n'ont pas été suffisamment efficaces pour contrer l'action néfaste d'un xénobiotique (ex.: indicateurs de stress oxydatif, adduits à l'ADN, perturbation au niveau du cycle reproducteur). Les conséquences peuvent être parfois irréversibles, entraînant à terme la mort de l'animal ou bien une incapacité à se reproduire. De tels effets peuvent par la suite altérer la structure même des populations et donc des écosystèmes. Ils rendent compte de la gravité des atteintes fonctionnelles des organismes et sont prédictifs d'effets sur les communautés et les populations (Lagadic *et al.*, 1997).

5.3. Biomarqueurs de susceptibilité

Peuvent correspondre à des molécules biologiques comme les protéines qui, lorsqu'elles sont sur-exprimées ou sous-exprimées, augmentent la sensibilité d'un organisme à un contaminant. Ces variations d'expression peuvent être dues à des différences génétiques interindividuelles ou résulter d'une exposition précédente à un xénobiotique. Par exemple, un individu présentant une sur-expression du cytochrome CYP1A sera plus à même de développer des adduits à l'ADN lorsqu'il sera exposé à des HAPs (synthèse de métabolites hautement réactifs *via* le CYP1A) qu'un individu présentant une expression normale. Par contre, il pourra détoxifier plus efficacement d'autres xénobiotiques (ex.: aflatoxine) et leur sera donc plus résistant (Schlenck, 1999).

Ces outils peuvent être intégrés au sein de la stratégie de surveillance des milieux en complément avec d'autres outils chimiques.

Les organismes aquatiques (point de départ de la plus part des chaînes trophiques) sont les plus exposés à des pollutions multiples qui peuvent engendrer des effets néfastes sur les milieux naturels et avoir de graves conséquences sur la santé des populations animales et végétales ainsi que la santé humaine. Les HAP, les PCB, les pesticides et les métaux sont les substances qui ont été les plus recherchées dans les écosystèmes aquatiques (**Fig.4**). De nombreuses études ont permis de déterminer les effets de ces polluants sur les organismes aquatiques appelés espèces sentinelles, en particulier les poissons pour les vertébrés et les moules pour les invertébrés. Parmi les marqueurs biologiques mesurés, les marqueurs biochimiques et moléculaires revêtent un intérêt particulier de par leur spécificité vis-à-vis de certains contaminants, permettant ainsi la détection de ces produits, qu'une analyse chimique peut confirmer (**Fig.4**) (Aarab, 2004).

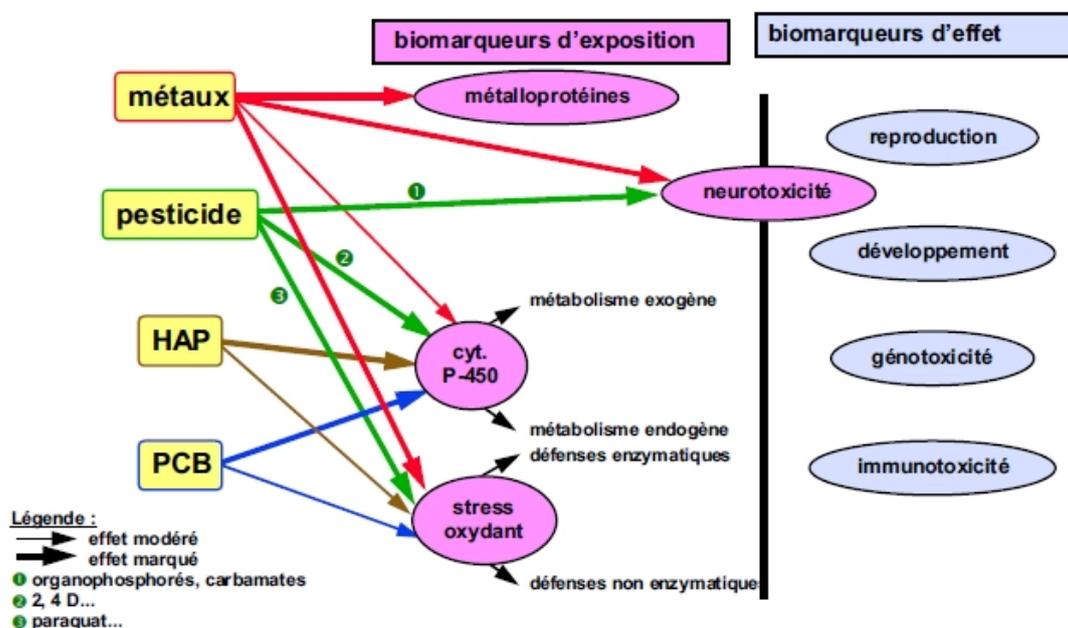


Figure 4 : Relations entre les principaux contaminants et les marqueurs biologiques (d'après Narbonne & Michel 1993).

6. Les biomarqueurs utilisés

6.1. Glutathion S-transférase (GST)

La glutathion-S-transférase a un rôle important dans la détoxification des substances xénobiotique exogènes ou endogènes en catalysant la conjugaison de ces substances avec le groupement thiol du glutathion endogènes (Jakoby & 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 détoxification de nombreux xénobiotique (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 & 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 & Sheehan, 1998), les mollusques (Fitzpatrick & Sheehan, 1993; Fitzpatrick *et al.*, 1995a; Blanchette & Singh, 1999), les vers de terre (Stenersen *et al.*, 1979, Borgeraas *et al.*, 1996), les crustacés (Lee & Keeran, 1988; Leblanc & 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 & 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 & Bhattacharya, 1984).

6.2. Acétylcholinestérase (AChE)

Contrairement aux systèmes enzymatiques, l'acétylcholinestérase ne joue aucun rôle dans la détoxification 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.5), 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).

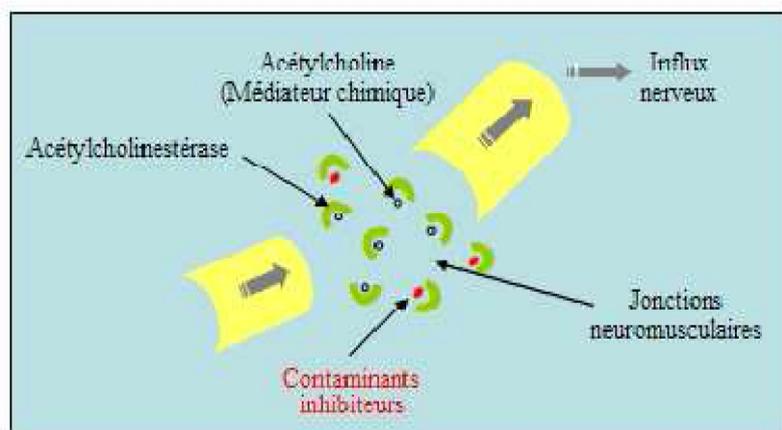


Figure 5 : Action des cholinestérases dans la transmission de l'influx nerveux et inhibition par un contaminant (Burgeot *et al.*, 1994). *Le contaminant inhibiteur (rouge) rentre en compétition avec le substrat naturel de l'enzyme, l'acétylcholine (vert). L'enzyme inhibée par le contaminant maintient 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 & 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 & Galgani 2004). A 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 & Galgani 2004).

MATÉRIEL
ET
MÉTHODES

CHAPITRE II : MATÉRIEL ET MÉTHODES

1. Présentation des zones d'étude

1.1. Golfe d'Annaba

1.1.1. Position géographique

La ville d'Annaba est située dans la partie Nord-Est de l'Algérie, le golfe d'Annaba est limité par les deux caps ; Rosa à l'Est ($8^{\circ}15$ LE, $36^{\circ}38$ LN) et Garde à l'Ouest ($7^{\circ}16$ LE, $36^{\circ}68$ LN), distant d'environ 40Km l'un de l'autre (**Fig.6**) avec une profondeur maximale 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.

1.1.2. Configuration du fond

Le golfe d'Annaba est caractérisé par un plateau continental très étroit, c'est ainsi que la plate forme continental avance jusqu'à 10 milles seulement au large (Gruvel, 1926). Ce plateau continental est non seulement étroit mais il est également accidenté, surtout au voisinage des deux caps (Gruvel, 1926). Il est nettement restreint (4,50 milles) au Nord du cap de Garde, puis s'élargit dans le golfe jusqu'à 14,50 milles et se rétrécit légèrement à l'Est (Vaissière & Fredj, 1963).

1.1.3. Hydrodynamisme

La connaissance des caractéristiques hydrodynamique est d'une importance primordiale dans les études écologiques et biologiques des organismes benthiques ; car il existe une relation étroite entre la composition biologique des fonds et l'effet des courants de la houle, des vagues et des marées. En effet, beaucoup d'espèces benthiques notamment en ce qui concerne celles qui mènent une vie sessile dans les étages supérieurs, se répartissent en fonction de l'intensité hydrodynamique, et on parle ainsi d'espèce benthique de mode calme ou moyen ou encore battu, selon les exigences écologiques des différents benthontes (Pérès, 1961 ; Pérès et Picard, 1964 ; Pérès, 1976).

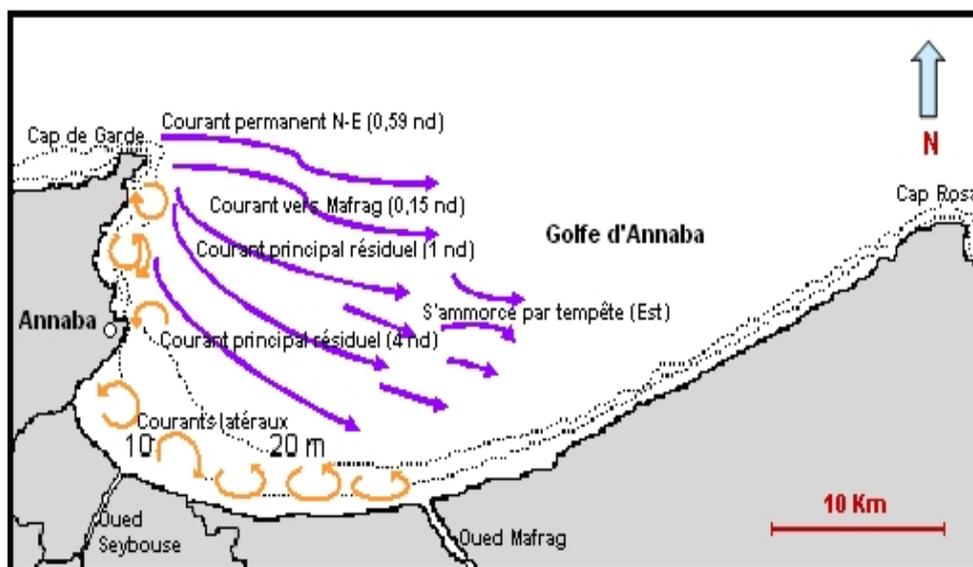


Figure 7 : courantologie du golfe d'Annaba (Anonyme, 1976).

Le régime des courants dans le golfe de Annaba (Fig.7), est représenté par le schéma général qui se présente comme suit : à l'ouverture du golfe, après le Cap de Garde, se fait sentir une circulation générale méditerranéenne, orientée d'Ouest en Est avec une vitesse fluctuante selon les saisons et qui pourrait atteindre 0,50 à 1 m.s⁻¹ (Anonyme, 1976). Ce

courant relativement permanent, tend à se propager dans l'échancrure du golfe, en s'infléchissant vers le Sud-Est en diminuant d'intensité jusque vers 0,50 m.s⁻¹. Le courant décolle de la face Sud-Est du cap de Garde en direction de l'embouchure de l'oued Mafrag. Toutefois, on note de lents tourbillons plus ou moins vastes prenant naissance au Cap de Garde et qui s'étendent au Sud et au Sud-Est du port.

1.1.4. Apports d'eaux douces

L'apport d'eaux douces drainées dans la zone littorale par les rivières et les eaux usées transportent sous forme de particules solides ou dissoutes de nombreuses substances qui conduisent à des envasements par transport, et étalement de fines particules par les courants (Lacaze, 1993). Ces apports terrigènes riches en matières organiques viennent se surimposer aux sources marines naturelles et provoquent certaines modifications du faciès sédimentaire par colmatage des sédiments grossiers et concentration de divers polluants (Leveau, 1985).

La baie d'Annaba reçoit des rejets directs de plusieurs industries installées sur la côte, en particulier celle des produits phytosanitaires (Fertial). Elle reçoit également les eaux usées urbaines qui ne subissent qu'un traitement sommaire. De nombreuses autres sources d'eaux usées sont réparties tout le long du littoral (Oued Seybouse, Oued Boudjemâa, Rizi Amor) (Kerdoussi, 2010).

1.1.5. Sources de pollution dans le 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. Elles rejettent des volumes importants d'eaux usées dans le golfe, estimés à 225 million de m³ (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)

Unité industrielle	Lieu d'implantation	Nature des effluents liquides et contenus 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°=I	Port	- eaux usées domestiques	Mer
ENTPL	Zone industriel pont Bouchet	- eaux usées domestiques	Oued Seybouse
CARREAUX- GRANITO	ZI pont Bouchet	-eaux usées industrielles (ponçage)	Oued Seybouse
ORLATT	Lallelick (El Bouni)	-eaux usées industrielles (lactosérum)	Oued Seybouse
ENCC	ZI pont Bouchet	-eaux de refroidissement	Oued Seybouse
FEROVIAL	Lallelick (El Bouni)	- eaux usées domestiques - eaux de refroidissement	Oued Seybouse
HYDRO-CANAL	ZI 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	ZI Meboudja	-Eaux de lavage	Oued Meboudja
SNLB	Annaba	- eaux usées domestiques	Oued Boudjima
EMDB	Annaba	-eaux usées industrielles (germes et levures) -eaux	Oued Boudjema
SARL PROCOMAC	ZI Meboudja	-eaux usées industrielles (ponçage)	Oued Meboudja
SARL CHOCOTEK	ZI pont Bouchet	-eaux usées domestiques - Eaux de lavage	Oued Meboudja
SARL BELKIRI	ZI pont Bouchet	- eaux usées industrielles - eaux usées domestiques	Oued Meboudja
CONSERVERIE DE TOMATE	Annaba	- eaux usées industrielles - eaux usées domestiques	Oued Boudjema

1.2. El-Kala (Plage de l'embouchure)

1.2.1. Position géographique

La région d'El Kala est située à l'extrémité Est de la côte algérienne. Elle est entièrement contenue dans la wilaya d'El Tarf et s'étend de la frontière tunisienne (Cap Segleb) à l'Est ($36^{\circ}57.000'N-08^{\circ}13.600'E$) jusqu'au cap Rosa à l'Ouest ($36^{\circ}56.500N-08^{\circ}36.700 E$) (**Fig.8**).

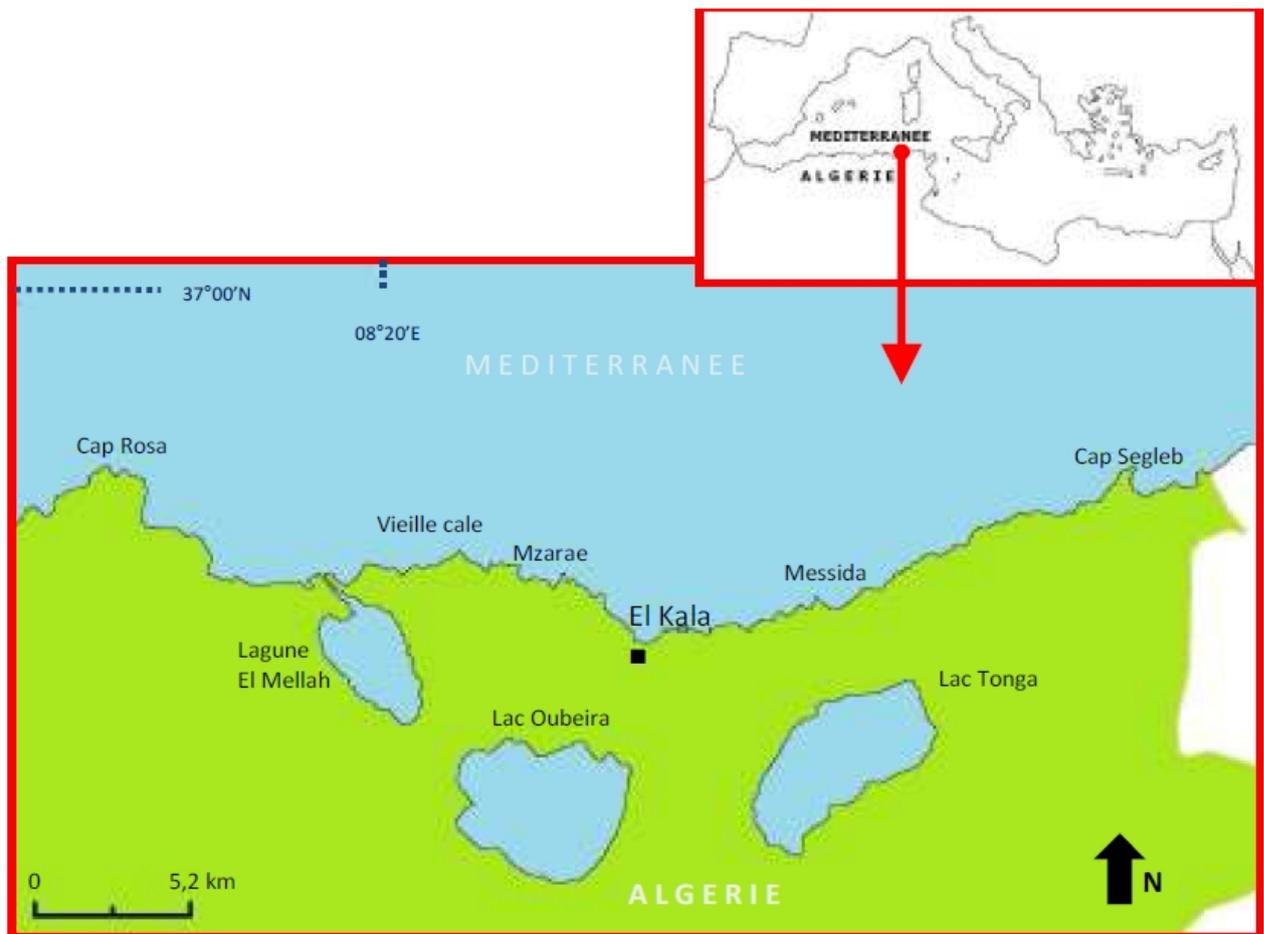


Figure 8 : Position géographique de la région d'El-Kala (Belbacha, 2008).

1.2. 2. Géomorphologie littorale

Le littoral d'El Kala s'étend sur un linéaire de 40 km qui est essentiellement constitué par des côtes rocheuses indentés par des criques et des anses sablonneuses. Le reste de la côte est le domaine des plages et des cordons dunaires qui dominent dans les secteurs de la lagune d'El Mellah et de la Messida. On distingue d'Est en Ouest une succession de caps et de baies plus au moins profondes:

- Cap Segleb avec un prolongement sous-marin réduit, marquant la limite Est de la région d'El Kala ;
- Caps M'Zara et El Alem dans la partie centrale;
- Cap Rosa marquant la limite entre le golfe d'Annaba et le secteur d'El Kala-la Galite. Il présente un prolongement constituant un plateau important jusqu'à une profondeur de -70 mètres (Leclaire, 1972).

1.2.3. Bathymétrie

Le plateau continental, très étroit, se caractérise par la présence importante de hauts fonds, plateaux (plateau du Cap Rosa), vallées sous-marines, des roches isolées ou des ensembles rocheux complexes (dans la majeure partie de la zone) et prolongement sous-marins (Cap Segleb). Les substrats durs ou affleurements rocheux sont principalement localisés dans le prolongement des caps, dans la zone côtière ou bordure littorale, au pied des falaises. Les fonds rocheux sont de nature complexe ; ils se juxtaposent ou se superposent aux autres faciès sédimentaires (Alcyona I, 1996). D'une façon générale, les fonds à proximité des caps sont accidentés et présentent des éboulis importants, tandis que les plages se prolongent par des fonds sablonneux, comme dans les secteurs du Cap Rosa, de la lagune d'El Mellah et de la Messida en particulier (Belbacha, 2008).

1.2.4. Apports continentaux

La côte 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 conséquent 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 m³ 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 al*, 1999, Ounissi *et al*, 2002).

2. Caractères généraux de la famille des Patellidae

2.1. Position systématique

La position systématique adoptée est celle proposée par [Fisher *et al.* \(1987\)](#).

Embranchement	Mollusques
Classe	Gastéropodes
Sous classe	Prosobranches
Super ordre	Archeogastropodes
Ordre	Docoglossa.
Super famille	Patelloidea
Famille	Patellidae
Genre	<i>Patella</i>
Espèce	<i>rustica</i> (Linné, 1758), <i>caerulea</i> (Linné, 1758), <i>vulgata</i> (Linné, 1758), <i>Ulyssiponensis</i> (Gmelin, 1758), <i>intermedia</i> (Murray, 1857), <i>ferruginea</i> (Gmelin, 1791), <i>nigra</i> (Da Costa, 1777), <i>candei</i> (D'Orbigny, 1840), <i>piperata</i> (Gould, 1846).

2.2. Description

Les Patellidés sont des coquillages primitifs « Archéogastropodes » ressemblant à des chapeaux chinois (**Fig. 9**), 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. 9**). 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](#)).

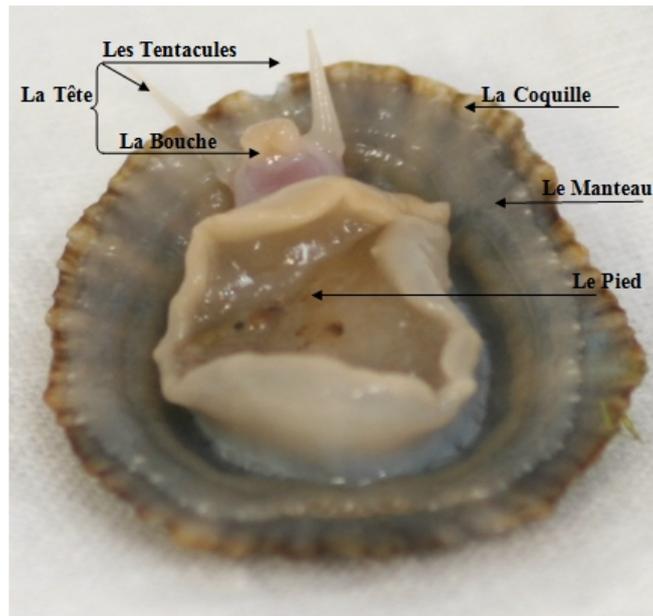


Figure 9 : Photographie d'une *Patella caerulea*.

2.3. Anatomie

2.3.1. La coquille

Sa forme conique n'est pas parfaite, sa base n'est pas exactement circulaire et son sommet, assez nettement excentré, est déporté du côté de la tête de l'animal.



Figure 10 : vues de la coquille de *Patella caerulea*.

Cette coquille est ornée de stries, plus ou moins marquées, rayonnant à partir de son sommet. Des reliefs concentriques, correspondant à des arrêts ou des perturbations de la croissance, croisent les stries rayonnantes. Le bord de la coquille s'applique étroitement au support en épousant ses éventuelles irrégularités. L'intérieur de la coquille est lisse. On y distingue nettement une marque en fer à cheval qui correspond à l'insertion du muscle de la coquille, très développé, qui permet notamment d'appliquer fermement le rebord de la coquille contre la surface à laquelle est fixé le pied (**Fig. 10**). L'ouverture du fer à cheval se situe à l'avant, au-dessus de l'emplacement de la tête de la patelle. La coquille est sécrétée par un bourrelet de l'épiderme appelé manteau ou pallium. (Fisher-Piette 1948).

2.3.2. Le corps

Le corps de la patelle est constitué : d'une tête, d'une cavité palléale, d'un pied et d'une masse viscérale.

✚ La tête

Elle est équipée de deux grands tentacules à fonction tactile et qui sont peut-être aussi le siège du sens chimique.

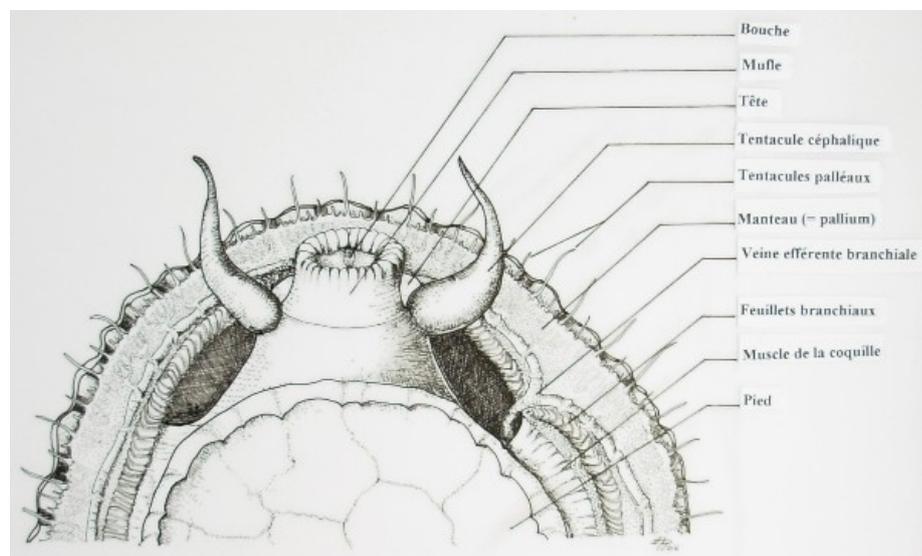


Figure 11 : Morphologie de la tête des patelles.

<http://berniques.pagesperso-orange.fr/library/anato.htm>

Ces tentacules portent, près de leur base, du côté externe, deux taches noires : les yeux (**Fig.11**). La tête est prolongée par un mufle extensible à l'extrémité duquel se trouve la bouche dont le plancher est équipé d'un organe qui permet à la patelle de prélever sa nourriture : la radule (*radula*), équipée de très nombreuses dents. Cet organe

remarquablement long (environ 1,5 fois la longueur de la coquille) est replié sur lui-même dans une poche indépendante du tube digestif et s'étend jusqu'à la partie arrière droite du corps où il peut décrire une boucle (Le Roux 2005).

✚ La cavité palléale

Le manteau s'étale au-dessus de la tête à la manière d'un auvent et délimite ainsi une cavité appelée cavité palléale, au fond de laquelle s'ouvre sur la droite, l'anus (Fisher-Piette 1948).

✚ Le pied

A contour arrondi, il est musculeux. Il sert à la reptation et à la fixation de l'animal sur son support. Le contact extrêmement étroit de cet organe avec la roche est rendu parfaitement étanche grâce à une couche de mucus qui participe à la remarquable solidité de l'adhérence (Fisher-Piette 1948)

La masse viscérale : elle est constituée (Fig.12) essentiellement par (Fisher-Piette 1948) :

- Le tube digestif très long et contourné, logé dans son annexe, la glande digestive, de couleur jaune, brune ou verdâtre. L'ensemble constitue une masse sombre située au-dessus du pied, en arrière de la tête.
- La gonade, mâle (testicule) ou femelle (ovaire) est située au-dessous de la glande digestive (généralement) et se développe surtout du côté gauche de l'animal. Les sexes sont séparés.
- Les reins : le rein gauche est de taille réduite, situé à gauche de l'anus, le rein droit, mince mais très étendu, s'étale sur tout le côté droit, jusqu'à l'arrière de la glande digestive.
- Le cœur (1 oreillette à l'avant, 1 ventricule à l'arrière) est logé dans une poche péricardique située entre le rein gauche et le pilier antérieur gauche du muscle de la coquille, au fond de la cavité palléale.
- Le système nerveux comporte principalement trois paires de ganglions (cérébroïdes, pleuraux et pédieux) situés de part et d'autre de la région antérieure du tube digestif.

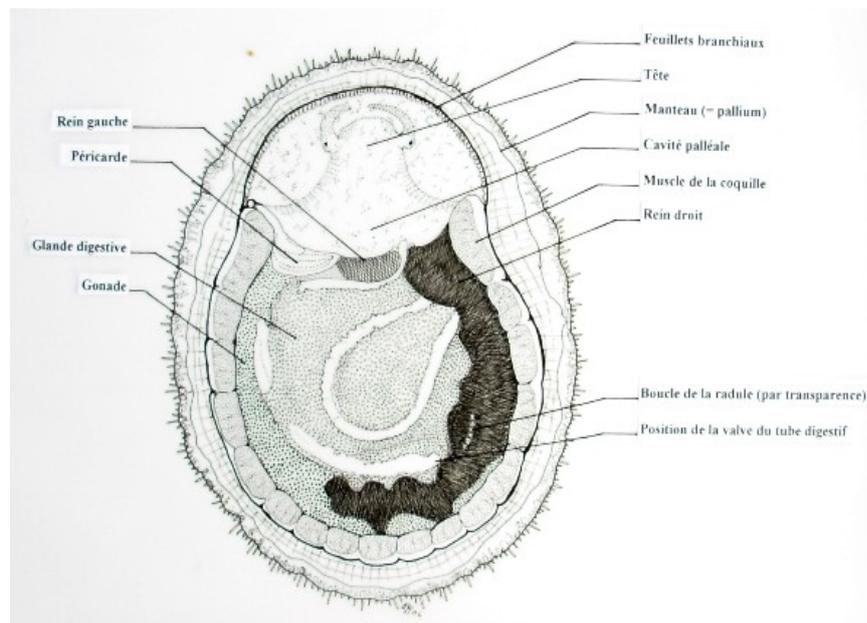


Figure 12 : Anatomie des Patellidae.

<http://berniques.pagesperso-orange.fr/library/anato.htm>

2.4. Nutrition

La patelle est un gastéropode brouteur, les « dents » de la patelle 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.13**). Cette radula est animée d'un mouvement de vas et vient par des muscles du bulbe buccal (<http://pst.chez.tiscali.fr>). A 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 microscopiques (diatomées) sur la roche environnante (*Nakhlé, 2003*).



Figure 13 : Radula d'une patelle (*Seddik, 2008*).

2.5. Reproduction

La patelle est hermaphrodite. La jeune patelle est en générale de sexe mâle, mais elle deviendra femelle dès sa deuxième année (Fretter et Grahem, 1962). Il n'y a pas de copulation. La reproduction a lieu en automne ou au début de l'hiver (de septembre à janvier). Les gamètes mâles et femelles sont émis conjointement et la fécondation a lieu en plein eau. Les œufs planctoniques donnent naissance à des larves planctoniques qui se métamorphosent sur le fond, en donnant des juvéniles mesurant environ 0,20 mm de longueur, qui s'installent parfois sur la coquille des adultes, puis se fixent sur les roches. La patelle atteint déjà une taille de 3 cm au cours de sa première année et déjà sexuellement mature (Fig.14). Après la première année la croissance se ralentit (Nakhle, 2003).

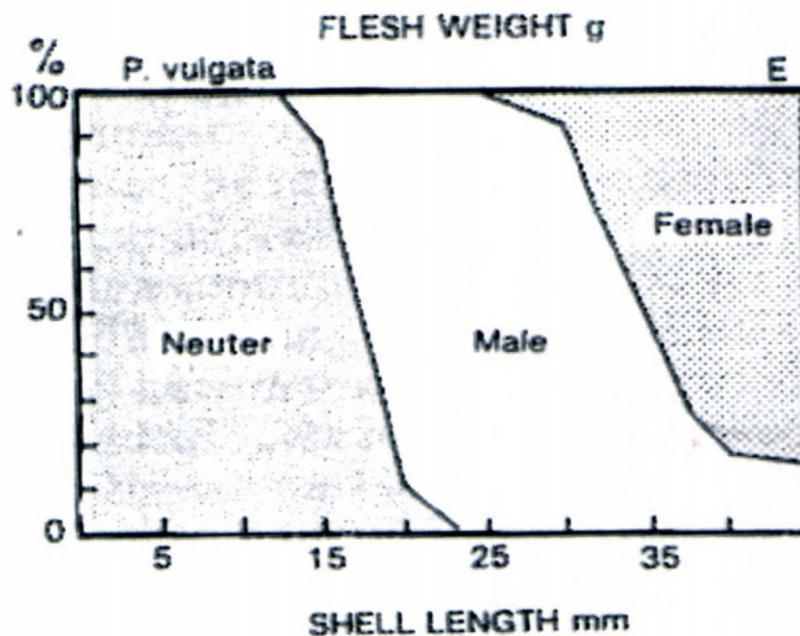


Figure 14: Changement de sexe chez les patelles en relation avec la taille. Suivant la fourchette de taille choisie, tous les individus sont de sexe mâle (Branche, 1981).

2.4. Mode de vie et habitat

Elles vivent fixées sur les roches battues et éclairés de l'étage médio-littoral (dans la zone des balancements des vagues et des marées) (Fig.15), 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).

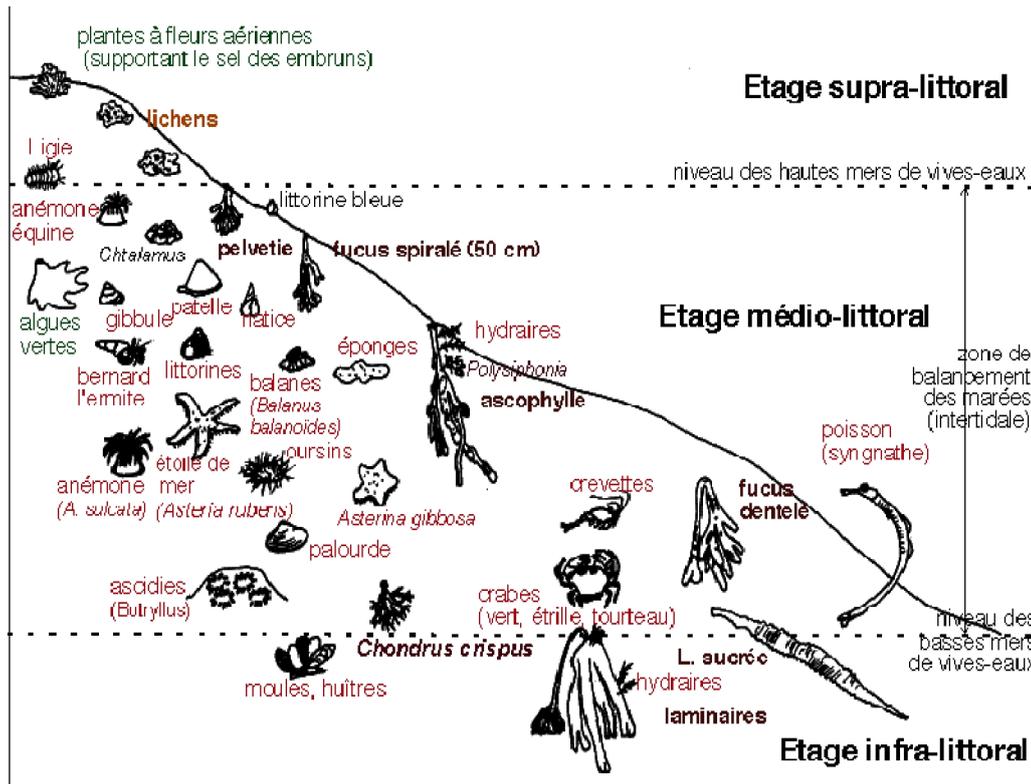


Figure 15 : Principaux organismes observés sur une côte rocheuse de l'étage médiolittoral. (www.bretagne.iufm.fr/didactique/appli-pedagogiques).

Les patelles sont très abondantes sur les rochers découvrant 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 son coquille, endroit qu'elle occupera durant toute sa vie, ou 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. À marée descendante, elle regagne son gîte sans se tromper (en générale) et réoccupe exactement la même place dans la même position (**Fig.16**), le va et vient de la patelle sur la même piste se fait grâce au mucus pédestre (**Nakhle, 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 longues dessiccations et des variations importantes de la salinité et de température (dans l'air jusqu'à 55°C) (**Bannisster, 1970**).

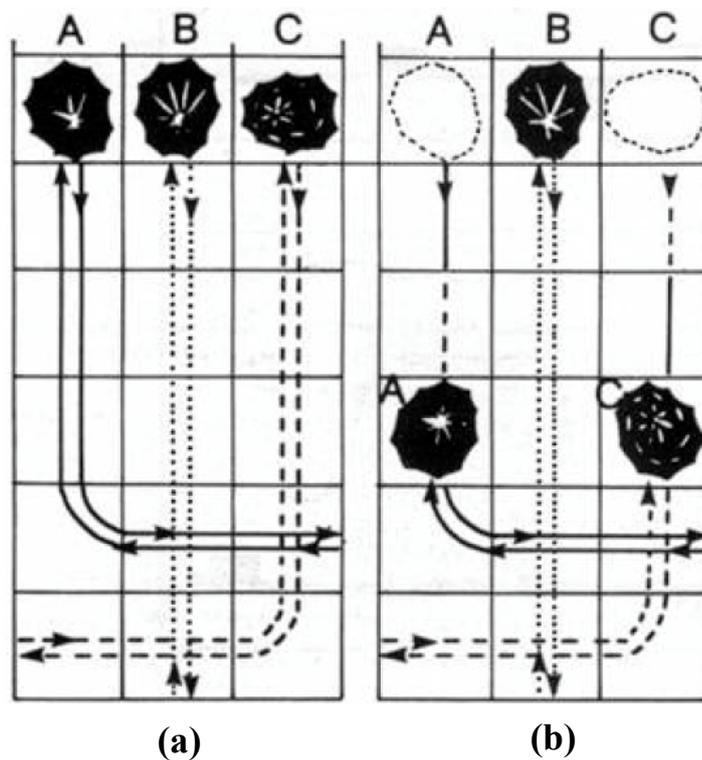


Figure 16: « home finding » chez la patelle ; les animaux dans (a) suivent le trait de mucus pour revenir à leur habitat. Dans (b) des segments de mucus ont été nettoyés après le passage des patelles (A et C) les empêchant ainsi de trouver le chemin de retour (d'après Branche, 1981).

2.5. 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 20 ans (Fisher Piette, 1935 et Fretter et Graham 1962).

3. Méthodologie de travail

3.1. Choix et localisation des stations

3.1.1. Golfe d'Annaba

Dans la présente étude le choix des sites étudiés a été basé sur leur emplacement par rapport aux différents rejets des sources de pollution (rejet des Oueds, des zones industrielles, du port, ... etc.), l'abondance des patelles, leur diversité et l'accessibilité des sites. Trois stations de suivi ont été choisies le long de la rive du secteur Ouest du golfe d'Annaba; la station 1 : El Katara, la station 2 : Toche, la station 3 : Cap de Garde (**Fig.17**).

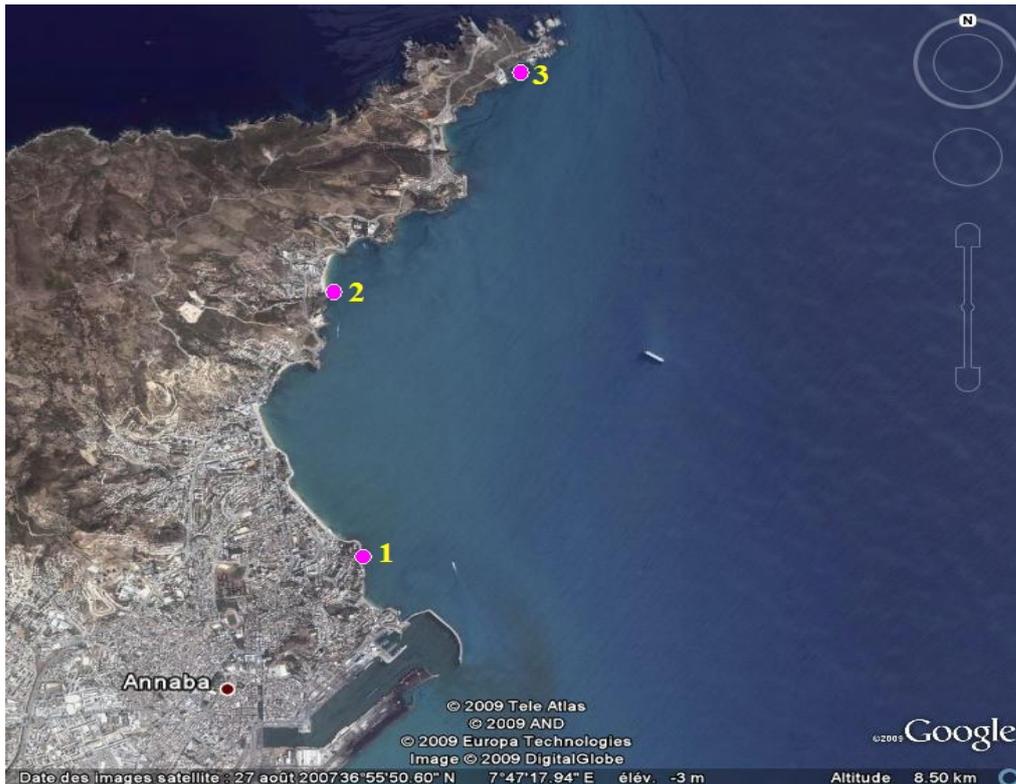


Figure 17: Sites d'échantillonnages des Patelles dans le Golfe d'Annaba. (1: El Katara, 2: Toche, 3: Cap de Garde).

📍 Station 1 : El Katara

Elle se situe à l'Est du golfe d'Annaba ($36^{\circ}54'68''\text{N}$ $07^{\circ}46'03''\text{E}$), située à proximité du port (≈ 300 m à l'Ouest) et non loin 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. 18**)



Figure 18 : Site de collecte des Patelles dans la station d'El Katara et source de pollution.

✚ Station 2 : Toche

Situé dans la zone côtière centre ($36^{\circ}56'58''\text{N}$ $07^{\circ}46'31''\text{E}$). 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 en période estivale (**Fig.19**).



Figure 19 : Site de collecte des Patelles dans la station Toche et source de pollution.

✚ Station 3 : Cap de Garde

Elle se situe à l'Ouest du Golfe d'Annaba ($36^{\circ}58'04''\text{N}$ $07^{\circ}47'32''\text{E}$), à environ 300 m au Sud-Est de la pointe du cap, abritée au sein d'une petite crique. Elle est supposée n'être exposée à aucune source de pollution du fait de sa localisation éloignée des divers rejets, mis à part la présence de quelques habitations, non reliées au réseau d'assainissement, dont le complexe touristique Shems les Bains fait parti de ces habitations (**Fig.20**).



Figure 20 : Site de collecte des Patelles dans la station Cap de Garde et source de pollution.

3.1.2. Plage de l'embouchure (El Kala)

La plage de l'embouchure dans la région d'El Kala a été prise comme station de référence durant cette étude en raison de l'éloignement de cette dernière de toute source de pollution. Elle est fréquentée par les pêcheurs et les animaux ainsi que quelque estivant en été (**Fig.21**).

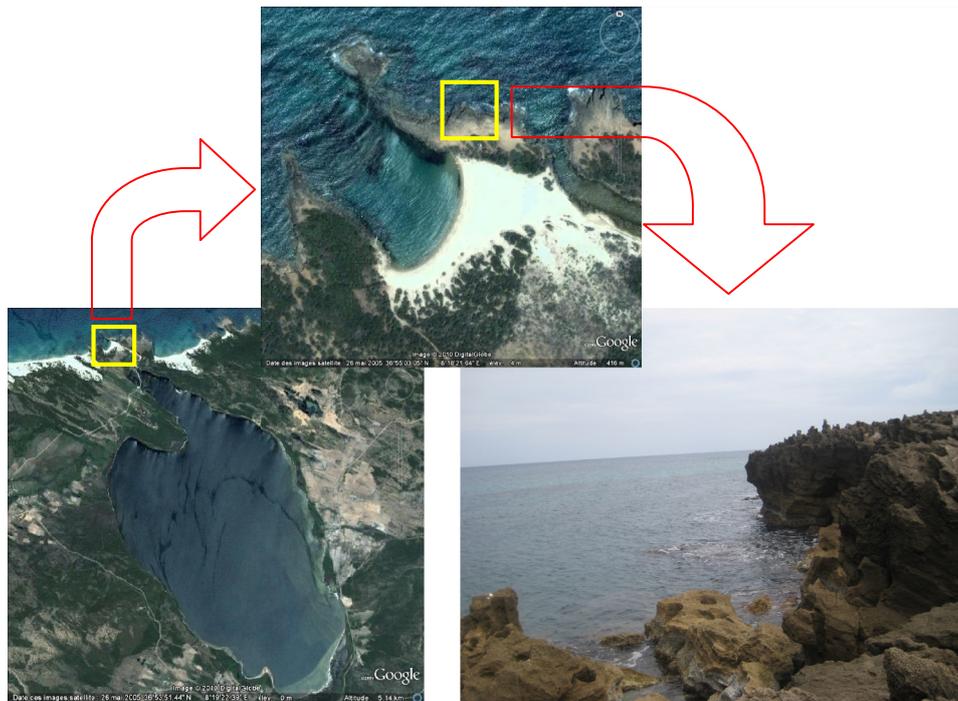


Figure 21 : Site de collecte des Patelles dans la station d'El Kala.

3.2. Collecte des Patelles

Les Patellidae utilisées dans la présente étude ont été récoltés durant un cycle annuel de Février 2010 à Janvier 2011, au niveau des quatre sites (plage de l'embouchure, El-Katara, Toche et le Cap de Garde), et plus précisément dans l'étage médiolittoral.

Toutefois, pour l'étude quantitative, la collecte a été faite à l'aide d'un couteau sur un quadra de 1 m², à raison de 3 prises par station (**Fig.22**). Devant le danger la patelle se plaque contre son support et elle devient très difficile à décrocher, c'est alors à l'aide d'un couteau que les individus ont pu être décollés. En générale les patelles sont faciles à pêcher puisqu'elles sont visibles à marée basse sur les rochers.



Figure 22 : Collecte des patelles à l'aide d'un couteau.

3.3. Mesure des paramètres physico-chimiques

Dans cette étude, deux paramètres ont été mesurés : la température et la salinité, les deux descripteurs de base des masses d'eau. Les mesures ont été effectuées mensuellement « *in situ* » au moment du prélèvement, au moyen d'un multi paramètre WTW type 2F30104211 (Multi 340 I/Set) (**Fig.23**). L'étalonnage et le calibrage de l'appareil pour chaque paramètre mesuré ont lieu au laboratoire avant les sorties. On immerge la sonde spécifique au paramètre à mesurer 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 reportés sur des fiches préalablement préparées.



Figure 23 : Multi paramètres de terrain

3.4. 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 stockés dans des sacs en plastique étiquetés (date et station de prélèvement) au congélateur à -20°C dès le retour au laboratoire (**Fig. 24**).



Figure 24 : Conservation des patelles

3.5. Traitement des échantillons

3.5.1. Étude qualitative

✚ Richesse spécifique

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 & Goto, 1991) puis dénombrées par espèce.

3.5.2. Etude quantitative

✚ 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/m²). Afin d'avoir une idée aussi précise que possible sur la répartition des patelles dans les zones étudiées, nous avons prélevé et dénombré les individus occupant 1 m² de substrat durs dans chaque station, chaque prélèvement à fait l'objet de trois réplicats.

✚ Biomasse

C'est la masse totale des êtres vivants subsistant en équilibre sur une surface donnée d'un substrat ou dans un volume d'eau donné. Le poids humide avec coquille est calculé à l'aide d'une balance sensible type « Kern 440-33 » ayant une précision de 0,01g. L'estimation

de la biomasse consiste à la récupération de la chair ; qui est facilement détachable de la coquille après décongélation. Puis, cette chair sera séchée dans une étuve à 60°C pendant 24 heures jusqu'à déshydratation complète (poids constant), ensuite on pèse le poids sec (PS) grâce à une balance sensible, puis on procède à l'incinération au four à moufle à 600°C pendant 3 heures jusqu'à l'obtention des cendres, ensuite on pèse le poids sec libre de cendre (PSLC).

✚ 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 ce même prélèvement.

Elle s'exprime en pourcentage selon la formule suivante :

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

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

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

3.5.3. Relation taille-poids

Au laboratoire, les *P. caerulea* sont mesurées à l'aide d'un pied à coulisse électronique (précision 1/100 mm) (Fig. 25), en tenant compte de la longueur (L), la largeur (l) et la hauteur (ou épaisseur) (H). Par ailleurs les différents paramètres linéaires mesurés sont exprimés en mm. On a également pesé le poids total des patelles à l'aide d'une balance sensible type « Kern 440-33 » ayant une précision de 0,01g.



Figure 25 : Différentes mensurations effectuées chez les patelles.

La relation existante entre deux variables biométriques P et L , peut être ramenée à la loi d'allométrie simple de [Huxley et Teissier \(1936\)](#), qui est une équation de type :

$$P = a L^b$$

P : Poids total de l'espèce (g),

L : Longueur total de l'espèce (mm),

a : Constante,

b : Coefficient d'allométrie.

Les valeurs de a et b s'obtiennent après transformation logarithmique de la fonction exponentielle en une fonction linéaire de type :

$$\text{Log } P = b \text{ Log } L + \text{Log } a$$

La droite d'ajustement est calculée en utilisant la méthode d'axe majeur réduit ou droite de [Teissier \(1948\)](#). On compare la valeur de la pente de la droite d'ajustement à une valeur théorique. La relation taille-poids se traduit par cette droite de régression et trois cas peuvent se présenter :

- $b < 3$, l'allométrie est minorante,
- $b = 3$, il y a une isométrie entre la longueur et le poids,
- $b > 3$, l'allométrie est majorante.

3.5.4. Activités enzymatiques

Depuis le début des années 1990, plusieurs revues de synthèse et ouvrages ont été publiés sur les biomarqueurs en écotoxicologie ([Huggett et al., 1992](#) ; [Lagadic et al., 1997](#) ; [Kammenga et al., 2000](#)). Parmi ces biomarqueurs on peut citer l'acétylcholinestérase et la glutathion-S-transférase qui ont été utilisés dans cette étude.



Figure 26 : Prélèvement du tissu chez la patelle.

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 le glutathion-S-transférase (**Fig.26**). L'activité spécifique des enzymes est mesurée par rapport aux protéines. Le dosage des protéines est réalisé selon [Bradford \(1976\)](#).

✚ Dosage de l'acétylcholinestérase

Les activités acétylcholinestérasiques (AChE) ont été utilisées en tant que marqueur de neurotoxicité. Ces activités, qui ont été très étudiées chez les Insectes, font l'objet d'une recherche active chez les mollusques. Les AChE sont notamment sensibles aux pesticides carbamates et organophosphorés mais aussi à certains métaux lourds. Cette activité a été dosée sur les têtes des *P. caerulea* 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 (10mM,pH 7)] à l'aide d'un homogénéisateur à ultrasons (Sonifer B-30) puis centrifugés à 9000 tours pendant 15 minutes. Le surnageant est utilisé immédiatement pour la mesure de l'activité 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 CO₃ HNa (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 minutes de repos nécessaire pour épuiser la réaction spontanée, 100 µl de substrat acétylthiocholine iodure (Sigma R) (118 mg ASCh dans 5 ml d'eau distillée) sont ajoutés. La lecture des densités optiques s'effectue toutes les 4 minutes pendant 20 minutes contre un blanc où le surnageant a 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 :

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

Δ Do : 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 (concernant le DTNB à 412 nm)
Mg de protéines : Quantité des protéines en mg.

✚ Dosage du glutathion S-transférase (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 formé dans la température ambiante, elle-même liée à l'intensité de l'activité GST (Habig *et al.*, 1974). Le protocole utilisé pour le dosage de l'activité spécifique de la GST est le suivant :

Le manteau des *P. caeruleae* 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/min pendant 30 minute 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 minutes à 340 nm dans un spectrophotomètre (SHIMADZI-UV-1202). L'activité spécifique de la GST est déterminée par la formule :

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

ΔDo : densité optique

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,

prot. : Protéines en mg.

✚ Dosage des protéines

La quantification des protéines au niveau du manteau a été faite sur une fraction aliquote (100 μl) selon Bradford (1976) avec le bleu brillant de coomassie (G 25, Merck) comme réactif (50 mg de bleu brillant de coomassie, 25 ml d'éthanol, 50 ml d'acide

orthophosphorique 85% et complété à 500 ml avec de l'eau distillée) et d'albumine de sérum de bœuf (BSA, Sigma) comme protéine standard. Les absorbances ont été lues à une longueur d'onde de 595 nm à l'aide d'un spectrophotomètre, et la gamme d'étalonnage a été effectuée à partir d'une solution d'albumine à 1 mg/ml selon le tableau (**Tableau 2**) ci-dessous.

Tableau 2. Réalisation de la gamme d'étalonnage pour la quantification des protéines.

Tubes	1	2	3	4	5	6
Volume d'albumine (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

3.5.5. Dosage des métaux lourds

Le dosage des métaux a été effectué au niveau de la raffinerie de Sonatrach à Skikda, et la minéralisation des échantillons a été réalisée à l'université d'Annaba selon la méthode de [chiffolleau \(2002\)](#).

Avant d'effectuer l'analyse en métaux dans les différents échantillons, il faut au préalable leur faire subir une minéralisation, c'est-à-dire une destruction de la matière organique par attaque acide (acide nitrique HNO₃ pur). La chair des individus adultes des *P. caeruleae* est mise à l'étuve à 60° C jusqu'à obtention d'un poids constant (de 24 à 72 h), puis on procède au broyage mécanique des échantillons biologiques, ces derniers sont pesés et placés dans des petits tubes en téflon. On prélève 200 mg d'échantillon pour chaque réplica, on leur ajoute 4 ml d'HNO₃ pur. On laisse le mélange à une température ambiante toute la nuit, après on les place dans une étuve à 90°C pendant 3h. Les minéralisats sont ensuite filtrés avec du papier filtre wattman. Les métaux sont dosés par un spectrophotomètre à flamme de référence D2576 ([ASTM, 1974](#))

4. Analyses statistiques

Les données sont représentées par la moyenne (\pm l'écart type) établie sur un effectif ou un nombre de répétitions précisés dans les figures et tableaux. L'analyse statistique a été réalisée à l'aide du logiciel MINITAB version 16 Fr disponible au Laboratoire de Biologie Animale Appliquée. Différents tests ont été utilisés.

Les moyennes de la station témoin et des autres stations ont été comparées deux à deux en utilisant le test de Tukey avec un seuil de signification $p = 0,05$. D'autre part, une analyse de la variance à deux critères de classification (AV2) a été utilisée afin de déterminer l'effet station/ temps. L'activité spécifique des enzymes a été déterminée à partir des équations de régression linéaire exprimant la densité optique en fonction de temps. La quantification des protéines est réalisée à partir d'une courbe d'étalonnage dont l'équation exprime les absorbances en fonction de la quantité d'albumine standard.

RÉSULTATS

« A la source de toute connaissance, il y a une idée, une pensée, puis l'expérience vient confirmer l'idée. »

Claude Bernard, physiologiste français.

CHAPITRE III : RÉSULTATS

1. Paramètres physico-chimiques des eaux du littoral

1.1. Température

Les variations de la température de l'eau dans la zone d'études sont similaires et importantes où elle passe de 14,60°C en Février 2010 dans la station du Cap de Garde à 26,80°C le mois d'Août au niveau de la station d'El-Kala, soit une amplitude de 12,20°C. Cependant l'eau dans laquelle vit les patelles n'est donc jamais très froide. Par ailleurs, les mois les plus froids se limitent à février, mars, avril, décembre 2010 et janvier 2011 dont la moyenne est inférieure à 20°C en novembre et mai 2010. Le reste du cycle la température est supérieure à 20°C où elle atteint le maximum le mois d'Août 2010 (26,80°C) (**Fig. 27**).

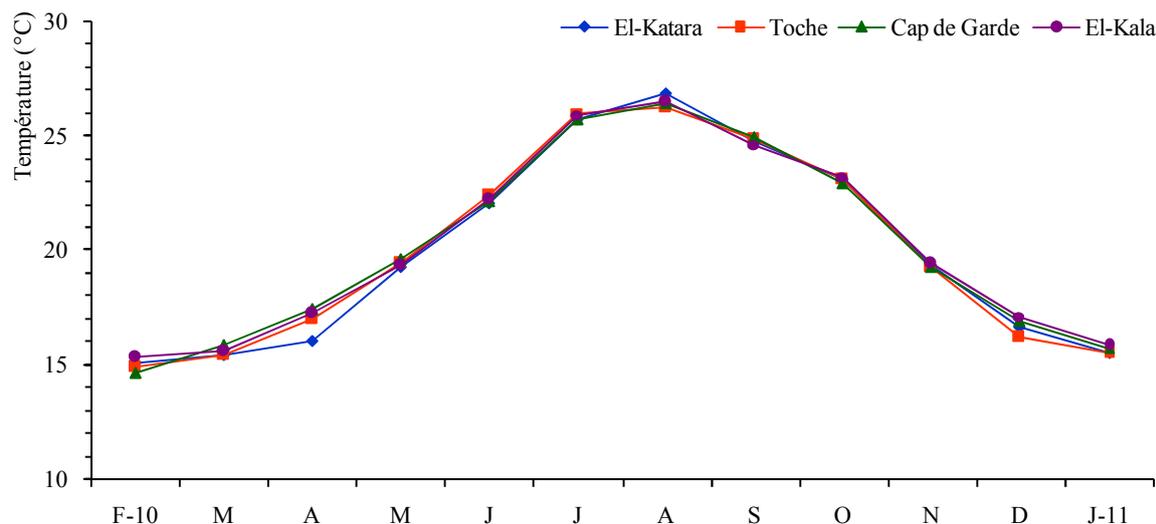


Figure 27 : Variation mensuelles de la température dans les stations prospectées (février 2010- janvier 2011).

1.2. Salinité

Sur l'ensemble des sites, ce paramètre montre des fluctuations similaires illustrées par un pic de 37,70 psu en septembre dans la station d'El-Kala. Les basses salinités sont relevées durant la période qui s'étale de décembre à juin dans les stations prospectées durant la période d'étude avec un minimum enregistré à El-Katara de 36,40 psu en décembre 2010 et janvier

2011, puis la salinité croit régulièrement durant la saison chaude et sèche de juillet à novembre 2010 (Fig. 28).

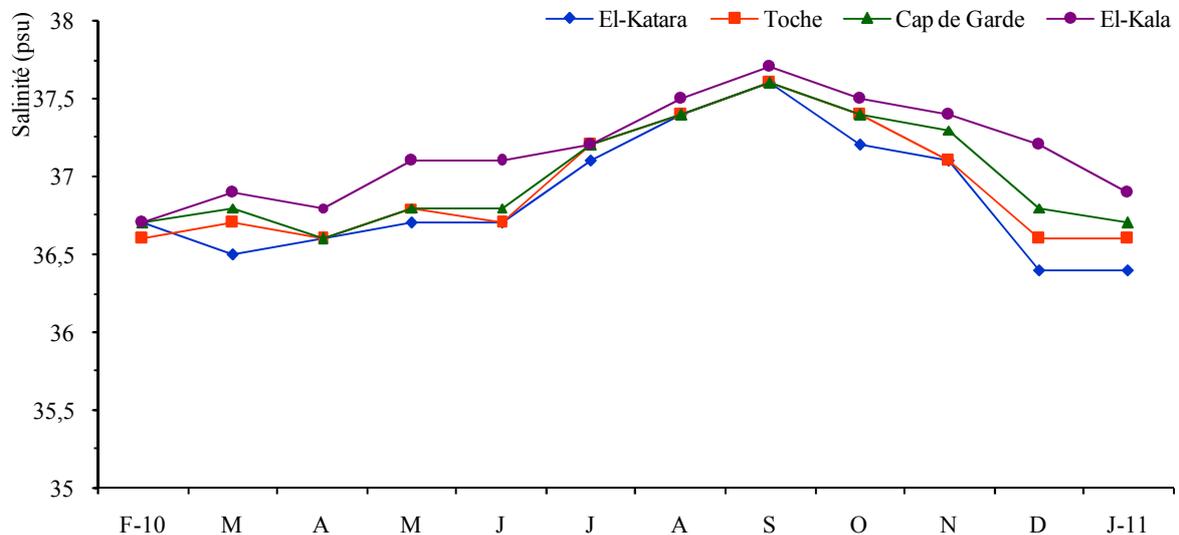


Figure 28 : Variation mensuelle de la salinité dans les stations prospectées (février 2010-janvier 2011).

2. Etude qualitative

2.1. Golfe d'Annaba

L'inventaire des *Patellidae* dans le secteur Ouest du golfe d'Annaba, nous a permis de recenser 5 espèces, dont la description générale est mentionnée ci-après.

2.1.1. *Patella caerulea* (Linnaeus, 1758) : (Fig. 29)



Figure 29. Photographie de *Patella caerulea*

► Caractères généraux

Dimensions : Généralement elles varient entre 20 et 60 mm de longueur. Toutefois, la longueur des spécimens collectés dans le golfe d'Annaba varie entre 2,40 et 35,11 mm.

Description : La coquille peut être fine ou épaisse. Les couleurs intérieures varient du bleu irisé au blanc, jaune et marron.

Habitat : Sa répartition est limitée à la Mer Méditerranée, où elle est l'espèce la plus commune, surtout dans le bassin Ouest. Elle vit fixée sur les substrats rocheux intertidaux jusqu'à quelques mètres de profondeur (Poppe & Goto, 2000).

2.1.2. *Patella rustica* (Linnaeus, 1758) : (Fig.30)



Figure 30. Photographie de *Patella rustica*.

► Caractères généraux

Dimensions : Généralement elles varient entre 18 et 50 mm de longueur. Toutefois, la longueur des spécimens collectés dans le golfe d'Annaba varie entre 3 et 37,10 mm.

Habitat : Espèce commune à la Mer Méditerranée, on la trouve également dans l'océan Atlantique au Nord jusqu'à Biarritz et au Sud jusqu'à Cap Blanc (Poppe & Goto, 2000).

Description : Les rayures sombres sur le bord intérieur, les sculptures, et la forme conique évitent toute confusion avec les autres espèces.

2.1.3. *Patella vulgata* (Linnaeus, 1758) : (Fig. 31)



Figure 31. Photographie de *Patella vulgata*

► Caractères généraux

Dimensions : La plupart des coquilles mesurent entre 30 et 50 mm de long mais le record est de 75 mm (Poppe & Goto, 2000). Toutefois, la longueur des spécimens collectés dans le golfe d'Annaba varie entre 11,90 et 36,09 mm.

Région et habitat : L'océan Atlantique, du Nord de la Norvège jusqu'au détroit de Gibraltar au Sud. Espèces intertidales se retrouve surtout dans les rivages rocheux.

Description : A une forme conique. La plupart des spécimens ont une couleur gris-vert, à cause du milieu environnant, on la confondait souvent avec la *P. ulyssiponensis* qui est aplatie et ovale.

2.1.4. *Patella ulyssiponensis* (Gmelin, 1791): (Fig. 32)



Figure 32. Photographie de *Patella ulyssiponensis*.

► Caractères généraux

Dimensions : Généralement elles varient entre 20 et 50 mm de longueur (Poppe et Goto, 2000). Toutefois, la longueur des spécimens collectés dans le golfe d'Annaba varie entre 8,60 et 32,41 mm.

Région et habitat : De la Mer Noire jusqu'à la Méditerranée. Répertoriée dans quelques endroits du Sud de la Norvège. On la retrouve également aux îles canaries. Elle préfère les parties inférieures de la zone intertidale sur les rivages rocheux.

Description : Ses caractéristiques les plus distinctives sont sa forme ovale, et son intérieure blanc porcelaine qui a souvent des reflets bleus et une tache jaune ou orange.

2.1.5. *Patella intermedia* (Murray, 1857) : (Fig. 33)



Figure 33. Photographie de *Patella intermedia*

► Caractères généraux

Dimensions : Généralement elles varient entre 26 et 45 mm de longueur, et exceptionnellement jusqu'à 60 mm (Poppe et Goto, 2000). Toutefois, la longueur des spécimens collectés dans le golfe d'Annaba varie entre 3,25 et 34,15 mm.

Région et habitat : En Europe, leur répartition limitée aux côtes atlantiques et des côtes Ouest de l'Angleterre jusqu'à Gibraltar au Sud. Elle a été découverte en Méditerranée près de Malaga, mais aussi le long des côtes Ouest Africaines, jusqu'au Sénégal au Sud.

Description : La coloration est extrêmement variable, spécialement dans la partie intérieure de la coquille, peut être noire, jaune, orange ou marron.

2.2. El-Kala (Plage de l'embouchure)

2.2.1. *Patella nigra* (Da Costa ,1771) : (Fig. 34)

En plus des cinq espèces déjà répertoriées dans le golfe d'Annaba, nous avons recensé niveau de la plage de l'embouchure *Patella nigra*, ramenant à six le nombre d'espèces de patelles dans la région.

Dimensions : Généralement elles varient entre 45 et 60 mm de longueur. Toutefois, la longueur des spécimens collectés à El-Kala varie entre 13,16 et 32,40 mm.

Région et habitat : Elle vit le long des côtes Ouest Africaines. Du Maroc jusqu'à l'Angola au Sud. En Méditerranée, elle se rencontre entre Oran et Tanger, ou elle préfère vivre sur les larges rochers entre 0,5 et 5 m de profondeur (Poppe et Goto, 2000).

Description: Une coquille large et aplatie. Ressemble à quelques spécimens de *P.ulyssiponensis*, mais elle se distingue du premier côté d'œil par les couleurs, la taille, et sa forme ovale plus régulière.



Figure 34. Photographie de *Patella nigra*.

3. Etude quantitative

3.1. Densité

L'évolution de l'importance numérique des patelles au niveau des stations prospectées est étudiée à travers l'analyse de la densité (Fig. 35)

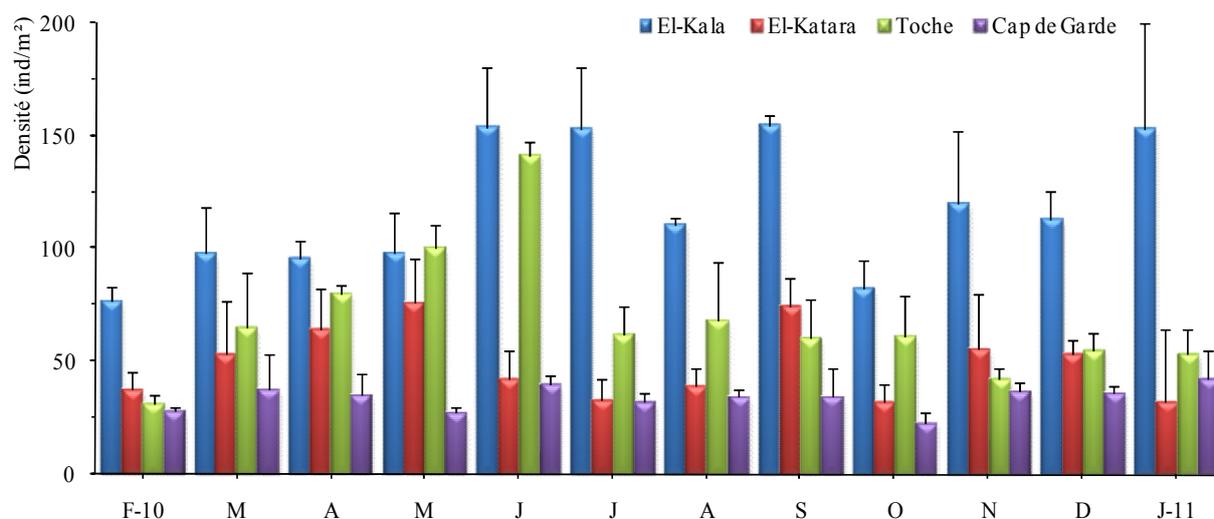


Figure 35 : variation spatio-temporelle de la densité (ind./m²) des patelles dans les stations prospectées (février 2010 – janvier 2011).

El-Katara présente une densité moyenne de $49,41 \pm 19,5$ ind./m². la densité la plus élevée est enregistrée pendant le mois de mai (76 ± 20 ind./m²), alors la valeur la plus faible est enregistré durant le mois d'octobre (32 ± 8 ind./m²).

La station Toche présente une densité moyenne annuelle de $68,36 \pm 30,22$ ind./m². La densité la plus élevés est décelée durant le mois de juin ($141,33 \pm 6,11$ ind./m²), et une densité proche au cours du mois de mai ($100 \pm 10,58$ ind./m²), alors que le minimum d'individus est relevé lors du mois de février ($31,66 \pm 3,78$ ind./m²).

Le Cap de Garde abrite les densité les plus faible dont la densité moyenne est de $33,94 \pm 8,49$ ind./m². Le mois de janvier comporte la densité la plus élevée ($42 \pm 13,11$ ind./m²), et durant le mois de juin on a une densité de 40 ± 4 ind./m², alors que la faible valeur est rencontrée durant le mois d'octobre ($22,66 \pm 4,5$ ind./m²).

El-Kala offre la densité la plus élevée avec une moyenne annuelle de $117,5 \pm 33,74$ ind./m². C'est ainsi que les plus fortes densités sont observée les mois de juin (154 ± 26 ind./m²), septembre ($154,66 \pm 4,61$ ind./m²) et janvier ($153,33 \pm 46,36$). Par ailleurs, dans cette station la plus faible densité est signalée durant le mois de février ($76,66 \pm 6,42$ ind./m²).

En tenant compte des mois, et d'après les résultats de l'analyse de la variance à un seul critère de classification (**Tab. 3**), on note qu'il y'a une différence très hautement significatives ($P \leq 0,001$) entre les quatre stations au cour de la période d'étude à l'exception de mois de novembre où on a une différence hautement significative ($P \leq 0,01$) et pour le mois de mars une différence significative ($P \leq 0,05$). Le test HSD de Tukey révèle le classement montré dans le tableau ci-dessous :

Tableau 3 : Analyse de la variance à un seul critère de classification (site) en fonction des mois (N = 3), (1 : El-Kala, 2 : El-Katara, 3 : Toche, 4 : Cap de Garde).

Mois	DDL	Fobs	P	Tukey
Février	11	48,98	0,000***	1[A] - 2-3-4 [B]
Mars	11	4,37	0,042*	1[A] - 2[A B] - 3[AB] - 4[B]
Avril	11	15,36	0,001***	1[A] - 2[BC] - 3[AB] - 4[C]
Mai	11	16,61	0,001***	1-2-3[A] - 4[B]
Juin	11	51,85	0,000***	1-3[A] - 2-4[B]
Juillet	11	40,15	0,000***	1[A] - 2-3-4 [B]
Aout	11	18,96	0,001***	1[A] - 2-3-4 [B]
Septembre	11	51,63	0,000***	1[A]- 2[B] - 3[BC] - 4[C]
Octobre	11	16,22	0,001***	1[A] - 2[BC] - 3[AB] - 4[C]
Novembre	11	10,56	0,004**	1[A] - 2-3-4 [B]
Décembre	11	51,60	0,000***	1[A]- 2-3-4 [B]
Janvier	11	15,50	0,001***	1[A]- 2-3-4 [B]

L'analyse de la variance à deux critères de classification (station, mois) (**Tab.4**), révèle une différence très hautement significative facteur temps et station et interaction temps/stations ($P \leq 0,001$).

Tableau 4: Analyse de la variance à deux critères de classification (station, mois) de la densité des Patelles dans les quatre stations durant la période d'étude.

Sources de variation	DDL	SCE	CM	F obs.	P
Stations	3	142328,6	47442,9	199,19	0,000***
Mois	11	23333,1	2121,2	8,91	0,000***
Station*Mois	33	41566,2	1259,6	5,29	0,000***
Erreur	96	22864,7	238,2		
Total	143	230092,6			

En ce qui concerne la variation saisonnière de la densité, l'analyse de la variance à un seul critère de classification révèle une différence très hautement significatives ($P \leq 0,001$) entre les quatre stations pour chaque saison. Par ailleurs, au niveau d'El-Kala et Cap de Garde aucune signification n'a été enregistrée ($P \geq 0,05$). Par contre, on signale une différence significative ($P \leq 0,05$) dans les stations d'El-Katara et Toche (Annexe 1: tableau 1- 8). Les résultats de classement des groupes homogènes du test HSD de Tukey sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau 5 : Variation saisonnière de la densité (ind./m²) des patelles dans la zone d'étude (N= 9, pour les saisons les moyennes suivies d'une même lettre en majuscule ne sont pas significativement différentes, alors que pour les sites les moyennes suivies d'une même lettre en minuscule ne sont pas significativement différentes).

Saison	El-Kala	El-Katara	Toche	Cap de Garde
Printemps	97,22±14,14 a	64,44±20,43 b	81,77±20,11 ab	33,55±10,39 c
	B	A	AB	A
Été	139,22±28,50 a	38,33±9,59 c	90,44±41,00 b	35,55±4,77 c
	A	B	A	A
Automne	119,11±35,69 a	54±23,38 b	54,66±15,58 b	31,33±8,89 b
	AB	AB	BC	A
Hiver	114,44±41,08 a	40,88±11,05 b	46,55±13,08 b	35,33±9,11 b
	AB	B	C	A

Les résultats de l'analyse de la variance à deux critères de classification (saison, site) sont présentés dans l'annexe 1: tableau 9.

3.2. Biomasse

3.2.1 Toutes patelles confondues

Au cours de la période d'étude, la répartition spatio-temporelle de la biomasse exprimée en poids sec libre de cendres (PSLC), varie remarquablement, en effet, les plus fortes moyennes sont enregistrées le mois de Juin au niveau des quatre stations prospectées.

Au niveau d'El-Katara on a enregistré une variation de la biomasse passant de $4,373 \pm 1,25 \text{ g/m}^2$ (en juin) à $0,676 \pm 0,16 \text{ g/m}^2$ en octobre. La valeur maximale enregistrée à Toche est de $5,140 \pm 0,22 \text{ g/m}^2$, alors que le minimum est enregistré le mois de novembre avec une valeur de $0,597 \pm 0,05 \text{ g/m}^2$. Au Cap de Garde on note une variation de la biomasse allant de $3,080 \pm 0,30 \text{ g/m}^2$ (en juin) à $0,299 \pm 0,05 \text{ g/m}^2$ le mois d'octobre. Les biomasses enregistrées à El-Kala passent de $4,571 \pm 0,77 \text{ g/m}^2$ au mois de juin à $1,285 \pm 0,18 \text{ g/m}^2$ le mois d'octobre (**Fig. 36**). Il est intéressant de signaler que ces importantes fluctuations de la biomasse moyenne sont en partie en concordance avec l'évolution temporelle de la densité moyenne et la taille des individus.

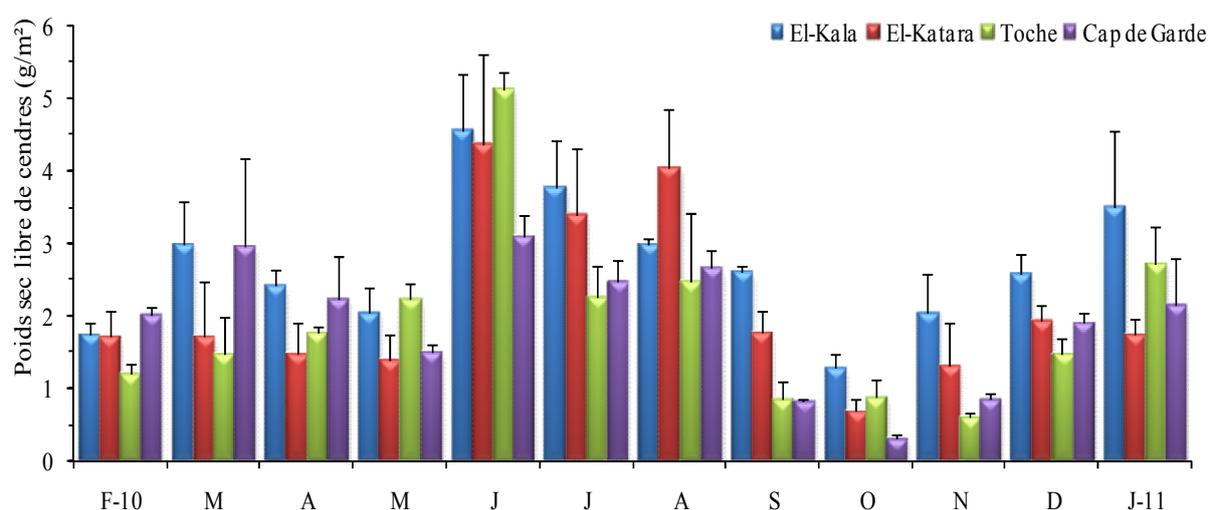


Figure 36 : Variation spatio-temporelle de la Biomasse (PSLC) des Patelles dans les stations prospectées (février 2010 – janvier 2011).

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 quatre stations le mois de septembre et octobre, et une différence hautement significative ($P \leq 0,01$) en février et décembre, on enregistre aussi une différence significative ($P \leq 0,05$) le mois de mai et novembre. Par ailleurs, il n'existe pas de signification pour les 6 mois restants. Le test HSD de Tukey révèle le classement montré dans le tableau ci-dessous :

Tableau 6 : Analyse de la variance à un seul critère de classification (site) en fonction des mois (N = 3), (1 El-Kala, 2 El-Katara, 3 Toche, 4 Cap de Garde).

Mois	DDL	Fobs	P	Tukey
Février	11	7,48	0,010**	1[A] – 2 [AB]- 3 [B] – 4 [A]
Mars	11	2,87	0,104 N.S	1 [A] – 2 [A] - 3[A] - 4[A]
Avril	11	3,69	0,062 N.S	1[A] - 2[A] - 3[A] - 4[A]
Mai	11	6,00	0,019*	1[A B]- 2 [B]- 3[A]- 4[AB]
Juin	11	3,96	0,053 N.S	1-2[A B] – 3[A]- [B]
Juillet	11	3,99	0,052 N.S	1[A] - 2[A] - 3[A] - 4[A]
Aout	11	18,96	0,070 N.S	1[A] - 2[A] - 3[A] - 4[A]
Septembre	11	3,49	0,000***	1[A]- 2[B] – 3- 4[C]
Octobre	11	15,64	0,001***	1[A] – 2[BC] – 3[AB] – 4[C]
Novembre	11	7,37	0,011*	1[A] – 2[A B]- 3- 4[B]
Décembre	11	12,54	0,002**	1[A]- 2-3-4 [B]
Janvier	11	3,75	0,060 N.S	1[A] - 2[A] - 3[A] - 4[A]

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 une interaction temps/stations ($P \leq 0,001$).

Tableau 7: Analyse de la variance à deux critères de classification (station, mois) de la biomasse des patelles dans les quatre stations durant la période d'étude.

Sources de variation	DDL	SCE	CM	F obs.	P
Stations	3	15,3684	5,8808	24,65	0,000***
Mois	11	118,9253	10,8420	45,45	0,000***
Station*Mois	33	30,8548	0,9350	3,92	0,000***
Erreur	96	22,9009	0,2386		
Totale	143	188,0495			

En ce qui concerne la variation saisonnière de la biomasse, l'analyse de la variance à un seul critère de classification révèle une différence très hautement significatives ($P \leq 0,001$) entre les quatre stations en automne, et une différence significative au printemps et en hiver ($P \leq 0,05$), et aucune signification en été ($P \geq 0,05$). Tandis que pour la variation saisonnière par station, l'AV1 révèle une différence très hautement significatives ($P \leq 0,001$) entre les quatre saisons. (Annexe 1: tableau 10-17). Alors que les résultats de classement des groupes homogènes du test HSD de Tukey sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau 8: Variation saisonnière de la biomasse (PSLC) des patelles collectées dans la zone d'étude (N= 9, pour les saisons les moyennes suivies d'une même lettre en majuscule ne sont pas significativement différentes, alors que pour les sites les moyennes suivies d'une même lettre en minuscule ne sont pas significativement ($P \geq 0,05$) différentes).

Saison	El-Kala	El-Katara	Toche	Cap de Garde
Printemps	2,473±0,56 a	1,524±0,49 b	1,820±0,43 ab	2,226±0,93 ab
	B	B	B	AB
Été	3,778±0,85 a	3,929±0,98 a	3,289±1,49 a	2,737±0,36 a
	A	A	A	A
Automne	1,974±0,64 a	1,255±0,58 b	0,764±0,21 bc	0,645±0,3 c
	B	B	B	C
Hiver	2,613±0,93 a	1,791±0,26 a	1,796±0,76 a	2,012±0,36 a
	B	B	B	B

Les résultats de l'analyse de la variance à deux critères de classification (saison, site) sont présentés dans l'annexe 1: tableau 18.

Notons qu'il existe une très bonne corrélation entre la densité et la biomasse des Patellidae ($R = 0,489$ et une valeur de P de l'ordre de 0,000 ***) collectées dans les quatre stations de février 2010 à janvier 2011.

3.2.2. Selon les espèces

La répartition des biomasses au sein des espèces recensées est directement liée à leur densité, et leur taille.

❖ **El-Katara**

On enregistre des variations importantes de la biomasse des patelles. C'est ainsi que *P. rustica* présente une biomasse moyenne annuelle de 1,318 g/m² suivi par *P. vulgata* avec 1,192 g/m². La 3^{ème} position est occupée par *P. caerulea* avec 0,935 g/m². Puis on a *P. intermedia* avec une valeur moyenne annuelle de 0,149 g/m², alors que les plus faible moyenne reviennent à *P. ulyssiponensis* avec 0,082 g/m². (**Fig. 37**).

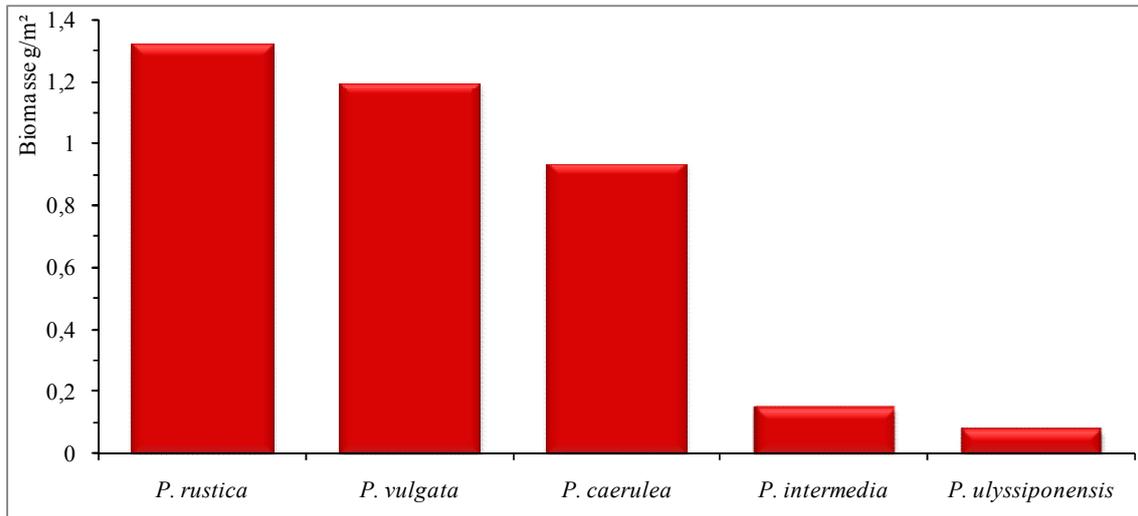


Figure 37 : Variation de la biomasse moyenne (PSLC) selon les espèces à El-Katara.

❖ **Toche**

La biomasse des patelles dans cette station présente des fluctuations très importantes. En effet, *P. caerulea* vient en première position avec 1,536 g/m² suivi par *P. intermedia* avec une valeur de 0,228 g/m². La 3^{ème} position est occupée par *P. rustica* avec une moyenne annuelle de 0,204 g/m². Puis on a *P. vulgata* avec 0,108 g/m². *P. ulyssiponensis* représente la plus faible moyenne avec une valeur moyenne de l'ordre de 0,047 g/m² (**Fig. 38**).

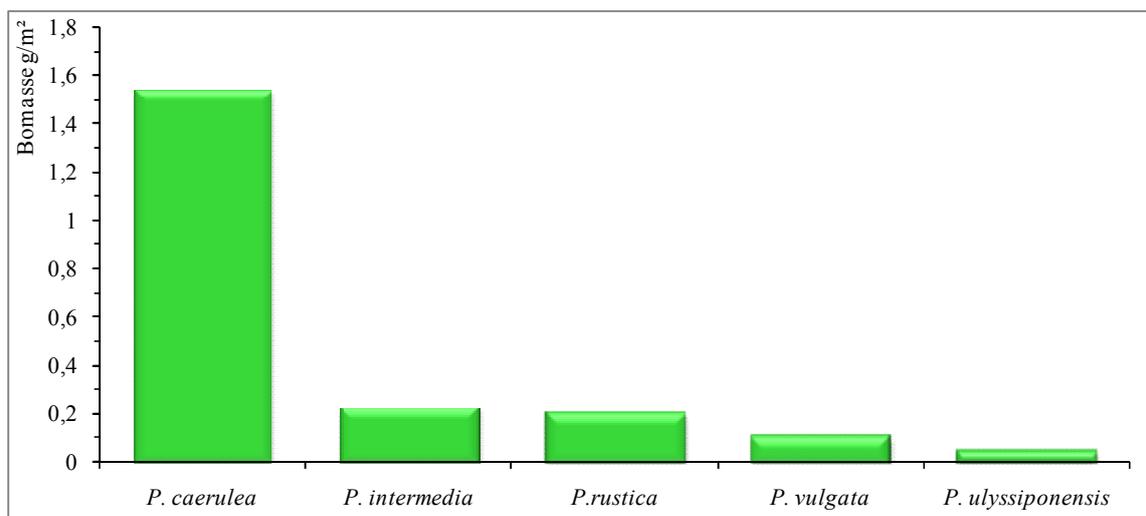


Figure 38 : Variation de la biomasse moyenne (PSLC) selon les espèces à Toche.

❖ Cap de Garde

Pour les variations moyennes de la biomasse des Patelles au Cap de Garde on signale des fluctuations très importantes des espèces. *P. rustica* occupe la première position avec une biomasse moyenne annuelle de $2,309 \text{ g/m}^2$, suivi par *P. vulgata* avec une valeur moyenne de $0,957 \text{ g/m}^2$. Alors que la 3^{ème} position est occupée par *P. caerulea* avec $0,611 \text{ g/m}^2$, et les valeurs les plus faibles reviennent à *P. intermedia* et *P. ulyssiponensis* ($0,075$ et $0,015 \text{ g/m}^2$ respectivement) (**Fig. 39**).

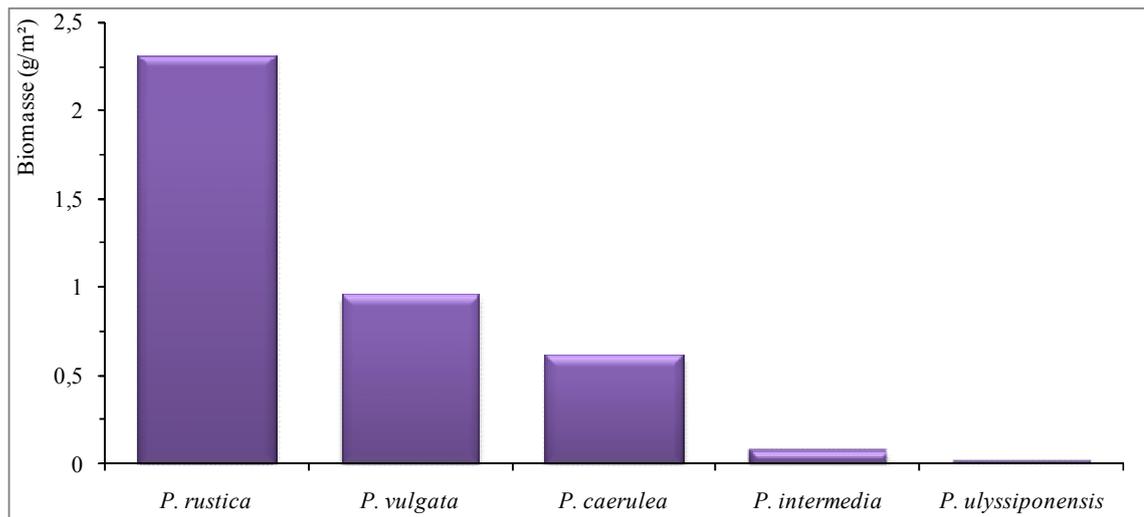


Figure 39 : Variation de la biomasse moyenne (PSLC) selon les espèces au Cap de Garde.

❖ El-Kala

P. rustica occupe la première position avec une biomasse moyenne annuelle de $3,054 \text{ g/m}^2$, suivi par *P. vulgata* avec une valeur moyenne de $0,948 \text{ g/m}^2$. Alors que la patelle commune *Patella caerulea* occupe la 3^{ème} position ($0,605 \text{ g/m}^2$). La 4^{ème} place est occupée par *P. nigra* avec $0,147 \text{ g/m}^2$. Alors que les valeurs les plus faibles reviennent à *P. intermedia* et *P. ulyssiponensis* avec des valeurs moyennes respectives de $0,145$ et $0,033 \text{ g/m}^2$. (**Fig. 40**).

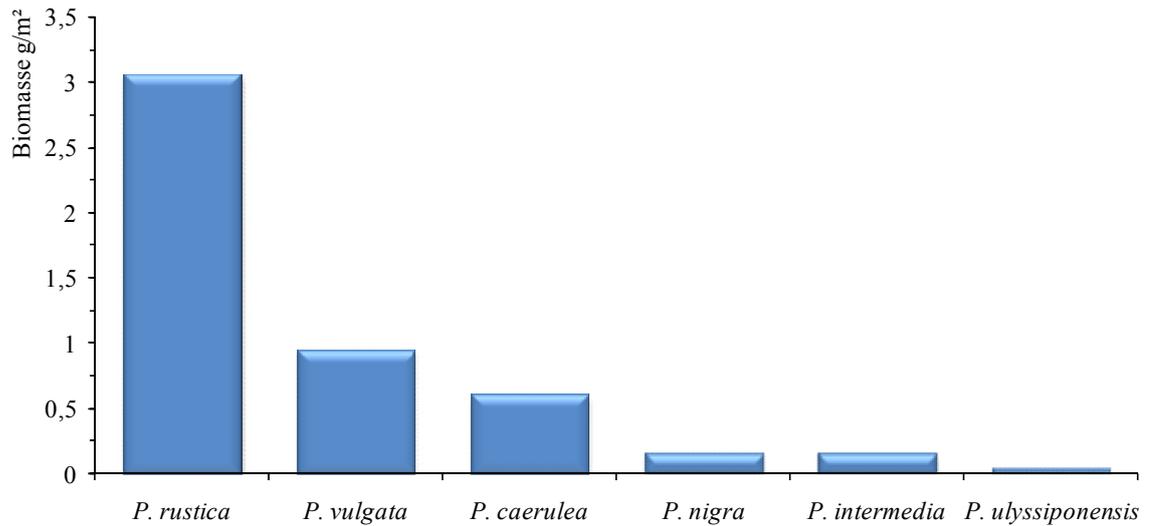


Figure 40 : Variation de la biomasse moyenne (PSLC) selon les espèces à El-Kala.

3.3. Dominance

3.3.1. Variation saisonnière

3.3.1.1. Printemps

❖ El-Katara

107 individus appartenant à la famille des Patellidae ont été collectés au niveau de cette station. *Patella caerulea* est l'espèce caractéristique avec une dominance de 79,43% suivie par

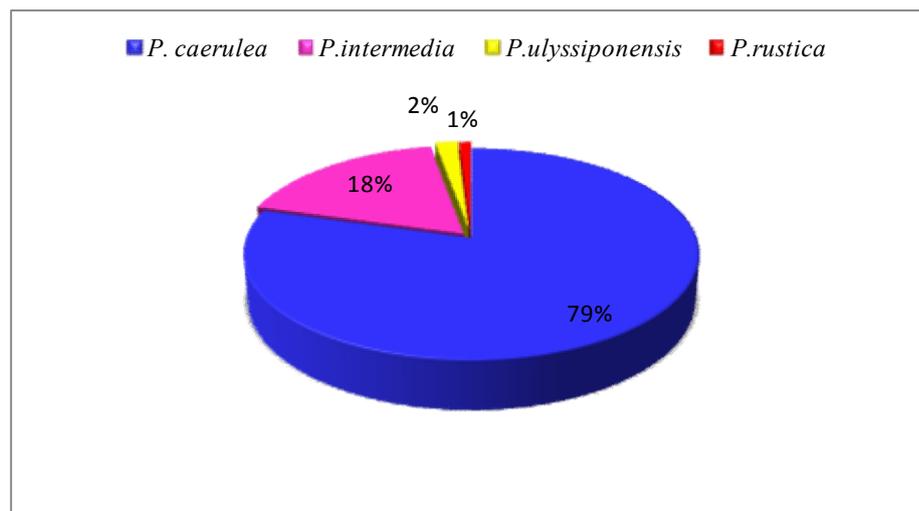


Figure 41 : Dominances des différentes espèces de patelles en période printanière à El-Katara.

P. intermedia avec un taux de 17,75%. Une répartition similaire de *P. rustica* et *P. ulyssiponensis*, avec des dominances respectives de 0,96% et 1,86%. On signale l'absence de *P. vulgata* à El-Katara pour la saison du printemps (**Fig. 41**).

❖ Toche

Au niveau de la station Toche, nous avons recueilli 150 individus de Patelles, dont l'espèce dominante est incontestablement la patelle bleue *Patella caerulea* avec une dominance de 72% (**Fig. 42**). La deuxième place est occupée par *P. intermedia* avec 22% des patelles, suivi par *P. rustica* avec un taux de 4%. *P. ulyssiponensis* représente 1,33% des patelles et *P. vulgata* occupe la dernière position avec un très faible taux qui ne dépasse pas 0,67%.

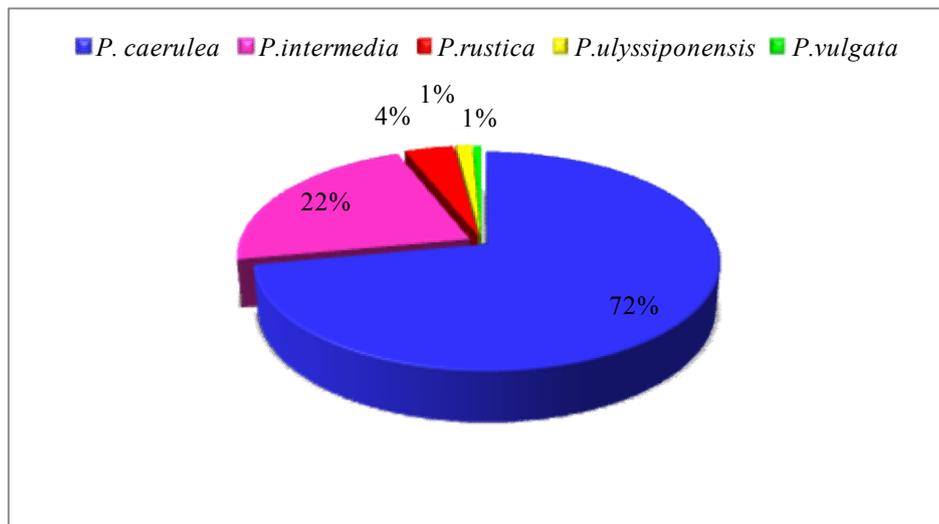


Figure 42 : Dominance des différentes espèces de Patelle en période printanière à Toche.

❖ Cap de Garde

Dans cette station nous avons récolté 61 individus appartenant à la famille des Patellidae, avec des dominances inégales (**Fig. 43**). *P. rustica* occupe la première place (45,90%), suivi par *P. caerulea* avec 32,78%, alors que la troisième place revient à *P. intermedia* avec une dominance moyenne de 13,11%. Les plus faibles taux reviennent à *P. ulyssiponensis* avec un taux de 6,55% et la dernière place revient à *P. vulgata* avec une dominance moyenne qui ne dépasse pas 1,66%.

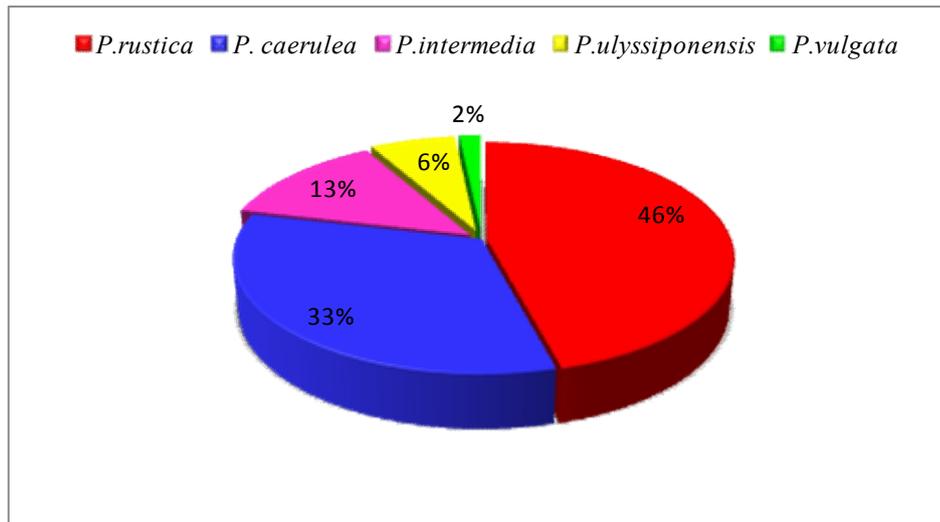


Figure 43 : Dominance des différentes espèces de Patelles en période printanière au Cap de Garde.

❖ El-Kala

Durant la période printanière dans la plage de l'emboucheur d'El-Kala nous avons récolté 295 individus appartenant à la famille des Patellidae, avec des dominances inégales (**Fig. 44**). En effet les résultats obtenus révèlent une nette dominance de *Patella rustica* avec un pourcentage de 81,35%, occupant ainsi la plus grande place, alors que la seconde place revient à *P. caerulea* avec une dominance moyenne de 9,49 %, suivi de *P. vulgata* et *P. intermedia* avec des dominances très similaires de l'ordre de 3,38 % et 3,72 % respectivement. On signale une dominance très faible de *P. ulyssiponensis* de 1,05 % et la présence de *P. nigra* uniquement au niveau de cette station avec un pourcentage de 1,01 %.

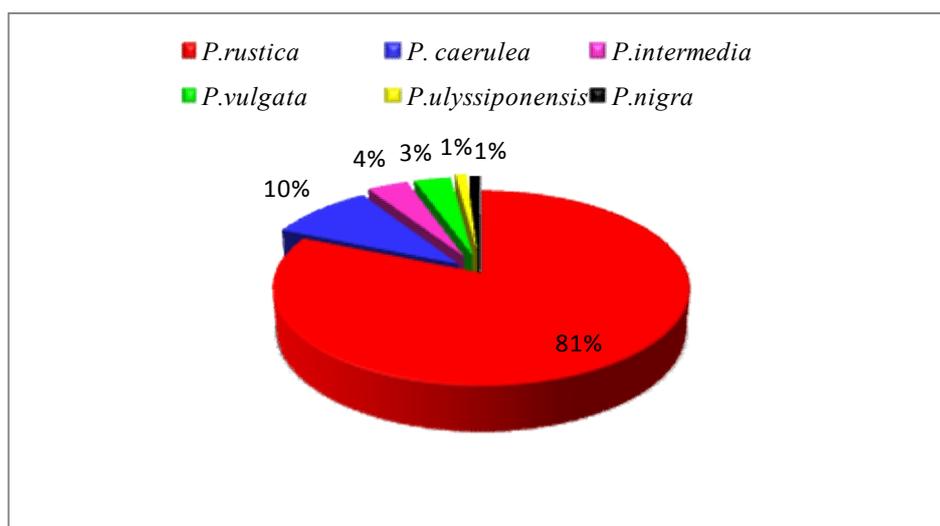


Figure 44 : Dominance des différentes espèces de Patelles en période printanière à El-Kala.

3.3.1.2 Été

❖ El-Katara

On a recueilli 51 individus appartenant à la famille des Patellidae, avec des taux inégaux entre les espèces. En effet les résultats obtenus révèlent une dominance de *Patella rustica* avec un taux de 37,25% similaire à *P. caerulea* présentant une dominance moyenne de 31,37% suivi de *P. vulgata* avec un taux de 19,62%. La plus faible dominance est représentée par *P. intermedia* et *P. ulyssiponensis* par une moyenne qui ne dépasse pas 5,88% (**Fig. 45**).

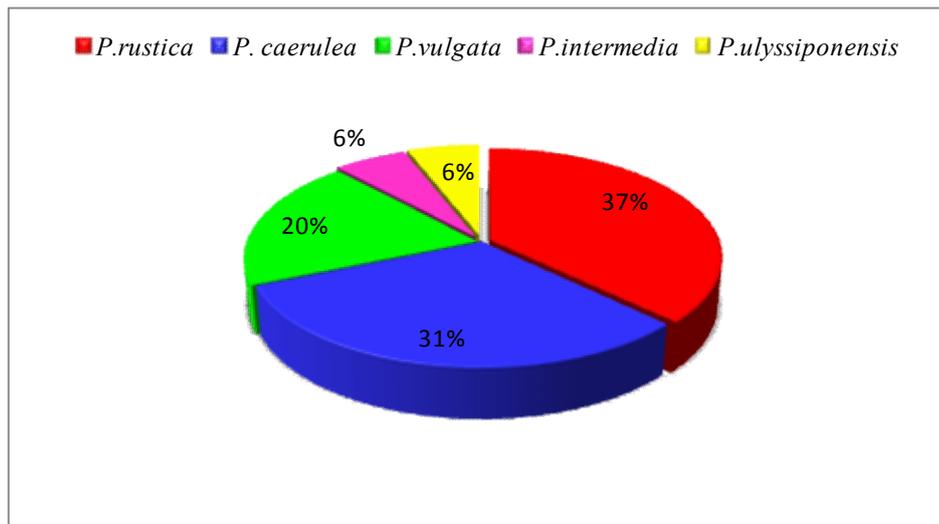


Figure 45 : Dominance des différentes espèces de Patelles en période estivale à El-Katara.

❖ Toche

Pendant la période estivale nous avons collecté 102 individus à Toche. Sur le plan dominance *P. caerulea* est incontestablement l'espèce la plus dominante présentant 51,96% du stock malacologique. *P. rustica* et *P. intermedia* ont des dominances similaires et occupent la seconde place (23,52%). Le plus faible taux revient à *P. vulgata* présentant une dominance de 1%. On signale l'absence de *P. ulyssiponensis* durant l'été au niveau de cette station (**Fig. 46**).

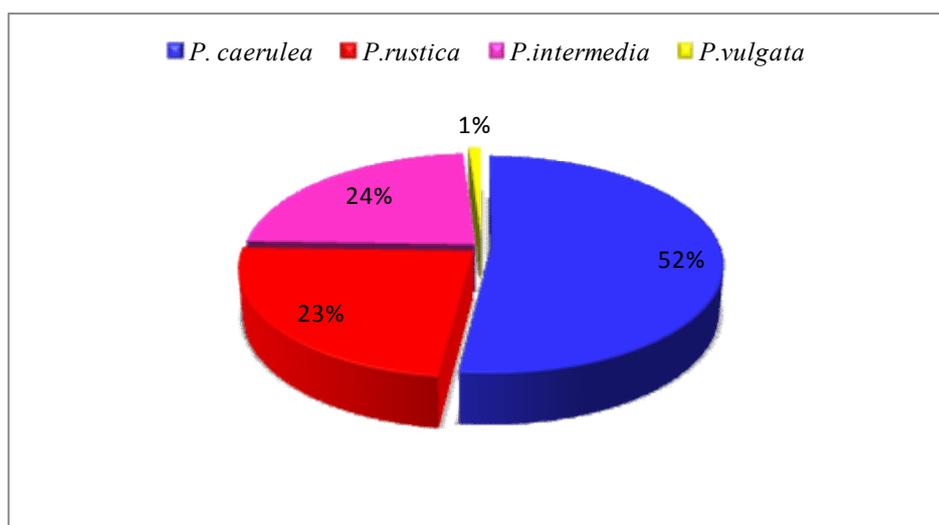


Figure 46 : Dominance des différentes espèces de Patelle en période estivale à Toche.

❖ Cap de Garde

Sur les 52 individus collectés, nous avons recensé 3 espèces uniquement. *P. rustica* prédomine avec un taux de 71% suivi par *P. vulgata* présentant 20% alors que la dominance la plus faible revient à *P. caerulea* avec un pourcentage de 9% (**Fig. 47**).



Figure 47 : Dominance des différentes espèces de Patelles en période estivale au Cap de Garde.

❖ EL-Kala

P. rustica prédomine (70,59%) le stock malacologique de 166 individus. Vient ensuite la patelle bleue *P. caerulea* avec une dominance 20,48%. La troisième place revient à *P. intermedia* avec un taux de 7,22%. Les plus faibles dominances sont attribuées à *P. vulgata* et *P. nigra* (présente sur ce site seulement) avec des taux respectifs de 1,20% et 0,60%. On signale l'absence de *P. ulyssiponensis* au niveau de la plage de l'emboucheur pendant la saison estivale (Fig. 48).

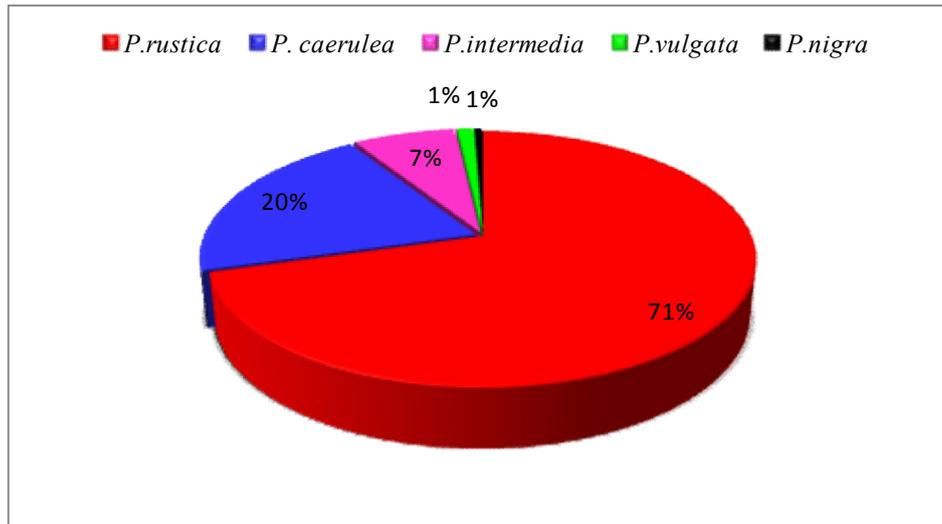


Figure 48 : Dominance des différentes espèces de Patelles en période estivale à El-Kala.

3.3.1.3. Automne

❖ El-Katara

Dans la station d'El-Katara, nous avons recueilli 156 individus appartenant à la famille des Patellidae. L'espèce dominante est *P. rustica* avec un taux de 40,01%, suivi par *P. caerulea* avec 31,69%, alors que *P. vulgata* occupe la 3^{ème} position avec une dominance moyenne de 19,90%. Les plus faibles taux reviennent à *P. intermedia* et *P. ulyssiponensis* avec des dominances moyennes de 5,3% et 3,10% respectivement (Fig. 49).

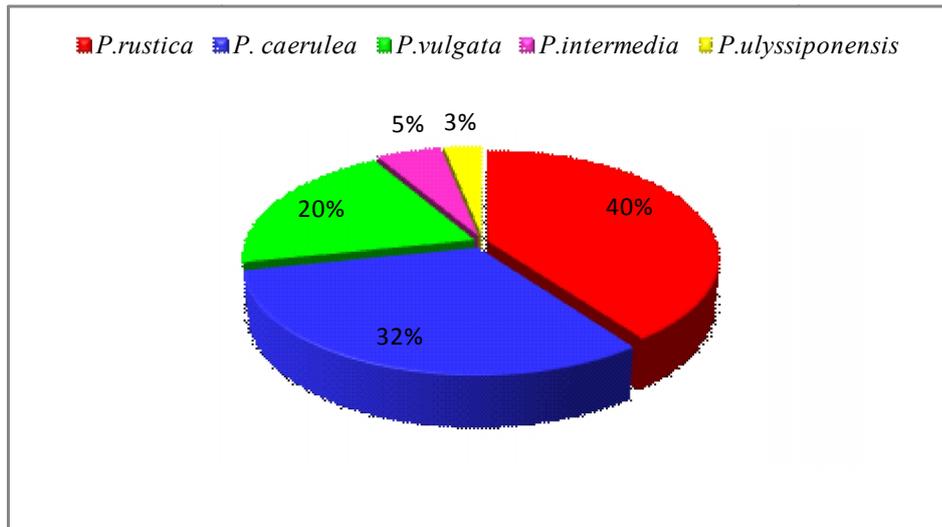


Figure 49 : Dominance des différentes espèces de Patelles en période automnale à El-Katara.

❖ Toche

On a collecté 122 individus appartenant à la famille des Patellidae au niveau de cette station. *Patella caerulea* est l'espèce caractéristique de cette station ou elle présente une dominance moyenne de 48,35% suivi par *P. rustica* avec un taux de 31,97%, et *P. vulgata* avec un taux de 12,29%. Alors que *P. intermedia* représente une dominance moyenne de 6,54% et la plus faible dominance appartient à *P. ulyssiponensis* avec une valeur de 0,85% (Fig. 50).

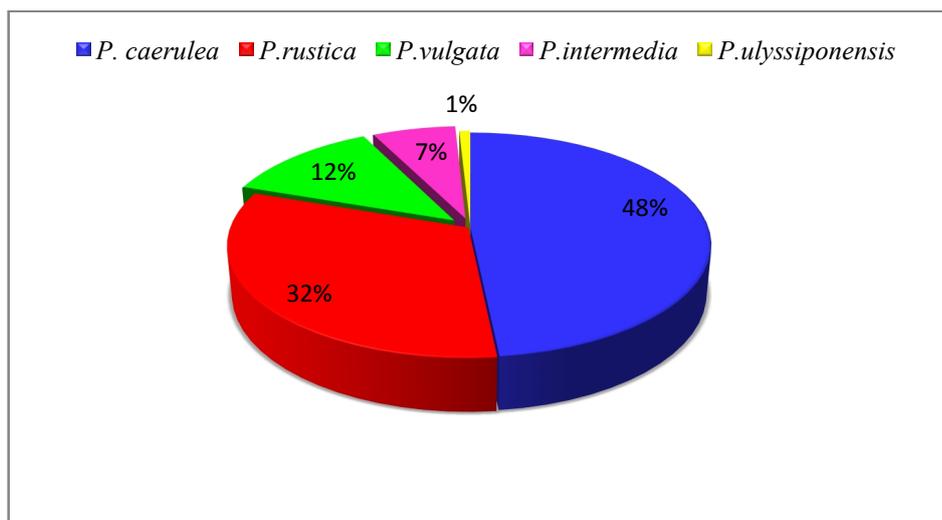


Figure 50 : Dominance des différentes espèces de Patelles en période automnale à Toche.

❖ Cap de Garde

Dans cette station nous avons récolté 110 individus appartenant à la famille des Patellidae, avec des dominances inégales (**Fig. 51**), dont *P. rustica* occupe la première place avec la moitié du stocks des patelles (52,77 %), suivi par *P. vulgata* avec 30,90 %, alors que la troisième place revient à *P. caerulea* avec une dominance moyenne de 13,63 %. Les plus faibles taux reviennent *P. intermedia* et *P. ulyssiponensis* avec des valeurs similaires de 1,80 % et 0,90 % respectivement.

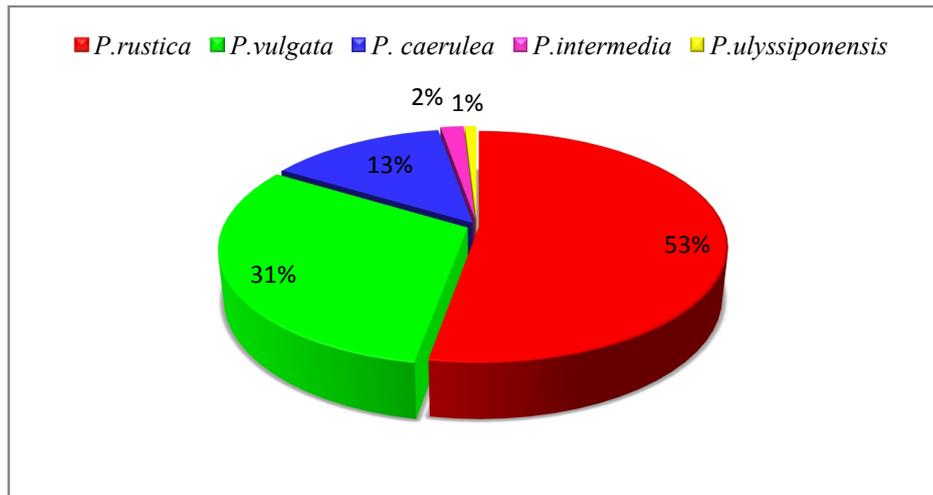


Figure 51 : Dominance des différentes espèces de Patelles en période automnale au Cap de Garde.

❖ El-Kala

Au niveau de la plage de l'emboucheur d'El-Kala nous avons collecté 180 individus, avec des répartitions inégales entre les espèces. *P. rustica* prédomine ses congénères avec une moyenne de 47,76 %, suivi par *P. vulgata* avec un taux de 23,88 %. La 3^{ème} position est occupée par *P. caerulea* présentant une dominance moyenne de 14,43 % suivi par *P. intermedia* avec un pourcentage de 8,33 %. Les plus faibles taux reviennent à *P. ulyssiponensis* et *P. nigra* avec des dominances moyenne très similaires, respectivement 2,84 % et 2,76 % (**Fig. 52**).

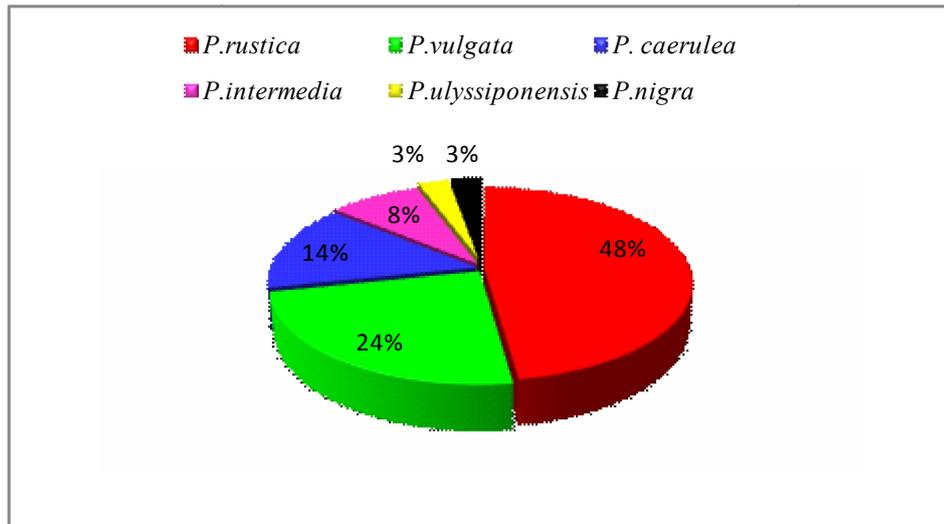


Figure 52 : Dominance des différentes espèces de patelles en période automnale à El-Kala.

3.3.1.4. Hiver

❖ El-Katara

Dans la station d'El-Katara, nous avons recueilli 102 individus appartenant à la famille des Patellidae. *P. rustica* présente 50 % des individus suivi par *P. caerulea* avec 27,45 %, alors que *P. vulgata* occupe la 3^{ème} position avec une dominance moyenne de 15,68%. On ce qui concerne les plus faibles taux, ils reviennent aux *P. intermedia* et *P. ulyssiponensis* avec des dominances moyennes de 3,92 % et 2,95 % respectivement (**Fig. 53**).

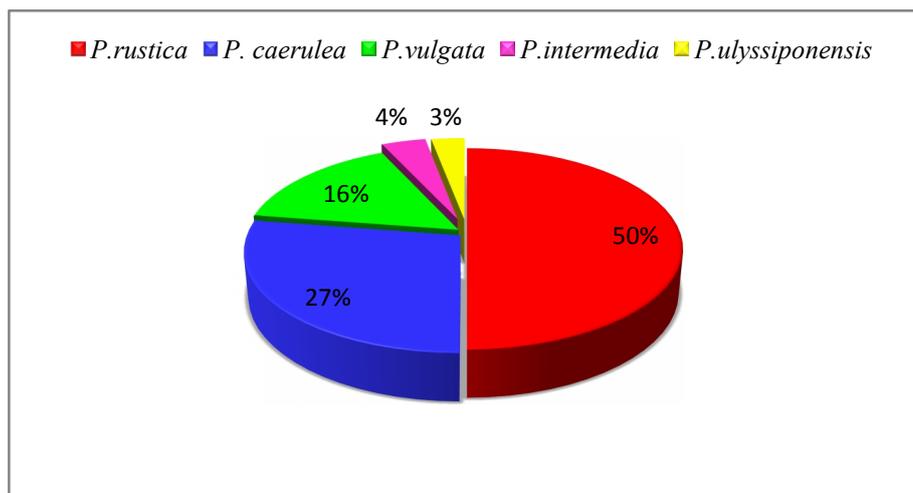


Figure 53 : Dominance des différentes espèces de Patelles en période hivernale à El-Katara.

❖ Toche

Durant la période hivernale nous avons récolté 85 individus appartenant à la famille des Patellidae dans la station de Toche, avec des dominances inégales (**Fig. 54**). *P. caerulea* occupe la première place avec une moyenne proche de la moitié des patelles (48,28 %), alors que la seconde place revient à *P. rustica* avec un pourcentage de 23,52 %, suivi par *P. intermedia* et *P. vulgata* avec des dominances de l'ordre de 17,64 % et 7,05 % respectivement. La plus faible valeur est représentée par *P. ulyssiponensis* avec une dominance moyenne de 3,56 %.

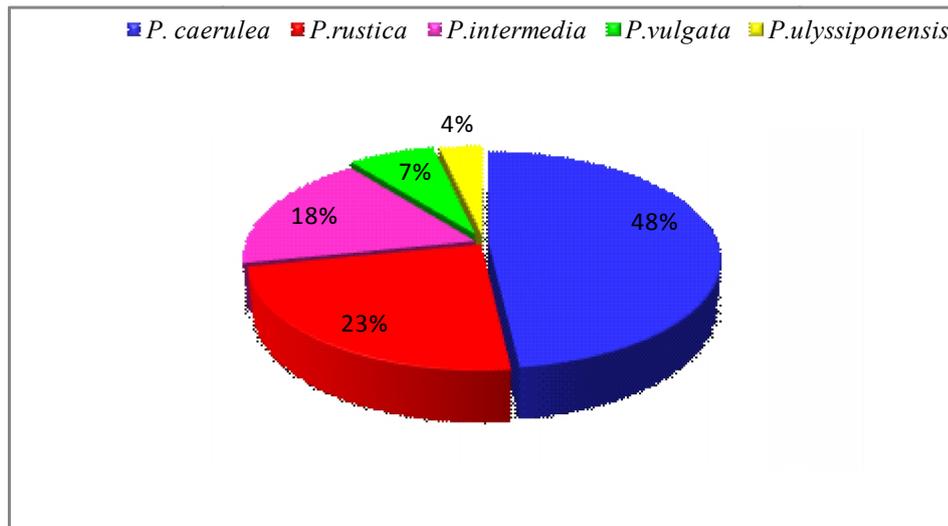


Figure 54 : Dominance des différentes espèces de Patelles en période hivernale à Toche.

❖ Cap de Garde

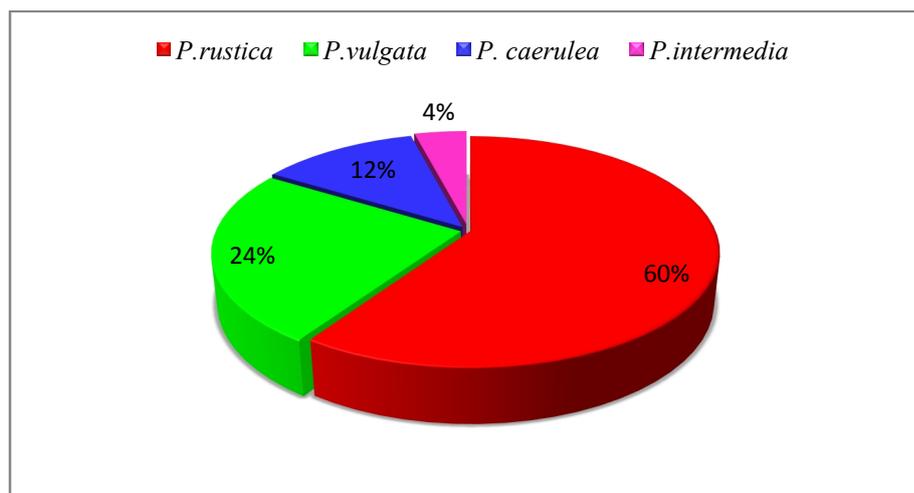


Figure 55 : Dominance des différentes espèces de Patelles en période hivernale au Cap de Garde.

Pendant la période hivernale nous avons collecté 74 individus au niveau de la station de Cap de Garde. *P. rustica* est l'espèce dominante avec plus de la moitié de la population (59,45%), suivi par *P. vulgata* avec une valeur de 24,32%. La 3^{ème} position est occupée par *P. caerulea* avec un pourcentage de 12,18%. Le plus faible taux revient à *P. intermedia* présentant une dominance de 4,05%. On signale l'absence de *P. ulyssiponensis* en hiver au niveau de cette station (**Fig. 55**).

❖ El-Kala

Durant la période hivernale dans la plage de l'emboucheur d'El-Kala nous avons récolté 230 individus appartenant à la famille des Patellidae, avec des dominances inégales entre les espèces (**Fig. 56**). En effet les résultats obtenus révèlent une dominance de *P. rustica* avec un pourcentage de 54,78%, occupant ainsi plus que la moitié des Patellidae, alors que la seconde place revient à *P. vulgata* avec une dominance moyenne de 31,30%, suivi par *P. caerulea* et *P. intermedia* avec des dominances de l'ordre de 7,82% et 3,91% respectivement. La dernière place est occupée par *P. ulyssiponensis* et *P. nigra* avec des dominances très faibles et similaires de l'ordre de 1,30% et 0,89% respectivement.

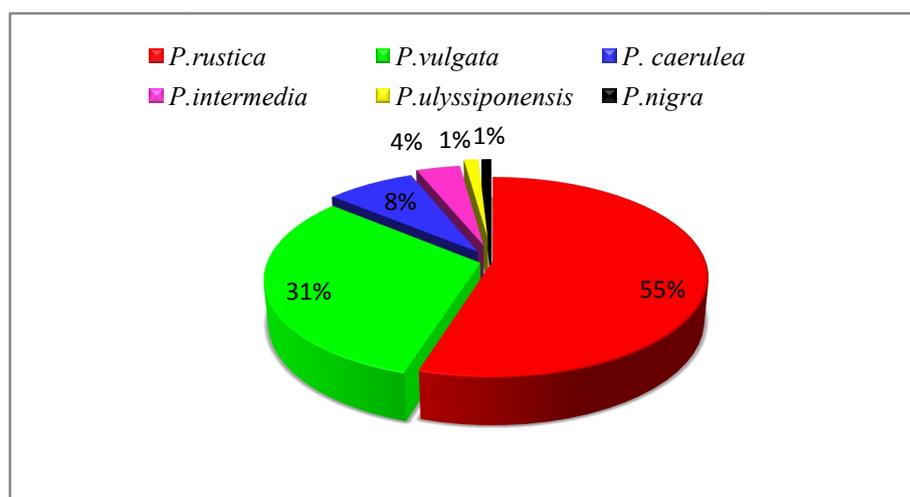


Figure 56 : Dominance des différentes espèces de Patelles en période hivernale à El-Kala.

3.3.2. Variation Annuelle

❖ El-Katara

On a recueilli 416 individus appartenant à la famille des Patellidae pendant la période d'études, avec des taux inégaux entre les espèces. Les résultats obtenus ont mis en évidence une dominance de *P. caerulea* avec un taux de 43,26 %. La 2^{ème} place revient à *P. rustica* avec une dominance moyenne de 27,64 %, suivi par *P. vulgata* avec 15,86 %. *P. intermedia*

représente 9,37 % de la population, alors que la plus faible dominance est présentée par *P. ulyssiponensis* par un pourcentage de 3,87% (**Fig. 57**).

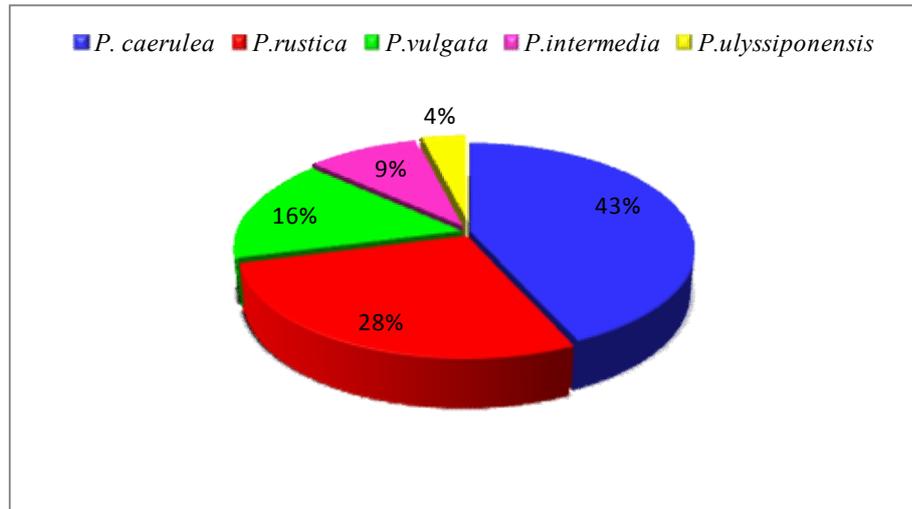


Figure 57 : Dominance annuelle des différentes espèces de Patelles à El-Katara.

❖ Toche

Pendant la période d'étude nous avons collecté 459 individus à Toche. Les résultats obtenus ont mis en évidence une forte dominance de *P. caerulea* avec un taux qui dépasse l'ensemble de stock des patelles (56,86 %), suivi par *P. rustica* avec une valeur de 19,38 % et *P. intermedia* par une dominance moyenne de 13,41 %. Alors que *P. vulgata* occupe la 4^{ème} place avec un pourcentage de 8,01 %. La plus faible valeur revient à *P. ulyssiponensis* (Dm = 2,34 %), (**Fig. 58**).

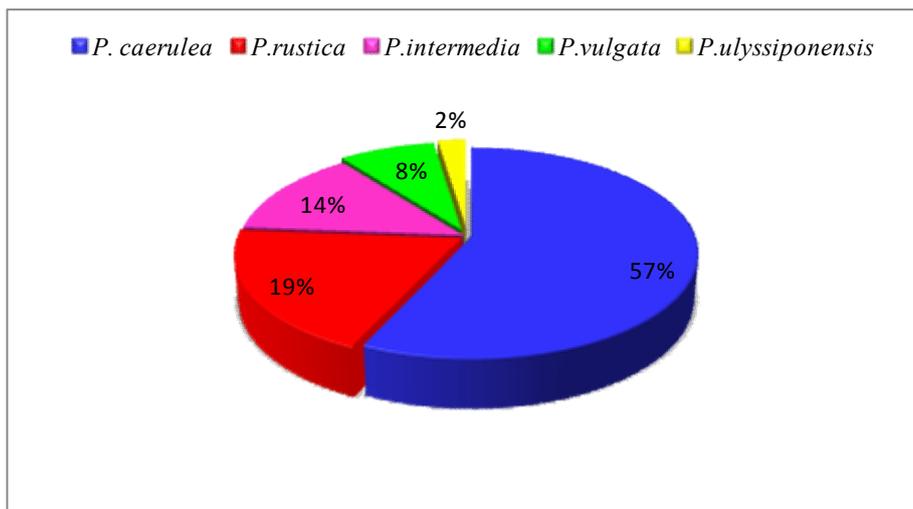


Figure 58 : Dominance annuelle des différentes espèces de Patelles à Toche.

❖ Cap de Garde

Durant la période d'étude nous avons collecté 297 individus au niveau de la station de Cap de Garde. *P. rustica* est incontestablement l'espèce la plus dominante présentant 56,22 % des patelles. La 2^{ème} place revient à *P. vulgata* (Dm = 21,54 %), suivi par *P. caerulea* avec un taux de 16,18 %. Alors que *P. intermedia* et *P. ulyssiponensis* sont similaires et représente le plus faible pourcentage (Dm = 3,03 %) (Fig. 59).

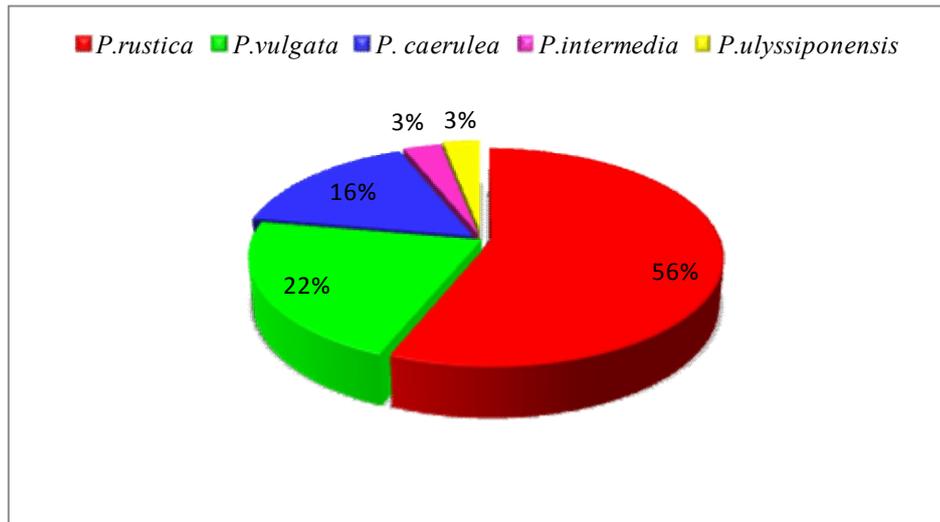


Figure 59 : Dominance annuelle des différentes espèces de Patelles au Cap de Garde.

❖ El-Kala

Durant la période d'étude nous avons récolté 871 individus appartenant à la famille des

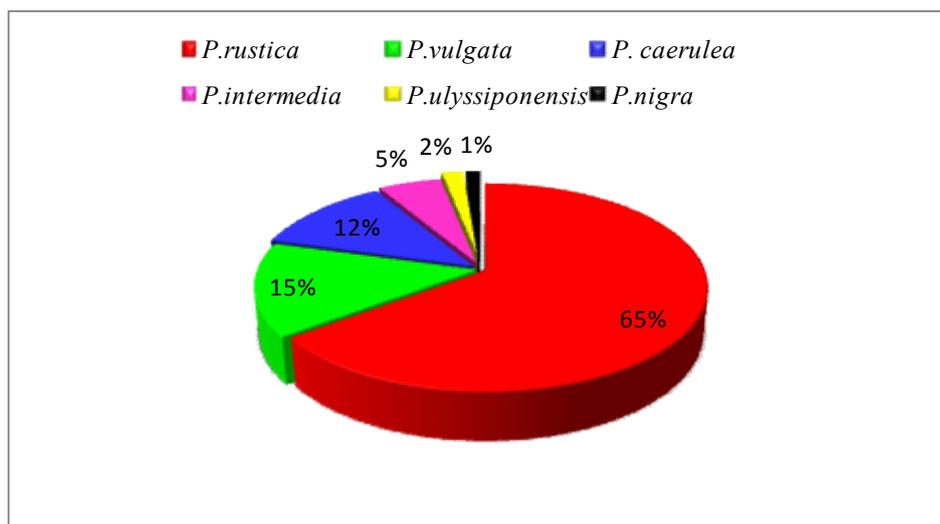


Figure 60 : Dominance annuelle des différentes espèces de Patelles à El-Kala.

Patellidae dans la plage de l'emboucheur d'El-Kala, avec des dominances inégales entre les espèces (**Fig. 60**). En effet les résultats obtenus révèlent une dominance de *Patella rustica* avec un pourcentage de 64,75 %, occupant ainsi plus que la moitié des Patellidae, alors que la seconde place revient à *P. vulgata* avec une dominance moyenne de 14,58 %, suivi par *P. caerulea* et *P. intermedia* avec des dominances de l'ordre de 12,16 % et 5,39 % respectivement. La dernière place est occupée par *P. ulyssiponensis* et *P. nigra* avec des dominances très faibles et similaires de l'ordre de 1,86% et 1,26 % respectivement.

4. Relation taille-poids

Les résultats de l'estimation de la croissance relative de *P. caerulea* par l'application de l'équation allométrique reliant la longueur totale au poids total sont consignés dans le tableau 9. $Pt = 3,160 Lt^{-4,080}$

Tableau 9: Équation de régression logarithmique de la longueur totale (Lt) et le poids total (Pt), chez *P. caerulea* dans les stations prospectées.

Site	X	Y	Equation biométrique	R ²	Relation biométrique	Seuil de signification
El-Kala	Longueur	Poids	$Pt = -3,907 Lt^{2,989}$	0,96	Allométrie minorante	0,000***
El-Katara	Longueur	Poids	$Pt = -4,231 Lt^{3,208}$	0,95	Allométrie majorante	0,000***
Toche	Longueur	Poids	$Pt = -4,245 Lt^{3,223}$	0,96	Allométrie majorante	0,000***
Cap de Garde	Longueur	Poids	$Pt = -4,080 Lt^{3,160}$	0,95	Allométrie majorante	0,000***

❖ El-Katara

Chez les *caerulea* prélevée dans cette station, la croissance relative estimée par l'équation reliant la longueur totale au poids total, montre l'existence d'une excellente corrélation avec un coefficient de détermination $R^2 = 0,95$. On signale une allométrie majorante ($b > 3$), qui fait ressortir que le poids croît plus vite que la longueur, l'analyse de la variance révèle une différence très hautement significative ($P \leq 0,001$) entre la longueur totale et le poids total (**Tab. 9, Fig. 61**).

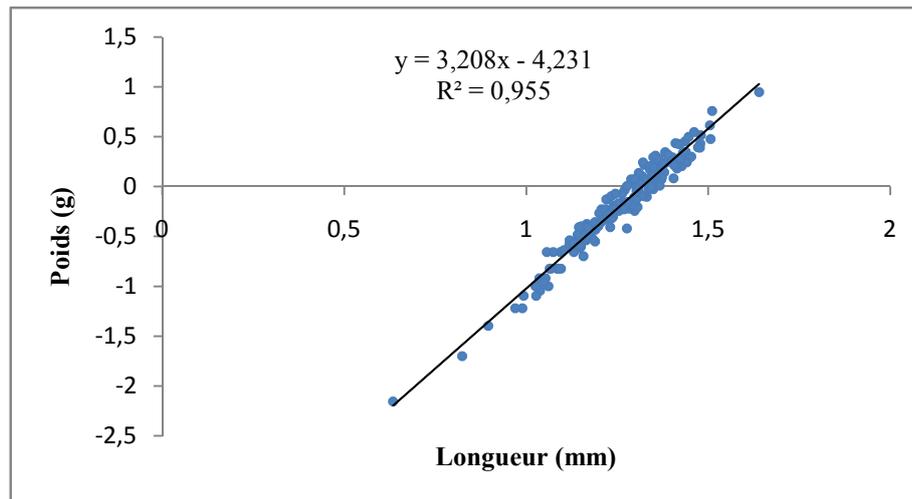


Figure 61 : Régression entre la longueur totale et le poids total chez *P. caerulea* à El-Katara.

❖ Toche

Chez les *caerulea* prélevée dans cette station, la croissance relative estimée par l'équation reliant la longueur totale au poids total, montre l'existence d'une excellente corrélation avec un coefficient de détermination $R^2 = 0,96$. On signale une allométrie majorante ($b > 3$), qui fait ressortir que le poids croît plus vite que la longueur, l'analyse de la variance révèle une différence très hautement significative ($P \leq 0,001$) entre la longueur totale et le poids total (**Tab. 9, Fig. 62**).

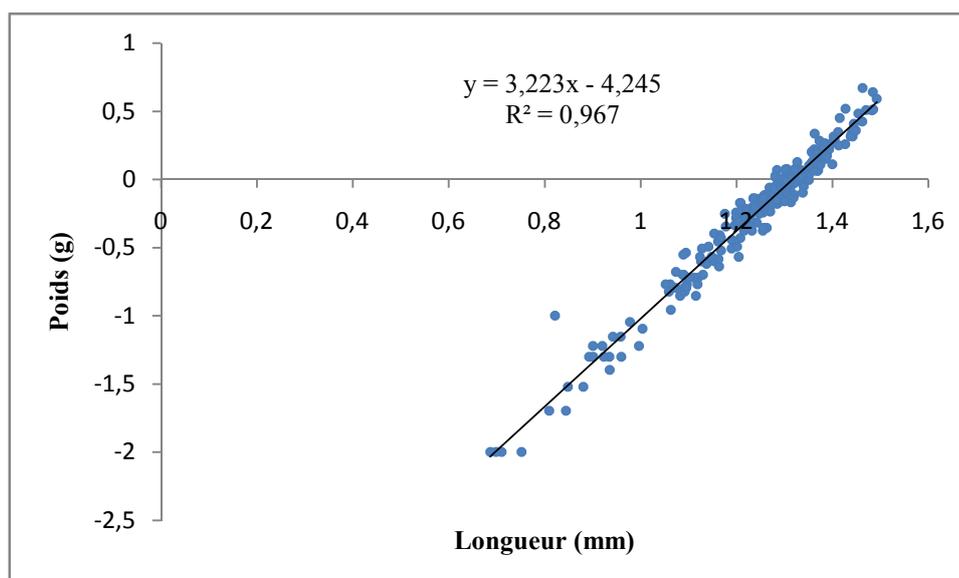


Figure 62 : Régression entre la longueur totale et le poids total chez *P. caerulea* à Toche.

❖ Cap de Garde

Chez les *caerulea* prélevée dans cette station, la croissance relative estimée par l'équation reliant la longueur totale au poids total, montre l'existence d'une excellente corrélation avec un coefficient de détermination $R^2 = 0,95$. On signale une allométrie majorante ($b > 3$), qui fait ressortir que le poids croît plus vite que la longueur, l'analyse de la variance révèle une différence très hautement significative ($P \leq 0,001$) entre la longueur totale et le poids total (Tab. 9, Fig. 63).

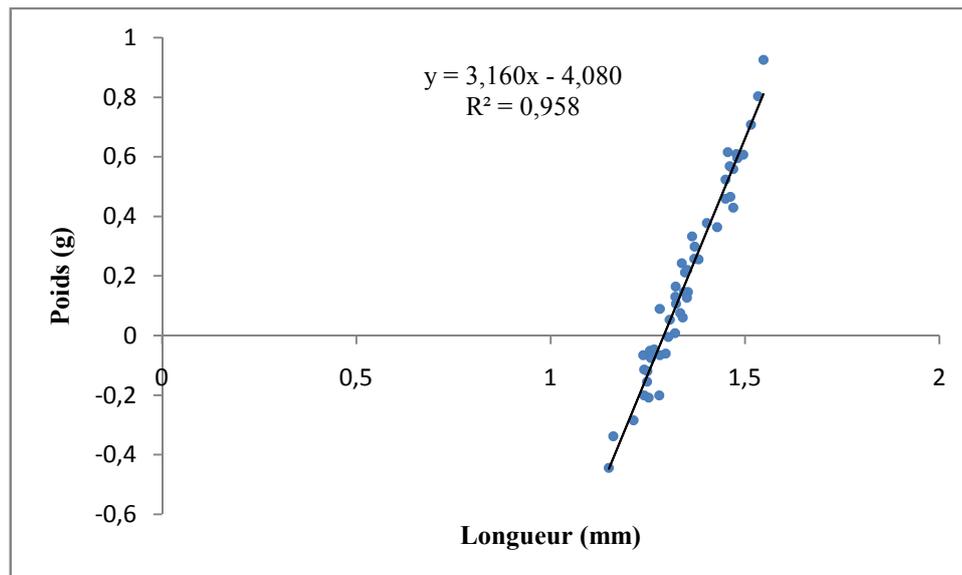


Figure 63 : Régression entre la longueur totale et le poids total chez *P. caerulea* au Cap de Garde.

❖ El-Kala

Chez les *caerulea* prélevée à El-Kala, la croissance relative estimée par l'équation reliant la longueur totale au poids total, montre l'existence d'une excellente corrélation avec un coefficient de détermination $R^2 = 0,96$. On signale une allométrie minorante ($b < 3$), qui fait ressortir que le poids croît moins vite que la longueur, l'analyse de la variance révèle une différence très hautement significative ($P \leq 0,001$) entre la longueur totale et le poids total (Tab. 9, Fig. 64).

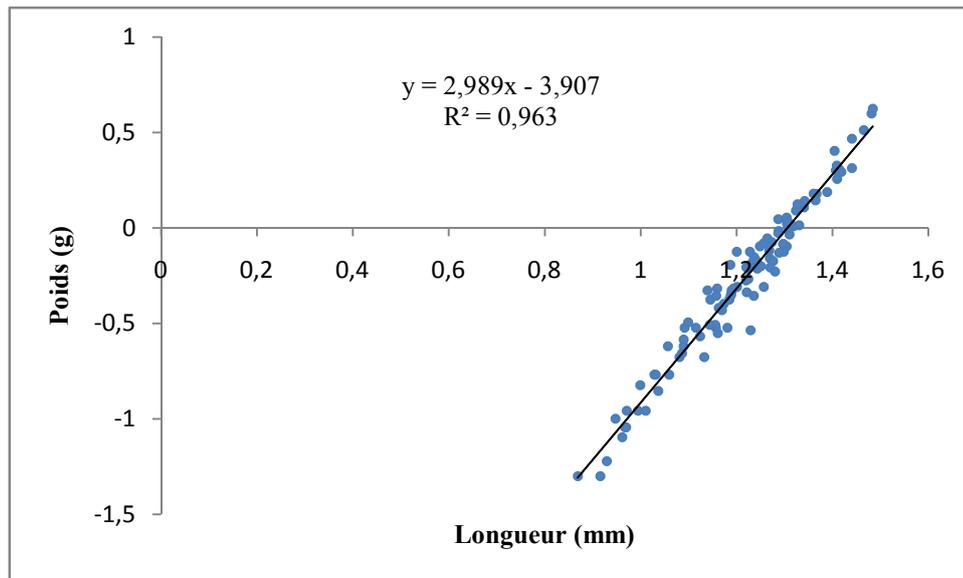


Figure 64 : Régression entre la longueur totale et le poids total chez *P. caerulea* à El-Kala.

5. Biomarqueurs

5.1. L'acétylcholinestérase

L'activité enzymatique de l'AChE est déterminée selon la méthode d'Ellman *et al.* (1961) au niveau de la tête des *P. caerulea*.

Les résultats de l'estimation de l'activité spécifique de l'AChE sont présentés dans la figure 65. Il en ressort que l'activité de l'AChE passe de $50,51 \pm 0,45$ ($\mu\text{m}/\text{min}/\text{mg}$ de protéines) chez les patelles de la région témoin (El-Kala) le mois d'avril à $1,72 \pm 0,24$ ($\mu\text{m}/\text{min}/\text{mg}$ de protéines) dans la station de Toche en mois d'octobre (**Fig. 65**).

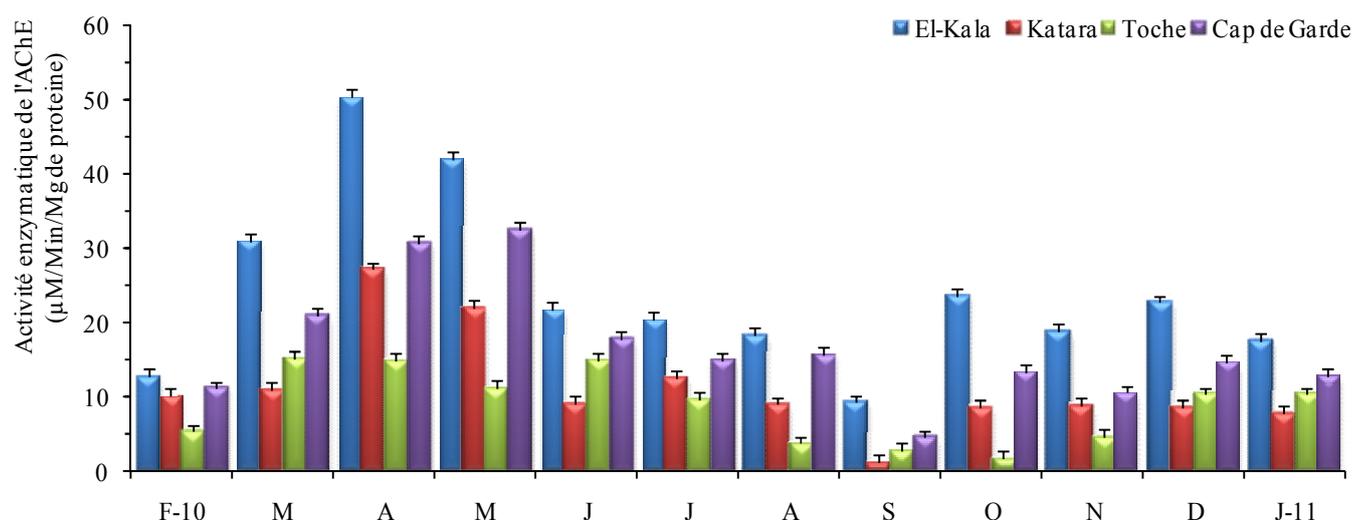


Figure 65 : Variations spatio-temporelles de l'activité spécifique de l'AChE ($\mu\text{mol}/\text{min}/\text{mg}$ de protéine) au niveau de la tête des patelles durant la période de février 2010 à janvier 2011 (N=6).

L'analyse de la variance à deux critères de classification (station, mois) (**Tab.10**), révèle une différence très hautement significative facteur temps et station et l'interaction temps/stations ($P \leq 0,001$).

Tableau 10: Analyse de la variance à deux critères de classification (station, mois) de l'Activité spécifique de l'AChE des Patelles dans les quatre stations durant la période d'étude (N = 6).

Sources de variation	DDL	SCE	CM	F obs.	P
Stations	11	14460,43	1314,58	7996,45	0,000***
Mois	3	9947,40	3315	20169,59	0,000***
Station*Mois	33	3869,19	117,25	713,21	0,000***
Erreur	240	39,46	0,16		
Totale	287	28316,47			

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 ($P \leq 0,001$) entre les quatre stations pendant toute la période d'étude. Alors que le test de Tukey révèlent que chaque station regroupe une classe à part au cours de la période d'étude à l'exception de mois de février où les stations El-Katara et Toche forme une seule classe B. Les résultats du classement sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 11: Analyse de la variance à un seul critère de classification (site) en fonction des mois (N = 6), (1 El-Kala, 2 El-Katara, 3 Toche, 4 Cap de Garde) de l'ACHE.

Mois	DDL	Fobs	P	Tukey
Février	11	214,53	0,000***	1[A] - 2-3 [B] - 4 [C]
Mars	11	2110,81	0,000***	1[A] - 2[B] - 3[C] - 4[D]
Avril	11	9676,41	0,000***	1[A] - 2[B] - 3[C] - 4[D]
Mai	11	5061,08	0,000***	1[A] - 2[B] - 3[C] - 4[D]
Juin	11	360,33	0,000***	1[A] - 2[B] - 3[C] - 4[D]
Juillet	11	611,24	0,000***	1[A] - 2[B] - 3[C] - 4[D]
Aout	11	873,18	0,000***	1[A] - 2[B] - 3[C] - 4[D]
Septembre	11	167571,68	0,000***	1[A] - 2[B] - 3[C] - 4[D]
Octobre	11	10937,40	0,000***	1[A] - 2[B] - 3[C] - 4[D]
Novembre	11	7363,15	0,000***	1[A] - 2[B] - 3[C] - 4[D]
Décembre	11	5789,43	0,000***	1[A] - 2[B] - 3[C] - 4[D]
Janvier	11	4042,76	0,000***	1[A] - 2[B] - 3[C] - 4[D]

Pour la variation saisonnière de l'ACHE, l'analyse de la variance à un seul critère de classification révèle une différence très hautement significatives ($P \leq 0,001$) entre les quatre saisons et les quatre stations prospectées pendant la période d'étude (Annexe 1: tableau 23-31). Les résultats de classement des groupes homogènes du test HSD de Tukey sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau 12 : Variation saisonnière de l'activité spécifique de l'AChE ($\mu\text{m}/\text{min}/\text{mg}$ de protéines) des patelles dans la zone d'étude (N= 18, pour les saisons les moyennes suivies d'une même lettre en majuscule ne sont pas significativement différentes, alors que pour les sites les moyennes suivies d'une même lettre en minuscule ne sont pas significativement ($P \geq 0,05$) différentes).

Saison	El-Kala	El-Katara	Toche	Cap de Garde
Printemps	41,17 \pm 8,18 a	19,976 \pm 7,01 b	13,686 \pm 1,95 c	27,971 \pm 5,23 d
	A	A	A	A
Été	20,104 \pm 1,60 a	10,174 \pm 1,76 c	9,332 \pm 4,73 c	16,070 \pm 1,40 b
	B	B	B	B
Automne	17,253 \pm 6,26 a	6,133 \pm 3,64 b c	3,015 \pm 1,20 c	9,342 \pm 3,78 b
	B	C	C	C
Hiver	17,581 \pm 4,19 a	8,761 \pm 1,16 c	8,560 \pm 2,46 c	12,750 \pm 1,49 b
	A	C	C	B

Les résultats de l'analyse de la variance à deux critères de classification (saison, site) sont présentés dans l'annexe 1: tableau 43.

5.2. La Glutathion S-transférase

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

Les valeurs moyennes de l'activité enzymatique de la GST montrent une valeur minimale de $33,6 \pm 3,15$ ($\mu\text{m}/\text{min}/\text{mg}$ de protéines) au mois de janvier au niveau de la plage de l'embouchure à El-Kala, et une valeur maximale de $476,95 \pm 4,88$ ($\mu\text{m}/\text{min}/\text{mg}$ de protéines) à El-Katara le mois de novembre (**Fig. 66**).

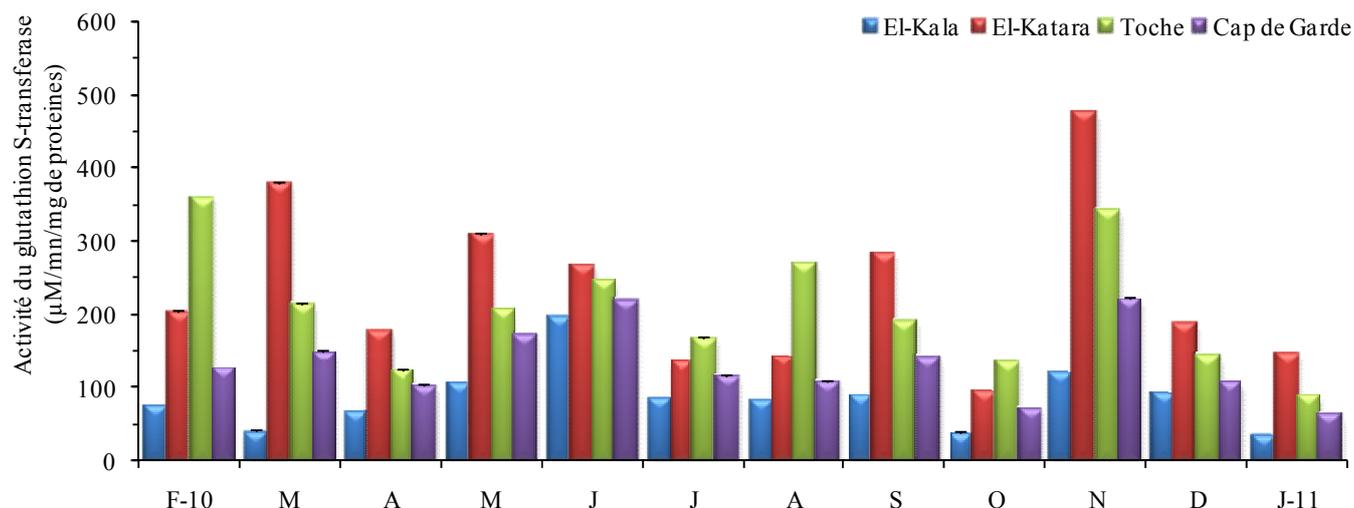


Figure 66 : Variations spatio-temporelles de l'activité enzymatique de la GST ($\mu\text{mol}/\text{min}/\text{mg}$ de protéine) au niveau de la tête des patelles durant la période de février 2010 à janvier 2011 (N=6).

L'analyse de la variance à deux critères de classification (station, mois) (**Tab. 13**), révèle une différence très hautement significative facteur temps et station et l'interaction temps/ stations ($P \leq 0,001$).

Tableau 13: Analyse de la variance à deux critères de classification (station, mois) de l'Activité enzymatique de la GST des Patelles dans les quatre stations durant la période d'étude (N = 6).

Sources de variation	DDL	SCE	CM	F obs.	P
Stations	11	990658	330219	31123,29	0,000***
Mois	3	992511	90228	8504,05	0,000***
Station*Mois	33	627168	19005	1791,24	0,000***
Erreur	240	2546	11		
Totale	287	2612883			

En tenant compte des mois, et d'après les résultats de l'analyse de la variance à un seul critère de classification (**Tab. 14**), on note qu'il y'a une différence très hautement significatives ($P \leq 0,001$) entre les quatre stations pendant toute la période d'étude. Alors que

le test de Tukey révèlent que chaque station regroupe une classe à part durant tout la période d'étude. Les résultats du classement sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 14 : Analyse de la variance à un seul critère de classification (site) en fonction des mois (N = 6), (1 El-Kala, 2 El-Katara, 3 Toche, 4 Cap de Garde) de la GST.

Mois	DDL	Fobs	P	Tukey
Février	11	6554,54	0,000***	1[A] - 2[B] - 3[C] - 4[D]
Mars	11	10862,93	0,000***	1[A] - 2[B] - 3[C] - 4[D]
Avril	11	1664,77	0,000***	1[A] - 2[B] - 3[C] - 4[D]
Mai	11	3833,09	0,000***	1[A] - 2[B] - 3[C] - 4[D]
Juin	11	563,64	0,000***	1[A] - 2[B] - 3[C] - 4[D]
Juillet	11	720,36	0,000***	1[A] - 2[B] - 3[C] - 4[D]
Aout	11	5734,16	0,000***	1[A] - 2[B] - 3[C] - 4[D]
Septembre	11	2646,35	0,000***	1[A] - 2[B] - 3[C] - 4[D]
Octobre	11	778,39	0,000***	1[A] - 2[B] - 3[C] - 4[D]
Novembre	11	7885,09	0,000***	1[A] - 2[B] - 3[C] - 4[D]
Décembre	11	3062,94	0,000***	1[A] - 2[B] - 3[C] - 4[D]
Janvier	11	2006,86	0,000***	1[A] - 2[B] - 3[C] - 4[D]

En ce qui concerne la variation saisonnière de la GST, l'analyse de la variance à un seul critère de classification révèle une différence très hautement significatives ($P \leq 0,001$) entre les quatre saisons et les quatre stations prospectées pendant la période d'étude (Annexe 1: tableau 32 - 40). Alors que les résultats de classement des groupes homogènes du test de Tukey sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau 15 : Variation saisonnière de l'activité enzymatique de la GST ($\mu\text{m}/\text{min}/\text{mg}$ de protéines) des patelles dans la zone d'étude (N= 18, pour les saisons les moyennes suivies d'une même lettre en majuscule ne sont pas significativement différentes, alors que pour les sites les moyennes suivies d'une même lettre en minuscule ne sont pas significativement ($P \geq 0,05$) différentes).

Saison	El-Kala	El-Katara	Toche	Cap de Garde
Printemps	73,22±26,54 c B	283,21±88,64 a A	181,78±42,44 b A	141,23±29,78 b A
Été	122,49±54,87 c A	181,96±61,99 a b B	227,55±45,05 a A	147,24±51,44 b c A
Automne	82,03±34,48 c B	284,38±161,15 a A	222,27±90,43 a b A	143,81±63,32 bc A
Hiver	66,64±24,73 b B	178,67±24,94 a B	196,33±119,57 a A	98,03±27,15 b B

Les résultats de l'analyse de la variance à deux critères de classification (saison, site) sont présentés dans l'annexe 1: tableau 52.

Les tests de corrélation entre les paramètres physico-chimiques et les biomarqueurs révèlent que seule la salinité affecte l'activité spécifique de l'AChE (Annexe 1 : tableau 41).

6. Accumulation des métaux

A la différence de la plupart des contaminants organiques, les métaux lourds sont des constituants naturels dans les roches et dans les gisements minéraux. Ainsi, normalement ces éléments sont présents à de faibles teneurs (à l'état de traces, moins de 0.1%) dans les sols, les sédiments, les eaux de surface et les organismes vivants (Alloway et Ayres, 1997 ; Callender, 2003), ce qui explique leur dénomination de « métaux traces » ou « éléments traces métalliques » (ETM). Ces faibles concentrations en métaux lourds constituent le fond géochimique d'un certain environnement. Selon Callender (2003), les métaux lourds sont ceux dont la densité est supérieure à 5.

❖ Le cuivre (Cu)

On signale une présence de ce métal chez les individus de *P. caerulea* récoltés dans toute la zone d'étude. Notant que les patelles du Cap de Garde accumulent la concentration la plus élevée (6,1 $\mu\text{g/g}$ de poids sec), et on enregistre les plus faibles teneurs dans les individus d'El-Kala (3,33 $\mu\text{g/g}$ de poids sec) (**Fig. 67**).

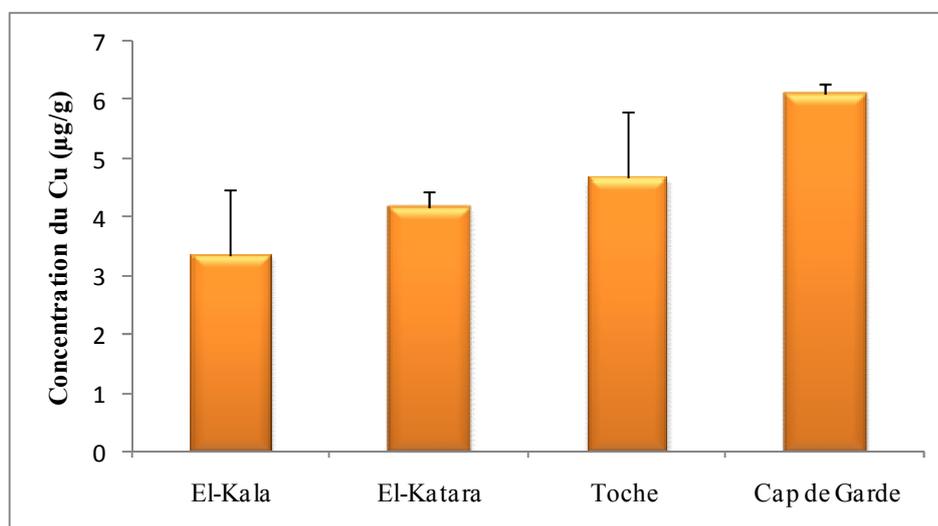


Figure 67: Variation de la concentration du Cu dans la chair de *P. caerulea* dans les différents sites d'échantillonnage.

L'analyse de la variance à un critère de classification (station) (**Tab.16**), révèle une différence significative de l'accumulation du Cu dans la chair des patelles dans les différentes stations prospectées ($P \leq 0,05$). Les résultats du test du Tukey sont présentés dans le tableau 19.

Tableau 16: Analyse de la variance à un critère de classification (station) de l'accumulation du Cu dans la chair des patelles (N = 3).

Sources de variation	DDL	SCE	CM	F obs.	P
Factorielle	3	12,127	4,042	5,82	0,021*
Résiduelle	8	5,560	0,695		
Totale	11	17,687			

❖ Le fer (Fe)

Le dosage du fer chez *P. caerulea* récoltées dans les différentes stations, affiche des concentrations qui varient entre 155,66 et 155 $\mu\text{g/g}$ de poids sec à El-Kala et Cap de Garde, alors qu'au niveau d'El-Katara et Toche on enregistre des teneurs de l'ordre de 153 et 153,33 $\mu\text{g/g}$ de poids sec respectivement (**Fig. 68**).

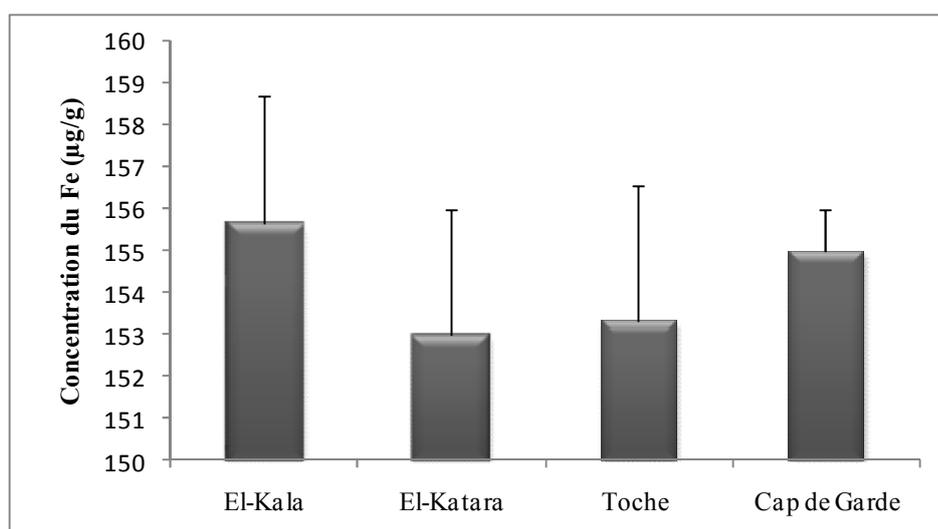


Figure 68 : Variation de la concentration du Fe dans la chaire de *P. caerulea* dans les différents sites d'échantillonnage.

L'analyse de la variance à un critère de classification (station) (**Tab. 17**), révèle qu'il n'existe pas de signification de l'accumulation du Fe dans la chaire des patelles dans les différentes stations prospectées ($P \geq 0,05$). Ces résultats sont parfaitement corrélés avec le test de Tukey (**Tab. 19**).

Tableau 17: Analyse de la variance à un critère de classification (station) de l'accumulation du Fe dans la chaire des patelles (N= 3).

Sources de variation	DDL	SCE	CM	F obs.	P
Factorielle	3	14,92	4,97	0,67	0,594 N.S
Résiduelle	8	59,33	7,42		
Totale	11	74,25			

❖ Le Chrome (Cr)

Les concentrations du chrome affichent des valeurs similaires chez les *P. caerulea* récoltées au niveau des quatre stations. En effet, les concentrations passent de 16,52 µg/g de poids sec à El-Katara à 14,56 µg/g de poids sec à Toche (**Fig. 69**).

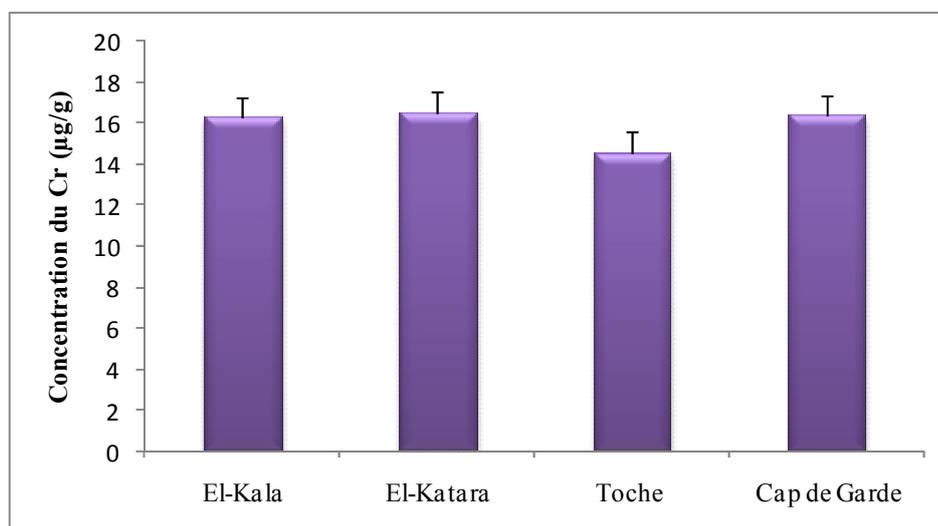


Figure 69 : Variation de la concentration du Cr dans la chaire de *P. caerulea* dans les différents sites d'échantillonnage.

L'analyse de la variance à un critère de classification (station) (**Tab. 18**), révèle qu'il n'existe pas de signification de l'accumulation du Cr dans la chaire des patelles dans les différentes stations prospectées ($P \geq 0,05$). Ces résultats sont parfaitement corrélés avec le test de Tukey (**Tab. 19**).

Tableau 18: Analyse de la variance à un critère de classification (station) de l'accumulation du Fe dans la chaire des patelles (N = 3).

Sources de variation	DDL	SCE	CM	F obs.	P
Factorielle	3	7,658	2,553	3,47	0,071 N.S
Résiduelle	8	5,885	0,736		
Totale	11	13,543			

Sur l'ensemble des patelles récoltées des quatre stations prospectées on enregistre une accumulation croissante des trois métaux étudiés dans l'ordre suivant : Cu < Cr < Fe.

Tableau 19 : Concentration des métaux ($\mu\text{g/g}$ de poids sec) dans la chaire de *P. caerulea* au niveau des quatre stations prospectées.

	El-Kala	El-Katara	Toche	Cap de Garde
Cu	3,33 \pm 1,15 b	4,16 \pm 0,28 ab	4,66 \pm 1,15 ab	6,1 \pm 0,17 b
Fe	155,66 \pm 3,05 a	153 \pm 3 a	153,33 \pm 3,21 a	155 \pm 1 a
Cr	16,07 \pm 0,27 a	16,52 \pm 0,06 a	14,56 \pm 1,64 a	16,37 \pm 0,39 a

DISCUSSION

*« Il ne suffit pas de dire : je me suis trompé ; il faut dire
comment on s'est trompé »*

Claude Bernard, physiologiste français.

CHAPITRE V : DISCUSSION

1. Paramètres physico-chimiques

La température est un facteur écologique qui conditionne la répartition des organismes aquatiques. En effet, elle revêt une importance capitale directement dans l'activité métabolique des organismes, ou indirectement en modifiant les facteurs écologiques du milieu et par conséquent leur répartition biogéographique (Rodier, 1984).

Les valeurs thermiques des eaux affichent des variations similaires dans l'ensemble des stations de suivi et fait ressortir l'existence de deux période bien distinctes. Une période chaude allant de mois de février au mois d'aout avec un maximum de 26,80°C relevé à El-Katara le mois d'aout, et l'autre froide qui s'étale d'aout au mois de février avec un minimum de 14,60°C enregistré le mois de février au Cap de Garde. 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). A Oran et Mostaganem la température varie entre 12 et 30°C (Remili & Kerfouf, 2013). Les fluctuations de ce paramètre sont en relation avec les conditions climatiques locales et plus particulièrement avec la température de l'air.

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). Les variations halines dans la zone d'étude font ressortir des fluctuations saisonnières en relation directe avec les variations climatiques de la région. En effet, le suivi temporel de ce facteur, met en évidence : une phase haline croissante de février à septembre en relation directe avec la période sèche et chaude englobant la saison estivale et une phase haline décroissante de septembre à février, coïncidant avec la période humide. Des constatations similaires ont été rapportées par Khélifi-Touhami *et al* (2007), mais avec des extrêmes plus faibles (36,50 et 36,60 psu), alors qu'on a enregistré une valeur maximale de l'ordre de 37,70 psu le mois de septembre à El-Kala et une valeur minimal de l'ordre de 36,40 psu durant les mois de décembre 2010 et janvier 2011 au niveau de la station d'El-Katara. Par ailleurs, dans le littoral oranais on a enregistré des fluctuations qui varient entre 36,17 et 37,67 psu (Rouane-Hacene, 2013), ces résultats restent spécifique à la méditerranée. Des valeurs inférieures (20 et 30 psu) à la salinité des eaux de la Méditerranée ont été enregistrées à Oran et Mostaganem (Remili & Kerfouf, 2013).

Dans ces conditions thermiques et halines extrêmes et même de dessiccation (alternance d'immersion et d'émersion), les patelles sont capables de résister. En outre lorsque les conditions le nécessitent (émersion prolongée), les patelles mènent une vie ralentie, afin de supporter les importantes fluctuations physico-chimiques qui sont d'ailleurs caractéristiques de l'étage médiolittoral (De Pirro *et al.*, 1999).

2. Etude qualitative

La connaissance de la biodiversité marine est un préalable à sa conservation et à sa protection. Cette connaissance englobe les aspects qualitatifs et taxonomiques mais aussi la compréhension des composantes les plus remarquables ou/et les plus menacées de cette biodiversité (Grimes, 2011). La biodiversité a été considérée depuis longtemps comme de simples inventaires de la diversité biologique. Actuellement, celle-ci est de plus en plus incluse dans les évaluations environnementales grâce à l'utilisation d'indicateurs destinés aux travaux de détection de la pollution et de protection de la nature.

L'étude qualitative de la famille des Patellidae du secteur Ouest du golfe d'Annaba nous a permis l'identification de 5 espèces appartenant au même genre *Patella*, il s'agit de : *Patella caerulea*, *P. rustica*, *P. vulgata*, *P. ulyssiponensis* et *P. intermedia*. La région d'El Kala abrite *Patella nigra* en plus des cinq espèces recensées déjà dans le golfe. Par ailleurs, la présence de la patelle commune *Patella caerulea* a été déjà signalée dans la région oranaise (Seddik, 2008). D'après Davies (1969), *P. caerulea* est endémique en Méditerranée et c'est la plus résistante à la pollution, et par conséquent la plus abondante. Alors que *P. aspersa* et *P. rustica* colonisent les côtes méditerranéennes et atlantiques. Selon cet auteur, *P. rustica* occupe la zone intertidale supérieure et *P. caerulea* et *P. aspersa* colonisent la partie inférieure de cette même zone. Alors que Grimes *et al.* (2004), précisent que *P. rustica* s'installe surtout dans le médiolittoral inférieur, c'est à ce niveau qu'elle est abondante.

Sella et Bacci (1971), Simunovic (1970) et Della Santina *et al.* (1993), rapportent que les deux espèces *P. caerulea* et *P. rustica* co-existent tout le long des rives à substrats rocheux le long des côtes italiennes. Alors que Mauro *et al.* (2003), citent la présence de trois espèces appartenant au genre *Patella* : *Patella caerulea*, *P. rustica*, et *P. ulyssiponensis* peuplant les côtes italiennes. Toutefois, selon Culioli (2003) c'est *P. ulyssiponensis* qui est la moins abondante par rapport aux deux espèces précitées.

D'après Corte-real *et al.*, 1996 ; Beaumont et Wei, 1991 ; Nolan, 1991, les différences morphologiques de plusieurs forme de la coquille du genre *Patella* pourraient être déterminées par les changement des conditions de l'environnement. C'est ainsi que Cretella *et al.* (1990) ont conclu que la forme de la coquille et la couleur des microalgues tapissant la coquille étaient les seuls caractères qui ont distingué *P. caerulea* et *P. aspersa*. De même Mauro *et al.*(2003), rapportent les mêmes propos concernant le rôle des conditions de l'environnement sur la forme et la couleur de la coquille chez *P. caerulea* et *P. aspersa*. Ces explications ont été également rapportées par plusieurs autres auteurs (Davies, 1969 ; Nolan,

1991 ; Sella, 1976), impliquant ainsi le rôle joué par les facteurs de l'environnement sur les variations morphologiques des patelles.

Il est intéressant de signaler l'absence de *Patella ferruginea* dans nos échantillons, malgré que ce Gastéropode Prosobranch est signalé comme une espèce endémique en Méditerranée occidentale (Lauzet et Dejean-Arrecgros, 1977 ; Laborel, 1985 ; Beaufort, 1987 ; Laborel-Deguen et Laborel, 1990). Mais il 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 al.*, 1994). En effet, une importante population a été observée en août 1997 autour des îles Habibas (Semroud *et al.*, 1998) et au Cap Falcon (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. caerulea* est l'espèce la plus résistante à la pollution par les eaux usées, donc la plus fréquente, par contre *P. ferruginea* très sensible à la pollution est par conséquent 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 à l'échelle du golfe, alors qu'elle est faiblement présente niveau de la station de référence d'El-Kala.

3. Etude quantitative

Une approche est utilisée de nos jours basée sur les communautés ou populations, il s'agit notamment des indices biocénétiques, qui de par la présence ou l'absence de telle ou telle espèce, nous renseignent sur l'état de santé d'un milieu (Ramade, 1979). L'importance des patelles sur de nombreuses côtes rocheuses intertidales a motivé plusieurs études sur leur biologie et écologie (Branch, 1981).

L'analyse faunistique effectuée sur la communauté des patelles montre qu'en terme de densité, la station d'El Kala confirme son statut particulier de station de référence avec une densité maximale de 154 ind./m² en septembre. Ce biotope caractérisé par un accès difficile ainsi que 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. Par ailleurs, Kallouche *et al.*, (2011) ont enregistré une faible densité dans la station témoin « Ain Defla-Kristel » par rapport au port d'Oran (site pollué), et explique cette variation de la densité des individus aux changements de la morphologie du substrat qui l'héberge.

A l'échelle du golfe d'Annaba, les plus fortes densités des patelles sont enregistrées au sein de la station Toche suivi par El-Katara, alors que la plus faible abondance est rencontrée

au Cap de Garde. Cette situation pourrait être liée à l'existence de rejets urbains (eaux usées des agglomérations avoisinantes) au niveau des plages Toche et El-Katara, enrichissant ainsi toute la zone en sels nutritifs. La fertilisation de ces deux stations induit la prolifération du phytoplancton dans la colonne d'eau (Frehi *et al.*, 2007), ainsi que du phytobenthos tapissant les roches de l'étage médiolittoral, où se fixent les patelles brouteuses. 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. Quant à la faible abondance de patelles dans la station 3 (Cap de Garde), elle pourrait être expliquée par la position géographique de cette dernière située à la pointe du cap sous influence des vents dominants du secteur Nord-Ouest, induisant un fort hydrodynamisme. D'autre part, le caractère oligotrophe des eaux de la station 3 (Frehi *et al.*, 2007) contribuerait à la faible présence des patelles dans cette partie du golfe. Ce mode battu serait sans doute un facteur défavorable à une forte installation des patelles ; par la suite d'une dispersion des sels nutritifs responsable d'un développement optimum du phytoplancton source de nourriture des patelles.

L'analyse de la variance à deux critères de classifications (ANOVA) révèle une différence très hautement significative ($p \leq 0,001$) entre les stations ($F= 199,19$) et entre les mois ($F= 8,91$) ainsi qu'une interaction station/mois ($F= 5,29$). Ces différences spatio-temporelles seraient probablement dû à un éventuel recrutement durant la période d'étude. En effet, un tel constat a été aussi observé sur les côtes italiennes où le recrutement chez *P. caerulea* est signalé uniquement en saison hivernale et plus précisément au mois de février (Anonyme, 2002). Par ailleurs, Della Santina (1990) a signalé que la reproduction de *P. caerulea* et *P. rustica* sur les côtes italiennes se produit principalement en automne et en hiver. Hill (2008), a souligné que le recrutement chez les patelles varie d'une année à une autre et d'un endroit à l'autre.

Par ailleurs, les résultats de l'analyse de la variance (ANOVA) à un critère de classification (temps) relatifs à la comparaison des moyennes des densités des patelles signalent des différences très hautement significatives ($p \leq 0,001$) à l'exception du mois de mars où on note une différence significative ($p \leq 0,05$) et une différence hautement significative ($p \leq 0,01$) le mois de novembre.

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./m² (Laura Suzanne, 2000), et entre 40 et 230 ind./m² (Bosman & 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/m², décelée dans l'île de Zembra (Tunisie), avec un maximum de 6 ind/m² seulement (Boudouresque et Laborel-Deguen, 1986). Tandis qu'en Corse, Laborel-Deguen et Laborel (1990) notent une densité moyenne de 0,79 ind/m² avec un maximum de 44 ind/m², dans l'île Alboran (Espagne), Paracuellos *et al.* (2003) avancent une densité de cette population de 0,006 ind/m² 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.

Les valeurs moyennes de la biomasse des patelles pendant la durée de l'étude sont comprises entre $5,140 \pm 0,22$ g/m² (Toche, juin) et $0,299 \pm 0,05$ g/m² (Cap de Garde, octobre). D'autre part les résultats de l'analyse de la variance (ANOVA) à un critère de classification (mois), relatifs à la comparaison des moyennes de la biomasse des patelles, ont signalés une différence très hautement significatives ($P \leq 0,001$) entre les quatre stations le mois de septembre et octobre, et une différence hautement significative ($P \leq 0,01$) en février et décembre. On enregistre également une différence significative ($P \leq 0,05$) le mois de mai et novembre, cependant il n'existerait pas de signification pour les 6 mois restants.

Les plus fortes valeurs de la biomasse ont été enregistrées en été dans les quatre stations prospectées, alors que les plus faibles valeurs sont enregistrées en automne, ces résultats seront liés aux variations numériques des patelles.

Des résultats approximatifs ont été trouvés par [Laura Suzanne \(2000\)](#) sur *P. granularis* des côtes du Sud Est de l'Afrique du Sud avec un maximum de 9 g/m². [Bustamante et al., \(1997\)](#) ont enregistré des valeurs similaires au Port Elizabeth. D'une manière générale les variations moyennes de la biomasse (exprimée en PSLC) sont en relation directe avec les fluctuations numériques spatio-temporelles des patelles.

Le test de corrélation entre la densité et la biomasse des patelles est positif et révèle une différence très hautement significative ($P \leq 0,001$) avec un bon coefficient de corrélation R de l'ordre de 0,489. Ces résultats sont en accords avec les travaux de [Kallouche et al., \(2011\)](#) sur *P. caerulea* à Oran et [Bustamante et al., \(1995 a\)](#) sur *P. granularis* en Afrique du Sud. [Lasiak & White \(1993\)](#), [Keough et al., \(1997\)](#) ont également signalé une corrélation positive entre la densité et la biomasse des Gastéropodes *Cellana tramoserica* et *Siphonaria concinna*.

Il est intéressant de signaler que les fluctuations de la biomasse des patelles selon les espèces au niveau des stations d'études sont en relation directe avec la dominance des patelles collectées.

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. caerulea* occupe la première place dans les stations Toche et El-Katara avec des dominances annuelle moyenne 56,86 % et 43,26 % respectivement, par contre elle occupe la 3^{ème} place dans les stations Cap de Garde (Dm = 16,18 %) et El-Kala (Dm = 12,16%). On remarque qu'au niveau de ces deux dernières stations la 1^{ère} position est occupée par *P. rustica* avec plus de la moitié du stock malacologique à El-Kala (Dm = 64,75 %) et au Cap de Garde (Dm = 56,22 %). Cette même espèce occupe la 2^{ème} place au niveau d'El-Katara (Dm = 27,64 %) et Toche (Dm = 19,38 %). Il est important de signaler la présence de *P. nigra* uniquement au niveau de la plage de l'embouchure à El-Kala avec une faible dominance annuelle (Dm = 1,26).

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	Printemps	Été	Automne	Hiver
El-Katara	<i>P. caerulea</i>	+	+	+	+
	<i>P. rustica</i>	+	+	+	+
	<i>P. vulgata</i>	-	+	+	+
	<i>P. ulyssiponensis</i>	+	+	+	+
	<i>P. intermedia</i>	+	+	+	+
	<i>P. nigra</i>	-	-	-	-
Toche	<i>P. caerulea</i>	+	+	+	+
	<i>P. rustica</i>	+	+	+	+
	<i>P. vulgata</i>	+	+	+	+
	<i>P. ulyssiponensis</i>	+	-	+	+
	<i>P. intermedia</i>	+	+	+	+
	<i>P. nigra</i>	-	-	-	-
Cap de	<i>P. caerulea</i>	+	+	+	+
Garde	<i>P. rustica</i>	+	+	+	+
	<i>P. vulgata</i>	+	+	+	+
	<i>P. ulyssiponensis</i>	+	-	+	-
	<i>P. intermedia</i>	+	-	+	+
	<i>P. nigra</i>	-	-	-	-
El-Kala	<i>P. caerulea</i>	+	+	+	+
	<i>P. rustica</i>	+	+	+	+
	<i>P. vulgata</i>	+	+	+	+
	<i>P. ulyssiponensis</i>	+	-	+	+
	<i>P. intermedia</i>	+	+	+	+
	<i>P. nigra</i>	+	+	+	+

Notons l'absence totale de *P. ulyssiponensis* en été dans les stations Toche, Cap de Garde et El-Kala, et elle est absente aussi en période hivernal au Cap de Garde. *P. vulgata* est absente du stocks malacologique de la période printanière à El-Katara. On a également enregistré l'absence de *P. intermedia* en été au Cap de Garde (**Tab. 20**). On suppose que ces variations des dominances moyennes pourraient être dû d'une part à l'écobiologie de l'espèce ainsi qu'à l'exposition des patelles aux différentes sources de pollution d'autre part.

Selon [Brazão et al. \(2003\)](#) et [Orton et al., \(1956\)](#) les différences de comportement de reproduction et de recrutement sont probablement liées à la variété de la morphologie, l'habitat, la distribution et les différences de latitude de chaque espèce. La prédominance de *P. caerulea* dans les stations Toche et El-Katara, malgré leur forte exposition aux eaux usées confirme bien son statut d'espèce bioindicatrice de pollution. En effet, et d'après [Davies \(1969\)](#), *P. caerulea* est l'espèce la plus résistante à la pollution, et par conséquent la plus abondante, c'est pour cette raison qu'elle prédomine. En ce qui concerne la dominance de *P. rustica* à El-Kala et Cap de Garde on peut expliquer cet état de fait par la similitude des deux sites du point de vue géomorphologique et hydrodynamique. [Templado et al. \(2004\)](#) rapporte que *P. nigra* est en voie de disparition dans la Méditerranée occidentale car c'est une espèce qui est également sensible aux problèmes de pollution, donc la station d'El Kala confirme encore une fois son statut particulier de station de référence avec la présence de *P. nigra*.

Il est évident que les facteurs qui influencent l'abondance, la répartition et la structure de la population de cette espèce sont complexes, et à ce jour aucune étude n'a pu donner l'exactitude de ces facteurs.

4. Relation taille-poids

Il est généralement admis que la croissance est caractérisée par une augmentation de la taille et du poids en fonction du temps et des variables environnementale.

L'étude de la relation taille-poids chez *P. caerulea* du golfe, montre une allométrie majorante entre la longueur totale (Lt) de la coquille et le poids humide (P) et une allométrie minorante entre la longueur totale (Lt) de la coquille et le poids humide (P) chez les *P. caerulea* d'El-Kala. La valeur des coefficients de détermination R^2 dans les quatre stations indique une très bonne corrélation linéaire (positive). C'est ainsi que la taille de *P. caerulea* croît plus rapidement que le poids. Selon [Romeo et al. \(1993\)](#), ceci serait en relation avec les fluctuations mensuelles de l'état physiologique de l'animal. Par ailleurs, nos résultats sont en parfaite concordance avec les résultats obtenus chez la même espèce colonisant les côtes italiennes ([Anonyme. 2002](#)), où on enregistre une forte corrélation avec un coefficient de corrélation $r^2 = 0,95$. D'autre part, [Grandfils \(1982\)](#) ; [Templado \(2001\)](#) ; [Paracuellos et al. \(2003\)](#) ont signalé que la patelle géante *Patella ferruginea* montre une bonne corrélation entre la longueur des coquilles et le poids des individus. Des résultats similaires ont été enregistrés chez le mollusque bivalve *Donax trunculus* pêchés dans le golfe d'Annaba avec une

allométrie minorante de la croissance relative (Hamdani 2013). Il est important de signaler que la physiologie des organismes (croissance, reproduction) est étroitement liée à la quantité de nourriture disponible, la couverture algale et la composition floristique jouent un rôle prépondérant pour l'abondance des herbivores (Hereu, 2004).

5. Les biomarqueurs

La surveillance de la contamination chimique dans un écosystème ne permet pas d'évaluer son impact sur les organismes, les populations et les communautés constitutives. La réponse des organismes à la contamination en terme d'effets sublétaux, ne peut être évaluée que par des mesures de paramètres biologiques, physiologiques ou biochimiques (Mc Carthy & Shugart 1990). En effet, si l'écologie numérique détecte des modifications dans les communautés d'un écosystème, il est nécessaire de disposer d'indicateurs plus précoces révélant un risque de modification de l'écosystème.

En raison des stratégies industrielles adoptées, les grands complexes industriels sont toujours situés dans les régions littorales. Dans ce contexte, le golfe d'Annaba est un très bon exemple, en effet, celui-ci est soumis aux décharges continentales introduisant d'importantes quantités de polluants chimiques d'autre part il s'agit d'influences des facteurs naturels (courants, oueds) et anthropiques très contrastée : rejets industriels du complexe Fertial et rejet urbain (Khammar *et al.*, 2008). Afin de contrôler cette pollution et selon Nakhlé (2003), le genre *Patella* est un bioindicateur de pollution dans le bassin méditerranée. D'autre part, Herut *et al.*, (1999) ont signalé que l'espèce *Patella caerulea* est souvent sélectionnée comme bioindicatrice cosmopolite pour le biomonitorage des métaux traces en Méditerranée. Elles sont particulièrement utilisées dans la biosurveillance et comme organismes sentinelles dans le système marin (Nakhlé *et al.*, 2006 ; Stillitano *et al.*, 2007 ; Douhri & Sayah, 2009), d'où l'intérêt de notre contribution.

Plusieurs travaux ont porté sur l'utilisation de la mesure de l'activité des enzymes impliqués dans la dégradation de certains neurotransmetteurs tel que l'acétylcholinestérase (AChE) pour la mise en évidence de l'exposition d'organisme à des produits toxiques (Bocquené *et al.*, 1997 ; Rickwood & Galloway, 2004 ; Sarker *et al.*, 2010).

Les résultats de dosage de l'AChE au niveau de la tête des *P. caerulea* récolté dans la zone d'étude durant la période qui s'étale de février 2010 à janvier 2011 montre des variations spatio-temporelles très importantes. L'activité spécifique de l'AChE passe de 30,98 ($\mu\text{m}/\text{min}/\text{mg}$ de protéines) chez les patelles de la région témoin (El-Kala) en mars à 1,72 ($\mu\text{m}/\text{min}/\text{mg}$ de protéines) dans la station Toche en octobre. D'une manière générale on signale une inhibition de l'activité spécifique de l'AChE au niveau du golfe d'Annaba surtout dans les stations d'El-Katara et Toche, ces derniers sont exposés à plusieurs sources de pollution par rapport au site de référence d'El-Kala. Des résultats similaires ont été trouvés par Douhri & Sayah, (2009) sur *Patella vulgata*, sur les mollusques bivalves *Corbicula fluminea*

(Basack *et al.*, 1998) et *Mytilus edulis* (Galloway *et al.*, 2002). Les mêmes résultats ont été décelé au niveau du golfe d'Annaba chez le bivalve *Donax trunculus* (Sifi *et al.*, 2007 ; Amira *et al.*, 2011 ; Soltani *et al.*, 2012). 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 effectuée afin d'évaluer l'effet des métaux lourd sur l'activité spécifique de l'AChE chez des mollusques aquatiques. Browen *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 & Soltani (2013) ont enregistré une inhibition de l'activité spécifique de l'AChE chez le mollusque bivalve *Donax trunculus* après traitement au Cadmium.

L'analyse de la variance a deux critères de classification, révèle une différence très hautement significative ($P \leq 0,001$), entre les stations ($F= 7996,45$), entre les mois ($F=20169,59$), ainsi qu'une interaction station/mois ($F= 713,21$). Ces résultats sont confirmés par l'analyse de la variance à un critère de classification (stations), on a enregistré une différence très hautement significative ($P \leq 0,001$) entre les stations pour toute la période d'étude. Pour étudier la différence entre les stations on a procéder au test de Tukey. Ce test révèle que chaque station regroupe une classe à part pendant tout la période d'étude à l'exception du mois de février ou les stations El-Katara et Toche forment une seule classe.

La GST joue un rôle important dans la détoxification 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). K.B. (1996) signale l'induction de certaines isoenzymes de la GST par des substrats tels que les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) et les biphényles polychlorés (PCB).

Les résultats de dosage de la GST au niveau du manteau des *P. caerulea* récoltées dans la zone d'étude durant la période qui s'étale de février 2010 à janvier 2011 montrent des fluctuations spatio-temporelles très importantes. L'activité enzymatique de la GST passe de $33,6 \pm 3,15$ (µm/min/mg de protéines) le mois de janvier au niveau de la plage de l'embouchure à El-Kala, à des valeurs maximales de $476,95 \pm 4,88$ (µm/min/mg de protéines) à El-Katara en mois de novembre et $357,36 \pm 1,61$ (µm/min/mg de protéines) à Toche le mois de février. Cet état de fait serait probablement dû à l'exposition de ces deux stations à divers sources de pollution.

Ces observations sont en accord avec les données de la littérature qui montrent l'induction de la GST par différentes molécules comme par exemple le Paraquat (Stephensen *et al.*, 2002), le Nonyphénol (Uguz *et al.*, 2003) mais également par un grand nombres d'autre molécules tel que le HAPs et le PCBs (Forlin *et al.*, 1996), les organophosphorés (Monteiro *et al.*, 2006 ; Rao, 2006).

Des résultats similaires ont été obtenue chez *Paracentrotus lividus* (Oursin) où l'activité de la glutathion S-Transférase et de la cholinestérase 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 sites 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 & Bhattacharya, 1984).

Concernant la réponse de la GST aux métaux lourds, 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 *Monodonta lineata* et *Nucella lapillus* après exposition au cuivre. Ainsi que les travaux de Belabed et Soltani (2013) sur *Donax trunculus* suite à une exposition au Cd.

L'analyse de la variance a deux critères de classification, révèle une différence très hautement significative ($P \leq 0,001$), entre les stations ($F= 31123,29$), les mois ($F= 8504,05$), ainsi qu'une interaction station/mois ($F= 1791,24$). Ces résultats sont confirmés par l'analyse de la variance à un critère de classification (stations), on a enregistré une différence très hautement significative ($P \leq 0,001$) entre les stations pour tout la période d'étude. Pour étudier la différence entre les stations on a procéder au test de Tukey. Ce dernier révèle que chaque station regroupe une classe à part pendant tout la période d'étude.

Les résultats obtenus, et confortés par différentes analyses statistiques montrent l'existence d'un gradient de pollution décroissant du Sud-Ouest au Nord-Ouest du golfe.

6. Les métaux traces

En raison de leurs différentes caractéristiques spécifiques, les métaux lourds ont été largement utilisés dans les nouvelles technologies (métallurgiques et électroniques). En conséquence, leurs sources anthropiques sont vastes et leur introduction est plutôt récente dans l'environnement (Callender, 2003). Parmi les sources anthropiques de métaux lourds, nous pouvons signaler : l'activité minière, l'industrie métallurgique et sidérurgique, les engrais et pesticides appliqués dans la culture des sols, les incinérateurs et cendres d'incinération des déchets, les déchets médicaux, les déchetteries de villes, les émissions des usines et moteur à explosion, les effluents des égouts et boues d'épuration (Cotran *et al.*, 1990 ; Fergusson, 1990 ; Hong *et al.*, 1994 ; Candelone *et al.*, 1995 ; du Bray, 1995 ; Alloway et Ayres, 1997 ; Freyssinet *et al.*, 2002 ; Callender, 2003 ; Plumlee et Ziegler, 2003 ; Gavilán García *et al.*, 2004 ; Sukandar *et al.*, 2006).

Les métaux considérés dans notre étude ont des effets très différents sur le milieu vivant. Quelques-uns sont nécessaires pour les organismes ; ils sont dits « essentiels », bien qu'à des fortes concentrations, ils peuvent être nocifs pour les organismes. Parmi ces éléments qui sont essentiels (micronutriments), et dont l'absence entrave le fonctionnement ou empêche le développement d'un organisme, on trouve Fe, Mn, Zn et Cu pour les plantes et les animaux. Par ailleurs, Co, Cr et Se sont essentiels seulement pour les animaux, alors que Mo est un micronutriment pour les végétaux. Ces éléments constituent des enzymes et protéines qui sont très importantes dans les processus métaboliques des organismes (Alloway et Ayres, 1997). Toutefois, si ces éléments essentiels se trouvent être en fortes concentrations, ils peuvent devenir toxiques pour les organismes.

Les patelles sont facile a repérés et à prélevés, elles sont disponibles tout le temps, et presque sur tout les côtes Méditerranéennes (Conti et Ceccchetti, 2003). Ce prosobranchie accumule les fractions des contaminants présents dans l'eau, et la concentration des métaux dans leurs tissus reflète généralement le profil de la pollution (Storelli et Marcotrigaino, 2001).

Le dosage des trois métaux (cuivre, fer et chrome) dans la chaire des *P. caerulea* collectées dans les quatre stations prospectés, révèle une accumulation de ces métaux. L'analyse de la variance à un critère de classification montre qu'il ya une différence significative ($P \leq 0,05$) uniquement pour l'accumulation du Cu entre les stations, par contre on relève aucune signification pour le Fe et Cr.

Ces résultats sont similaires avec ceux trouvé par Campanella *et al.*, (2001) ; Cubadda *et al.* (2001) en Méditerranée et Yüzereroğlu *et al.* (2009) à Iskenderun avec 212,9 µg/g de poids sec dans la station pollué contre 168,8 dans la station de référence pour le Fe, et pour le Cu ils ont enregistré 2,90 µg/g de poids sec contre 1,73 µg/g de poids sec dans la station de référence. Les valeurs relativement élevés des teneurs en ces métaux peuvent être due à leur importance (Amirad-Triquet *et al.* 1986).

Des concentrations élevées en métaux lourds sont aussi observés chez *P. caerulea* récoltée de la mer Ionienne (Storelli et Marcotrigiano 2001), et dans la mer Méditerranée et la mer Rouge (Campanella *et al.* 2001).

CONCLUSION
ET
PERSPECTIVES

« *L'art c'est moi, la science c'est nous.* »

Claude Bernard, physiologiste français.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

L'étude de la réponse biologique des organismes vivants aux polluants chimiques présents dans l'environnement marin représente un nouvel outil qui n'est pas destiné à dupliquer ou remplacer la surveillance chimique, mais qui doit être intégré dans les programmes de surveillance de l'environnement. Complémentaires des analyses physico-chimiques, les indicateurs biologiques peuvent jouer le rôle de systèmes d'alarme précoces d'une contamination dont les effets sont encore réversibles.

A cet effet, nous avons adopté une approche globale basée sur l'analyse d'un certain nombre d'indicateurs écologiques couplés à des marqueurs biologiques afin d'évaluer l'état de santé des eaux du golfe d'Annaba.

A travers cette investigation nous avons tenté d'estimer qualitativement et quantitativement le stock des patelles dans son milieu naturel. Nous nous sommes intéressés également à quelques facteurs physico-chimiques (température, salinité), qui peuvent conditionner la répartition des patelles dans leur biotope. Pour l'aspect de biosurveillance on a procédé au dosage mensuel des biomarqueurs (AChE, GST) chez *Patella caerulea* durant la période de février 2010 à janvier 2011. Notons également qu'une analyse ponctuelle de métaux traces (Cu, Fe, et Cr) sur la même espèce a été réalisée.

Les variations de la température des eaux 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 fluctuations de la salinité sont caractérisées par deux phases halines ; une phase décroissante débute à partir de décembre jusqu'à juin, et une phase croissante qui commence à partir de juillet et s'étend à novembre. Ces variations sont en parfaites concordances avec les périodes de fortes précipitations (phase de dilution) et celles de réchauffements et d'évaporations (phase de concentration).

L'étude relative à la composition des Patellidae dans l'étage médiolittoral du golfe d'Annaba ainsi que la plage de l'embouchure dans la région d'El-Kala durant la période d'étude, nous a permis de connaître la diversité spécifique de ces gastéropodes prosobranches et l'effet de la pollution sur leur distribution.

L'inventaire des patelles dans le golfe, nous révèle l'existence de 5 espèces appartenant au genre *Patella* : *Patella caerulea*, *P. rustica*, *P. vulgata*, *P. ulyssiponensis*, et *P. intermedia*. Cependant, la région d'El-Kala abrite en plus des cinq espèces sus-citées, la patelle noire *Patella nigra* une espèce en voie de disparition en méditerranée.

Sur le plan quantitatif et en terme de densité, la station d'El Kala confirme son statut particulier de station de référence avec une densité maximale qui atteint 154,66 ind./m², alors qu'à l'échelle du golfe, les plus fortes densités des patelles sont enregistrées au sein de la station de Toche avec une densité maximale de 141,33 ind./m² suivi par El-Katara avec une maxima de 76 ind./m², alors que la plus faible abondance est rencontrée au Cap de Garde (42 ind./m²). Les variations spatio-temporelles de la densité ont montré d'importantes fluctuations qui seraient en relation directe avec les facteurs abiotiques et la période de recrutement des juvéniles d'une part, ainsi que les différentes pressions anthropiques que subit le golfe d'autre part. On retient également que, d'une manière générale, il existe un certain parallélisme entre la densité des patelles et leur biomasse.

L'évolution de la dominance des patelles montre d'importantes fluctuations. En effet, la répartition des patelles est conditionnée par : (i) verticalement un étagement de ceintures végétales déterminées par la nature et la quantité de lumière reçue ainsi que par la durée des émergences, (ii) Horizontalement les facteurs hydrodynamisme et température. L'influence des rejets domestiques et industriels que reçoit le golfe d'Annaba joueraient un rôle prépondérant dans la distribution des patelles. *P. caerulea* prédomine dans les stations Toche et El-Katara (Dm = 56,86 % et Dm = 43,26 % respectivement), alors que l'espèce dominante au niveau d'El-Kala et Cap de Garde est *P. rustica* avec des dominances moyenne de l'ordre de 64,75 % et 56,22 % respectivement.

L'étude de la croissance relative fait apparaître de bons coefficients de détermination des *P. caerulea* récoltés des stations prospectés. La relation taille poids chez *P. caerulea*, nous révèle l'existence d'une allométrie minorante entre longueur total et le poids. C'est ainsi que la taille de *P. caerulea* croît plus rapidement que le poids

Ce travail servira de base à l'établissement d'un programme de suivi de la contamination du golfe d'Annaba à travers l'utilisation de biomarqueurs l'ACHé et La GST chez l'organisme sentinelle: *Patella caerulea*.

Les résultats de notre étude ont démontré une inhibition de l'ACHé et une induction de l'activité de la GST dans les stations d'El-Katara, Toche et Cap de Garde en comparaison avec la station témoin El-Kala confirmant ainsi le stress que subit le golfe d'Annaba par différentes sources de pollution.

Les patelles ont été utilisées comme bioindicateur de la pollution métallique. D'après nos résultats on observe une accumulation des métaux lourds (Fe, Cu, Cr) dans la chair de *P. caerulea*, avec une différence significative pour l'accumulation du Cuivre entre le Golfe par rapport El-Kala. On signale qu'il n'existe pas de signification pour l'accumulation du Fer et le Chrome.

Ce travail a aussi permis de faire des recommandations pour des études complémentaires :

- Il est à noter que la physiologie des mollusques et plus précisément de la patelle est encore très peu connue. A plus long terme, une étude détaillée de la physiologie de ce gastéropode serait judicieuse car elle permettrait d'approfondir les différents mécanismes engendrés par une exposition aux contaminants.
- Les études histologiques des gonades des patelles combinées à d'autres approches notamment biochimiques peut permettre d'apporter des éléments de réponse à l'interprétation globale des résultats.
- Une extension de ce monitoring au moyen du bioindicateur quantitatif *Patella caerulea* à l'ensemble du littoral Algérien (Skikda, Bejaia, Alger).
- Le comportement de la patelle devrait être étudié vis-à-vis de contaminants chimiques précis incluant d'autres éléments traces et substances organiques.
- De déterminer l'impact de polluants sur la croissance et le cycle sexuel des patelles.

RÉSUMÉS

RÉSUMÉ

Le golfe d'Annaba compte parmi les pôles touristiques et économiques les plus importants de notre pays, cette popularité l'expose de plus en plus à divers contaminants dont les sources sont liées au développement des activités économiques que connaît la région (industrielles, agricole, ...etc.). La présente étude s'inscrit dans un programme national de la biosurveillance de la qualité des eaux du golfe d'Annaba à travers l'utilisation d'une espèce bioindicatrice de pollution : *Patella caerulea*. A cet effet, nous nous sommes intéressés tout d'abord aux mesures de quelques paramètres physico-chimiques qui conditionnent la distribution des Patellidae dans leur biotope ainsi que leurs répartitions. Une approche multi-marqueurs a été réalisée et cette dernière est soutenue par le dosage de certains métaux traces.

D'une manière générale, les caractéristiques physico-chimique (température et salinité) des eaux de la frange étudiée, montrent une certaine homogénéité spatiale entre les trois 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.

L'étude qualitative des patelles dans le golfe, nous révèle l'existence de cinq espèces appartenant au genre *Patella* : *Patella caerulea*, *P. rustica*, *P. vulgata*, *P. ulyssiponensis*, et *P. intermedia*. Cependant, la région d'El Kala en compte six avec la patelle noire *Patella nigra*.

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 dominance de *Patella caerulea* à El-Katara et Toche, et *P. rustica* à El-Kala et Cap de Garde. L'analyse faunistique effectuée sur la communauté des patelles montre qu'en terme de densité, El Kala confirme son statut particulier de station de référence avec une densité maximale de 154 ind./m² en septembre. A l'échelle du golfe d'Annaba, les plus fortes densités des patelles sont enregistrées au sein de la station Toche suivi par El-Katara, alors que la plus faible abondance est rencontrée au Cap de Garde. Les variations de la biomasse sont étroitement liées aux fluctuations des densités. L'étude des paramètres métrique et pondérale de *P. caerulea* révèle une allométrie minorante au niveau des quatre stations de prélèvement.

Les résultats du dosage des biomarqueurs chez *P. caerulea*, révèlent une induction de l'activité enzymatique de la GST et une inhibition de l'activité spécifique de l'AChE dans les stations d'El-Katara, Toche puis Cap de Garde, déterminant ainsi un gradient de pollution décroissant du Sud-Ouest au Nord-Ouest du golfe. Alors que pour le dosage des métaux lourds dans la chair de *P. caerulea* on enregistre des teneurs similaires dans les quatre stations pour le Fer et le Chrome. Les patelles du golfe d'Annaba semblent accumuler le Cuivre d'une manière significative par rapport à la station témoin d'El-Kala.

Mot-clés : Golfe d'Annaba, Patellidae, pollution, biosurveillance, biomarqueurs, indices écologiques, métaux traces.

ABSTRACT

The Gulf of Annaba is among the most important tourist centers of the country this popularity exposes it more and more of the various contaminants whose sources are related to the development of economic activities that know the area (Industrial , agricultural ... etc .). This study is part of a national biomonitoring of water quality in the Gulf of Annaba through the use of bioindicator species of pollution *Patella caerulea*. To this end, we are interested first of all the measures of some physicochemical parameters that determine the distribution of Patellidae in their habitat and their distribution. A multi-marker approach was carried out and it is supported by the determination of trace metals.

Generally, the physico-chemical characteristics (temperature and salinity) waters of the studied fringe show some spatial homogeneity between the three monitoring stations in the Gulf of Annaba and the reference station of El-Kala. Temporal fluctuations are directly related to seasonal weather conditions.

The qualitative study of limpets in the Gulf , reveals the existence of five species of the genus *Patella* : *Patella caerulea* , *P. rustica* , *P. vulgata* , *P. ulyssiponensis* and *P. intermedia*. However, the El Kala region six with black limpet *Patella nigra*.

The distribution of limpets shows significant spatial and temporal fluctuations that are related to environmental factors on the one hand and the various pressures on the Gulf of Annaba on the other hand. Note the dominance of *Patella caerulea* in El-Katara and Toche , and *P. rustica* in El-Kala and Cape Guard. The faunal analysis of the community limpets shows that in terms of density , El-Kala confirms her status reference station with a maximum density of 154 ind./ m² in September. A wide gulf of Annaba, the highest densities of limpets are recorded in the Toche station followed by El-Katara , while the lowest is found in abundance Cape Guard. Changes in biomass are closely linked to changes in density. The study of metric and weight parameters *P. caerulea* reveals a lower allometry bound at the four sampling stations.

The results of the biomarker in *P. caerulea* reveal induction of enzymatic activity of GST and inhibition of specific activity of AChE in the El-Katara, then Toche Cape Guard stations, determining a gradient of decreasing pollution Southeast West northwest Gulf. As for the determination of heavy metals in the pulp of *P. caerulea* similar levels were recorded in the four stations for Iron and Chrome. Limpets Gulf of Annaba seems accumulate copper significantly compared to the control station of El-Kala.

Keywords: Gulf of Annaba, Patellidae, pollution, biomonitoring, biomarkers, ecological indices, heavy metals.

الملخص

خليج عنابة هو من بين المراكز السياحية الأكثر أهمية في البلاد. هذه الشعبية تكشف المزيد والمزيد من مختلف الملوثات التي ترتبط في تطوير الأنشطة الاقتصادية التي تعرف المنطقة (الصناعية، الزراعية ... الخ). هذه الدراسة هي جزء من الرصد البيولوجي الوطني لنوعية المياه في خليج عنابة باستخدام *Patella caerulea* bioindicator من خلال دراسة المعايير الفيزيائية والكيميائية، وتوزيع الإيكولوجية *Patellidae* من نمو *P. caerulea*، و العلامات البيولوجية أستيلكولينستراز و GST في *P. caerulea* فبراير 2010 إلى يناير 2011، وكذلك تحليل المعادن الثقيلة (النحاس، الحديد و الكروم).

عموما، الخصائص الفيزيائية والكيميائية (درجة الحرارة والملوحة) للمياه تظهر بعض التجانس المكاني بين المحطات الأربع التي شملتها الدراسة، في حين أن الاختلافات الزمنية المرتبطة مباشرة إلى الظروف المناخية الموسمية.

الدراسة النوعية *des patelles* في الخليج، يكشف عن وجود خمسة أنواع من جنس *Patella*: *Patella caerulea*، *P. rustica*، *P. vulgata*، *P. ulyssiponensis* و *P. intermedia*. ومع ذلك، فإن القالة تحتوي ستة من أنواع *Les patelles P. nigra*.

توزيع *patelles* يظهر تقلبات مكانية والزمانية الهامة التي قد تكون مرتبطة مع الضغوط المختلفة على خليج عنابة، وتقيد التقارير هيمنة *P. caerulea* في *Toche* و *El-Katara*، و *P. rustica* في القالة و *Cap de Garde*، مع وجود علاقة قوية جدا بين كثافة الكتلة الحيوية محار *patelles*. دراسة العلاقة بين الوزن و الطول *P. caerulea* كشفت *allométrie minorante* على مستوى المحطات الأربع المدروسة.

في إطار الرصد البيولوجي قمنا بدراسة العلامات البيولوجية أستيلكولينستراز و GST وأظهرت النتائج تحفيز نشاط انزيم أستيلكولينستراز تثبيط نشاط GST في محطات *Cap de Garde*، *El-Katara*، *Toche*، التي يمكن تفسيرها من خلال التعرض لأنواع مختلفة من التلوث. أما بالنسبة لتحليل المعادن الثقيلة في نسيج *P. caerulea* سجلت مستويات مرتفعة نسبيا في المحطات الأربعة عن الحديد، والكروم و النحاس.

الكلمات المفتاحية: التلوث، الرصد البيولوجي، *P. caerulea*، العلامات الحيوية، الكثافة، الهيمنة، الكتلة الحيوية، النمو، أستيلكولينستراز، GST، والمعادن الثقيلة.

REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

A

- Aarab N., 2004.** Les biomarqueurs chez les poissons et les bivalves : de l'exposition à l'effet et du laboratoire au terrain. *Thèse de Doctorat. Univ. Bordeaux 1.* 234p.
- Alcyona I, 1996.** Plan de gestion du Parc National El-Kala et du complexe des zones humides : rapport préliminaire (Document principal). Groupe ECOVALOR-AIC : 65p + annexes.
- Alloway B.J. et Ayres, D.C., 1997.** Chemical Principles of Environmental Pollution. Blackie Academic and Profesional, an imprint of Chapman and Hall, London, 394 pp.
- Amira , A., Sifi K & 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-Triquet, C., Berthet, B., & Metayer, C., 1986.** Contribution to the ecotoxicological study of cadmium, copper and zinc in the mussel *Mytilus edulis*. II. Experimental study. *Marine Biology (Berlin)*, 92, 7–13. doi:10.1007/BF00392739.
- 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 potential of breakwaters as a tool to aid management of coastal assemblages. Delos, Delivrible 47 WP. 3.4. Italy.Contract N°EVK3-CT-2000-00041: 14p.
- Anonyme, 2007.** Britannica Encyclopedia. Sociedad Comercial y Editorial santiago Ltda., Lima, 2800 pp.
- Aoudjit N., 2001.** Etude de certains facteurs biologiques de la contamination du bouge (boops boups) par les métaux lourds provenant de la baie d'Oran. *Thèse de Magister, Univ. Oran.* 120p.
- Aparici-Seguer V., Guallart-Furia J. & 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.
- Arrignon J., 1991.** Aménagement piscicole des eaux douces. 4^{ème} edition. Pp34, 35, 36, 49, 348.

ASTM 1974. Anal book of American society for Testing and Material Standards. Water. Part 31.

B

- 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. & 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.
- Basack, S.B., Oneto, M.L., Fuchs, J.S., Wood, E.J., Kesten, E.M., 1998.** Esterases of *Corbicula fluminea* as biomarkers of exposure to organophosphorus pesticides. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 61, 569–576.
- Beaufort., 1987.** Livre rouge des espèces menacées en France : tome 2, espèces marines et littorales menacées. Museum National d'Histoire Naturelle, Paris, F., 356 p.
- Beaumont A.R & Wei J.H.C., 1991.** Morphological and genetic variation in the antractic limpet *Nacella concinna* (Strebel, 1908). *J. Molluscan Stud.* 57:443-450.
- 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. & 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., Scheiffler R. & Soltani N., 2006.** Seasonal variations of Cd, Cu, Pb, and Zn in the edible mollusc *Donax trunculus* (Mollusca, Bivalvia) from gulf of Annaba, Algeria. *Afric. J. Agricul. Res.*, 1(4): 85-90.
- Bigham, J.M. & Nordstrom, D.K., 2000.** Iron and Aluminum Hydroxysulfates from Acid Sulfate Waters. In: C.N. Alpers, J.L. Jambor et D.K. Norstrom (Eds.), *Sulfate Minerals - Crystallography, Geochemistry and Environmental Significance. Reviews in Mineralogy and Geochemistry.* Mineralogical Society of America, Washington, D.C., pp. 351-404.

- Binelli A. & Provini A., 2003.** POPs in edible clams from different Italian and European markets and possible human health risk. *Mar. Pollut. Bull.*, **46** : 879-886.
- Bini G., Anna Maria Pugliese A.M., Pepeu G. & Chelazzi G., 2006.** Tetrodotoxin prevents copper-induced bradycardia in Gastropod limpets. *Environ. Pollut.*, 139 : 79-85.
- Blanchette B. N. & Singh B.R. 1999.** Purification and characterization of the glutathione- S-transferases from the northern quahog, *Mercenaria mercenaria*. *J Marine Biotechnol.* 1 : 74-80.
- 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., Galgani F. & Walker C.H., 1997.** Les cholinestérases, biomarqueurs de neurotoxicité. In : Biomarqueurs en écotoxicologie – *Aspects fondamentaux* (eds. Lagadic L., Caquet T., Amirad J.C., Ramade F.), pp : 209-240, Paris.
- Bocquené G., & Galgani F., 2004.** Les marqueurs biologiques des effets polluants : l'Acétylcholinestérase. *Ed. Ifremer, méthodes d'analyse en milieu marin*, 28p.
- Bolton R.M. & Ahokas J.T., 1997.** Mixed function oxidases in an Australian marsupial, the brushtail possum (*Trichosurus vulpecula*). *Arch Environ Contam Toxicol.* 33(1):83-9.
- Bosman, A.L. & 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.
- Borgeraas J.N., Nislen K. & Stenersen J., 1996.** Methods of purification of glutathion transferases in the earthworm genus *Eisenia* and their characterization. *Comp Biochem Physiol.* 114C:129-140.
- Bouderbala M., Boutiba Z. & Abdelghani F., 1996.** La pollution par les métaux lourds des cétaqués des côtes ouest algérienne. *Actes du colloque national Climat Environnement (ARCE)* ; Oran, Algérie.
- Boudouresque C.F & 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., Ballesteros, E., Ben Maiz, N., Boisset, F., Bouladier, E., Cinelli, F., Cirik, S., Cormaci, M., Jeudy de Grissac, A., Laborel, J., Lanfranco, E., Lundberg, B., Mayhoub, H., Meinesz, A., Panayotidis, P., Semroud, R., Sinnassamy, J.M., Span, A. and Vuignier, G., 1990.** Livre rouge "Gérard Vuignier" des végétaux, peuplements et paysages marins menacés de Méditerranée. Programme des Nations Unies pour l'Environnement publ., 250 pp.

- Boudouresque C.F, 1996-** Impact de l'homme et conservation du milieu marin en Méditerranée. GIS Posidonie publ., 2ème édit., Marseille : 1 –243.
- Bousquet. J.C, 2003-** Avis du Conseil Economique et Social Régional sur « Les risques de pollution par hydrocarbure en méditerranée ». Séance plénière du 1^{er} décembre 2003.
- Boutiba.Z, 2004-** Quid de l'Environnement Marin. Edit: Dar El Gharb, 273p.
- Boutiba, Z ; Taleb Z ; Abi-Ayad S.M.E.A, 2003 -** Etat de la pollution marine de la côte oranaise. *Edit: Dar El Gharb*, 69p.
- 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. 1981.** The biology of limpets: physical factors, energy flow and ecological interactions.,*Oceanog. Mar. Biol. Ann. Rev.* **19**: 235-280.
- Brown J.R., Galloway T.S., Lowe D., Browne M.A., Dissanayake A., Jones M.B. & Depledge M.H., 2004.** Differential sensitivity of three marine invertebrates to copper assessed using multiple biomarkers. *Aquatic Toxicology* **66**: 267–278.
- Bulleri F., Menconi M., Cinelli F., Benedetti-Cecchi L., 2000.** Grazing by two species of limpets on arificial reefs in northwest Mediterranean. *J. exp. mar. Biol. Ecol.*, **255** : 1-19.
- Burton.G.A, 1992-** “P,ankton, Macrkphyte, Fish and amphibian toxicity testing of fresh water sadiments”.In Burton, GAJ (Eds). *Sediment Toxicity Assesrment*, Lesis, Chelsea, MT. USA. 167-176p.
- Burgeot T., Bocquene G., Pingray G., Godefroy D., Legrand J., Dimeet J., Marco F., Vincent F., Henocque Y., & 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.
- Bustamante, R.H., Branch, G.M., & Eekhout, S. 1995 a.** Maintenance of an exceptional intertidal grazer biomass in South Africa: subsidy by subtidal kelps. *Ecology*. **76(7)**: 2314-2329.
- Bustamante, R.H., Branch, G.M. & Eekhout, S. (1997).** The influences of physical factors on the distribution and zonation patterns of South African rocky-shore communities. *S. Afr. J. mar. Sci.* **18**: 119-136.

C

- Callender, E., 2003.** Heavy Metals in the Environment-Historical Trends. In: B.S. Lollar (Ed.), *Environmental Geochemistry. Treatise on Geochemistry*. Elsevier-Pergamon, Oxford, pp. 67- 105.
- Campanella, L., Conti, M. E., Cubadda, F., & Sucapane, C. (2001).** Trace metals in seagrass and mollusks from an uncontaminated area in the Mediterranean. *Environmental Pollution*, 111, 117–126. doi: [10.1016/S0269-7491\(99\)00327-9](https://doi.org/10.1016/S0269-7491(99)00327-9).
- Candelone, J.-P., Hong, S., Pellone, C. et Boutron, C.F., 1995.** Post-Industrial Revolution changes in large-scale atmospheric pollution of the northern hemisphere by heavy metals as documented in central Greenland snow and ice. *Journal of Geophysical Research*, 100(8): 605-616.
- Chatterjee S. & Bhattacharya S., 1984.** Detoxification of industrial pollutants by the glutathione-S-transferase system in the liver of *Anabas testudineus* (Bloch). *Toxicol. Lett.*, 187-198pp.
- Chiffolleau J.F., Claisse D., Cossa D., Ficht A., Ganzalez J.L., Guyot T., Michel P., Miramand P., Oger C. & Petit F., 2001.** La contamination métallique, Ifremer, 39p.
- CIEM-ICES., 1978.** Conseil International pour l'Exploration de la Mer. International Council for the Exploration of the Sea (ICES)
- Collignon J., 1991.** Écologie et biologie marines, introduction à l'halieutique. Ed. Masson, Paris : 298p.
- Conti, M. E., & Cecchetti, G. (2003).** A biomonitoring study: Trace metals in algae and mollusks from Tyrrhenian coastal areas. *Environmental Research*, 93, 99–112. doi:10.1016/S0013-9351(03)00012-4.
- Corte-Real H., Hawkins S.J & Thorpe J.P., 1996.** Population differentiation and taxonomic status of the exploited limpet *Patella candei* in the Micronesian islands (Azores, Madeira, Canaries). *Mar. Biol.*, 125: 141-152.
- Cossu A, Doyotte A, Jacquin MC, Vasseur P.** Biomarqueurs du stress oxydant chez les animaux aquatiques. In: Lagadic L, Caquet T, Amiard JC, Ramade F, editors.

- Biomarqueurs en écotoxicologie Aspects fondamentaux. Paris7 Masson; 1997. p. 149–63.
- Cotran, R.S., Kumar, V. et Robbins, S.L., 1990.** Patologia ambiental, Patologia Estructural y Funcional. Interamericana-Mc Graw-Hill, Madrid, pp. 499-546.
- Creese, R.G. 1981.** Patterns of growth, longevity and recruitment of intertidal limpets in New South Wales. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* **51**: 145-171.
- Cretella M., Scillitani G., Toscano F., Tirella P. & Picarello O., 1990.** Comparative morphology of soft parts of *Patella* L. 1758 (Gastropoda : Patellidae) from the bay of Naples. *Bul. Malacol.* **25**: 205-210.
- Cretella M., Scillitani G., Toscano F., Tirella P., Picarello O. & 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.
- Cubadda, F., Conti, M. E., & Campanella, L. (2001).** Size-dependent concentrations of trace metals in four Mediterranean gastropods. *Chemosphere*, **45**, 561– 569. doi:10.1016/S0045-6535(01)00013-3.
- 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., Mangas-Ramirez E. & 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.
- 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.
- Della Santina P., 1990.** Eco-etologia dei Patellidae (Mollusca: Gastropoda) sul litorale-tirrenico. Ph.D Thesis, Università degli Studi di Firenze, Italy: 214p.

- Della Santina P., Sonni C., Sartoni G. & Chelazzi G., 1993.** Food availability and diet composition of three coexisting Mediterranean limpets (*Patella* spp.). *Mar.Biol.*, 116: 87-95.
- De Pirro M., Santini G & Chelazzi G., 1999.** Cardiac responses to salinity variations in two differently zoned mediterranean limpets. Departement of Animal Biologie and Genetics, Via Romana 17, Italy: 506 p.
- Dermeche S., 1998.** Teneurs en Métaux lourds (Cd,Pb,Cu,Zn et Ni) chez l'oursin commun *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816) pêché dans le golfe d'Arzew. Thèse de Magister. *Sci.Env.Univ. Oran.*, 125p.
- Douhri, H. & 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.
- Du Bray, E., 1995.** Preliminary compilation of descriptive geoenvironmental mineral deposits models, 1. United States Geological Survey, Denver, 272 pp.

E

- Eldafrawi A.T., 1985.** Acetylcholinesterase and anticholinesterase. *In* : Kerkut, G.A. & Gillbert, L.I.((Eds.). *Compressive Insect Phsiology, Biochimestry and Pharmacology.* New York, Pregamon press., **12** : 115-130.
- Ellman G. L., Courtney K. D., Andres V., & Featherstone R. M., 1961.** A new and rapid colorimetric determenation of acetylcholinesterase activity. *Biochemical Pharmacology and Physiology.* **38** : 84-90.
- Espinosa, F., Guerra-García, J.M. & García-Gómez, J.C., 2007.** Sewage pollution and exinctionrisk : an endangered limpet as bioindicator. *Biodiversity and Conservation.*,**16**: 377-397.

F

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

- Fitzpatrick P.J. & 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., & 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.
- Folsom T.R., Young D.R., Johnson J.N. et Pillai K.C., 1963.** Manganese-54 and Zinc-65 in costal organisms of California. *Nature* (20). pp. 327-329.
- Foley V. & Sheehan D., 1998.** Glutathione S-transferases of the yeast *Yarrowia lipolytica* have unusually large molecular mass. *Biochem. J.* 333 : (839–845)
- Forlin L., Blom S., Celander L., Sturve J., 1996.** Effects on UDP glucuronosyl transferase, Glutathione-S- transferase, DT-diaphorase and Glutathione reductase activities in rainbow trout liver after long-term exposure to PCB: 213-216pp.
- Fréhi H., Couté A., Mascarell G., Perrette Gallet C., Ayada M. & 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. & Grahem A., 1962.** British Prosobranch Molluscs, their functional anatomy and ecology. *Ray Society*: 755p.
- Freyssinet, P., Piantone, P., Azaroual, M., Itard, Y., Clozel-Leloup, B., Guyonnet, D. et Baubron, J.C., 2002.** Chemical changes and leachate mass balance of municipal solid waste bottom ash submitted to weathering. *Waste Management*, 22(2): 159-172.

G

- Galloway, T.S., Millward, N., Browne, M.A., Depledge, M.H., 2002.** Rapid assessment of organophosphorous/carbamate exposure in the bivalve mollusc *Mytilus edulis* using combined esterase activities as biomarkers. *Aquat. Toxicol.* 61, 169–180.
- Gavilán García, I., Gavilán García, A. et Castro Díaz, J., 2004.** Organometales. In: A. Fernandez Bremauntz, M. Yarto Ramirez et J. Castro Díaz (Eds.), *Las sustancias tóxicas persistentes*. Instituto Nacional de Ecología, México, pp. 1-64.

- George S. Young 1988.** Turbulence Structure of the Convective Boundary Layer. Part II. Phoenix 78 Aircraft Observations of Thermals and Their Environment. *J. Atmos. Sci.*, **45**, 727–735.
- George G. S., Buchanan G., 1990.** Isolation, properties and induction of plaice liver cytosolic glutathione S-transferases. *Fish Physiol. & Biochem.*, v. 8, n° 6 : 437-449.
- Giménez S., Costa C., Espinet B., Solé F., Pujol R. M., Puigdecamet E., García-Moreno P., Sánchez J., Gallardo F., Estrach T., García-Muret P., Romagosa V., Serrano S. & Servitje O., 2005.** Comparative genomic hybridization analysis of cutaneous large B-cell lymphomas. *Experimental Dermatology*.14,12 : 883- 890.
- Gobas .F & 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.
- Goldberg E., 1976.** The health of the oceans. The Unesco Press. pp . 165-170.
- Grandfils R., 1982.** Contribution al conocimiento de *Patella ferruginea* (Gmelin, 1789). *Iberus*, 2 : 57-69.
- Greco L., Capri E., Rustad T., 2007.** Biochemical responses in Salamo salarmuscle following exposure to ethynylestradiol and tributyltin: 564-571pp.
- Grimes S., 2011.** Biodiversité marine en Algérie : Crise des taxonomistes et enjeux de l'activité en réseau. In CNDRB. Biodiversité des côtes algériennes. *Bulletin du Centre National de Développement des Ressources Biologiques*, Numéro spécial. CNDRB, ATE, 9-17.
- 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. & 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.
- Guallini P., 2008.** La Méditerranée menacée par la pollution. Article de la provence presse. Octobre 2008.
- Guerra-García, J.M., Maestre, M.J., González, A.R. & García-Gómez, J.C., 2006.** Assessing a quick monitoring method using rocky intertidal communities as

bioindicator: a multivariate approach in Algeciras bay. *Environ. Monitor. Assess.*, **116**: 345-361.

H

- Habig W. H., Pabst M. J., Jakoby W. B. (1974).** Glutathione S-transferases. The first step in mercapturic acid formation. *J. Biol. Chem.*, 249 : 7120-7130.
- Hamdani A., 2013.** La reproduction chez un mollusque bivalve *Donax trunculus* L. dans le golfe d'Annaba. Rapport entre les aspects cytologique et biochimique et la pollution. Thèse de Doctorat, Univ. Annaba, 200p.
- Hereu B. 2004.** *The role of trophic interactions between fishes, sea urchins and algae in the northwest Mediterranean rocky infralittoral.* Thèse Doctorat, Univ. Barcelona, 287 p.
- Herut B., Kress N. & Hornung H., 1999.** Trace element levels in mollusks from clean and polluted coastal marine sites in the Mediterranean, Red and North seas. *Helgol. Mar. Res.* (53): 154-162.
- 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]. Available from : <http://www.marlin.ac.uk/species/Patellavulgata.htm>.
- Hong, Y. Y., Chiu, C. Y., Dweck, C. S., Lin, D., & Wan, W., 1999.** Implicit theories, attributions, and coping: A meaning system approach. *Journal of Personality and Social Psychology*, 77, 588 – 599.
- Hong, S., Candelone, J.-P., Patterson, C.C. et Boutron, C.F., 1994.** Greenland ice evidence of Hemispheric Lead Pollution two millennia ago by Greek and Roman civilizations. *Science*, 265(september): 1841-1843.
- Huang, Y., Zhang, G., Wu, F., Chen J. & Zhou, M., 2006.** Differences in Physiological Traits Among Salt-Stressed Barley Genotypes. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, **37**: 557-570.
- Huang, H., Wu, J.Y. & Wu, J.H., 2007.** Heavy metal monitoring using bivalved shellfish from Zhejiang coastal waters, East China Sea. *Environ. Monitor. Assess.*, **129**: 315-320.
- Huggett R.J., Unger M.A., Seligman P. F., & Valkirs A.O., 1992.** The marine biocide tributyltin. *Environ. Sci. Technol.* 26 : 232-237.
- Huxley J.S & Teissier G., 1936.** Terminologie et notation dans la description de la croissance relative. *C.r.Société biologique*, 121 : 934.
-

I

IFREMER. 2006. Institut Français pour la Recherche et l'Exploitation durable de la MER. Rapport d'activités 2005 du département «biogéochimie et écotoxicologie. rint. dcn-be /2006.05/Nantes.

IOCUNESCO., 1986. Intergovernmental Oceanographic Commission of **UNESCO** : United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization.

J

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

K

K.B. Storey. *Braz. J. Med. Biol. Res.*, **1996** (29), 1715, 1733.

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

Kallouche M.E.M., Bouras D., Ghalek M & Abdelghani F., 2011. Aspect et répartition de la patelle commune méditerranéenne (*Patella caerulea*) de la zone côtière oranaise (littoral algérien occidental). Conférence Méditerranéenne Côtière et Maritime. *édition 2*, Tanger, Maroc.

- Kamisaka K., Habig W.H., Ketley J.N., Arias M. & 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., Dallinger R., Donker M.H., Kohler H.R., Simonsen V.R.T & weeks J.M., 2000.** Biomarkers in terrestrial invertebrates : Potential and limitations for ecotoxicological soil risk assesement. *Rev. Environ. Contam. Toxicol.* 164, 93-147.
- Keddy, C., Greene, J.C. & Bonnell, M.A., 1994.** Examen des biotests effectués sur des organismes entiers pour l'évaluation de la qualité des sols, des sédiments et des eaux douces au Canada. Ottawa (Ontario), Environnement Canada, direction générale de la conservation des écosystèmes.
- Keough, M.J., Quinn, G.P. & Bathgate, R. 1997.** Geographic variation in interactions between size classes of the limpet *Cellana tramoserica*. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **215**: 19-34.
- 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.** Étude 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 à la biosurveillance de l'environnement marin. *Thèse de doctorat*. Univ. Annaba. *Laboratoire écosystème marins et littoraux*. 87P.
- Khélifi-Touhami M., Ounissi M. Saker I., Haridi A., Djorfi S. & Abdenour C., 2006.** The hydrology of the Mafreg estuary (Algeria) : Transport of inorganic nitrogen and phosphorus to the adjacent coast. *Journal of food, agriculture and environment*, 4 : 340-346.
- Khélifi-Touhami M., Semroud R., Hamidi M., Ounissi M., Néjib Daly A & Aissa P., 2007.** The planktonic communities from Mediterranean Sea (Algeria, Tunisia) with a redescription of *Paracalanus indicus* Wolferden, 1905 (Copepod: Calanoïda). *Faculty of sciences, Univ. Of Annaba, Algeria. Faculty of sciences, Univ. Of Carthage, Tunisia* : 327-337.
- Kerdoussi A., 2010.** Moule *Perna perna* peuplant le golfe d'Annaba : croissance, reproduction et qualité bactériologique. Mémoire de magister. Univ. Annaba., p178.

L

- Laborel D. F., 1985.** S.O.S. arapèdes géante; dépliant. Parc Naturel Régional de Corse.

- Laborel-Deguen F. & Laborel J., 1990.** Nouvelles données sur la patelle géante *Patella ferruginea* Gmelin en Méditerranée. I. Statut, répartition et étude des populations. II. Ecologie, biologie, reproduction. *Haliotis*, 10: 41-62.
- Laborel-Deguen F., Laborel J. & Morhange C., 1993.** Appauvrissement des populations de la patelle géante *Patella ferruginea* Gmelin. (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.
- Labrune, C., Grémare A., Amouroux J.M., Sarda R., Gil J. & 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.
- Lacaze J. C., 1980.** *La pollution pétrolière en milieu marin.* De la toxicologie à l'Ecologie Collection « Ecologie Appliquée et Sciences de l'Environnement ». Masson, Paris.
- Lacaze J.C., 1993.** La dégradation de l'environnement côtier, conséquence Ecologique. *Coll. Sci, Envir. Ed. Masson* : P 149.
- Lacaze J-C., et Ramade F., 1993.** La dégradation de l'environnement côtier, conséquences écologiques. *Edition Masson.* Paris. P129.
- Lagadic, L. C. T., & Amiard JC, 1997.** Biomarqueurs en écotoxicologie : principes et définitions. In : Lagadic L, Caquet T, Amiard JC and Ramade F (Eds.), Biomarqueurs en Ecotoxicologie. *Aspects Fondamentaux.* Masson, Paris, 1-9.
- 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.
- Lasiak, T.A. & White, D.R.A. 1993.** Microalgal food resources and competitive interactions among the intertidal limpets *Cellana capensis* (Gmelin, 1791) and *Siphonaria concinna* Sowerby, 1824. *S. Afr. J. mar. Sci.* **13**: 97-108.
- 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.
- Lauzet J.B. et Dejean-Arrecgros, J., 1977.** Je découvre les coquillages : côtes européennes et méditerranéennes. Ed. A. Lesson, Paris : 132p.
- LeBlanc G.A., & Cochrane B.J., 1987.** Identification of multiple glutathione S-transferases from *Daphnia magna*. *Comp Biochem Physiol B.* 88(1):39-45.
- Leckie, J.O. et Davis, J.A., 1975.** Aqueous environmental chemistry of copper. In: J.O. Nriagu (Ed.), *Copper in the Environment.* Wiley, New York, pp. 90-121.

- Lee R.F & Keeran W.S., 1988.** Marine invertebrate glutathione-S-transferases: purification, characterization and induction. *Marine Environmental Research*. Volume 24. 1-4 : 97-100.
- Le Claire L., 1972.** La sédimentation holocène sur le versant méridional du bassin Algéro-aléas (précontinent algérien). Mémoire Muséum National Histoire Naturelle. Nouvelle Série C. Science de la terre. Tome XXIV. Fascicule unique, 391p.
- Le Roux A. 2005.** Les patelles et la régression des algues brunes dans le Morbihan. *Penn ar Bed*, N°192, pp 1- 22.
- Leveau M., 1985-** devenir de la matière organique en zone littorale. Colloque franco-japonais d'océanographie. Marseille, 16-é& sept. 1985 : 5-12.
- Llansó R.J., Scott L. C., Dauer D.M., Hyland J.L., & Russell D.E., 2002.** An estuarine benthic index of biological integrity for the Mid Atlantic region of the United States. I. Classification of assemblages and habitat definition. *Estuaries* 25:1219 1230.

M

- Markert, B.A., Breure, A.M. & 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. Zechmeister, editors. (Oxford: Elsevier Science Limited), pp. 3-39.
- Martinez-Lara E., Leaver M. & 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.
- Maurin H., 1994.** Le livre rouge : Inventaire de la faune menacée en France. Éd. Nathan, Muséum national d'histoire naturelle et Fonds mondial pour la nature (WWF-France), Paris : 176p.
- Mauro A., Arculeo M., 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.
- Mc Carthy, J.F. & Shugart, L.R., 1990.** Biomarkers of environmental contamination. Boca Raton Floride, Lewis (Eds.).

- MeHSIP., 2008.** Elaboration of a Mediterranean Hot Spot Investment Programme. Final report for contact reg/2006/02 fwc beneficiaries europeaid/11860/c/multi lot n°2 : transport and infrastructures; horizon.
- METAP., 1994** Mediterranean Environmental Technical Assistance Programme.
- Millot, C. 1987.** The circulation of the levantine intermediate water in the Algerian basin. *Journal of geophysical research*, 92(C8): 8265-8276.
- Millot, C. 1993.** La circulation générale en Méditerranée occidentale. Workshop sur la circulation des eaux et pollution des côtes Méditerranéennes du Maghreb. 9-11 novembre 1992, INOC. 29-30.
- Monteiro D. A., Dealmeida J., Rantin F.T., Kalinin A.L., 2006.** Oxidative stress biomarkers in the freshwater characid fish, exposed to organophosphorus insecticides Folisuper 600 (methyl parathion): 141-149 pp.
- 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. & Brown, D., 1995.** Bioindicators of Environmental Health (New York: SPB Academic Pub).

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 (Esponges, Bivalves et Gastéropodes), *Thèse de Doctorat.*, Univ. Paris 7 : 255p.
- Nakhlé, K., Cossa, D., Khalaf, G. & 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. Michel X.,1993,** Use of biomarkers in assessment of contamination in marine ecosystems. Fundamental Approach and Applications, *MAP Technical Reports Series*, **71**, 1-20.
- Nolan C.P., 1991.** Size, shape and shell morphology in the Antarctic limpet *Nacella concinna* at Signy Island, South Orkney Islands. *J. Molluscan Stud.* 57: 225-238.

Norris, D.O., Donahue, S., Dores, R.M., Lee, J.K., Maldonado, T.A., Ruth, T. & Woodling, J.D., 1999. Impaired adrenacortical response to stress by brown trout, living in metal-contaminated waters of the Eagle River, Colorado. *General. Comp. Endocrinol.*, **113**: 1-9.

O

Oros, D.R., Ross, J.R.M., Spies, R.B. & 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.

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

Ounissi M., Haridi H. & 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 & 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.

Pascal M., Siorat F. & Bernard F., 1998. Interaction between Norway rats and shrews in Brittany Island. *Aliens Newsletter*, 8. IUCN, Invasive Species Specialist Group, Special Survival Commission : 7.

Pasquaud S., 2006. Les relations trophiques :velements de structuration des peuplements ichtyologiques en milieu estuarien. These de Doctorat. *Univ. Bordeaux*. 361 p.

Peakall DB (1992). *Animal Biomarkers as Pollution Indicators*. Chapman & Hall, London.

- Peakall, D., 1994.** Biomarkers: the way forward in environmental assessment. *Toxicol. Ecotoxicol. News.*, **1**: 55-60.
- Pérès J.M., 1961.** Océanographie biologique et biologie marine. Tom 1. La vie benthique. Ed. P.U.F., Paris : 541 p.
- Pérès J.M. & Picard J., 1964.** Nouveau manuel de bionomie benthique de la mer Méditerranée. *Rec. Trav. St. Mar. End. Bull.* **31**. Fasc. 47: 137 p.
- Pérès J.M., 1976.** Précis d'océanographie biologique. Ed. P.U.F., Paris: 246 p.
- Perez-López, M., Nóvoa-Valiñas, M.C., 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.
- Philips, D.J.H., 1980.** Quantitative aquatic biological indicators : Their use to monitor trace metal and organochlorine pollution. Applied Science Publishers, London. 120 p.
- PNAE-DD., 2002.** Plan National d'Actions pour l'Environnement et le Développement Durable. République Algérienne Démocratique et Populaire. Ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement. 148p.
- Prapantadara L., Koottathep S., Promtet N., Hemingway J. & Ketterman A.J., 1996.** Purification and characterization of a major glutathione S-transferase from the mosquito *Anopheles dirus* (species B). *Insect Biochem. Mol. Biol.* **26**: 277-285.
- Poppe G.T. & Gotto Y., 1991-**Européen seashells. Vol 1 (Polyplacophora, Caudofoveata, Solenogastrea, Gastropoda). Verlag Chiresta Hemmen : p 352.
- Porcheddu A. & 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.
- Puel D., Zsürger N. & 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.
- Pugliese A.M., Abello P. & Richardson C.A., 1995.** Population structure and growth of *Donax trunculus* (Bivalvia: Donacidae) in the western Mediterranean. *Marine Biology*, **121**: 665-671.

R

- Ramade, F. 1979.** « Ecotoxicologie », Masson édition, 228p.
- Ramade F 1992.** *Précis d'écotoxicologie*. Collection d'écologie, vol. 22 Masson, Paris. 300p.
- Rao J.V., 2006.** Biochemical alterations in enryhaline fish, exposed sub-lathal concentrations of an organophosphoris insecticid monocrotophos: 114-120pp.
- Rao, J.V., Kavitha, P., Srikanth, K., Usman, P.K. & Rao, T.G., 2007.** Environmental contamination using accumulation of metals in marine sponges, *Sigmadociafibulata* inhabiting the coastal waters of Gulf of Mannar, India. *Toxicol. Environ. Chem.*, **89**: 487-498.
- Regoli F., Frenzilli G., Bocchetti R., Annarumma F., Scarcelli V., Fattorini D. & Nigro M.M. 2004.** *Aquat. Toxicol.*, 68, 167.
- REMILI S. & 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> ; DOI : 10.4000/physio-geo.3258
- Rickwood C.J & Galloway T.S., 2004.** Acetylcholinesterase inhibition as a biomarker of adverse effect. A study of *Mytilus edulis* exposed to the priority pollutant chorfenvinphos. *Aquat. Toxicol.*, **67** : 45-56.
- RNO., 1974.** Réseau National d'Observation.
- Rodier J. 1984.** L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. Edition Dunod Paris.
- Romeo M., Garcia-Barrelli J.P., Siddoumou Z., & Nguyen P.H., 1993.** Variation spatiotemporelles des concentrations en métaux traces chez le mollusque *Donax rugosus* de la cote mauritanienne. *Bull. Ecol.*, t. 24 (2-3-4) : 83-86.
- Roméo M., Hoarau P., Garello G., Gnassia-Barelli M. & Girard J.P. 2003.** *Environ. Pollut.*, (122), 369, 378.
- Rouane-Hacene O. 2013.** Biosurveillance 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.

Rouimi, P., Anglade, P., Debrauwer, L., 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.

Sarkar S., Ray D. & Sshrivastava A.N., 2006. Molecular biomarkers : Their significance and application in marine pollution monitoring. *Ecotoxicol.*, **15** : 333-340.

Sarker A., Holkar P.K.R. & Patil S.S., 2010. Application of Actelycholineesterase Activity in Marine Organisms as a Biomarker of Costal Pollution. National Conference on Emerging Trends in Engineering, *Technology and Management, MS2K.*, **10** : 383-386.

Schiedek, D., Broeg, K., BarS'iene' , J., Lehtonen, K.K., Gercken, J., Pfeifer, S., Vuontisjä rvi, H., Vuorinen, P.J., Dedonyte, V., Koehler, A., Balk, L., 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.

Schlenk D., 1999. Necessity of defining biomarkers for use in ecological risk assessments. *Marine Pollution Bulletin* 39:48-53.

Schrank, C. S., Cormier, S. M., and Blazer, V. S., 1997. Contaminant exposure, biochemical and histopathological biomarkers in white suckers from contaminated and reference sites in the sheboygan river, Wisconsin. *Journal of Great Lakes Research*, **23**, 119- 130.

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. & Bacci G., 1971. Relationship between mesolittoral and infralittoral *Parella* populations in the Mediterranean. *Pubbl. Staz. Biol. Napoli*, 39: 87-106.

Semroud R. & 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.

Sifi K., Chouahda S. & Soltani N., 2007. Biosurveillance de l'environnement par la mesure de biomarqueurs chez *Donax trunculus* dans le golfe d'Annaba (Algérie). *Mésogée.*, 63: 11-18.

- Sifi K., Amira A. & 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.
- Simunovic A., 1970.** Recherches écologiques sur les peuplements faunistiques de l'étage supralittoral des côtes rocheuses de l'Adriatique moyenne. *Acta Adriat.*, 14: 3-39.
- Simonini R., Ansaloni I., Bonvicini Pagliai A.M. & 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.
- Soltani N., Amira A., Sifi K. & Beldi H., 2012.** Environmental monitoring of the Annaba gulf (Algeria): measurement of biomarkers in *Donax trunculus* and metallic pollution. *Bull. Soc. zool. Fr.*, 137(1-4): 47-56.
- Stenersen J., Guthenberg C. & Mannervik B., 1979.** Glutathione S-transferases in earthworms (Lumbricidae). *Biochem. J.* 181 : (47-0).
- Stenersen, J., Kobro, S., Bjerke, M., Arend, U., 1987.** Glutathione transferases in aquatic and terrestrial animals from nine phyla. *Comp. Biochem. Physiol.* 86C, 73-82
- Stephensen E., Sturve J., Forlin L., 2002.** Effects of redox cycling compounds on glutathione content and activity of glutathione related enzymes in rainbow trout liver. *Toxicology and pharmacology*: 435-442pp.
- Stillitano F., mugelli A., Cerbai E. & 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., & Marcotrigiano, G. O. (2001).** Heavy metal monitoring in fish, bivalve mollusks, water, and sediments from Varano Lagoon, Italy. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 66, 365-370. doi:10.1007/s00128-001-0014-1.
- Sukandar, S., Yasuda, K., Tanaka, M. et Aoyama, I., 2006.** Metals leachability from medical waste incinerator fly ash: A case study on particle size comparison. *Environmental Pollution*, 144(3): 726-735.

T

- Taleb M.Z., 2007.** Biosurveillance de la pollution au niveau de la côte occidentale Algérienne par l'utilisation d'une approche multimarqueurs chez la moule *Mytilus galloprovincialis*. *Thèse de Doctorat*. Univ. Oran. 160p.

- Taleb M.Z. & Boutiba Z., 2007.** La moule *Mytilus galloprovincialis* : bioindicateur de pollution marine- cas du port d'Oran. *Science & Technologie.*, **25** : 59-64.
- Teissier G., 1948.** La relation d'allométrie : sa signification statistique et biologique. *Biometrics*, 4 (1) : 14-53.
- Templado J., 2001.** *Patella ferruginea* Gmelin, 1789. In : Los invertebrados no insectos de la Directiva Habitats en España : 41-49 (M.A. Ramos, D. Bragado & J. Fernandez, Eds.). Serie Técnica. Organismo Autónomo Parques Nacionales (Dirección General de Conservación de la Naturaleza, Ministerio de Medio Ambiente), Madrid.
- Templado J., Calvo M., García A., Luque A.A., Maldonado M. & Moro L., 2004.** Guía de invertebrados y peces marinos protegidos por la legislación nacional y internacional. Organismo Autónomo Parques Nacionales, Ministerio de Medio Ambiente, Madrid.
- Teske P.R. & Wooldridge T.H., 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.
- Türkmen M., Türkmen A., Akyurt I. & Tepe Y., 2005.** Limpet, *Patella caerulea* Linnaeus, 1758 and Barnacle, *Balanus* sp., as Biomonitoring of Trace Metal Availabilities in Iskenderun Bay, Northern East Mediterranean Sea. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* **74** : 301-307.

U

- Uguz C., Iscan M., Erguven A., Isgor B., 2003.** The bioaccumulation of nonylphenol and its adverse effect on the liver of rainbow trout: 262-270pp.

V

- Valavandis A., Vlahogianni T., Dassenakis M & Scoullou M., 2006.** Molecular biomarkers of oxidative stress in aquatic organisms in relation to toxic environmental pollutants. *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, **64** : 178-189.
- Vanucci S., Minerdi D., Kadomatsu K., Mengoni A. & 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. & 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.*
- Vela A., Leoni V. 2004.** *Etudes des espèces de l'étage médiolittoral sur la jetée du port de commerce de Bastia. Recensement des effectives de Patella ferruginea.* Contrat Sinitinelle & Collectivité Territoriale de Corse, France, 18 p.
- Verschueren, N., Schaeken, W., & d'Ydewalle, G., 2000.** Two reasoning mechanisms for solving the conditional fallacies. In A. Markman & L. Barsalou (Eds.), Proceedings of the Twenty-Fifth Annual Meeting of the Cognitive Science Society, 25 : 1176 – 1181.
- Viarengo, A., Lowe, D., Bolognesi, C., Fabbri, E. & Koehler, A., 2007.** The use of biomarkers in biomonitoring: a 2-tier approach assessing the level of pollutant-induced stress syndrome in sentinel organisms. *Comp. Biochem. Physiol.*, **146 C**: 281-300.
-

Y

- Yüzereroğlu T. A., Gök G., Çoğun H.Y., Firat Ö., Sabahattin Aslanyavrsusu. Onur Maruldah & Kargin F. 2009.** Heavy metals in *Patella caerulea* (Mollusca, Gastropoda) in polluted and non polluted areas from Iskenderun Gulf (Mediterranean Turkey). *Environ Monit Assess.* DOI 10.1007/s10661-009-1047-x

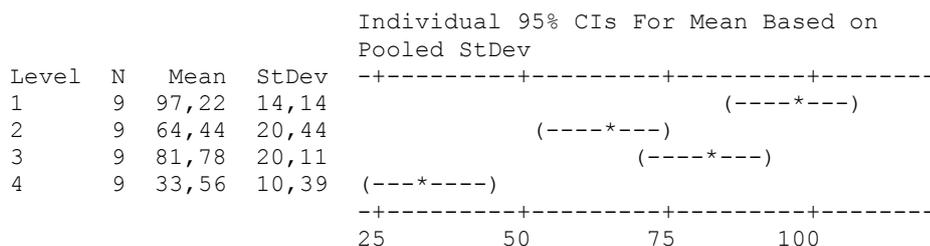
Annexe 1
Données Statistiques

Tableau 1 : Analyse de la variance à un seul critère de classification (site) de la densité des Patelles en Printemps (1 El-Kala, 2 El-Katara, 3 Toche, 4 Cap de Garde) :

One-way ANOVA: Densité P versus Fact sais

Source	DF	SS	MS	F	P
Fact sais	3	20129	6710	23,75	0,000
Error	32	9042	283		
Total	35	29171			

S = 16,81 R-Sq = 69,00% R-Sq(adj) = 66,10%



Pooled StDev = 16,81

Grouping Information Using Tukey Method

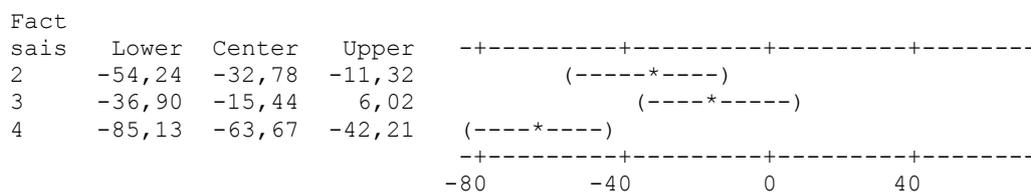
Fact sais	N	Mean	Grouping
1	9	97,22	A
3	9	81,78	A B
2	9	64,44	B
4	9	33,56	C

Means that do not share a letter are significantly different.

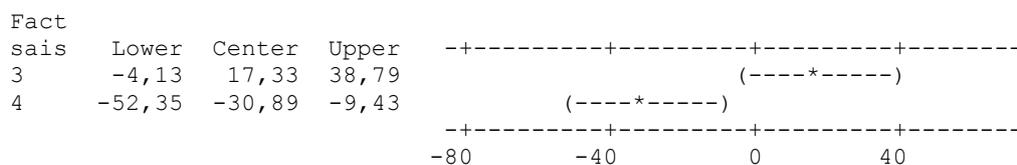
Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals All Pairwise Comparisons among Levels of Fact sais

Individual confidence level = 98,92%

Fact sais = 1 subtracted from:



Fact sais = 2 subtracted from:



Fact sais = 3 subtracted from:

Fact sais	Lower	Center	Upper	
4	-69,68	-48,22	-26,76	(-----*-----)

-----+-----+-----+-----
-80 -40 0 40

Tableau 2 : Analyse de la variance à un seul critère de classification (site) de la densité des Patelles en Été (1 El-Kala, 2 El-Katara, 3 Toche, 4 Cap de Garde) :

One-way ANOVA: Densité E versus Fact sais

Source	DF	SS	MS	F	P
Fact sais	3	65342	21781	33,40	0,000
Error	32	20870	652		
Total	35	86212			

S = 25,54 R-Sq = 75,79% R-Sq(adj) = 73,52%

Level	N	Mean	StDev	Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev
1	9	139,22	28,50	(-----*-----)
2	9	38,33	9,59	(-----*-----)
3	9	90,44	41,01	(-----*-----)
4	9	35,56	4,77	(-----*-----)

-----+-----+-----+-----
35 70 105 140

Pooled StDev = 25,54

Grouping Information Using Tukey Method

Fact sais	N	Mean	Grouping
1	9	139,22	A
3	9	90,44	B
2	9	38,33	C
4	9	35,56	C

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals
All Pairwise Comparisons among Levels of Fact sais

Individual confidence level = 98,92%

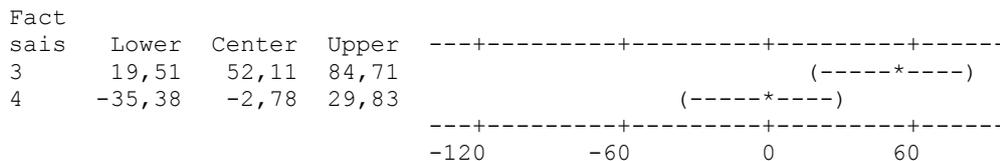
Fact sais = 1 subtracted from:

Fact sais	Lower	Center	Upper	
2	-133,49	-100,89	-68,29	(-----*-----)
3	-81,38	-48,78	-16,17	(-----*-----)
4	-136,27	-103,67	-71,06	(-----*-----)

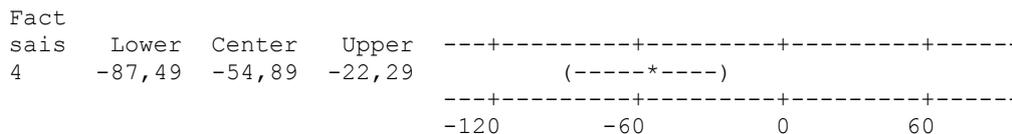
-----+-----+-----+-----

-120 -60 0 60

Fact sais = 2 subtracted from:



Fact sais = 3 subtracted from:



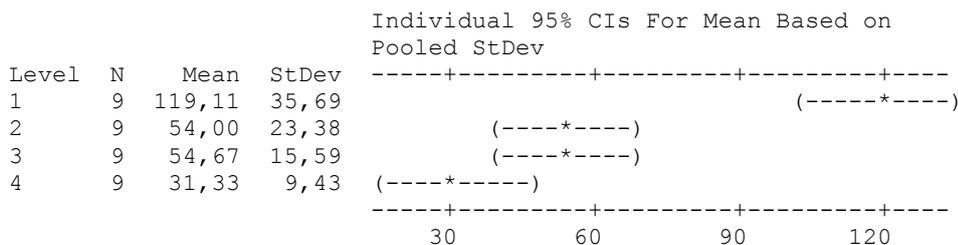
MTB > Oneway 'Densité A' 'Fact sais';
 SUBC> Tukey 5.

Tableau 3 : Analyse de la variance à un seul critère de classification (site) de la densité des Patelles en Automne (1 El-Kala, 2 El-Katara, 3 Toche, 4 Cap de Garde) :

One-way ANOVA: Densité A versus Fact sais

Source	DF	SS	MS	F	P
Fact sais	3	38601	12867	23,91	0,000
Error	32	17223	538		
Total	35	55824			

S = 23,20 R-Sq = 69,15% R-Sq(adj) = 66,26%



Pooled StDev = 23,20

Grouping Information Using Tukey Method

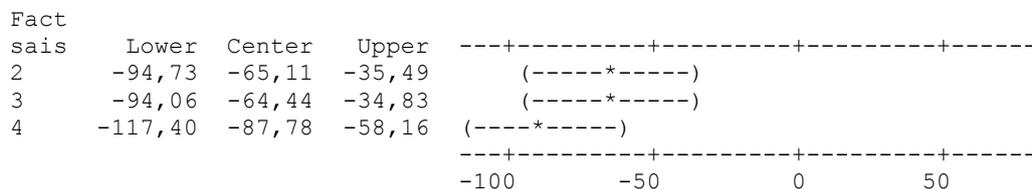
Fact	sais	N	Mean	Grouping
	1	9	119,11	A
	3	9	54,67	B
	2	9	54,00	B
	4	9	31,33	B

Means that do not share a letter are significantly different.

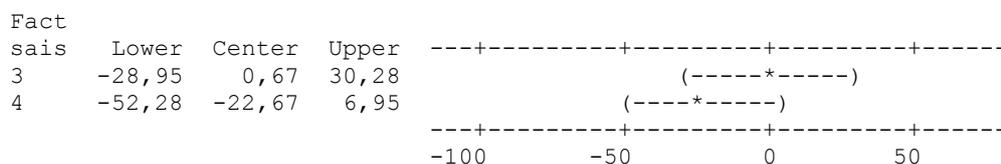
Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals
 All Pairwise Comparisons among Levels of Fact sais

Individual confidence level = 98,92%

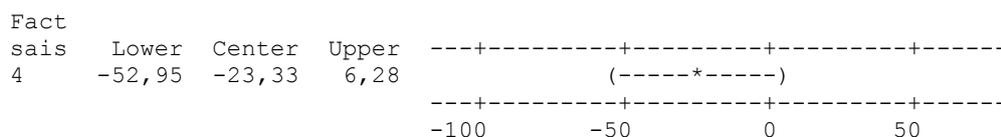
Fact sais = 1 subtracted from:



Fact sais = 2 subtracted from:



Fact sais = 3 subtracted from:



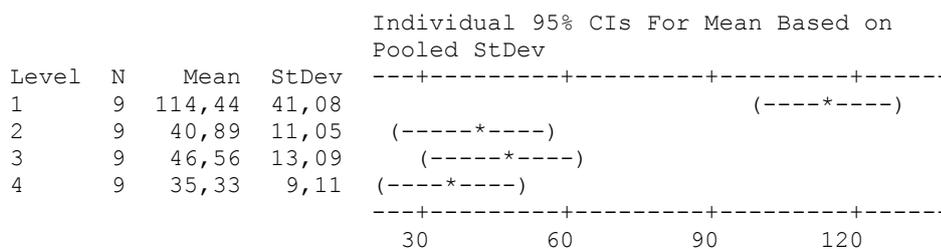
MTB > Oneway 'Densité H' 'Fact sais';
 SUBC> Tukey 5.

Tableau 4 : Analyse de la variance à un seul critère de classification (site) de la densité des Patelles en Hiver (1 El-Kala, 2 El-Katara, 3 Toche, 4 Cap de Garde) :

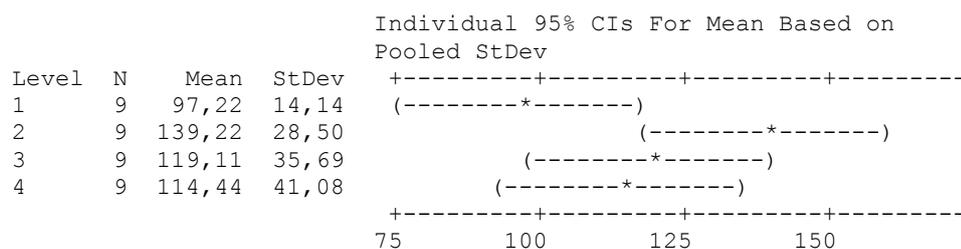
One-way ANOVA: Densité H versus Fact sais

Source	DF	SS	MS	F	P
Fact sais	3	37050	12350	23,93	0,000
Error	32	16513	516		
Total	35	53564			

S = 22,72 R-Sq = 69,17% R-Sq(adj) = 66,28%



Pooled StDev = 22,72



Pooled StDev = 31,52

Grouping Information Using Tukey Method

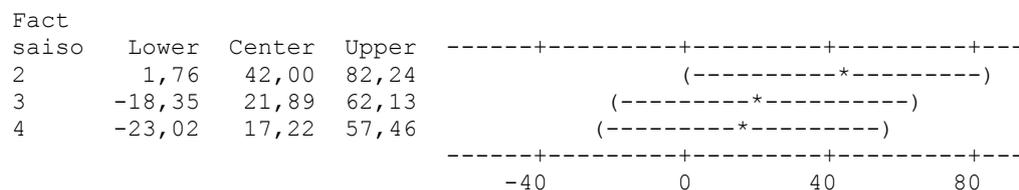
Fact	saïso	N	Mean	Grouping
	2	9	139,22	A
	3	9	119,11	A B
	4	9	114,44	A B
	1	9	97,22	B

Means that do not share a letter are significantly different.

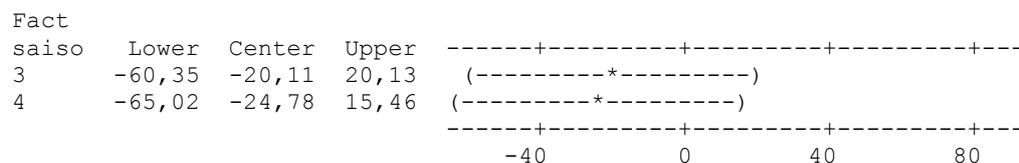
Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals
All Pairwise Comparisons among Levels of Fact saïso

Individual confidence level = 98,92%

Fact saïso = 1 subtracted from:



Fact saïso = 2 subtracted from:



Fact saïso = 3 subtracted from:

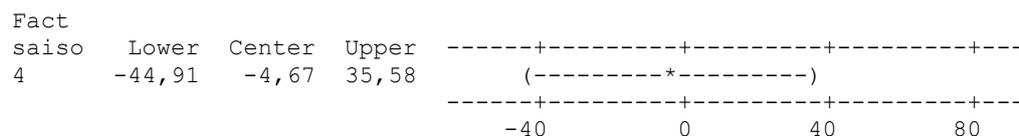


Tableau 6 : Analyse de la variance à un seul critère de classification (saison) de la densité des Patelles à El-Katara (1 Printemps, 2 Été, 3 Automne, 4 Hiver) :

One-way ANOVA: D Katara versus Fact saiso

Source	DF	SS	MS	F	P
Fact saiso	3	3982	1327	4,50	0,010
Error	32	9429	295		
Total	35	13411			

S = 17,17 R-Sq = 29,69% R-Sq(adj) = 23,10%

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev
1	9	64,44	20,44
2	9	38,33	9,59
3	9	54,00	23,38
4	9	40,89	11,05

Pooled StDev = 17,17

Grouping Information Using Tukey Method

Fact saiso	N	Mean	Grouping
1	9	64,44	A
3	9	54,00	A B
4	9	40,89	B
2	9	38,33	B

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals All Pairwise Comparisons among Levels of Fact saiso

Individual confidence level = 98,92%

Fact saiso = 1 subtracted from:

Fact saiso	Lower	Center	Upper
2	-48,03	-26,11	-4,20
3	-32,36	-10,44	11,47
4	-45,47	-23,56	-1,64

Fact saiso = 2 subtracted from:

Fact saiso	Lower	Center	Upper
3	-6,25	15,67	37,58
4	-19,36	2,56	24,47

Fact saiso = 3 subtracted from:

Fact

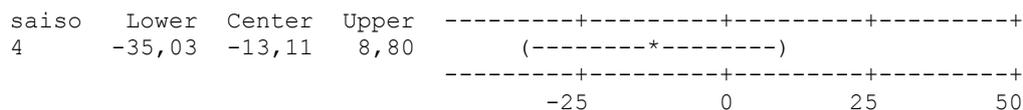
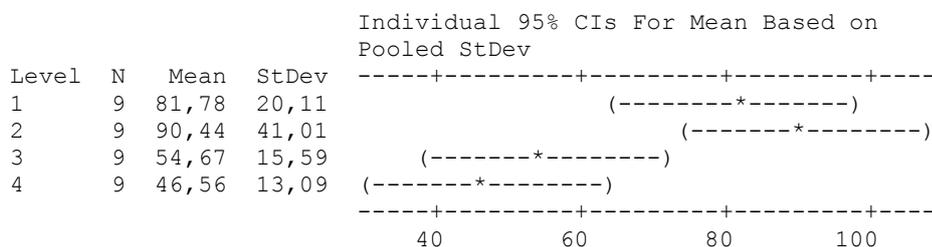


Tableau 7 : Analyse de la variance à un seul critère de classification (saison) de la densité des Patelles à Toche (1 Printemps, 2 Été, 3 Automne, 4 Hiver) :

One-way ANOVA: D Toche versus Fact saïso

Source	DF	SS	MS	F	P
Fact saïso	3	11976	3992	6,39	0,002
Error	32	20002	625		
Total	35	31978			

S = 25,00 R-Sq = 37,45% R-Sq(adj) = 31,59%



Pooled StDev = 25,00

Grouping Information Using Tukey Method

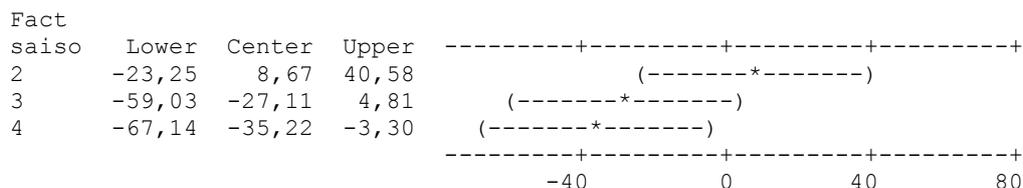
Fact saïso	N	Mean	Grouping
2	9	90,44	A
1	9	81,78	A B
3	9	54,67	B C
4	9	46,56	C

Means that do not share a letter are significantly different.

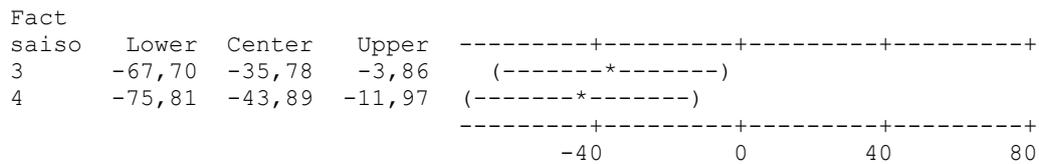
Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals
All Pairwise Comparisons among Levels of Fact saïso

Individual confidence level = 98,92%

Fact saïso = 1 subtracted from:



Fact saiso = 2 subtracted from:



Fact saiso = 3 subtracted from:

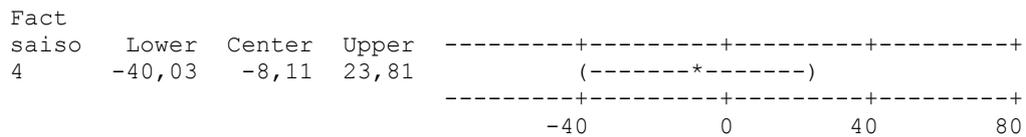
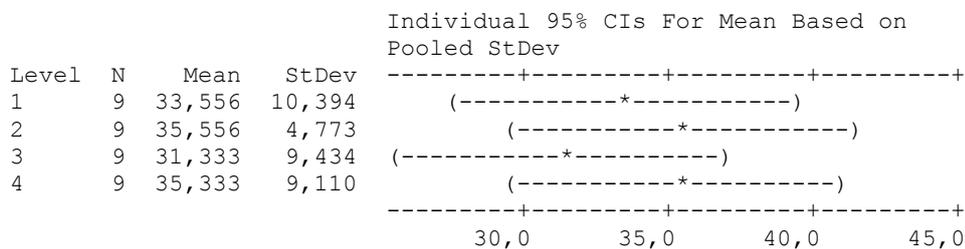


Tableau 8 : Analyse de la variance à un seul critère de classification (saison) de la densité des Patelles au Cap de Garde (1 Printemps, 2 Été, 3 Automne, 4 Hiver) :

One-way ANOVA: D Cap versus Fact saiso

Source	DF	SS	MS	F	P
Fact saiso	3	103,4	34,5	0,46	0,715
Error	32	2422,4	75,7		
Total	35	2525,9			

S = 8,701 R-Sq = 4,10% R-Sq(adj) = 0,00%



Pooled StDev = 8,701

Grouping Information Using Tukey Method

Fact saiso	N	Mean	Grouping
2	9	35,556	A
4	9	35,333	A
1	9	33,556	A
3	9	31,333	A

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals
All Pairwise Comparisons among Levels of Fact saiso

Individual confidence level = 98,92%

Fact saiso = 1 subtracted from:

Fact saiso	Lower	Center	Upper
2	-9,108	2,000	13,108
3	-13,330	-2,222	8,886
4	-9,330	1,778	12,886

-----+-----+-----+-----+
 (-----*-----)
 (-----*-----)
 (-----*-----)
 -----+-----+-----+-----+
 -8,0 0,0 8,0 16,0

Fact saiso = 2 subtracted from:

Fact saiso	Lower	Center	Upper
3	-15,330	-4,222	6,886
4	-11,330	-0,222	10,886

-----+-----+-----+-----+
 (-----*-----)
 (-----*-----)
 -----+-----+-----+-----+
 -8,0 0,0 8,0 16,0

Fact saiso = 3 subtracted from:

Fact saiso	Lower	Center	Upper
4	-7,108	4,000	15,108

-----+-----+-----+-----+
 (-----*-----)
 -----+-----+-----+-----+
 -8,0 0,0 8,0 16,0

Tableau 9 : Analyse de la variance à deux critères de classification (saisons/ station) de la densité des Patelles

General Linear Model: AV2 versus saison; station

Factor	Type	Levels	Values
saison	fixed	4	1; 2; 3; 4
station	fixed	4	1; 2; 3; 4

Analysis of Variance for AV2, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
saison	3	142329	142329	47443	95,41	0,000
station	3	5322	5322	1774	3,57	0,016
saison*station	9	18794	18794	2088	4,20	0,000
Error	128	63648	63648	497		
Total	143	230093				

S = 22,2991 R-Sq = 72,34% R-Sq(adj) = 69,10%

Unusual Observations for AV2

Obs	AV2	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
55	136,000	90,444	7,433	45,556	2,17 R
56	140,000	90,444	7,433	49,556	2,36 R
57	148,000	90,444	7,433	57,556	2,74 R
62	44,000	90,444	7,433	-46,444	-2,21 R

```

77 72,000 119,111 7,433 -47,111 -2,24 R
113 184,000 114,444 7,433 69,556 3,31 R
114 176,000 114,444 7,433 61,556 2,93 R
116 72,000 114,444 7,433 -42,444 -2,02 R

```

R denotes an observation with a large standardized residual.

Tableau 10 : Analyse de la variance à un seul critère de classification (site) de la biomasse des Patelles en Printemps (1 El-Kala, 2 El-Katara, 3 Toche, 4 Cap de Garde) :

One-way ANOVA: Biomasse P versus Fact stat

Source	DF	SS	MS	F	P
Fact stat	3	4,795	1,598	3,94	0,017
Error	32	12,987	0,406		
Total	35	17,782			

S = 0,6371 R-Sq = 26,96% R-Sq(adj) = 20,12%

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev
1	9	2,4730	0,5608
2	9	1,5246	0,4954
3	9	1,8209	0,4301
4	9	2,2267	0,9373

Pooled StDev = 0,6371

Grouping Information Using Tukey Method

Fact stat	N	Mean	Grouping
1	9	2,4730	A
4	9	2,2267	A B
3	9	1,8209	A B
2	9	1,5246	B

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals All Pairwise Comparisons among Levels of Fact stat

Individual confidence level = 98,92%

Fact stat = 1 subtracted from:

Fact stat	Lower	Center	Upper
2	-1,7618	-0,9484	-0,1351
3	-1,4654	-0,6521	0,1612
4	-1,0597	-0,2463	0,5670

Fact stat = 2 subtracted from:

```

Fact
stat  Lower  Center  Upper  -----+-----+-----+-----+--
3     -0,5170  0,2963  1,1097  (-----*-----)
4     -0,1112  0,7021  1,5154  (-----*-----)
-----+-----+-----+-----+--
                    -1,0      0,0      1,0      2,0

```

Fact stat = 3 subtracted from:

```

Fact
stat  Lower  Center  Upper  -----+-----+-----+-----+--
4     -0,4075  0,4058  1,2191  (-----*-----)
-----+-----+-----+-----+--
                    -1,0      0,0      1,0      2,0

```

Tableau 11 : Analyse de la variance à un seul critère de classification (site) de la biomasse des Patelles en Été (1 El-Kala, 2 El-Katara, 3 Toche, 4 Cap de Garde) :

One-way ANOVA: Biomasse E versus Fact stat

Source	DF	SS	MS	F	P
Fact stat	3	7,83	2,61	2,57	0,071
Error	32	32,45	1,01		
Total	35	40,27			

S = 1,007 R-Sq = 19,43% R-Sq(adj) = 11,88%

```

Individual 95% CIs For Mean Based on
Pooled StDev
Level  N   Mean  StDev  -+-----+-----+-----+-----+--
1      9   3,778  0,854  (-----*-----)
2      9   3,929  0,983  (-----*-----)
3      9   3,289  1,492  (-----*-----)
4      9   2,738  0,367  (-----*-----)
-----+-----+-----+-----+--
                    2,10      2,80      3,50      4,20

```

Pooled StDev = 1,007

Grouping Information Using Tukey Method

```

Fact
stat  N   Mean  Grouping
2     9   3,929  A
1     9   3,778  A
3     9   3,289  A
4     9   2,738  A

```

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals
All Pairwise Comparisons among Levels of Fact stat

Individual confidence level = 98,92%

Fact stat = 1 subtracted from:

```

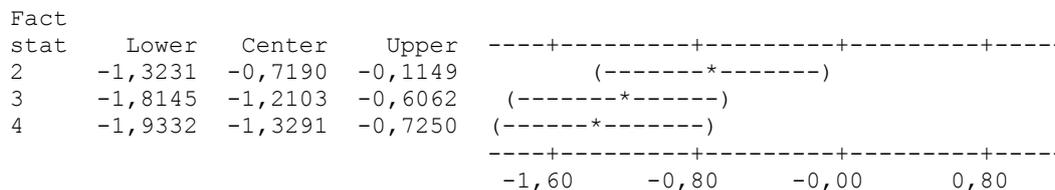
Fact
Stat  Lower  Center  Upper  -----+-----+-----+-----+--

```

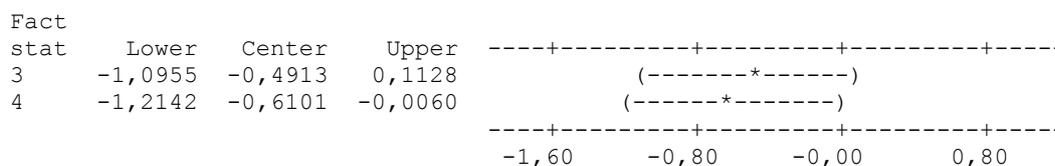

All Pairwise Comparisons among Levels of Fact stat

Individual confidence level = 98,92%

Fact stat = 1 subtracted from:



Fact stat = 2 subtracted from:



Fact stat = 3 subtracted from:

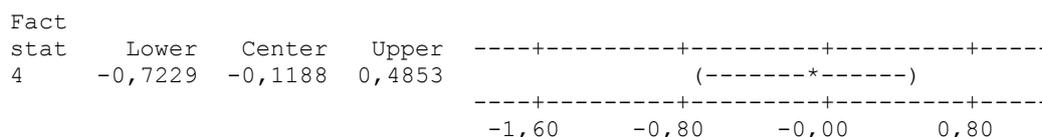
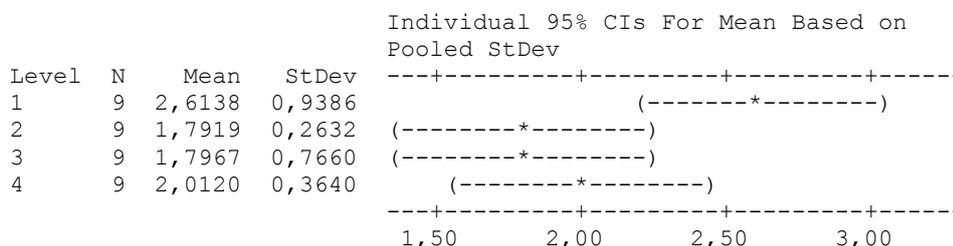


Tableau 13 : Analyse de la variance à un seul critère de classification (site) de la biomasse des Patelles en Hiver (1 El-Kala, 2 El-Katara, 3 Toche, 4 Cap de Garde) :

One-way ANOVA: Biomasse H versus Fact stat

Source	DF	SS	MS	F	P
Fact stat	3	4,050	1,350	3,24	0,035
Error	32	13,355	0,417		
Total	35	17,405			

S = 0,6460 R-Sq = 23,27% R-Sq(adj) = 16,08%



Pooled StDev = 0,6460

Grouping Information Using Tukey Method

Fact stat	N	Mean	Grouping
-----------	---	------	----------

```

1      9  2,6138  A
4      9  2,0120  A
3      9  1,7967  A
2      9  1,7919  A

```

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals
All Pairwise Comparisons among Levels of Fact stat

Individual confidence level = 98,92%

Fact stat = 1 subtracted from:

```

Fact
stat  Lower  Center  Upper  ----+-----+-----+-----+-----
2     -1,6466 -0,8219  0,0029  (-----*-----)
3     -1,6419 -0,8171  0,0076  (-----*-----)
4     -1,4265 -0,6018  0,2230  (-----*-----)
-----+-----+-----+-----+-----
                    -1,40      -0,70      0,00      0,70

```

Fact stat = 2 subtracted from:

```

Fact
stat  Lower  Center  Upper  ----+-----+-----+-----+-----
3     -0,8200  0,0048  0,8295  (-----*-----)
4     -0,6046  0,2201  1,0449  (-----*-----)
-----+-----+-----+-----+-----
                    -1,40      -0,70      0,00      0,70

```

Fact stat = 3 subtracted from:

```

Fact
stat  Lower  Center  Upper  ----+-----+-----+-----+-----
4     -0,6094  0,2153  1,0401  (-----*-----)
-----+-----+-----+-----+-----
                    -1,40      -0,70      0,00      0,70

```

Tableau 14 : Analyse de la variance à un seul critère de classification (saison) de la biomasse des Patelles à El-Kala (1 Printemps, 2 Été, 3 Automne, 4 Hiver) :

One-way ANOVA: B Kala versus Fact saison

Source	DF	SS	MS	F	P
Fact saison	3	15,718	5,239	8,95	0,000
Error	32	18,725	0,585		
Total	35	34,443			

S = 0,7649 R-Sq = 45,64% R-Sq(adj) = 40,54%

```

Individual 95% CIs For Mean Based on
Pooled StDev
Level  N    Mean    StDev  ----+-----+-----+-----+-----
1      9  2,4730  0,5608  (-----*-----)
2      9  3,7780  0,8539  (-----*-----)
3      9  1,9749  0,6451  (-----*-----)
4      9  2,6138  0,9386  (-----*-----)
-----+-----+-----+-----+-----

```

1,60 2,40 3,20 4,00

Pooled StDev = 0,7649

Grouping Information Using Tukey Method

Fact	saïson	N	Mean	Grouping
	2	9	3,7780	A
	4	9	2,6138	B
	1	9	2,4730	B
	3	9	1,9749	B

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals
All Pairwise Comparisons among Levels of Fact saïson

Individual confidence level = 98,92%

Fact saïson = 1 subtracted from:

Fact	saïson	Lower	Center	Upper
	2	0,3284	1,3050	2,2816
	3	-1,4747	-0,4981	0,4785
	4	-0,8358	0,1408	1,1174

-----+-----+-----+-----+
 (-----*-----)
 (-----*-----)
 (-----*-----)
 -----+-----+-----+-----+
 -1,5 0,0 1,5 3,0

Fact saïson = 2 subtracted from:

Fact	saïson	Lower	Center	Upper
	3	-2,7797	-1,8031	-0,8265
	4	-2,1408	-1,1642	-0,1876

-----+-----+-----+-----+
 (-----*-----)
 (-----*-----)
 -----+-----+-----+-----+
 -1,5 0,0 1,5 3,0

Fact saïson = 3 subtracted from:

Fact	saïson	Lower	Center	Upper
	4	-0,3377	0,6389	1,6155

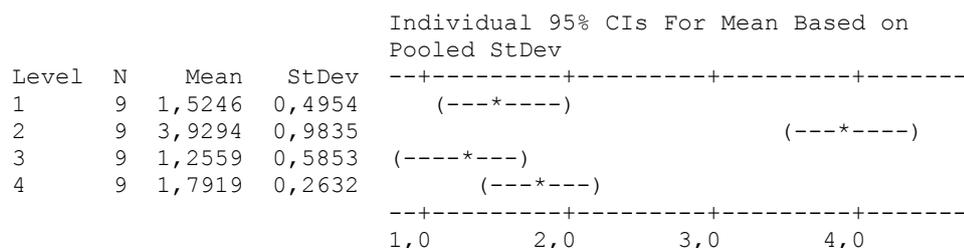
-----+-----+-----+-----+
 (-----*-----)
 -----+-----+-----+-----+
 -1,5 0,0 1,5 3,0

Tableau 15 : Analyse de la variance à un seul critère de classification (saïson) de la biomasse des Patelles à El-Katara (1 Printemps, 2 Été, 3 Automne, 4 Hiver) :

One-way ANOVA: B Katara versus Fact saïson

Source	DF	SS	MS	F	P
Fact saïson	3	40,346	13,449	33,11	0,000
Error	32	12,996	0,406		
Total	35	53,342			

S = 0,6373 R-Sq = 75,64% R-Sq(adj) = 73,35%



Pooled StDev = 0,6373

Grouping Information Using Tukey Method

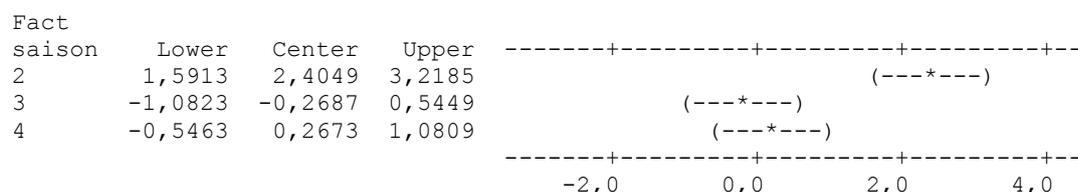
Fact	saïson	N	Mean	Grouping
	2	9	3,9294	A
	4	9	1,7919	B
	1	9	1,5246	B
	3	9	1,2559	B

Means that do not share a letter are significantly different.

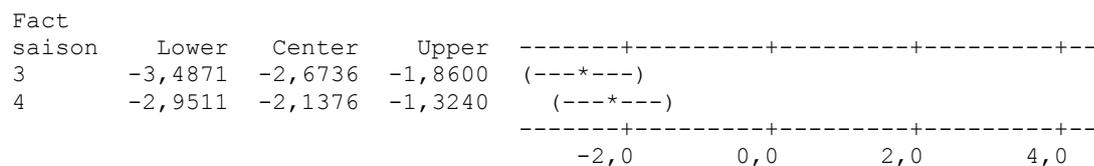
Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals
All Pairwise Comparisons among Levels of Fact saïson

Individual confidence level = 98,92%

Fact saïson = 1 subtracted from:



Fact saïson = 2 subtracted from:



Fact saïson = 3 subtracted from:

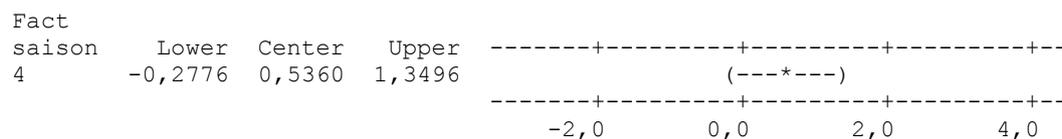
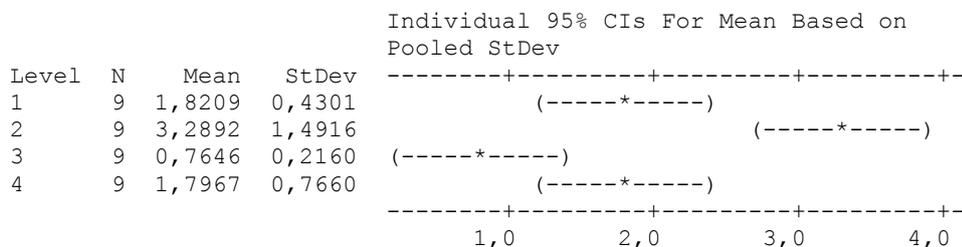


Tableau 16 : Analyse de la variance à un seul critère de classification (saïson) de la biomasse des Patelles à El-Kala (1 Printemps, 2 Été, 3 Automne, 4 Hiver) :

One-way ANOVA: B Toche versus Fact saison

Source	DF	SS	MS	F	P
Fact saison	3	29,114	9,705	12,76	0,000
Error	32	24,345	0,761		
Total	35	53,458			

S = 0,8722 R-Sq = 54,46% R-Sq(adj) = 50,19%



Pooled StDev = 0,8722

Grouping Information Using Tukey Method

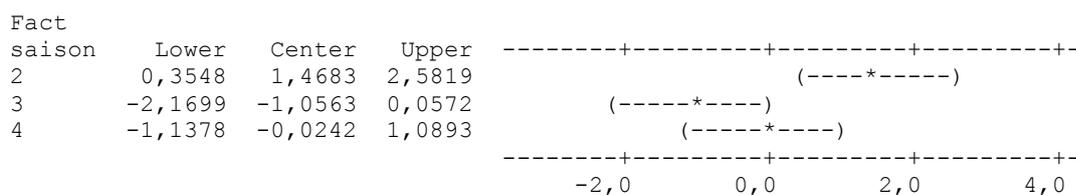
Fact saison	N	Mean	Grouping
2	9	3,2892	A
1	9	1,8209	B
4	9	1,7967	B
3	9	0,7646	B

Means that do not share a letter are significantly different.

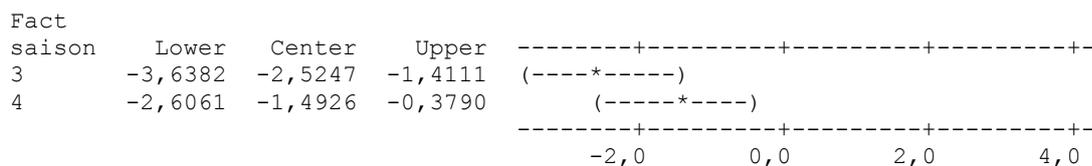
Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals All Pairwise Comparisons among Levels of Fact saison

Individual confidence level = 98,92%

Fact saison = 1 subtracted from:



Fact saison = 2 subtracted from:



Fact saison = 3 subtracted from:



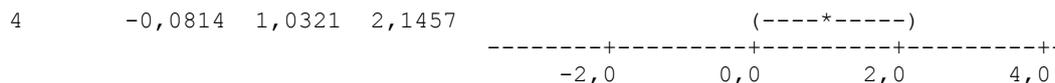
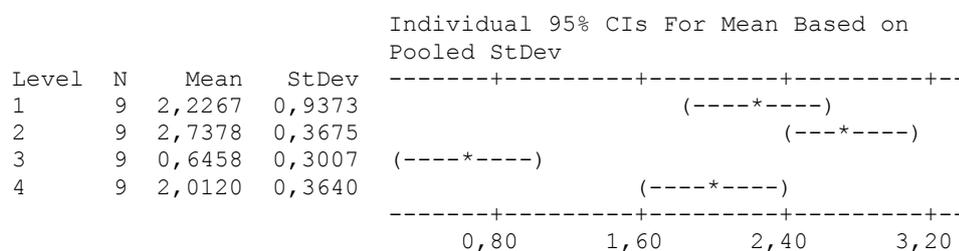


Tableau 17 : Analyse de la variance à un seul critère de classification (saison) de la biomasse des Patelles au Cap de Garde (1 Printemps, 2 Été, 3 Automne, 4 Hiver) :

One-way ANOVA: B Cap versus Fact saison

Source	DF	SS	MS	F	P
Fact saison	3	21,547	7,182	23,23	0,000
Error	32	9,892	0,309		
Total	35	31,438			

S = 0,5560 R-Sq = 68,54% R-Sq(adj) = 65,59%



Pooled StDev = 0,5560

Grouping Information Using Tukey Method

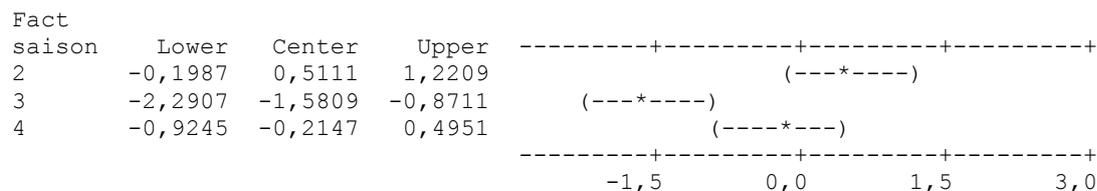
Fact saison	N	Mean	Grouping
2	9	2,7378	A
1	9	2,2267	A B
4	9	2,0120	B
3	9	0,6458	C

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals
All Pairwise Comparisons among Levels of Fact saison

Individual confidence level = 98,92%

Fact saison = 1 subtracted from:



Fact saison = 2 subtracted from:

```

Fact
saison   Lower   Center   Upper   -----+-----+-----+-----+
3        -2,8018  -2,0920  -1,3822  (-----*----)
4        -1,4356  -0,7258  -0,0160  (----*----)
-----+-----+-----+-----+
                    -1,5      0,0      1,5      3,0

```

Fact saison = 3 subtracted from:

```

Fact
saison   Lower   Center   Upper   -----+-----+-----+-----+
4         0,6564  1,3662  2,0760  (----*----)
-----+-----+-----+-----+
                    -1,5      0,0      1,5      3,0

```

Tableau 18 : Analyse de la variance à deux critères de classification (saisons/stations) de la biomasse des Patelles

General Linear Model: AV2 B versus saison_1; station_1

```

Factor      Type      Levels  Values
saison_1    fixed      4      1; 2; 3; 4
station_1   fixed      4      1; 2; 3; 4

```

Analysis of Variance for AV2 B, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
saison_1	3	15,3684	15,3684	5,1228	9,94	0,000
station_1	3	95,5758	95,5758	31,8586	61,83	0,000
saison_1*station_1	9	11,1482	11,1482	1,2387	2,40	0,015
Error	128	65,9571	65,9571	0,5153		
Total	143	188,0495				

S = 0,717837 R-Sq = 64,93% R-Sq(adj) = 60,82%

Unusual Observations for AV2 B

Obs	AV2 B	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
30	4,37500	2,22667	0,23928	2,14833	3,17 R
38	5,34300	3,77800	0,23928	1,56500	2,31 R
46	5,74100	3,92944	0,23928	1,81156	2,68 R
50	2,46000	3,92944	0,23928	-1,46944	-2,17 R
55	4,94600	3,28922	0,23928	1,65678	2,45 R
56	5,09200	3,28922	0,23928	1,80278	2,66 R
57	5,38300	3,28922	0,23928	2,09378	3,09 R
58	1,85500	3,28922	0,23928	-1,43422	-2,12 R
62	1,60000	3,28922	0,23928	-1,68922	-2,50 R
113	4,20300	2,61378	0,23928	1,58922	2,35 R
114	4,02000	2,61378	0,23928	1,40622	2,08 R
132	3,27300	1,79667	0,23928	1,47633	2,18 R

1	251	18,705	5,433		(*)
2	251	0,936	0,767	(*)	

Pooled StDev = 3,880

Tableau 22 : Analyse de la variance de la longueur total, poids au Cap de Garde :

One-way ANOVA: C Lt P versus Fac C

Source	DF	SS	MS	F	P
Fac C	1	10743,5	10743,5	704,54	0,000
Error	96	1463,9	15,2		
Total	97	12207,4			

S = 3,905 R-Sq = 88,01% R-Sq(adj) = 87,88%

Level	N	Mean	StDev	Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev
1	49	22,947	5,273	(--*)
2	49	2,007	1,640	(-*)

Pooled StDev = 3,905

Tableau 23: Analyse de la variance à un seul critère de classification (site) de l'ACHÉ en Printemps (1 El-Kala, 2 El-Katara, 3 Toche, 4 Cap de Garde)

One-way ANOVA: AChE P versus C20

Source	DF	SS	MS	F	P
C20	3	7564,9	2521,6	68,42	0,000
Error	68	2506,0	36,9		
Total	71	10070,8			

S = 6,071 R-Sq = 75,12% R-Sq(adj) = 74,02%

Level	N	Mean	StDev	Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev
1	18	41,128	8,185	(--*--)
2	18	19,976	7,013	(--*--)
3	18	13,686	1,952	(--*--)
4	18	27,972	5,238	(--*--)

Pooled StDev = 6,071

Grouping Information Using Tukey Method

C20	N	Mean	Grouping
-----	---	------	----------

1	18	41,128	A
4	18	27,972	B
2	18	19,976	C
3	18	13,686	D

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals
All Pairwise Comparisons among Levels of C20

Individual confidence level = 98,95%

C20 = 1 subtracted from:

C20	Lower	Center	Upper	-----+-----+-----+-----
2	-26,474	-21,151	-15,829	(---*---)
3	-32,764	-27,442	-22,119	(---*---)
4	-18,479	-13,156	-7,833	(--*---)
				-----+-----+-----+-----
				-30 -15 0 15

C20 = 2 subtracted from:

C20	Lower	Center	Upper	-----+-----+-----+-----
3	-11,613	-6,290	-0,967	(---*---)
4	2,673	7,995	13,318	(--*---)
				-----+-----+-----+-----
				-30 -15 0 15

C20 = 3 subtracted from:

C20	Lower	Center	Upper	-----+-----+-----+-----
4	8,963	14,286	19,608	(---*---)
				-----+-----+-----+-----
				-30 -15 0 15

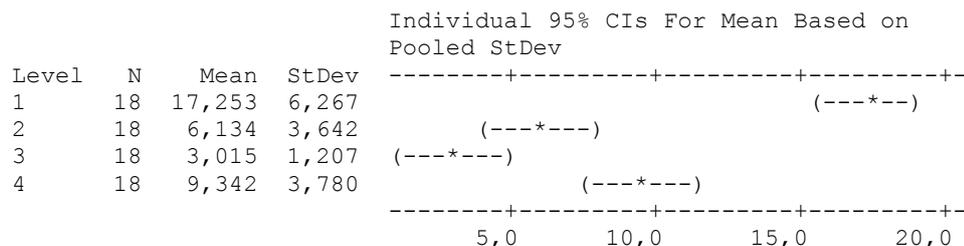
Tableau 24: Analyse de la variance à un seul critère de classification (site) de l'ACHÉ en Été (1 El-Kala, 2 El-Katara, 3 Toche, 4 Cap de Garde)

One-way ANOVA: AChE E versus Fac Saison

Source	DF	SS	MS	F	P
Fac Saison	3	1403,05	467,68	62,19	0,000
Error	68	511,38	7,52		
Total	71	1914,43			

S = 2,742 R-Sq = 73,29% R-Sq(adj) = 72,11%

				Individual 95% CIs For Mean Based on
				Pooled StDev
Level	N	Mean	StDev	-----+-----+-----+-----
1	18	20,105	1,608	(--*---)
2	18	10,175	1,767	(---*---)
3	18	9,333	4,733	(---*---)
4	18	16,070	1,405	(---*---)



Pooled StDev = 4,132

Grouping Information Using Tukey Method

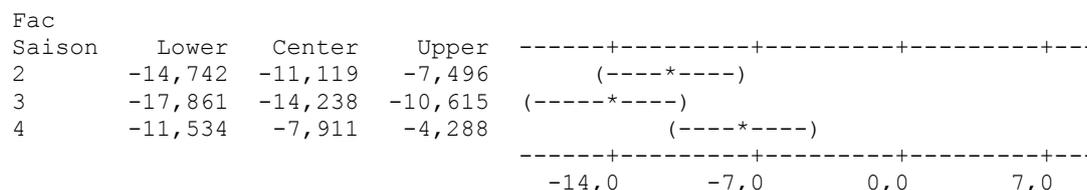
Fac	Saison	N	Mean	Grouping
	1	18	17,253	A
	4	18	9,342	B
	2	18	6,134	B C
	3	18	3,015	C

Means that do not share a letter are significantly different.

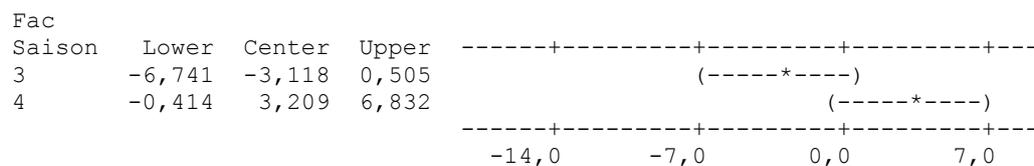
Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals
All Pairwise Comparisons among Levels of Fac Saison

Individual confidence level = 98,95%

Fac Saison = 1 subtracted from:



Fac Saison = 2 subtracted from:



Fac Saison = 3 subtracted from:

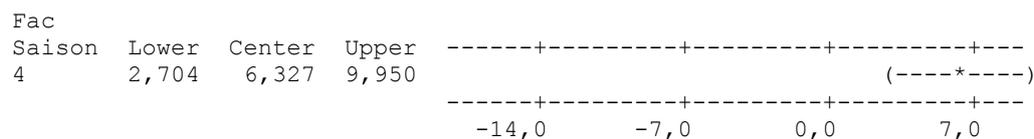
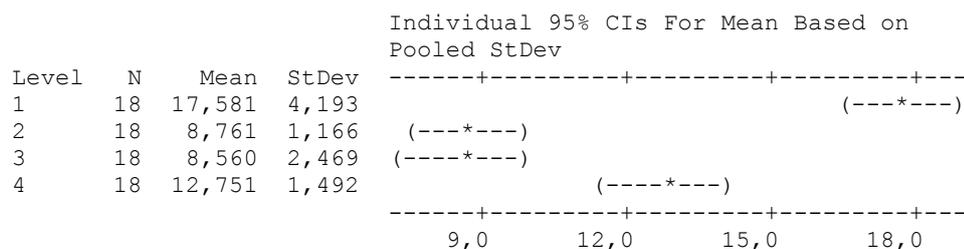


Tableau 26 : Analyse de la variance à un seul critère de classification (site) de l'ACHé en Hiver (1 El-Kala, 2 El-Katara, 3 Toche, 4 Cap de Garde)

One-way ANOVA: AChE H versus Fac Saison

Source	DF	SS	MS	F	P
Fac Saison	3	972,07	324,02	47,53	0,000
Error	68	463,60	6,82		
Total	71	1435,68			

S = 2,611 R-Sq = 67,71% R-Sq(adj) = 66,28%



Pooled StDev = 2,611

Grouping Information Using Tukey Method

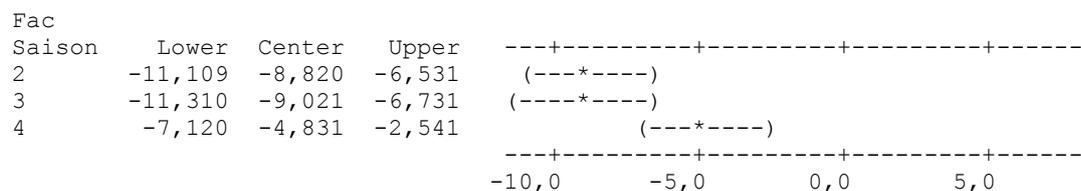
Fac Saison	N	Mean	Grouping
1	18	17,581	A
4	18	12,751	B
2	18	8,761	C
3	18	8,560	C

Means that do not share a letter are significantly different.

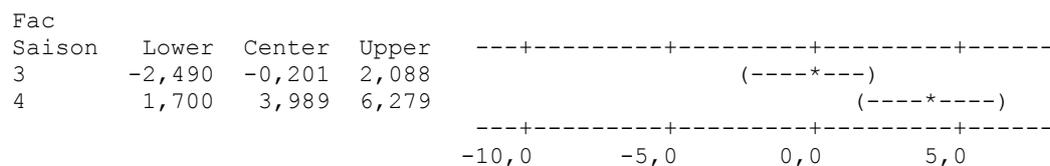
Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals
All Pairwise Comparisons among Levels of Fac Saison

Individual confidence level = 98,95%

Fac Saison = 1 subtracted from:



Fac Saison = 2 subtracted from:



Fac Saison = 3 subtracted from:

```

Fac
Saiso  Lower  Center  Upper  -----+-----+-----+-----+-----+
4      1,901   4,190   6,480   (---*---)
-----+-----+-----+-----+-----+
                    -10,0   -5,0   0,0   5,0

```

Tableau 27 : Analyse de la variance à un seul critère de classification (saison) de l'ACHÉ à El-Kala (1 Printemps, 2 Été, 3 Automne, 4 Hiver)

One-way ANOVA: Kala AChE versus Fac saiso sit

Source	DF	SS	MS	F	P
Fac saiso sit	3	7114,5	2371,5	75,03	0,000
Error	68	2149,4	31,6		
Total	71	9263,9			

S = 5,622 R-Sq = 76,80% R-Sq(adj) = 75,77%

```

Individual 95% CIs For Mean Based on
Pooled StDev
Level  N    Mean  StDev  -----+-----+-----+-----+
1      18  41,128  8,185   (---*---)
2      18  20,105  1,608   (---*---)
3      18  17,253  6,267   (---*---)
4      18  17,581  4,193   (---*---)
-----+-----+-----+-----+
                    16,0   24,0   32,0   40,0

```

Pooled StDev = 5,622

Grouping Information Using Tukey Method

```

Fac
saiso
sit    N    Mean  Grouping
1      18  41,128  A
2      18  20,105  B
4      18  17,581  B
3      18  17,253  B

```

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals
All Pairwise Comparisons among Levels of Fac saiso sit

Individual confidence level = 98,95%

Fac saiso sit = 1 subtracted from:

```

Fac
saiso
sit    Lower  Center  Upper  -----+-----+-----+-----+
2      -25,952 -21,023 -16,093   (---*---)
3      -28,804 -23,875 -18,945   (---*---)
4      -28,476 -23,546 -18,617   (---*---)
-----+-----+-----+-----+
                    -20   -10   0   10

```

Fac saiso sit = 2 subtracted from:

```

Fac
saïso
sit   Lower  Center  Upper  -----+-----+-----+-----+
3     -7,781 -2,852  2,078          (----*----)
4     -7,453 -2,524  2,406          (---*----)
-----+-----+-----+-----+
                    -20      -10      0      10

```

Fac saïso sit = 3 subtracted from:

```

Fac
saïso
sit   Lower  Center  Upper  -----+-----+-----+
4     -4,601  0,328  5,258          (----*----)
-----+-----+-----+
                    -20      -10      0      10

```

Tableau 28 : Analyse de la variance à un seul critère de classification (saison) de l'ACHÉ à El-Katara (1 Printemps, 2 Été, 3 Automne, 4 Hiver).

One-way ANOVA: Katara AChE versus Fac saïso sit

Source	DF	SS	MS	F	P
Fac saïso sit	3	1974,1	658,0	39,33	0,000
Error	68	1137,8	16,7		
Total	71	3111,9			

S = 4,091 R-Sq = 63,44% R-Sq(adj) = 61,82%

```

Individual 95% CIs For Mean Based on
Pooled StDev
Level  N   Mean  StDev  -----+-----+-----+-----+
1     18  19,976  7,013          (----*----)
2     18  10,175  1,767          (---*---)
3     18   6,134  3,642          (----*----)
4     18   8,761  1,166          (---*---)
-----+-----+-----+-----+
                    5,0      10,0      15,0      20,0

```

Pooled StDev = 4,091

Grouping Information Using Tukey Method

Fac saïso sit	N	Mean	Grouping
1	18	19,976	A
2	18	10,175	B
4	18	8,761	B C
3	18	6,134	C

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals
All Pairwise Comparisons among Levels of Fac saiso sit

Individual confidence level = 98,95%

Fac saiso sit = 1 subtracted from:

Fac saiso sit	Lower	Center	Upper	
2	-13,388	-9,802	-6,215	(----*----)
3	-17,429	-13,843	-10,256	(----*----)
4	-14,802	-11,215	-7,628	(----*----)

-----+-----+-----+-----+-----
-14,0 -7,0 0,0 7,0

Fac saiso sit = 2 subtracted from:

Fac saiso sit	Lower	Center	Upper	
3	-7,628	-4,041	-0,454	(----*----)
4	-5,000	-1,413	2,173	(----*----)

-----+-----+-----+-----+-----
-14,0 -7,0 0,0 7,0

Fac saiso sit = 3 subtracted from:

Fac saiso sit	Lower	Center	Upper	
4	-0,959	2,628	6,214	(----*----)

-----+-----+-----+-----+-----
-14,0 -7,0 0,0 7,0

Tableau 29 : Analyse de la variance à un seul critère de classification (saison) de l'ACHé à Toche (1 Printemps, 2 Été, 3 Automne, 4 Hiver)

One-way ANOVA: Toche AChE versus Fac saiso sit

Source	DF	SS	MS	F	P
Fac saiso sit	3	1036,50	345,50	40,93	0,000
Error	68	574,03	8,44		
Total	71	1610,53			

S = 2,905 R-Sq = 64,36% R-Sq(adj) = 62,79%

Individual 95% CIs For Mean Based on
Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev	
1	18	13,686	1,952	(----*----)
2	18	9,333	4,733	(---*---)
3	18	3,015	1,207	(----*----)
4	18	8,560	2,469	(--*---)

-----+-----+-----+-----+-----
3,5 7,0 10,5 14,0

Pooled StDev = 2,905

Grouping Information Using Tukey Method

```

Fac
saïso
sit      N      Mean  Grouping
1        18  13,686   A
2        18   9,333   B
4        18   8,560   B
3        18   3,015   C

```

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals
All Pairwise Comparisons among Levels of Fac saïso sit

Individual confidence level = 98,95%

Fac saïso sit = 1 subtracted from:

```

Fac
saïso
sit      Lower  Center  Upper  ---+-----+-----+-----+-----
2        -6,901  -4,353  -1,806  (----*----)
3       -13,218 -10,671  -8,123  (----*----)
4        -7,673  -5,126  -2,578  (----*----)
---+-----+-----+-----+-----
-12,0      -6,0      0,0      6,0

```

Fac saïso sit = 2 subtracted from:

```

Fac
saïso
sit      Lower  Center  Upper  ---+-----+-----+-----+-----
3       -8,865  -6,317  -3,770  (----*----)
4       -3,320  -0,772   1,775  (----*----)
---+-----+-----+-----+-----
-12,0      -6,0      0,0      6,0

```

Fac saïso sit = 3 subtracted from:

```

Fac
saïso
sit      Lower  Center  Upper  ---+-----+-----+-----+-----
4         2,997   5,545   8,092  (----*----)
---+-----+-----+-----+-----
-12,0      -6,0      0,0      6,0

```

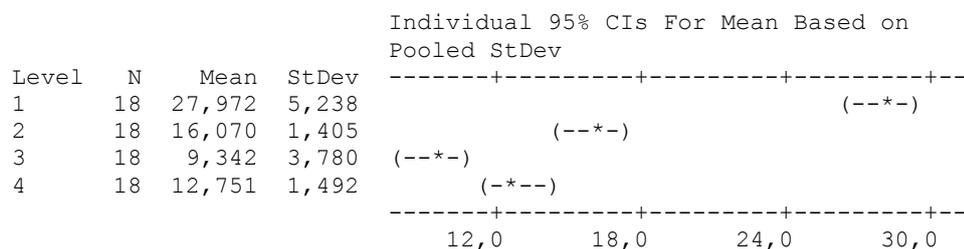
Tableau 30 : Analyse de la variance à un seul critère de classification (saison) de l'ACHÉ au Cap de Garde (1 Printemps, 2 Été, 3 Automne, 4 Hiver)

One-way ANOVA: Cap AChE versus Fac saïso sit

Source	DF	SS	MS	F	P
Fac saïso sit	3	3547,2	1182,4	102,99	0,000

Error 68 780,7 11,5
Total 71 4327,9

S = 3,388 R-Sq = 81,96% R-Sq(adj) = 81,17%



Pooled StDev = 3,388

Grouping Information Using Tukey Method

Fac
saïso

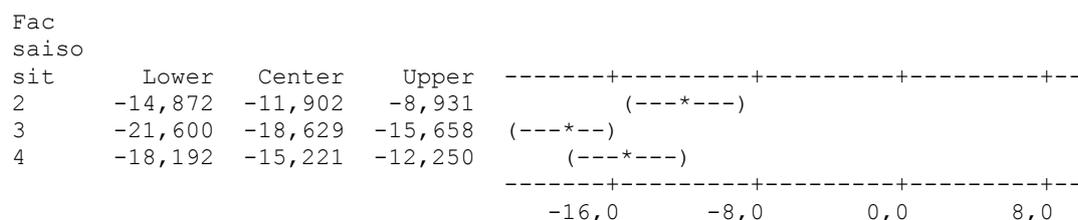
sit	N	Mean	Grouping
1	18	27,972	A
2	18	16,070	B
4	18	12,751	C
3	18	9,342	D

Means that do not share a letter are significantly different.

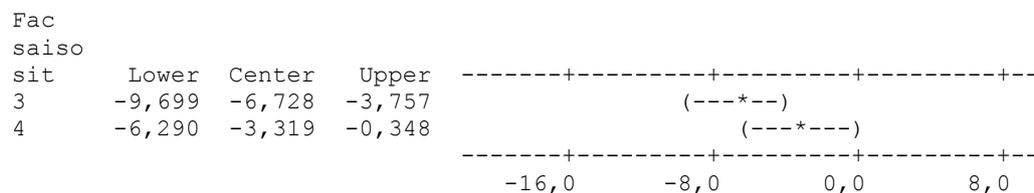
Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals
 All Pairwise Comparisons among Levels of Fac saïso sit

Individual confidence level = 98,95%

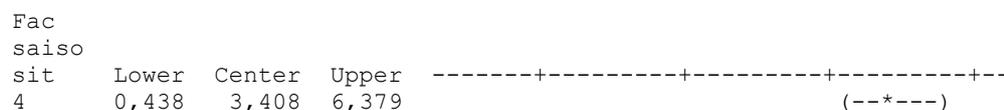
Fac saïso sit = 1 subtracted from:



Fac saïso sit = 2 subtracted from:



Fac saïso sit = 3 subtracted from:



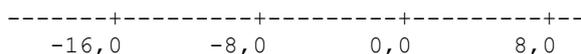


Tableau 31 : Analyse de la variance à deux critères de classifications (saisons/sites) de l'ACHÉ.

General Linear Model: AV2 AChE Saison versus Fact site; fact saison

Factor	Type	Levels	Values
Fact site	fixed	4	1; 2; 3; 4
fact saison	fixed	4	1; 2; 3; 4

Analysis of Variance for AV2 AChE Saison, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Fact site	3	9202,4	9202,4	3067,5	208,99	0,000
fact saison	3	8548,5	8548,5	2849,5	194,14	0,000
Fact site*fact saison	9	2140,6	2140,6	237,8	16,20	0,000
Error	272	3992,3	3992,3	14,7		
Total	287	23883,9				

S = 3,83115 R-Sq = 83,28% R-Sq(adj) = 82,36%

Unusual Observations for AV2 AChE Saison

Obs	AV2 AChE	Saison	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
1	30,0950	41,1277	0,9030	-11,0327	-2,96	R
2	31,5760	41,1277	0,9030	-9,5517	-2,57	R
3	31,2830	41,1277	0,9030	-9,8447	-2,64	R
4	30,8670	41,1277	0,9030	-10,2607	-2,76	R
5	31,1210	41,1277	0,9030	-10,0067	-2,69	R
6	30,9940	41,1277	0,9030	-10,1337	-2,72	R
7	50,0000	41,1277	0,9030	8,8723	2,38	R
8	50,1550	41,1277	0,9030	9,0273	2,42	R
9	50,2450	41,1277	0,9030	9,1173	2,45	R
10	50,6780	41,1277	0,9030	9,5503	2,57	R
11	50,9960	41,1277	0,9030	9,8683	2,65	R
12	50,2860	41,1277	0,9030	9,1583	2,46	R
19	11,4320	19,9763	0,9030	-8,5443	-2,29	R
20	10,0040	19,9763	0,9030	-9,9723	-2,68	R
21	10,5860	19,9763	0,9030	-9,3903	-2,52	R
22	10,9870	19,9763	0,9030	-8,9893	-2,41	R
23	10,8410	19,9763	0,9030	-9,1353	-2,45	R
24	11,0010	19,9763	0,9030	-8,9753	-2,41	R
27	27,6460	19,9763	0,9030	7,6697	2,06	R
28	27,4630	19,9763	0,9030	7,4867	2,01	R
55	20,4070	27,9716	0,9030	-7,5646	-2,03	R

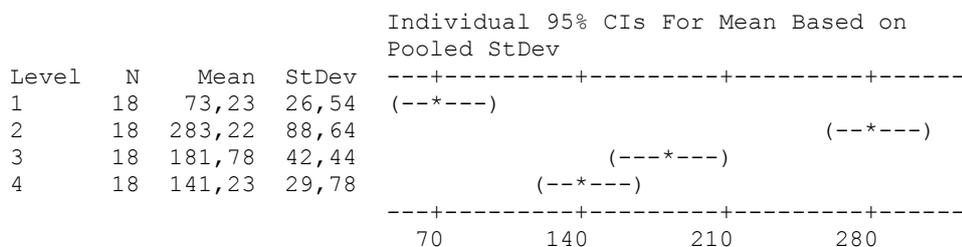
R denotes an observation with a large standardized residual.

Tableau 32 : Analyse de la variance à un seul critère de classification (site) de la GST en Printemps (1 El-Kala, 2 El-Katara, 3 Toche, 4 Cap de Garde).

One-way ANOVA: GST P versus Fac Saison

Source	DF	SS	MS	F	P
Fac Saison	3	416695	138898	49,39	0,000
Error	68	191253	2813		
Total	71	607948			

S = 53,03 R-Sq = 68,54% R-Sq(adj) = 67,15%



Pooled StDev = 53,03

Grouping Information Using Tukey Method

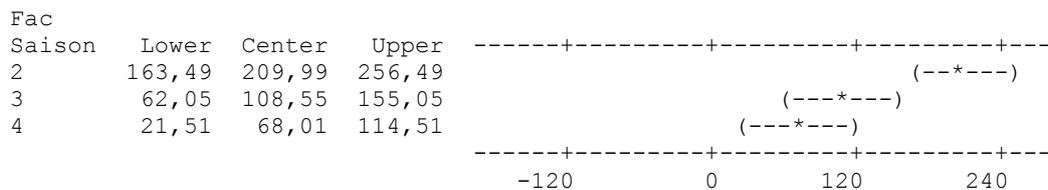
Fac Saison	N	Mean	Grouping
2	18	283,22	A
3	18	181,78	B
4	18	141,23	B
1	18	73,23	C

Means that do not share a letter are significantly different.

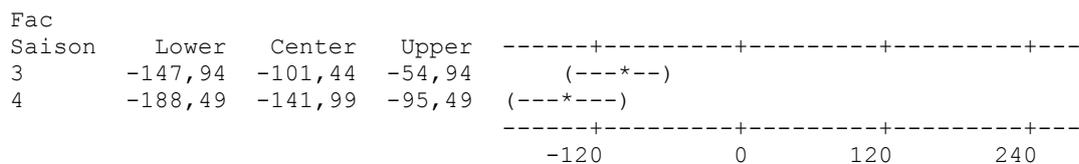
Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals All Pairwise Comparisons among Levels of Fac Saison

Individual confidence level = 98,95%

Fac Saison = 1 subtracted from:



Fac Saison = 2 subtracted from:



Fac Saison = 3 subtracted from:

Fac

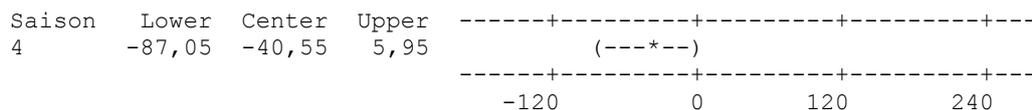
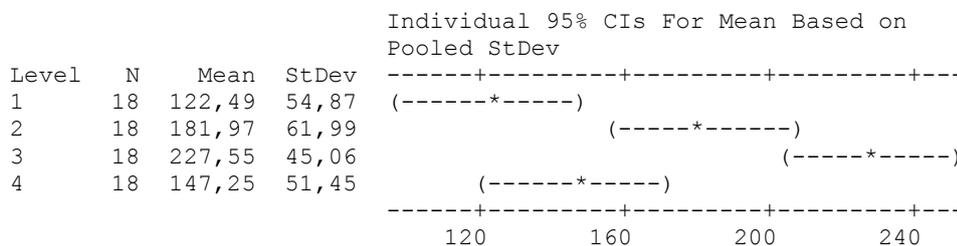


Tableau 33 : Analyse de la variance à un seul critère de classification (site) de la GST en Été (1 El-Kala, 2 El-Katara, 3 Toche, 4 Cap de Garde) :

One-way ANOVA: GST E versus Fac Saison

Source	DF	SS	MS	F	P
Fac Saison	3	112144	37381	12,97	0,000
Error	68	196023	2883		
Total	71	308167			

S = 53,69 R-Sq = 36,39% R-Sq(adj) = 33,58%



Pooled StDev = 53,69

Grouping Information Using Tukey Method

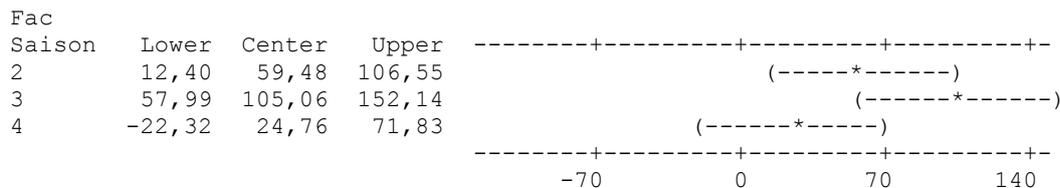
Fac	Saison	N	Mean	Grouping
Fac Saison	3	18	227,55	A
	2	18	181,97	A B
	4	18	147,25	B C
	1	18	122,49	C

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals
All Pairwise Comparisons among Levels of Fac Saison

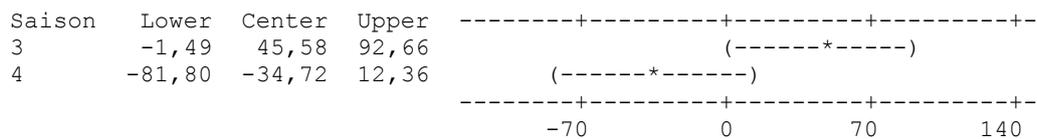
Individual confidence level = 98,95%

Fac Saison = 1 subtracted from:



Fac Saison = 2 subtracted from:

Fac



Fac Saison = 3 subtracted from:

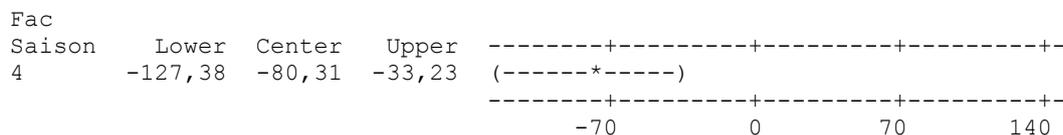
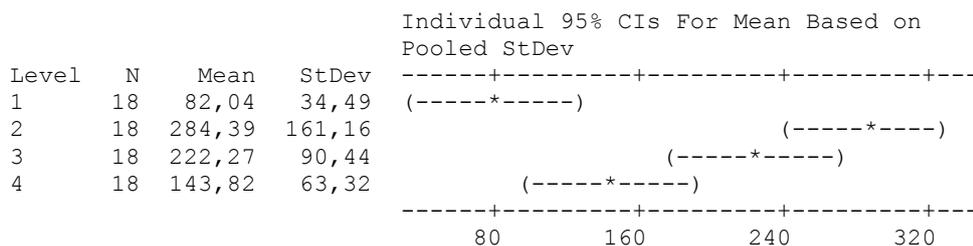


Tableau 34 : Analyse de la variance à un seul critère de classification (site) de la GST en Automne (1 El-Kala, 2 El-Katara, 3 Toche, 4 Cap de Garde).

One-way ANOVA: GST A versus Fac Saison

Source	DF	SS	MS	F	P
Fac Saison	3	423909	141303	14,36	0,000
Error	68	668933	9837		
Total	71	1092843			

S = 99,18 R-Sq = 38,79% R-Sq(adj) = 36,09%



Pooled StDev = 99,18

Grouping Information Using Tukey Method

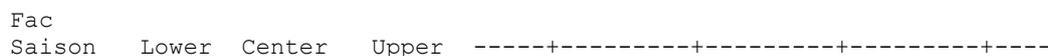
Fac Saison	N	Mean	Grouping
2	18	284,39	A
3	18	222,27	A B
4	18	143,82	B C
1	18	82,04	C

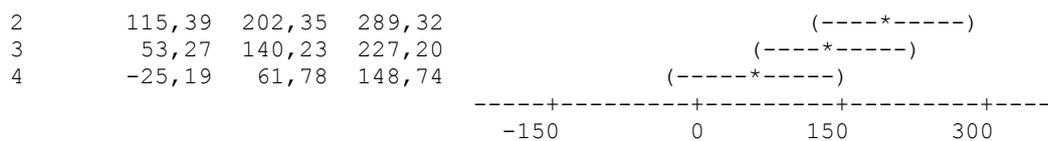
Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals
All Pairwise Comparisons among Levels of Fac Saison

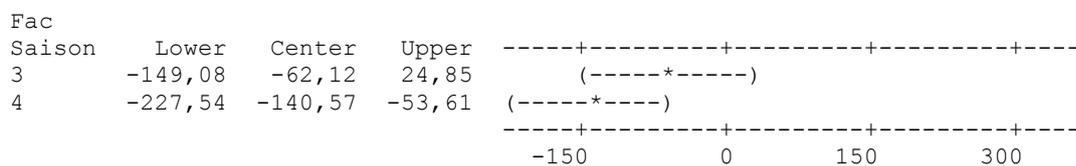
Individual confidence level = 98,95%

Fac Saison = 1 subtracted from:





Fac Saison = 2 subtracted from:



Fac Saison = 3 subtracted from:

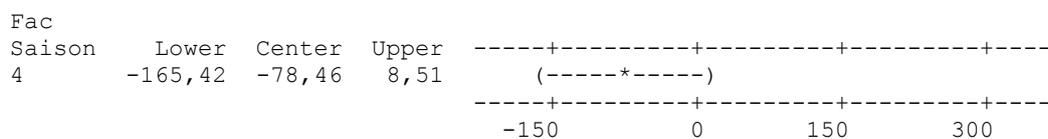
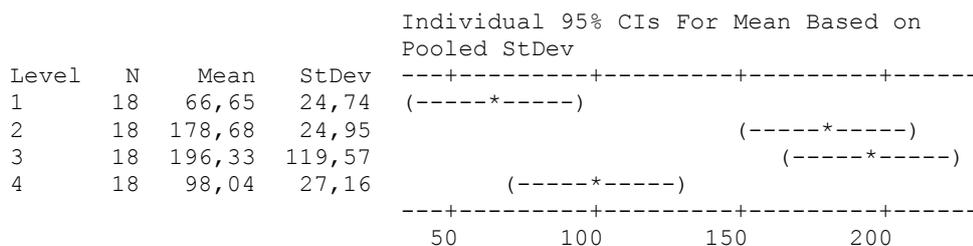


Tableau 35 : Analyse de la variance à un seul critère de classification (site) de la GST en Hiver (1 El-Kala, 2 El-Katara, 3 Toche, 4 Cap de Garde).

One-way ANOVA: GST H versus Fac Saison

Source	DF	SS	MS	F	P
Fac Saison	3	210745	70248	17,27	0,000
Error	68	276572	4067		
Total	71	487317			

S = 63,77 R-Sq = 43,25% R-Sq(adj) = 40,74%



Pooled StDev = 63,77

Grouping Information Using Tukey Method

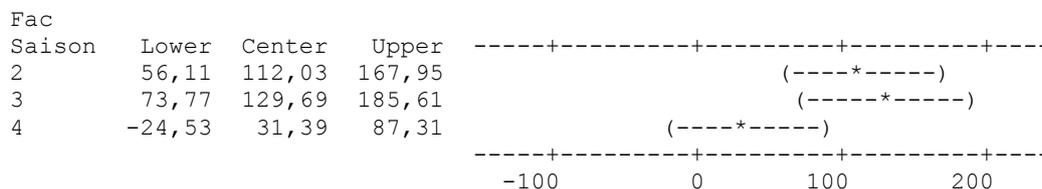
Fac				
Saison	N	Mean	Grouping	
3	18	196,33	A	
2	18	178,68	A	
4	18	98,04	B	
1	18	66,65	B	

Means that do not share a letter are significantly different.

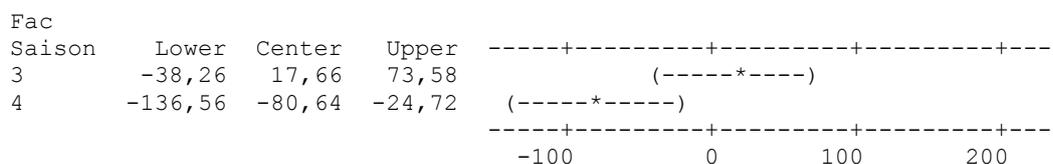
Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals
All Pairwise Comparisons among Levels of Fac Saison

Individual confidence level = 98,95%

Fac Saison = 1 subtracted from:



Fac Saison = 2 subtracted from:



Fac Saison = 3 subtracted from:

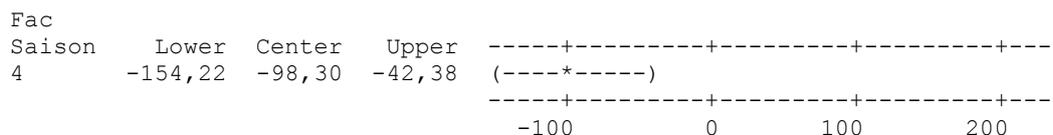
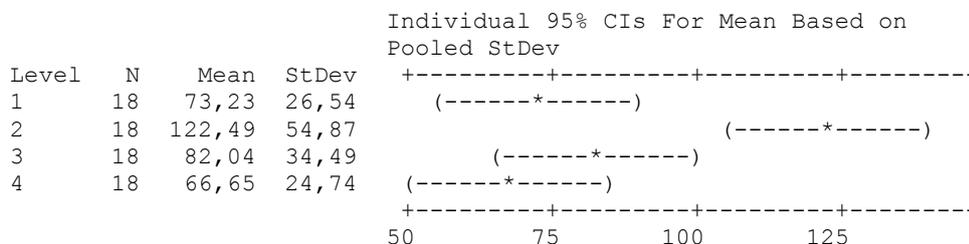


Tableau 36 : Analyse de la variance à un seul critère de classification (saison) de la GST à El-Kala (1 Printemps, 2 Été, 3 Automne, 4 Hiver) :

One-way ANOVA: Kala GST versus Fac saiso sit

Source	DF	SS	MS	F	P
Fac saiso sit	3	33932	11311	8,20	0,000
Error	68	93775	1379		
Total	71	127707			

S = 37,14 R-Sq = 26,57% R-Sq(adj) = 23,33%



Pooled StDev = 37,14

Grouping Information Using Tukey Method

Fac

```
saiso
sit      N      Mean  Grouping
2        18    122,49  A
3        18     82,04  B
1        18     73,23  B
4        18     66,65  B
```

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals
All Pairwise Comparisons among Levels of Fac saiso sit

Individual confidence level = 98,95%

Fac saiso sit = 1 subtracted from:

```
Fac
saiso
sit      Lower  Center  Upper  -----+-----+-----+-----+
2        16,70   49,27   81,83   (-----*-----)
3       -23,75    8,81   41,37   (-----*-----)
4       -39,14   -6,58   25,98   (-----*-----)
-----+-----+-----+-----+
                    -50         0         50        100
```

Fac saiso sit = 2 subtracted from:

```
Fac
saiso
sit      Lower  Center  Upper  -----+-----+-----+-----+
3       -73,02  -40,45  -7,89   (-----*-----)
4       -88,41  -55,85  -23,29  (-----*-----)
-----+-----+-----+-----+
                    -50         0         50        100
```

Fac saiso sit = 3 subtracted from:

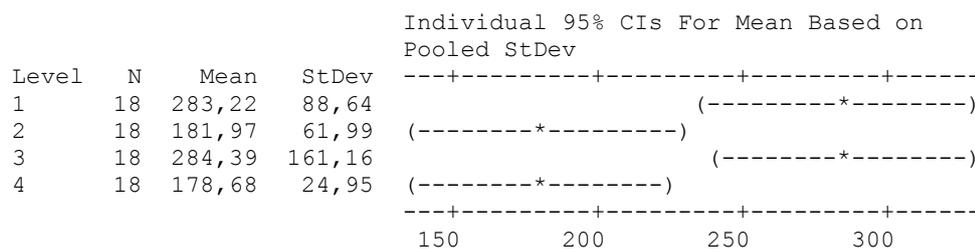
```
Fac
saiso
sit      Lower  Center  Upper  -----+-----+-----+-----+
4       -47,95  -15,39  17,17   (-----*-----)
-----+-----+-----+-----+
                    -50         0         50        100
```

Tableau 37 : Analyse de la variance à un seul critère de classification (saison) de la GST à El-Katara (1 Printemps, 2 Été, 3 Automne, 4 Hiver) :

One-way ANOVA: Katara GST versus Fac saiso sit

Source	DF	SS	MS	F	P
Fac saiso sit	3	192858	64286	6,71	0,000
Error	68	651003	9574		
Total	71	843861			

S = 97,84 R-Sq = 22,85% R-Sq(adj) = 19,45%



Pooled StDev = 97,84

Grouping Information Using Tukey Method

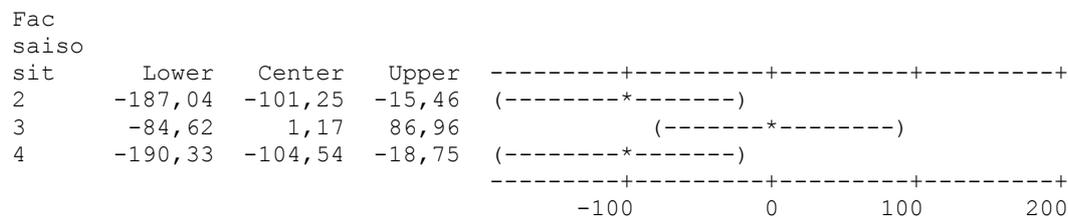
Fac	saiso	sit	N	Mean	Grouping
		3	18	284,39	A
		1	18	283,22	A
		2	18	181,97	B
		4	18	178,68	B

Means that do not share a letter are significantly different.

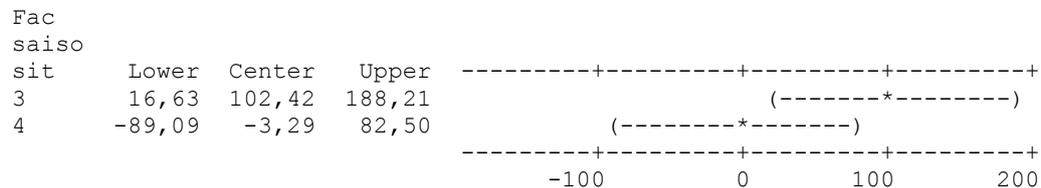
Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals
All Pairwise Comparisons among Levels of Fac saiso sit

Individual confidence level = 98,95%

Fac saiso sit = 1 subtracted from:



Fac saiso sit = 2 subtracted from:



Fac saiso sit = 3 subtracted from:

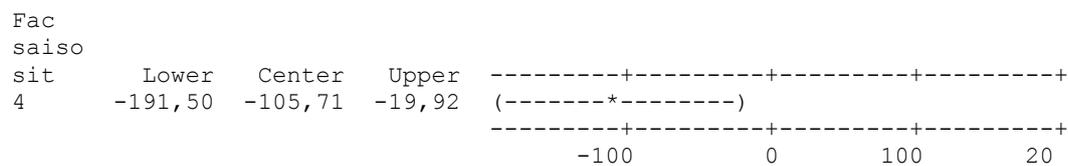
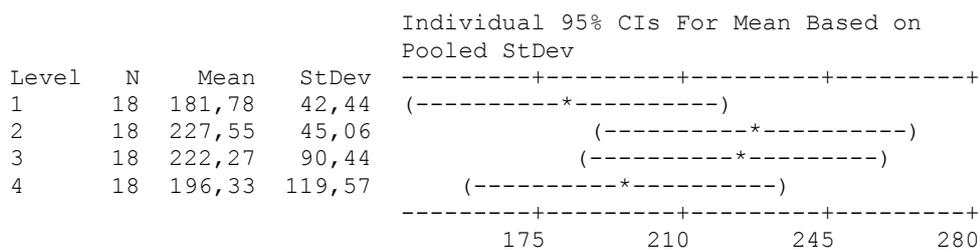


Tableau 38 : Analyse de la variance à un seul critère de classification (saison) de la GST à Toche (1 Printemps, 2 Été, 3 Automne, 4 Hiver) :

One-way ANOVA: Toche GST versus Fac saiso sit

Source	DF	SS	MS	F	P
Fac saiso sit	3	25297	8432	1,28	0,288
Error	68	447224	6577		
Total	71	472522			

S = 81,10 R-Sq = 5,35% R-Sq(adj) = 1,18%



Pooled StDev = 81,10

Grouping Information Using Tukey Method

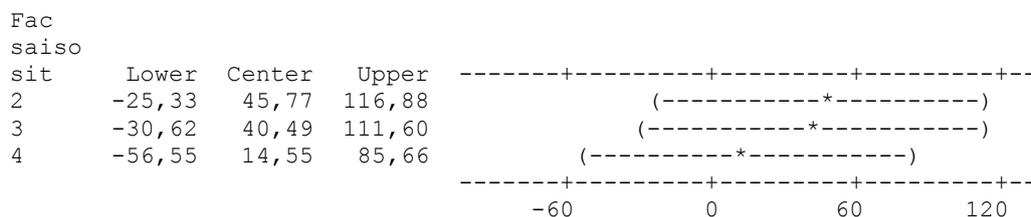
Fac saiso sit	N	Mean	Grouping
2	18	227,55	A
3	18	222,27	A
4	18	196,33	A
1	18	181,78	A

Means that do not share a letter are significantly different.

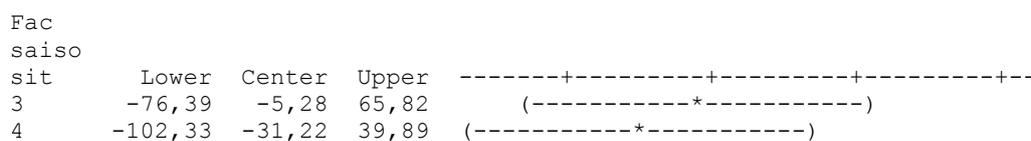
Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals
All Pairwise Comparisons among Levels of Fac saiso sit

Individual confidence level = 98,95%

Fac saiso sit = 1 subtracted from:



Fac saiso sit = 2 subtracted from:




```

sit      Lower  Center  Upper  -----+-----+-----+-----+
2      -33,88   6,02   45,91   (-----*-----)
3      -37,31   2,58   42,48   (-----*-----)
4      -83,09  -43,20  -3,30   (-----*-----)
-----+-----+-----+-----+
                    -50         0         50        100

```

Fac saiso sit = 2 subtracted from:

```

Fac
saiso
sit      Lower  Center  Upper  -----+-----+-----+-----+
3      -43,33   -3,43   36,46   (-----*-----)
4      -89,11  -49,21  -9,32   (-----*-----)
-----+-----+-----+-----+
                    -50         0         50        100

```

Fac saiso sit = 3 subtracted from:

```

Fac
saiso
sit      Lower  Center  Upper  -----+-----+-----+-----+
4      -85,67  -45,78  -5,88   (-----*-----)
-----+-----+-----+-----+
                    -50         0         50        100

```

Tableau 40 : Analyse de la variance à deux critères de classifications (saisons/ sites) de la GST :

General Linear Model: Av2 GST versus Fact site; fact saison

Factor	Type	Levels	Values
Fact site	fixed	4	1; 2; 3; 4
fact saison	fixed	4	1; 2; 3; 4

Analysis of Variance for Av2 GST, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Fact site	3	974509	974509	324836	66,29	0,000
fact saison	3	92075	92075	30692	6,26	0,000
Fact site*fact saison	9	188984	188984	20998	4,29	0,000
Error	272	1332781	1332781	4900		
Total	287	2588349				

S = 69,9995 R-Sq = 48,51% R-Sq(adj) = 45,67%

Unusual Observations for Av2 GST

Obs	Av2 GST	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
169	94,790	284,388	16,499	-189,598	-2,79 R
170	85,200	284,388	16,499	-199,188	-2,93 R
171	95,130	284,388	16,499	-189,258	-2,78 R
172	95,070	284,388	16,499	-189,318	-2,78 R
173	94,830	284,388	16,499	-189,558	-2,79 R
174	95,670	284,388	16,499	-188,718	-2,77 R

175	474,590	284,388	16,499	190,202	2,80 R
176	486,920	284,388	16,499	202,532	2,98 R
177	474,870	284,388	16,499	190,482	2,80 R
178	475,080	284,388	16,499	190,692	2,80 R
179	475,190	284,388	16,499	190,802	2,80 R
180	475,050	284,388	16,499	190,662	2,80 R
253	354,720	196,334	16,499	158,386	2,33 R
254	360,890	196,334	16,499	164,556	2,42 R
255	356,964	196,334	16,499	160,630	2,36 R
256	357,520	196,334	16,499	161,186	2,37 R
257	357,520	196,334	16,499	161,186	2,37 R
258	357,230	196,334	16,499	160,896	2,37 R

Tableau 41 : Test de corrélation des paramètres physico-chimique et les biomarqueurs :

Correlations: Température; Salinité; AChE; GST

	Température	Salinité	AChE
Salinité	0,786 0,000		
AChE	-0,250 0,087	-0,498 0,000	
GST	-0,043 0,773	0,020 0,893	-0,262 0,072

Annexe 2
Productions Scientifiques

Publication

BELDI H., **BOUMAZA F.Z.**, DRAREDJA B. & 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. <http://www.snv.jussieu.fr/zoologie>

Communications Orales

BOUMAZA F.Z., BELDI H. DRAREDJA B. & SOLTANI N. "Qualité environnementale des eaux du Golfe d'Annaba (Algérie Nord-Est) : Dosage de biomarqueurs chez *Patella caerulea* (Mollusque, Gastéropode)". *3^{ème} Congrès Franco-Maghrébin de Zoologie et d'Ichtyologie*. Marrakech (Maroc : 06-10 Novembre 2012).

Communications Affichés

BOUMAZA F.Z., BELDI H., DRAREDJA B. & SOLTANI N. "Etude de biomarqueurs chez la patelle commune *Patella caerulea* dans le littoral Est algérien". *2^{ème} Congrès franco-maghrébin de Zoologie et 4^{èmes} Journées franco-tunisienne de zoologie*. Zarzis (Tunisie) :4-9 novembre 2010.

BOUMAZA F.Z., BELDI H., DRAREDJA B. & SOLTANI N. "Les patelles dans la biosurveillance du littoral Est algérien". *12^{ème} journées tunisiennes des sciences de la mer*. Hammamet (Tunisie) : 18-21 décembre 2010.

BOUMAZA F.Z., BELDI H., DRAREDJA B. & SOLTANI N. "Étude de la qualité des eaux du littoral Est algérien à travers l'utilisation de *Patella caerulea* (Mollusque, Gastéropode)". *3^{ème} Séminaire International de Biologie Animale (SIBA)*, Université Mentouri Contantine : 9-11 Mai 2011.

BELDI H., **BOUMAZA F.Z.**, DRAREDJA B. & SOLTANI N. "Indices écologiques des Patellidae (Mollusques, Gastéropodes) : Impact de la pollution dans le littoral Est algérien". *14^{èmes} Journées Tunisiennes des Sciences de la Mer*. Sousse (Tunisie) : 15-18 Décembre 2012.

BELDI H., **BOUMAZA F.Z.**, DRAREDJA B. & SOLTANI N. "Utilisation d'un Mollusque Gastéropode pour l'évaluation de l'état de santé d'un écosystème côtier Algérien : Approche Multi-Marqueurs". *Colloque de l'Association pour la Recherche en Toxicologie*. Paris (France) : 20 et 21 Juin 2013.

Membre du projet PNR intitulé : « Biosurveillance du littoral est algérien », n°118/ANDRS/2011.

Tâche pédagogique :

- Assistante de TP Licence Biologie Marine & Environnement Aquatique.
- Assistante de TD Master 1 et 2 Ecotoxicologie.
- Assistante encadrement Master 2 Ecotoxicologie.