



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEURE ET DE LA RECHERCHE

SCIENTIFIQUE

جامعة باجي مختار - عنابة

UNIVERSITE BADJI MOKHTAR - ANNABA

FACULTE DES SCIENCES
DEPARTEMENT DE BIOLOGIE

THESE EN VUE DE L'OBTENTION D'UN DIPLOME DE DOCTORAT

Spécialité: BIOLOGIE ANIMALE

Intitulé

**Utilisation de *Donax trunculus* pour l'évaluation de
l'état de santé du golfe d'Annaba et impact de la
pollution métallique.**

Presentée par: M^{me}. Akila KHATI-AMIRA

Membre de Jury:

Pr. SOLTANI-MAZOUNI Nadia	Président	Universié Badji-Mokhtar. Annaba
Pr. SOLTANI Nouredine	Directeur de thèse	Universié Badji-Mokhtar. Annaba
Pr. BOULAHDID Mostefa	Examineur	ENSSMAL. Alger
Pr. BELDI Hayette	Examineur	Universié Badji-Mokhtar. Annaba
Dr. MEZDJRI Lamine	Examineur	Universié 20 août 1955. Skikda
Dr. TADJINE Aicha	Examineur	Universié El teref

Année universitaire: 2013/2014

REMERCIEMENT

A l'issue de ces années de doctorat, je tiens à exprimer toute ma reconnaissance à ceux ou celles qui, d'une manière ou d'une autre, ont permis d'entreprendre, de réaliser et d'achever cette thèse.

Je suis très honorée que Mme Nadia SOLTANI-MAZOUNI (Professeur, Université d'Annaba) a accepté de présider ce jury. Je vous exprime toute ma gratitude.

Je remercie M. Noureddine SOLTANI (professeur, université d'Annaba), mon Directeur de thèse et responsable du laboratoire de Biologie Animale Appliquée, d'avoir accepté de diriger cette thèse, mais aussi de m'avoir accueilli et permis de la réaliser dans d'excellentes conditions de travail. Les années passées au sein de ce laboratoire m'ont beaucoup appris et apporté tant sur le plan scientifique, professionnel qu'humain. Merci à vous de m'avoir fait bénéficier de votre expérience, et de vos conseils avisés qui m'ont énormément aidé à m'affirmer et à évoluer en tant que jeune chercheuse. Je lui adresse ici toute ma reconnaissance et mon admiration.

J'exprime toute ma reconnaissance aux membres du jury, M. Mostefa BOULAHDI (Professeur, Ecole Nationale Supérieure des sciences de la mer et de l'Aménagement du Littoral, Alger), Mme Hayette BELDI (Professeur, Université d'Annaba) et Mme Aïcha TADJINE (Maître de conférence A, Université d'El Taref) qui ont accepté d'évaluer ce travail, qu'ils trouvent ici l'expression de mes plus vifs remerciements.

Je voudrais aussi témoigner ma gratitude envers M. TAHER ALI, qui a répondu avec gentillesse et disponibilité à mes questionnements sur le traitement statistique des résultats.

Je tiens aussi à remercier chaleureusement M^{lle} Karima SIFI pour son aide, sa disponibilité et ses conseils bien appréciés depuis mon magistère.

Je ne serai jamais comment remercier mes collègues et mes amies Amel HAMDANI (Maître de conférence B, Université d'Annaba) et Nadjoua ZAIDI (Maître de conférence B, Université de Skikda) pour leurs précieux conseils et pour l'aide combien efficace qu'elles m'ont apportées. Je n'oublierai jamais leurs marques de sympathie, leurs disponibilités, leurs soutiens moraux, et leurs encouragements.

*Enfin, je remercie Yacine le pêcheur, qui a fait tout son possible pour assurer un échantillonnage mensuel durant toute la période d'étude. J'ai aussi une pensée pour les milliers d'haricot de mer (*Donax trunculus*), qui ont participé, de façon bien involontaire, à la réalisation de cette thèse.*

DEDICACES

Je dédie cette thèse

A mes parents qui m'ont soutenu tout au long de ma vie dans les moments difficiles et dans mes études. Vous m'avez apporté soutien, écoute et encouragements qui ont été essentiels pendant ces années.

A mes deux autres parents, tata Bornia et tonton Mihoub, qui m'ont également beaucoup soutenue, chacun à sa manière, et auxquels je tiens très fort.

A mon mari, Mustafa qui m'a supporté tous les jours pendant la rédaction, cette thèse est un peu la tienne. Cher mari j'aimerais bien que tu trouve dans ce travail l'expression de mes sentiments de reconnaissance les plus sincères car grâce à ton aide et à ta patience avec moi que ce travail a pu voir le jour...

A mon fils Nazim, la lumière de ma vie.

A mes sœurs, à mon frère et ma belle sœur, Hakima.

A ma famille au sens large, avec toutes mes excuses pour mon manque de présence et d'attention ces dernières années.

Que dieu le tout puissant nous accorde un avenir meilleur.

SOMMAIRE

SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE	1
MATERIEL ET METHODES	8
1. Présentation du modèle biologique	8
1.1. Ecologie	8
1.2. Distribution spatiale.....	10
1.3. Morphologie de l'espèce.....	11
1.4. Anatomie de <i>Donax trunculus</i>	11
1.5. Nutrition.....	13
1.6. Reproduction et développement.....	13
1.6.1. Appareil reproducteur.....	13
1.6.2. Cycle de reproduction.....	14
1.6.3. Cycle du développement.....	15
2. Présentation du golfe et des sites d'étude.....	17
2.1. Golfe d'Annaba.....	16
2.2. Site d'El Battah.....	16
2.3. Site de Sidi Salem.....	17
3. Stratégie d'échantillonnage de <i>Donax trunculus</i>	17
4. Biométrie et croissance de <i>Donax trunculus</i>	18
5. Dissection et prélèvement du manteau.....	19
6. Dosage des biomarqueurs du stress environnemental.....	20
6.1. Dosage de l'acétylcholinestérase	20
6.2. Dosage de la glutathion S-transférase.....	21
6.3. Dosage de la catalase.....	22
6.4. Dosage des protéines.....	23
7. Analyses statistiques.....	23
RESULTATS	26
1. Etude de la distribution des fréquences de taille.....	26
1.1. Etude de la distribution des fréquences de taille de mars 2009 à février 2010.....	26

1. 2. Etude de la distribution des fréquences de taille de mars 2010 à février 2011.....	30
2. Biometrie et croissance.....	33
2. 1. Biometrie et croissance durant la période mars 2009-février 2010.....	33
2. 2. Biometrie et croissance durant la période mars 2010-février 2011.....	39
2. 3. Variation annuelle des paramètres biométriques.....	44
2. 4. Analyse de la variance multivariée et analyse hiérarchique de la croissance.....	46
2. 4. 1. Analyse de la variance multivariée (MANOVA).....	46
2. 4. 2. Analyse hiérarchique.....	46
3. Variation mensuelle des biomarqueurs du stress environnemental.....	49
3. 1. Variation mensuelle de l'activité de l'AChE.....	50
3. 1. 1. Variation mensuelle de l'activité de l'AChE mars 2009-février 2010.....	50
3. 1. 2. Variation mensuelle de l'activité de l'AChE mars 2010-février 2011.....	50
3. 2. Variation mensuelle de l'activité de la GST.....	54
3. 2. 1. Variation mensuelle de l'activité de la GST mars 2009-février 2010.....	54
3. 2. 2. Variation mensuelle de l'activité de la GST mars 2010-février 2011.....	54
3. 3. Variation mensuelle de l'activité de la CAT.....	58
3. 2. 1. Variation mensuelle de l'activité de la CAT mars 2009-février 2010.....	58
3. 2. 2. Variation mensuelle de l'activité de la CAT mars 2010-février 2011.....	58
3. 4. Variation annuelle des biomarqueurs.....	61
3. 4. 1. Test de corrélation.....	63
3. 4. 2. Analyse de la variance multivariée (MANOVA).....	63
DISCUSSION.....	67
1. Dynamique des populations.....	67
2. Réponse des biomarqueurs du stress environnemental.....	74
L'acétylcholinestérase.....	74
la glutathion S-transférase.....	76
la catalase.....	79
CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES.....	82
RESUMES.....	85
Français.....	85
Anglais.....	87
Arabe.....	88

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	89
--	----

ANNEXES

Annexe 1: Etude statistique.....	114
Annexe 2: Communication.....	183
Annexe 3: Production scientifique.....	185

LISTE DES FIGURES

- Figure 1. Origine de la pollution marine. **p.2**
- Figure 2. Représentation des méthodologies permettant d'évaluer les risques écotoxicologiques, modifiée d'après Lagadic & Amiard (1997). **p. 3**
- Figure 3. Distribution géographique de *Donax trunculus*. **p. 9**
- Figure 4. Représentation schématique de la localisation de *Donax trunculus*. **p. 10**
- Figure 5. Aspect morphologique externe (**A**, Gr \times 2,5) et interne (**B**, Gr \times 2,5) de la coquille de *D. trunculus*. **p. 11**
- Figure 6. Anatomie générale de *D. trunculus*. An: Anus, Ap: Appendice, Bo: Bouche, Cq: Coquille, Cd: Capuchon dorsal, Cdr: Caecum droit, Cpc: Cavité péricarde, Cg: Caecum gauche, Es: Estomac, Gn: Gonade, Int: Intestin, lg: Ligament, M: Manteau, Ma: Muscle adducteur, Oes: Œsophage, Pd: Pied, Pg: Poche gauche, Sph: Siphon, Ssc: Sac du stylet cristallin. **p. 12**
- Figure 7. Aspect externe des gonades de *D. trunculus*: mâle (**A**, Gr \times 10) et femelle (Gr \times 8,75) de la coquille de *D. trunculus*. **p. 14**
- Figure 8. Cycle du développement de *Donax trunculus* (La Valle, 2005). **p. 16**
- Figure 9. Localisation géographique du golfe d'Annaba et des sites d'échantillonnage. **p. 17**
- Figure 10. Description d'un tellinier (**A**) et du déroulement de l'opération de pêche (**B**). **p. 18**
- Figure 11. Paramètre linéaires considérés pour l'étude biométrique de *D. trunculus*. **p. 19**
- Figure 12. Morphologie externe du manteau de *D. trunculus* (Gr \times 2,5). **p. 19**
- Figure 13. Distribution mensuelle des fréquences de taille de *D. trunculus* pêché dans deux sites du golfe d'Annaba: El Battah et Sidi Salem (mars à août 2009; n=100). **p. 28**
- Figure 14. Distribution mensuelle des fréquences de taille de *D. trunculus* pêché dans deux sites du golfe d'Annaba: El Battah et Sidi Salem (septembre 2009 à février 2010; n=100). **p. 29**
- Figure 15. Distribution mensuelle des fréquences de taille de *D. trunculus* pêché dans deux sites du golfe d'Annaba: El Battah et Sidi Salem (mars à août 2010; n=100). **p. 31**

- Figure 16. Distribution mensuelle des fréquences de taille de *D. trunculus* pêché dans deux sites du golfe d'Annaba: El Battah et Sidi Salem (septembre 2010 à février 2011; n=100). **p. 32**
- Figure 17. Courbe exponentielle exprimant le poids total frais en fonction de la longueur de *D. trunculus* pêché dans deux sites du golfe d'Annaba: El Battah (A) et Sidi Salem (B) au cours de la période mars 2009-février 2010 (n=1200). **p. 35**
- Figure 18. Courbe exponentielle exprimant le poids total frais en fonction de la longueur de *D. trunculus* pêché dans deux sites du golfe d'Annaba: El Battah (A) et Sidi Salem (B) au cours de la période mars 2010 – février 2011 (n=1200). **p. 40**
- Figure 19. Classification hiérarchique des saisons selon la croissance de *D. trunculus* durant la période mars 2009 – février 2010: El Battah (A), Sidi Salem (B). **p. 45**
- Figure 20. Classification hiérarchique des saisons selon la croissance de *D. trunculus* durant la période mars 2010 – février 2011: El Battah (A), Sidi Salem (B). **p. 46**
- Figure 21. Dosage des protéines : droite de régression exprimant l'absorbances en fonction de la quantité d'albumines (μg) (R^2 coefficient de détermination). **p. 49**
- Figure 22. Variations mensuelles de l'activité spécifique de l'acétylcholinestérase ($\mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines) au niveau du manteau de *D. trunculus* pêché dans deux sites du golfe d'Annaba: El Battah et Sidi Salem au cours de la période, mars 2009 - février 2010 (A1) et mars 2010 - février 2011 (A2) ($m \pm s$; n= 6) (*: différence significative; **: différence très significative; ***: différence hautement significative). **p. 52**
- Figure 23. Variations mensuelles de l'activité spécifique de la glutathion S-transférase ($\mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines) au niveau du manteau de *D. trunculus* pêché dans deux sites du golfe d'Annaba: El Battah et Sidi Salem au cours de la période, mars 2009 - février 2010 (A1) et mars 2010 - février 2011 (A2) ($m \pm s$; n= 6) (*: différence significative; **: différence très significative; ***: différence hautement significative). **p. 56**
- Figure 24. Variations mensuelles de l'activité spécifique de la catalase ($\mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines) au niveau du manteau de *D. trunculus* pêché dans deux sites du golfe d'Annaba: El Battah et Sidi Salem au cours de la période, mars 2009 - février 2010 (A1) et mars 2010 - février 2011 (A2) ($m \pm s$; n= 6) (*: différence significative; **: différence très significative; ***: différence hautement significative). **p. 60**

- Figure 25. Classification hiérarchique des saisons selon la réponse des biomarqueurs chez *D. trunculus* au cours de la période, mars 2009 - février 2010 (A1): El Battah (A), Sidi Salem (B). **p. 65**
- Figure 26. Classification hiérarchique des saisons selon la réponse des biomarqueurs chez *D. trunculus* au cours de la période, mars 2010 - février 2011 (A2): El Battah (A), Sidi Salem (B). **p. 66**
- Figure 27. Les effets des contaminants chimiques sur les différents niveaux d'organisation biologique. **p. 83**

LISTE DES TABLEAUX

- Tableau 1: Dosage des protéines, réalisation de la gamme d'étalonnage. **p. 23**
- Tableau 2: Paramètres biométriques mesurés chez *D. trunculus* pêché dans deux sites du golfe d'Annaba : El Battah et Sidi Salem au cours de la période mars 2009-février 2010 ($m \pm s$; $n=1200$). **p. 33**
- Tableau 3: Classement des saisons selon les paramètres biométriques mesurés chez *D. trunculus* pêché dans deux sites du golfe d'Annaba (El Battah, Sidi Salem) au cours de la période mars 2009-février 2010: test HSD de Tukey. **p. 37**
- Tableau 4: Paramètres biométriques saisonniers mesurés chez *D. trunculus* pêché dans deux sites du golfe d'Annaba (El Battah, Sidi Salam) au cours de la période mars 2009-février 2010 ($m \pm s$; $n=1200$). **p. 38**
- Tableau 5: Paramètres biométriques mesurés chez *D. trunculus* pêché dans deux sites du golfe d'Annaba : El Battah et Sidi Salem au cours de la période mars 2010-février 2011 ($m \pm s$; $n=1200$). **p. 39**
- Tableau 6: Classement des saisons selon les paramètres biométriques mesurés chez *D. trunculus* pêché dans deux sites du golfe d'Annaba (El Battah, Sidi Salem) au cours de la période mars 2010-février 2011: test HSD de Tukey. **p. 42**
- Tableau 7: Variations saisonnières paramètres biométriques mesurés chez *D. trunculus* pêché dans deux sites du golfe d'Annaba (El Battah, Sidi Salam) au cours de la période mars 2010-février 2011 ($m \pm s$; $n=1200$). **p. 43**
- Tableau 8: Variations annuelles des paramètres biométriques mesurés chez *D. trunculus* pêché dans deux sites du golfe d'Annaba (El Battah, Sidi Salam) au cours de la période mars 2010-février 2011 ($m \pm s$; $n=1200$). **p. 45**
- Tableau 9: Dosage des protéines : réalisation de la gamme d'étalonnage. **p. 49**
- Tableau 10: Classement des saisons par ordre décroissant selon l'activité spécifique de l'acétylcholinestérase ($\mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines) au niveau du manteau de *D. trunculus* pêché dans deux sites du golfe d'Annaba (El Battah, Sidi Salem) au cours de la période, mars 2009 - février 2010 (A1) et mars 2010 - février 2011 (A2) ($m \pm s$; $n=5$) par le test HSD de Tukey. **p. 53**
- Tableau 11: Classement des saisons par ordre décroissant selon l'activité spécifique la glutathion S-transférase ($\mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines) au niveau du manteau de *D. trunculus* pêché dans deux sites du golfe d'Annaba (El Battah, Sidi Salem) au cours de la période, mars 2009 - février 2010 (A1) et mars 2010 - février 2011 (A2) ($m \pm s$; $n=5$) par le test HSD de Tukey. **p. 57**

Tableau 12: Classement des saisons par ordre décroissant selon l'activité spécifique la catalase ($\mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines) au niveau du manteau de *D. trunculus* pêché dans deux sites du golfe d'Annaba (El Battah, Sidi Salem) au cours de la période, mars 2009 - février 2010 (A1) et mars 2010 - février 2011 (A2) ($m \pm s$; $n= 5$) par le test HSD de Tukey. **p. 61**

Tableau 13: Variations annuelles des biomarqueurs mesurés chez *D. trunculus* pêché dans deux sites du golfe d'Annaba (El Battah, Sidi Salam) au cours au cours de la période, mars 2009 - février 2010 (A1) et mars 2010 - février 2011 (A2) ($m \pm s$; $n= 60$). **p. 62**

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

La surface de la terre est recouverte à 71 % par les milieux aquatiques dont 97 % par des eaux salées et uniquement 3 % par des eaux douces. En tant que composé essentiel à la vie, l'eau a une grande importance dans l'histoire de l'Homme. Cette importance explique que sa préservation soit considérée comme primordiale (Bado-Nilles, 2008). La totalité des écosystèmes de la planète sont désormais affectés d'une façon ou d'une autre par le développement des sociétés humaines et les rejets agricoles, urbains et industriels peuvent mener à de hauts niveaux de pollution dans les écosystèmes marins côtiers (Smolders *et al.*, 2003; Rao *et al.*, 2007; D'Adamo *et al.*, 2008). Qu'il s'agisse de catastrophes écologiques d'origine accidentelle ou de rejets délibérés, la pollution sous toutes ses formes constitue depuis plusieurs années la principale cause de dégradation du milieu marin; 80% de la pollution proviennent des activités terrestres et 20 % des activités maritimes (Fig. 1). Les contaminants majeurs, dont certains sont également d'origine naturelle, sont regroupés en plusieurs familles: les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAPs), les chlorophénols, les polychlorobiphényles (PCBs), les hexachlorohexanes, les hexachlorobenzènes, les dioxines, les organoétains, les pesticides organochlorés, les insecticides organophosphorés, les carbamates et les métaux lourds tels que le cadmium, le mercure, l'argent, le plomb, le zinc, le cuivre ou le fer (Vidal, 2001). De plus, de nouvelles molécules chimiques sont constamment

synthétisées. Ces substances étrangères aux organismes vivants (hormis certains métaux essentiels), ou xénobiotiques, contaminent tous les compartiments (sédiment, colonne d'eau) et par là même de nombreuses espèces animales aquatiques.

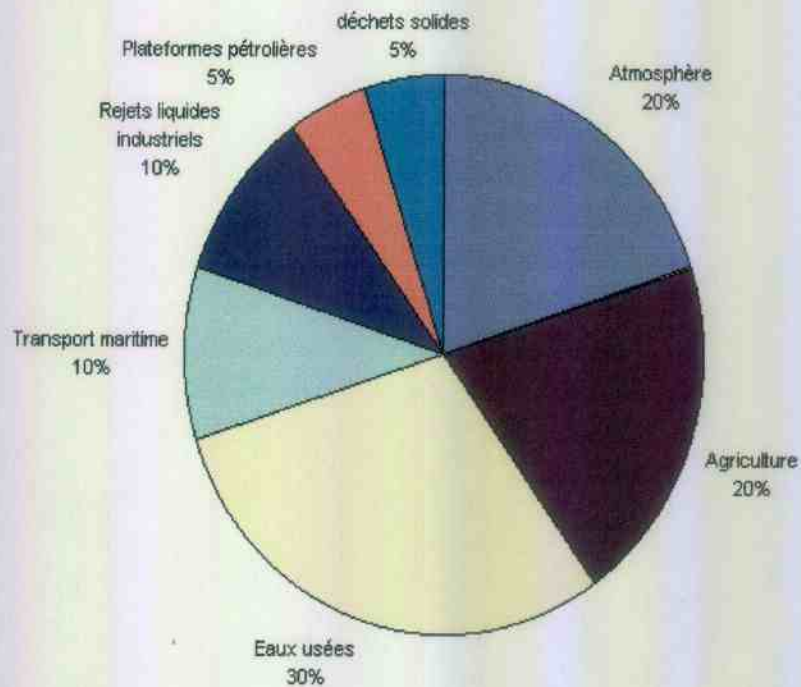


Figure 1. Origine de la pollution marine.

En effet, qu'il s'agisse du développement urbain, industriel, agricole ou touristique, l'activité humaine exerce une pression de plus en plus grande sur les milieux marins (Bresler *et al.*, 2003; Magni, 2003; Daby, 2006; Huang *et al.*, 2007; Rao *et al.*, 2007). Plus de 100 000 molécules chimiques produites ou utilisées par les activités humaines sont ainsi retrouvées dans l'environnement (Depledge & Galloway, 2005). Ainsi, les milieux aquatiques sont le réceptacle ultime de la majorité, voire l'intégralité de ces contaminants. Leurs voies d'entrée sont nombreuses, que ce soit par les rejets domestiques, industriels, hospitaliers, le lessivage des sols agricoles et des zones urbaines, les retombées atmosphériques, les accidents industriels et le transport de produits chimiques ou pétroliers. Tous ces phénomènes sont la

cause de la présence dans le milieu aquatique de composés aussi divers que les hydrocarbures, les pesticides, les métaux lourds et les déchets (Holt, 2000).

L'écotoxicologie s'est développée au début des années 60; c'est à cette époque, que l'on a commencé à noter les effets néfastes que peuvent avoir les polluants d'origine industrielle et agricole sur la santé humaine (Arapis, 2005). En effet, durant la période 1953-1990 des intoxications dues au mercure, au cadmium ou aux polychlorobiphényles (PCBs) ont affecté certaines populations au Japon (Takisawa, 1970). L'écotoxicologie est la discipline qui évalue les effets des perturbations physiques et chimiques sur les êtres vivants, les voies de transfert des contaminants et leur action sur l'environnement (Truhaut, 1977); c'est l'intégration de l'écologie et de la toxicologie (Chapman, 1995; Baird *et al.*, 1996), elle regroupe des études physico-chimiques, permettant de décrire le milieu étudié et de définir son niveau de contamination, ainsi que des études biologiques afin de déterminer la qualité du milieu. Elle peut intervenir à différents niveaux d'organisation biologique: moléculaire, subcellulaire, cellulaire et tissulaire de l'organisme, de la population et de l'écosystème (Fig. 2).

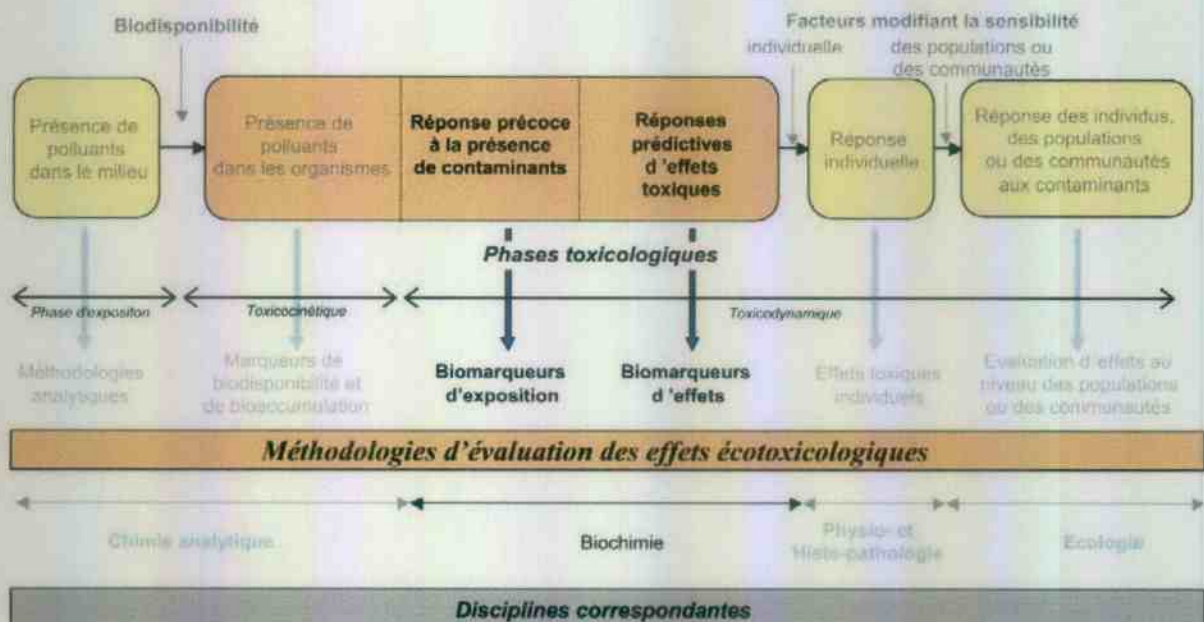


Figure 2. Représentation des méthodologies permettant d'évaluer les risques écotoxicologiques, modifiée d'après Lagadic & Amiard (1997).

Il est donc apparu important de protéger l'Homme et son environnement en prenant rapidement des mesures d'ordre réglementaire, par exemple l'interdiction ou la limitation de l'usage de certains composés chimiques. Mais pour évaluer les conséquences des mesures réglementaires et être capable d'identifier des contaminations nouvelles, l'organisation d'une surveillance de ces milieux devenait essentielle. Enfin, les analyses chimiques des polluants présents dans les différents compartiments des écosystèmes aquatiques ne sont pas toujours réalisables du fait de la multiplicité des molécules présentes, et ceci, étant dû, souvent à des concentrations inférieures aux limites de détection analytique (Narbonne, 1998). 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). En effet si on considère que beaucoup de contaminants, comme les polluants organiques, peuvent causer des effets biologiques significatifs, avec des concentrations très faibles dans le milieu, la recherche peut se tourner vers le suivi de ces effets basés sur la biologie plutôt que le suivi chimique des contaminants eux-mêmes (Lam & Gray, 2003). A cet égard, la recherche d'outils de surveillance de la qualité des écosystèmes et la mise au point de méthodes d'évaluation du risque environnemental mobilisent d'intenses efforts de la part d'une large communauté scientifique, depuis les dernières décennies d'autres méthodes plus récentes utilisant les paramètres biologiques, physiques 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). Les outils de surveillance de la qualité environnementale s'inscrivent dans deux approches complémentaires : le contrôle analytique de paramètres physico-chimiques, et la mise en œuvre de méthodes d'observation et/ou de quantification de paramètres biologiques (Amiard *et al.*, 1998).

L'utilisation de bioindicateurs a été proposée comme une méthodologie qui pourrait fournir des données utiles pour la surveillance (Saiz-Salinas *et al.*, 1996; Liang *et al.*, 2004; Ugolini *et al.*, 2004; Rome'o *et al.*, 2005); ce sont des organismes qui répondent à la pollution de l'environnement en changeant leurs fonctions vitales ou en accumulant les toxines dans leurs corps (Yarsan & Yipel, 2013). Plusieurs caractéristiques contribuent à faire de certaines espèces de meilleurs indicateurs que d'autres, l'abondance, l'accessibilité, la longévité ainsi qu'une taille facilitant les manipulations sont quelques unes des caractéristiques recherchées

(Kaiser, 2001; Burger *et al.*, 2006). Dans le milieu marin, les organismes constituant le macrobenthos remplissent la plupart de ces critères. En raison de leurs caractéristiques générales et de la diversité de leurs formes et de leurs habitats, les macroinvertébrés benthiques sont considérés comme d'excellents indicateurs de la qualité des écosystèmes aquatiques (Usseglio-Polatera *et al.*, 2000; Liehr *et al.*, 2005; Rumohr, 2005). Ce sont, dans la plupart des cas, des organismes abondants, faciles à collecter (Kaiser, 2001) et dont les caractéristiques physiologiques les rendent particulièrement sensibles aux perturbations extérieures affectant le milieu dans lequel ils vivent (Fränzel, 2003). De plus, de nombreuses espèces d'invertébrés benthiques présentent les qualités recherchées chez un bon bioindicateur soit un mode de vie sédentaire, une grande résistance aux polluants, une large répartition, une grande abondance et une taille facilitant leur collecte (Chainho *et al.*, 2006). Parmi le macrobenthos, les organismes les plus largement utilisés par les chercheurs jusqu'à présent sont les porifères, les échinodermes, les coraux, les vers marins et les mollusques.

Plusieurs espèces de mollusques sont utilisées comme bioindicateurs d'altérations physiologiques et cellulaires causées par la pollution (Roméo & Gnassia, 1988; Fishelson *et al.*, 1999; Jenderedjian *et al.*, 2007) en particulier les bivalves, qui sont utilisées comme organismes tests dans les programmes de biosurveillance dont les plus utilisées sont *Grassostrea gigas*, *Ruditapes decussatus*, *Perna perna*, *Mytilus galloprovincialis* (Djediat & Boukroufa, 1990; Paulet *et al.*, 1992; Gregory & George, 1996; Ait Aissa *et al.*, 2003), mais également les Donacidés dont *Donax trunculus* (Beldi *et al.*, 2006; Abdallah & Abdallah, 2008; Sifi *et al.*, 2007; Tlili *et al.*, 2010a; Amira *et al.*, 2011; Soltani *et al.*, 2012). *D. trunculus* vivant dans le sédiment, et largement distribué sur les côtes Ouest Africaines, Européennes et Méditerranéennes, a été déjà utilisé comme espèce sentinelle dans l'évaluation de l'environnement (Roméo & Gnassia-Barelli, 1988; Fishelson *et al.*, 1999; Moukrim *et al.*, 2004; Neuberger-Cywiak *et al.*, 2007; Tlili *et al.*, 2010a). En Algérie, la distribution de *Donax trunculus* a été décrite par Vaissière & Fredj (1963) lors d'une série de dragage effectué le long des côtes. La biologie, l'écologie et la reproduction de cette espèce ont été étudiées sur les côtes algéroises (Mouëza, 1971; Mouëza & Frenkiel-Renaut, 1973; Mouëza & Chessel, 1976; Benchamma, 1995), concernant le golfe d'Annaba, les travaux rapportés portent surtout sur son rôle écotoxicologique (Soltani *et al.*, 2005; Beldi *et al.*, 2006; Sifi *et al.*, 2007; Abdennour *et al.*, 2010; Amira *et al.*, 2011; Hamdani & Soltani-Mazouni, 2011; Soltani *et al.*, 2012).

Les organismes vivants dans un écosystème pollué, développent diverses stratégies physiologiques et biochimiques face à la toxicité des polluants chimiques (Jebali *et al.*, 2011). La mesure des effets biologiques face à ces produits chimiques est devenue très importante dans l'évaluation de la qualité de l'environnement côtier (El Jourmi *et al.*, 2012) et repose essentiellement sur l'utilisation de marqueurs biologiques, ou biomarqueurs. La pertinence écologique de ces réponses biochimiques réside dans leurs relation avec les effets nocifs observés à des niveaux plus élevés de l'organisation, des effets histologiques (Morales-Caselles *et al.*, 2007), physiologiques (Moreira *et al.*, 2006), comportementaux (Vieira *et al.*, 2009), des effets sur la population (Tlili *et al.*, 2010b) et éventuellement, au niveau de l'écosystème (Moreira *et al.*, 2006; Vieira *et al.*, 2009). Les biomarqueurs, outils fondamentaux de la biosurveillance, sont définis comme étant des réponses biologiques (aux niveaux biochimique, cellulaire, physiologique ou comportemental) qui, dans un tissu, un liquide corporel ou un organisme entier, permettent de mettre en évidence l'exposition et/ou les effets d'un ou plusieurs contaminants (Lagadic *et al.*, 1997; Galloway & Depledge 2001; Van der Oost *et al.*, 2003). Ce sont des outils complémentaires dans le domaine de l'évaluation de la qualité des écosystèmes (McCarthy & Shugart, 1990; Peakall, 1994); Ils permettent donc de diagnostiquer de façon précoce des dysfonctionnements physiologiques de l'individu, c'est-à-dire avant que des dommages tissulaires ou sur les principales fonctions biologiques ne soient détectables (Van der Oost *et al.*, 2003), c'est pourquoi les biomarqueurs sont considérés comme des outils utiles et sont de plus en plus intégrés dans les programmes de biosurveillance (Lam & Gray, 2003; Viarengo *et al.*, 2007).

Au milieu des années 1980, une large gamme de biomarqueurs, constituant un système d'alerte précoce, ont été mis au point et proposé pour une utilisation dans les programmes de biosurveillance (Lam & Gray, 2003). Les réponses biochimiques chez les mollusques bivalves ont été utilisées comme biomarqueurs dans plusieurs études qui visait à évaluer l'impact des activités anthropiques sur l'environnement (Cajaraville *et al.*, 2000; Zanette *et al.*, 2006; Almeida *et al.*, 2007; Saenz *et al.*, 2010). Parmi ces biomarqueurs, on peut citer les biomarqueurs spécifiques tels que: l'acétylcholinestérase (AChE) (Venkateswara-Rao, 2006), la glutathion S-transférase (GST) (Bebianno *et al.*, 2007; Botté *et al.*, 2011), les monooxygénases à cytochrome P450 (Yang *et al.*, 2004; Behrens & Segner, 2005), la métallothionéine (MT) (Viarengo *et al.*, 2000). Les biomarqueurs du stress oxydatif tels que:

le glutathion réduit (GSH) (Sies, 1999; Sureda *et al.*, 2006), la superoxyde dismutase (SOD) (Orbea *et al.*, 2000), la catalase (CAT) (Almeida *et al.*, 2007; Bergayou *et al.*, 2009), la glutathion peroxydase (GPX) (Halliwell & Guetteridge, 1999). On peut citer aussi le malondialdéhyde (MDA), produit issue de la peroxydation lipidique des membranes (Filho *et al.*, 2001; González *et al.*, 2010), les protéines du choc thermique (HSP) (Triebkorn *et al.*, 1997; Minier *et al.*, 1999) et d'autres biomarqueurs comme les paramètres hématologiques (Van der Oost *et al.*, 2003), les paramètres immunologiques (Harford *et al.*, 2006), les paramètres endocriniens comme la vitellogenine (Hinck *et al.*, 2007) et les paramètres génotoxiques (Winzinger *et al.*, 2007).

La côte algérienne s'étend sur 1280 km, la zone littorale représente 1.9 % de la superficie globale du pays, qui compte à elle seule près de 45 % de la population totale concentrée sur une très étroite bande du littoral, en particulier dans les zones industrielles et portuaires, comme Alger, Annaba, Arzew, Oran et Skikda (Grimes *et al.*, 2010). Le golfe d'Annaba est localisé au Nord Est Algérien s'étalant sur 80 Km de côtes; depuis quelques années, le littoral du golfe est soumis à des activités agricoles, industriels, urbaines ainsi qu'au développement touristique (Beldi *et al.*, 2006; Abdennour *et al.*, 2010; Soltani *et al.*, 2012) et par conséquent subit l'impact de nombreux produits chimiques et de facteurs stressants; ce qui rend l'évaluation de la qualité de l'écosystème marin indispensable.

Dans ce contexte, le présent travail de thèse vise à évaluer l'impact de la pollution sur la qualité des eaux du golfe d'Annaba en utilisant le mollusque bivalve *Donax trunculus*, comme espèce bioindicatrice. Cette espèce est abondante dans le golfe est collectée au niveau de deux sites différents selon leurs niveaux de contamination: Sidi Salem, site pollué comparativement à El Battah, site éloigné de toute source de pollution. Les résultats obtenus se rapportent à 1/ la croissance des populations de *D. trunculus*, en suivant la distribution des fréquences des classes de taille et les paramètres biométriques, et 2/ à l'analyse de biomarqueurs susceptibles de fournir une réponse précoce en présence de polluants: l'acétylcholinestérase (AChE), biomarqueur de neurotoxicité, et la glutathion S-transférase (GST), la catalase (CAT) enzymes du stress oxydatif et ceci au cours de deux années (mars 2009 à février 2011).

MATERIEL & METHODES

MATERIEL ET METHODES

1. Présentation du modèle biologique:

L'embranchement des mollusques compte plus de 40.000 espèces, ils constituent l'un des embranchements du règne animal dont les espèces sont les plus diversifiées tant au niveau de la taille, de l'habitat, du mode de vie et de l'organisation anatomique (Martoja, 1995; Pechenik, 2005).

L'espèce bioindicatrice choisie pour cette étude est le mollusque bivalve *Donax trunculus*. La classification des Mollusques Bivalves se base sur plusieurs critères à savoir, la forme de la coquille, la charnière et la structure des branchies (Bellon-Humbert, 1962). La position systématique de *Donax trunculus* est la suivante (Inventaire national du patrimoine naturel de France, 2006):

Embranchement :	Mollusca
Classe :	Bivalvia
Sous-classe :	Eulamellibranchia
Super-ordre :	Heterodonta
Ordre :	Veneroidae
Super-famille :	Tellinodae
Famille :	Donacidae
Genre :	<i>Donax</i>
Espèce :	<i>trunculus</i> (Linnaeus, 1758)

1. 1. Ecologie

D. trunculus est une espèce atlantico-méditerranéenne, sa présence a été enregistrée dans la mer Méditerranée et en mer Noire ; elle s'étend des côtes du Sénégal jusqu'à la côte nord atlantique de la France (Ramon *et al.*, 1995 & Deval, 2009) (Fig. 3). Cette espèce est un important composant de la faune benthique infra-littorale, habitant les plages de sable fin, un habitat complexe et délicat (Ansell, 1983; McLachlan, 1990; Pavesi *et al.*, 2007) caractérisé par un hydrodynamisme fort, source d'instabilité pour le sédiment qui l'abrite (Gaspar *et al.*, 1999). Ceci rend ce bivalve sensible à toute variation de facteurs abiotiques (température, salinité, oxygénation) (Fig. 4).

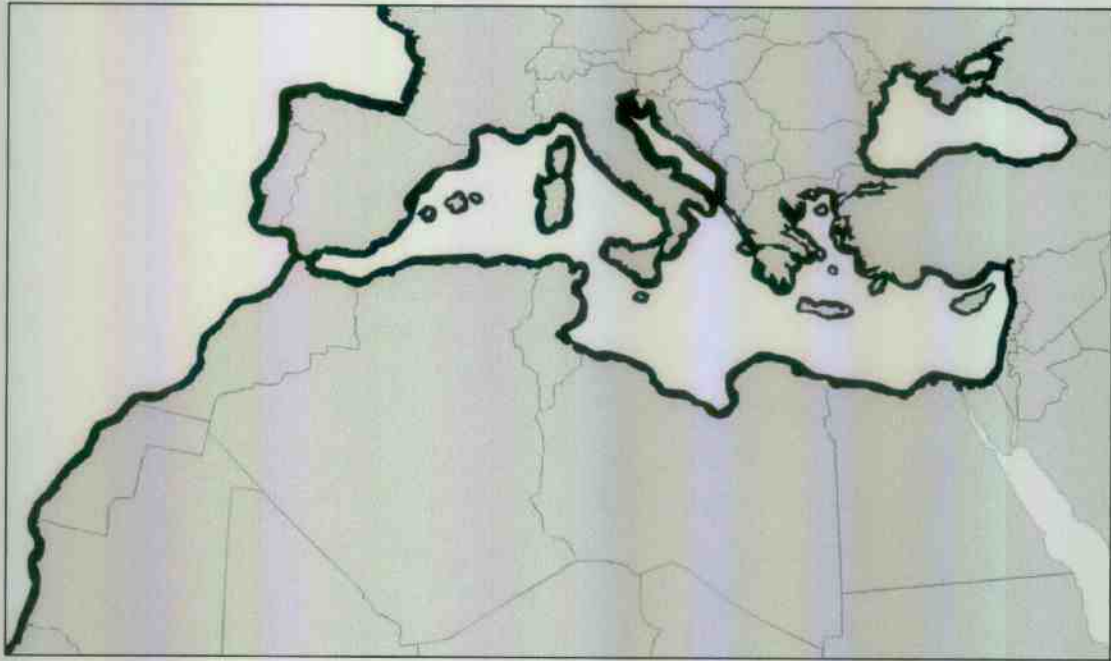


Figure 3. Distribution géographique de *Donax trunculus*.

D. trunculus occupe préférentiellement les profondeurs entre 0 et 2 m dans la mer Méditerranée et entre 0 et 6 m dans les côtes atlantiques (Massé, 1971; Amouroux, 1974; Salas-Casanova, 1987; Costa *et al.*, 1987; Neuberger-Cywiak *et al.*, 1990; Mariani *et al.*, 1998; Manca Zeichen *et al.*, 2002; Gaspar *et al.*, 2002; La Valle, 2006). Comme beaucoup de Donacidae, *D. trunculus* est un fouisseur rapide, la forme de sa coquille est conçue pour permettre une pénétration facile dans le sédiment (Ramon *et al.*, 1995; Marcomini *et al.*, 2002). En outre, *D. trunculus* est considéré comme un organisme sensible au substrat en raison de sa sensibilité aux variations granulométriques du sédiment au cours de son cycle de vie, en particulier au cours de ses premiers stades de croissance (de La Huz *et al.*, 2002). Guillou & Le Moal, (1980) ont constaté que *D. trunculus* s'installe préférentiellement sur du sédiment composé principalement de sable fin, dont la médiane granulométrique est de 0,125 mm. En Algérie, Degiovanni & Mouëza, (1972), ont observé que *D. trunculus* occupe une fraction granulométrique comprise entre 0,25 et 0,63 mm pour un pourcentage qui varie de 70 à 91% du sédiment. D'après Mouëza (1972) la taille optimale des particules varie entre 0,50 et 0,40 mm au printemps et en été, et entre 0,30 et 0,25 mm pendant l'hiver.

Dans le golfe d'Annaba, la présence abondante de *D. trunculus* est signalée sur un sédiment de sable fin terrigène entre 5 à 7 m, et sur un fond vaseux de 20 m (Degiovanni & Mouëza, 1972). Beldi. (2007) observe que *D. trunculus* colonise les plages d'Annaba à sable fin et moyen.

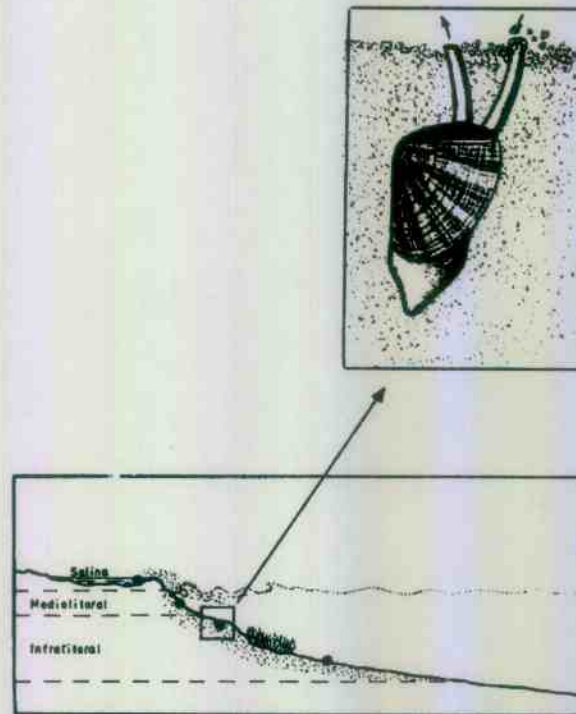


Figure 4. Représentation schématique de la localisation de *Donax trunculus*.
(www.google.fr/image).

1. 2. Distribution spatiale

Les plus jeunes individus de *D. trunculus* occupent généralement le haut des plages et notamment la zone humide de résurgence. La répartition se fait ensuite selon un gradient croissant de taille lorsque l'on va vers les niveaux les plus bas; les plus gros individus colonisent les espaces correspondant à la limite inférieure de répartition de l'espèce. Les secteurs majoritairement occupés par les adultes sont très souvent moins denses (en individus) que ceux colonisés par les juvéniles. Il faut noter que ce schéma général de distribution peut être temporairement remis en cause, notamment pour les années de fort recrutement, ou localement perturbé à proximité des zones de résurgence ou suite au remaniement des sédiments dans les secteurs exposés aux vagues et à la houle (Marobin *et al.*, 2007).

1. 3. Morphologie de l'espèce

Donax trunculus (Linnaeus, 1758), appelé communément Haricot de mer, ou Telline est un mollusque bivalve aquatique de la famille des Donacidae avec une taille qui varie de 25 à 35 mm, certains spécimens peuvent mesurer jusqu'à 5 cm. *D. trunculus* présente une symétrie bilatérale avec une coquille solide, peu renflée, allongée, triangulaire et inéquilatérale avec une partie postérieure plus courte que la partie antérieure (Poutier, 1978) (Fig. 5). Cette coquille est formée de deux valves reliées par un ligament externe, chaque valve possède deux dents au niveau de la charnière et plusieurs autres plus petites tout le long du bord latéral. La surface externe des valves est pratiquement lisse, de couleur blanche jaunâtre ou brunâtre, uniforme extérieurement; ou variablement ornée de rayons et de bandes concentrique généralement violacés, brunâtres, ou grisâtres; l'intérieur blanc, est souvent largement maculé de violet, brunâtre ou orangé en deux régions intégrales (Fischer *et al.*, 1987). Les deux valves s'articulent autour d'un dispositif appelé charnière et d'une structure élastique, le ligament. Sous l'action de ces valves, la coquille tend à s'ouvrir et à se refermer par contraction des muscles adducteurs qui s'insèrent sur la face interne des deux valves ou leur empreinte est généralement visible (Bougis, 1976).



Figure 5. Aspect morphologique externe (A, Gr \times 2,5) et interne (B, Gr \times 2,5) de la coquille de *D. trunculus*.

1. 4. Anatomie de *Donax trunculus*

Le corps de *D. trunculus* est mou, non segmenté, comprimé latéralement, sans tête différenciée (Acéphales) ni appareil masticateur et enveloppé par le manteau, qui forme

généralement un repli vers l'intérieur de la coquille à la jonction du pied, la cavité formée par ce repli appelée cavité palléale renferme typiquement les organes respiratoires (Tachet et al., 2000), le manteau se soude dans la région postéro-ventrale pour former deux siphons dirigés vers l'arrière, d'un centimètre de long environ chez l'adulte; le siphon ventral permet le passage de l'eau dans la cavité palléale, c'est le siphon inhalant, il est pourvu de 12 petits tentacules, simples et non ramifiés, et est ouvert en permanence,. Tandis que le siphon dorsal, possède 6 tentacules primaires, 6 secondaires et 12 supérieurs; quand il est ouvert, tous les tentacules sont pliés vers l'intérieur formant ainsi un tamis auprès du pore du siphon (Fishelson, 2000), c'est le siphon exhalant, ce dernier permet le rejet de l'eau et des excréments, il s'ouvre périodiquement (Hennebelle, 1975) (fig 6). Le manteau repose sous la coquille, il joue un rôle dans l'accumulation des réserves, mais son rôle principal est d'assurer la formation de la coquille. De plus, le manteau forme l'essentiel de la glande reproductrice (gamètes) et est donc un organe majeur impliqué dans la reproduction. De plus cette espèce possède un pied musculeux, fort et puissant, comprimé latéralement, et très mobile; il n'assure pas uniquement la fonction locomotrice, mais il permet aussi le fouissage de l'animal dans le sable (Mouëza, 1971).

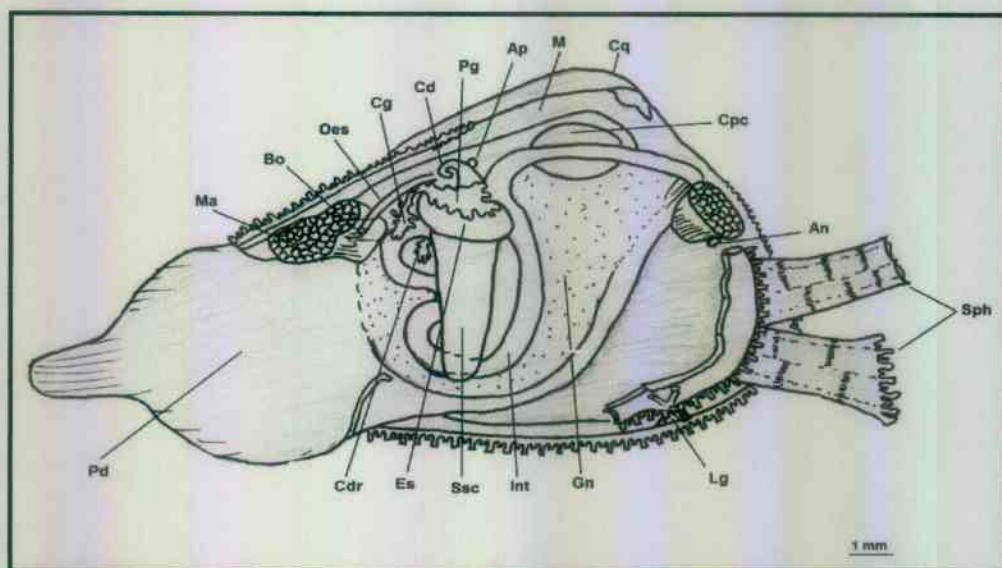


Figure 6. Anatomie générale de *D. trunculus*. An: Anus, Ap: Appendice, Bo: Bouche, Cq: Coquille, Cd: Capuchon dorsal, Cdr: Caecum droit, Cpc: Cavité péricarde, Cg: Caecum gauche, Es: Estomac, Gn: Gonade, Int: Intestin, Ig: Ligament, M: Manteau, Ma: Muscle adducteur, Oes: Œsophage, Pd: Pied, Pg: Poche gauche, Sph: Siphon, Ssc: Sac du stylet cristallin.

1. 5. Nutrition

D. trunculus est une espèce suspensivore (Ansell, 1983; Froglià, 1989) qui se nourrit principalement de la matière organique en suspension (Wade, 1967) et de phytoplancton (Mouëza, 1976; Mouëza & Chessel, 1976; Plante Cuny & Bodoy, 1987). Cette espèce assure ses échanges avec le milieu extérieur par une circulation constante d'eau véhiculant nourriture et oxygène à travers la cavité palléale (Degiovanni & Mouëza, 1972). Dans le golfe d'Annaba les charges en matières en suspension sont importantes de l'ordre de 15 mg/l à 35 mg/l (Beldi, 2007) riches en phytoplancton (Frehi *et al.*, 2004). Cette espèce connaît peu de prédateurs et de parasites, et possède une faune associée assez pauvre : nacres, coques et autre espèces de Tellines (Gimenez, 1999). En Algérie, Mouëza, (1972) a remarqué la présence d'une association entre *D. trunculus* et d'autres mollusques bivalves tels que, *Cardium edule*, *Plagiocardium papillosum*, *Tellina pulchella* et *Chamelea gallina*.

1. 6. Reproduction et développement

1. 6. 1. Appareil reproducteur

D. trunculus est une espèce gonochorique dont la gonade est située au niveau de la masse viscérale (Ramon, 1993). Les sexes peuvent se distinguer par la couleur de la gonade durant la période d'activité sexuelle (Lucas, 1965). L'appareil reproducteur des mâles apparaît sous forme d'une glande blanche ou jaunâtre, diffuse dans le tissu de l'animal, les produits sexuels sont blancs et visqueux, les femelles ont une glande d'un bleu intense, les produits sexuels sont bleus et granuleux (Lucas, 1965; Mouëza & Frankiel-Renault, 1973) (Fig. 7). Le développement des gonades suit le même rythme chez les deux sexes (Sastri, 1979) et la structure interne est examinée par la confection des coupes histologiques (Gaspar & Monteiro, 1998).

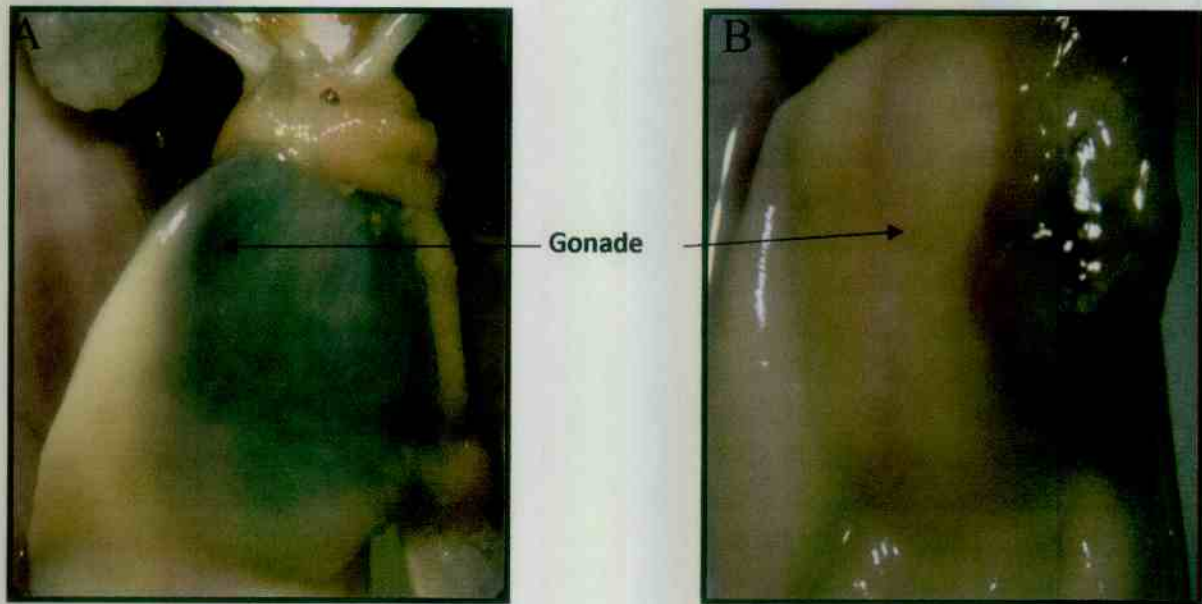


Figure 7. Aspect externe des gonades de *D. trunculus*: mâle (A, Gr \times 10) et femelle (B, Gr \times 8,75) de la coquille de *D. trunculus*.

1. 6. 2. Cycle de reproduction

Le cycle de reproduction de *D. trunculus* montre de légères différences en fonction de son aire de distribution (Lucas, 1965; Badino & Marchionni, 1972; Ansell & Bodoy, 1979; Bayed, 1990), car il est rythmé par des facteurs climatiques saisonniers tels que la température et/ou la salinité, ainsi que le cycle phytoplanctonique ou la présence de gamètes d'individus de la même espèce (Gouletquer, 1997). D'une façon générale, la période d'activité sexuelle s'étend du printemps à la fin de l'été avec une émission massive de gamètes en été, et une période de repos sexuelle durant l'automne et l'hiver. L'examen microscopique de bivalves décrit par Gaspar et Monteiro, (1998) permet d'assigner les différents stades de développement gonadique: Stade 0: repos sexuel; Stade I: reprise de l'activité gonadique; Stade II: développement; Stade III: maturité; Stade IV: ponte partielle; Stade V: régression.

En Algérie le cycle de reproduction de *D. trunculus* a été décrit (Mouëza & Frenkiel-Renault, 1973; Ansell *et al.*, 1980):

- La période de repos, allant de Novembre à Janvier: l'activité sexuelle est minimale et les sexes ne peuvent être distingués qu'au microscope.
- La période d'activité sexuelle, de Février à Septembre:

De février à août: développement et prolifération rapide de la gonade, accompagnés d'une augmentation du poids des tissus. La gamétogenèse et la ponte se déroule ensemble.

En Septembre: une baisse du pourcentage d'individus sexués; fin de la période de reproduction (régression de la gonade).

D'après l'étude histologique menée sur les gonades dans le golfe d'Annaba (Hamdani & Soltani-Mazouni, 2011). le cycle de reproduction est décrit comme suit:

- La période de repos, débute au septembre jusqu'au mois de novembre où 100% des individus sont au stade 0

- La période d'activité sexuelle, de décembre à août:

De décembre au février: reprise de l'activité, les individus sont au stade I et II du cycle.

Du mois de mars au mois d'août: maturation des gonades. La gamétogenèse et la ponte se déroule ensemble.

6. 3. Cycle du développement

Les gamètes (les œufs et le sperme) de *Donax trunculus*, sont libérés dans le milieu marin à travers le siphon exhalant, où les œufs sont fécondés (fécondation externe). Ces derniers vont donner naissance à une blastula qui se développe en une larve nageuse, dite trochophore puis une première ébauche de coquille se développe et deux valves minéralisées se forment donnant la larve véligère, caractérisée par un velum servant d'organe natatoire, respiratoire et nourricier; lorsque la larve véligère est totalement formée, le velum se résorbe, les branchies apparaissent et le pied se développe ventralement, c'est le stade pédivéligère (Prieur, 1971); à ce stade la larve peut mener une vie de type planctonique pendant environ 6 mois, puis elle s'enfonce vers le bas et, après la métamorphose, commence sa vie benthique (Mouëza & Frenkiel-Renault, 1973). La métamorphose dure environ 19-23 jours à 21 °C (Otero, 1982).

En règle générale, sur les côtes méditerranéennes, les jeunes individus s'installent sur la couche superficielle et par la suite, et avec l'augmentation de la taille et de l'âge, les individus migrent plus profondément (La Valle, 2005).

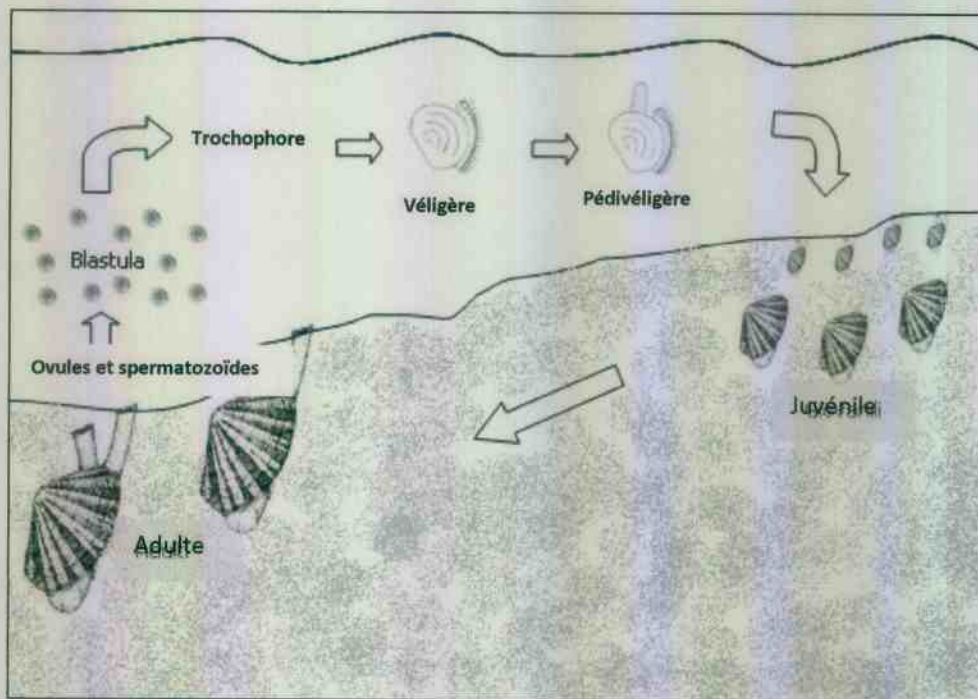


Figure 8. Cycle du développement de *Donax trunculus* (La Valle, 2005).

2. Présentation du golfe et des sites d'étude

Le golfe d'Annaba est situé à l'extrême Nord Est du littoral algérien, limité par le cap Rosa ($8^{\circ}15' E$ et $36^{\circ} 58' N$) à l'Est, et par le cap de Garde ($7^{\circ} 16' E$ et $36^{\circ} 58' N$) à l'Ouest (Fig. 9), distant de 40 Km, et une profondeur qui ne dépasse pas 65 m. Divers oueds se déversent dans la baie, parmi les plus importants: l'oued Mafrag et l'oued Seybouse. Ces oueds apportent des matières minérales et organiques, ainsi que des rejets d'origine agricole et domestique (Khélifi-Touhami *et al.* 2006), des effluents urbains (Khammar, 2007) et industriels, en particulier les produits phytosanitaires de l'usine FERTIAL. Deux sites ont été choisis au niveau de la baie d'Annaba (El Battah et Sidi Salem) en raison d'une forte abondance du matériel biologique utilisé et du niveau de pollution.

2. 1. Site d'El Battah

Le site d'El Battah ($36^{\circ}50' N$ et $8^{\circ} 50' E$) se trouve à l'Ouest de l'oued Mafrag, entre la plage de Chatt et le Cap rosa (Fig. 9), la plage d'El Battah est constituée de sables moyens dont le diamètre moyen est de 0,26 mm (Beldi, 2007). Il est pris comme site de référence en raison de son éloignement de toute source de pollution, et au régime hydrodynamique important auquel il est soumis. En effet, les courants qui découlent de la face Sud-Est du Cap de garde orientés d'Ouest en Est avec des vitesses fluctuantes selon les saisons, qui peuvent

atteindre 1m/s, ont tendance à se propager dans l'échancrure du golfe, s'infléchissant vers le Sud-Est en direction d'oued Mafrag avec une intensité qui atteint 0,5 m/s; ces courants contribuent à la dilution des polluants dans ce site.

2. 2. Site de Sidi Salem

Le second site est celui de Sidi Salem ($36^{\circ}50' N$ et $7^{\circ}47'E$) se trouve du côté Est de l'oued Seybouse (Fig. 9). Une étude granulométrique indique que la plage de Sidi Salem est composée de sable fin (Beldi, 2007). Ce site est caractérisé par la présence de lents tourbillons qui s'étend au Sud et au Sud-Est du port empêchant une dilution efficace des polluants. Le site de Sidi Salem est considéré comme pollué car il reçoit par le biais de l'oued Seybouse, des déchets urbains et portuaires, en plus des rejets du complexe industriel FERTIAL spécialisé dans la production des produits phytosanitaires et des engrais.

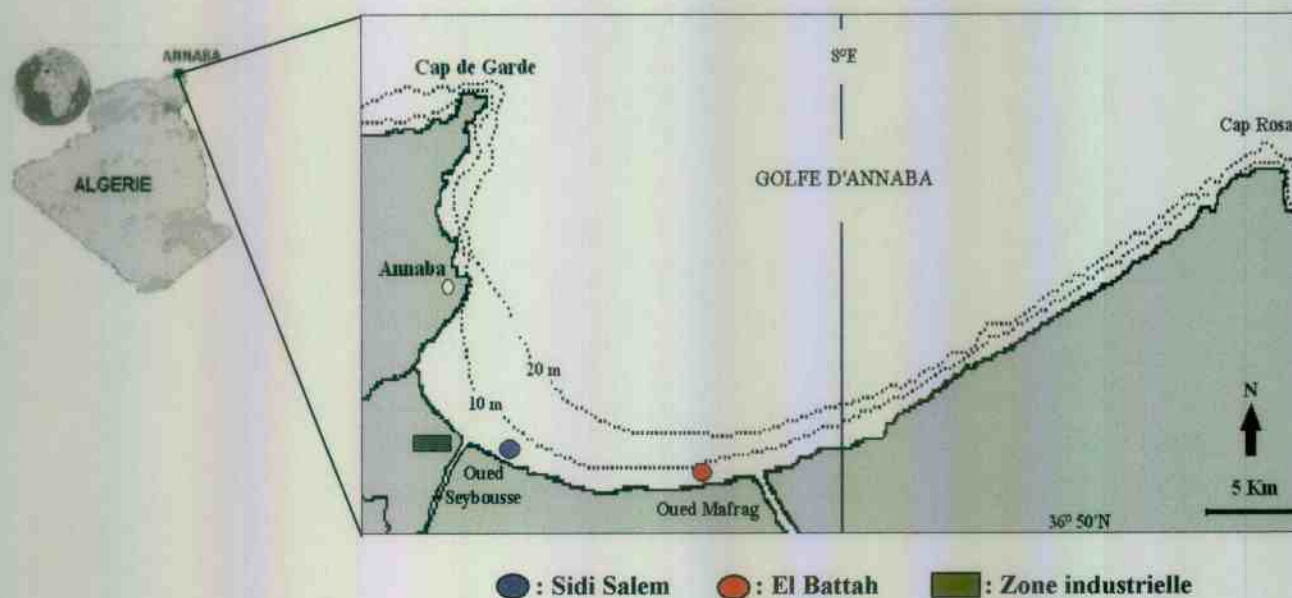


Figure 9. Localisation géographique du golfe d'Annaba et des sites d'échantillonnage: Sidi Salem (1) et El Battah (2).

3. Stratégie d'échantillonnage de *Donax trunculus*

La collecte de *Donax trunculus* est effectuée à l'aide d'un râteau à main, couramment utilisés pour la pêche des mollusques, appelé communément "le cope" ou tellinier; cet outil

comporte deux parties, une partie métallique composée de deux arceaux réunis et d'une tôle dentée en métal sous forme de peigne armé de longues dents en fer; l'autre partie est constituée d'un filet dont le maillage ne doit pas être inférieur à 10 mm. Le râteau est pourvu d'un poignet de 1,5 m de long, ce qui permet de régler l'inclinaison des dents (Fig. 10).

L'échantillonnage est réalisé mensuellement pendant une période s'étalant sur deux années successives (mars 2009-février 2011) au niveau des deux sites d'étude (El Battah et Sidi Salem). 100 individus sont pêchés mensuellement et d'une façon aléatoire à partir de chaque site et durant les deux années d'étude sur une profondeur de 7 cm dans le sable et une colonne d'eau de 1 à 1,5 m selon l'état de la mer. Les échantillons sont ensuite transportés au laboratoire dans des bacs en plastiques contenant de l'eau de mer. L'étude biométrique et la dissection et le prélèvement du manteau sont réalisés le jour même de la pêche pour éviter l'effet du jeûne et une émission éventuelle des gamètes due au stress; ce qui peut diminuer le poids de la masse molle totale (Beninger & Lucas, 1984).



Figure 10. Description d'un tellinier (A) et du déroulement de l'opération de pêche (B) (www.google.fr/image).

4. Biométrie et croissance de *Donax trunculus*

Les individus de *D. trunculus* sont mesurés à l'aide d'un pied à coulisse permettant d'obtenir une précision de 1/10 mm, et classés selon la longueur antéro-postérieure correspondant à la plus grande distance séparant le bord antérieur du bord postérieur de la coquille; dans le but de déterminer les relations biométriques chez *D. trunculus*, d'autres paramètres linéaires sont pris en considération dont la mesure de la hauteur (H) qui va de la charnière dorsale au bord ventral et de l'épaisseur (E) qui est la largeur maximale de la convexité des deux valves réunies (Fig. 11). Un seul paramètre pondéral est pris en

considération dans cette étude, est celui du poids total frais (Pt-f), qui correspond à la somme du poids frais de la coquille, du poids frais de la chaire et celui de l'eau intervalvaire. Ce paramètre est déterminé à l'aide d'une balance de précision (Sartorius H110, précision 0,1 mg).

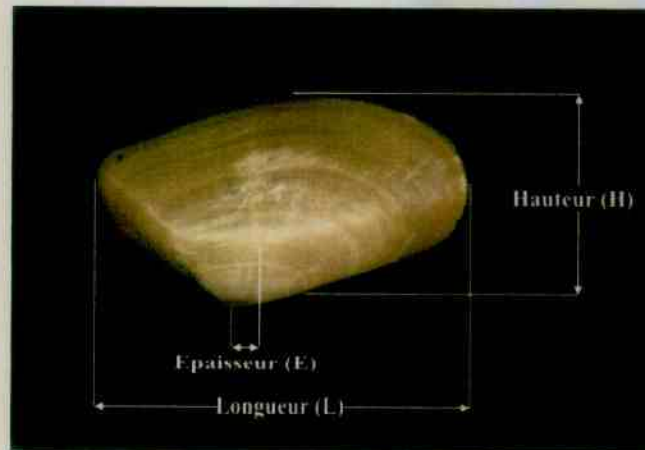


Figure 11. Paramètre linéaires considérés pour l'étude biométrique de *D. trunculus*.

5. Dissection et prélèvement du manteau

Les dosages biochimiques ont été effectués sur des individus vivants ayant une taille moyenne de 26 ± 1 mm (correspondant à la classe de taille la plus fréquente et la plus abondante tout au long de l'année. Après ouverture des valves de la coquille, le manteau est prélevé et débarrassé des siphons puis séparé verticalement en deux moitiés où, chaque moitié servira à un dosage biochimique différent (Fig. 12), le prélèvement du manteau est réalisé mensuellement sur des individus de chaque site.



Figure 12. Morphologie externe du manteau de *D. trunculus* (Gr \times 2,5).

6. Dosage des biomarqueurs du stress environnemental

6. 1. Dosage de l'acétylcholinestérase

La méthode de dosage de l'acétylcholinestérase (AChE) la plus courante est celle d'Ellman *et al.*, (1961). Elle consiste à fournir à l'enzyme un substrat, l'acétylthiocholine (ASCh), dont l'hydrolyse catalysée, libère de la thiocholine (SCh) et de l'acide; révèle l'activité enzymatique de l'AChE grâce à une méthode colorimétrique faisant intervenir un ion (le dithiobisnitrobenzoate ou DTNB) qui se lie avec la thiocholine pour former un complexe de couleur jaune que l'on dose à 412 nm.

Les manteaux sont homogénéisés dans 1 ml de solution détergente (38,03 mg éthylène glycol tris-beta aminoéthyl éther NNN'N' ou EGTA, 1 ml triton X 100%, 5,845 g NaCl (1 N), 80 ml tampon tris 10 mM à pH 7) à l'aide d'un homogénéiseur à ultrasons puis centrifugés à 9000 tours/mn pendant 15 mn. Le surnageant est utilisé immédiatement comme source d'enzyme pour la mesure de l'activité AChE.

L'activité spécifique de l'AChE est déterminée comme suit: 100 µl du surnageant sont additionnés à 100 µl de DTNB (39,6 g de DTNB, 15 mg CO₃HNa, dans 10 ml de tampon tris 0,1 M, pH 7) et 1 ml du tampon tris (0,1 M, pH 7). Après 3 à 5 mn de repos nécessaire pour épuiser la réaction spontanée, 100 µl du substrat acétylthiocholine iodide (Sigma R) (118 mg ASCh dans 5 ml d'eau distillée) sont ajoutés. La lecture des densités optiques, s'effectue à 412 nm 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). L'activité spécifique de l'AChE est déterminée par la formule suivante:

$$X (\mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg de protéines}) = \frac{\Delta\text{DO}/\text{mn}}{1,36 \times 10^4} \times \frac{V_t}{V_s} / \text{mg de protéines}$$

ΔDO : pente de la droite de régression obtenue après hydrolyse du substrat en fonction du temps.

V_t : Volume total de la cuve (0,1 ml du surnageant + 0,1 ml du DTNB + 1 ml tampon tris + 0,1 ml du substrat ASCh).

V_s : Volume du surnageant (0,1 ml).

$1,36 \times 10^4$: Coefficient d'extinction molaire du DTNB.

mg de protéines: quantité de protéines exprimée en mg.

6.2. Dosage de la glutathion S-transférase

La mesure de l'activité de la glutathion S-transférase (GST) consiste à fournir à l'enzyme un substrat, en général du CDNB (chlorodinitrobenzène), qui réagit facilement avec de nombreuses formes de GST et de glutathion. La réaction de conjugaison de ces deux produits entraîne la formation d'une molécule nouvelle qui absorbe la lumière à une longueur d'onde de 340 nm. La valeur de densité optique mesurée est directement proportionnelle à la quantité de conjugué formé elle-même liée à l'intensité de l'activité GST (Habig *et al.*, 1974). Les échantillons sont homogénéisés dans 1 ml du tampon phosphate (0,1 M, pH 6) à l'aide d'un broyeur à ultrasons dans une cuve remplie de glace. L'homogénat ainsi obtenu est centrifugé à 14000 tours/mn pendant 30 mn et le surnageant servira au dosage de l'activité de la GST.

La méthode utilisée dans notre dosage consiste à faire agir les GSTs contenus dans l'échantillon, sur un mélange de GSH + CDNB, à une température ambiante, le protocole utilisé pour le dosage de l'activité spécifique de la GST est le suivant: Une fraction aliquote de 0,2 ml est ajoutée à 1,2 ml du mélange CDNB (1 mM) - GSH (5 mM); (4,052 mg CDNB, 30,73 mg GSH, 0,8 ml d'éthanol; 20 ml tampon phosphate 0,1 M, pH 6). 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 min à 340 nm dans un spectrophotomètre UV. L'activité spécifique de la GST est déterminée par la formule suivante:

$$X (\mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg de protéines}) = \frac{\Delta\text{DO}}{9,6} \times \frac{V_t}{V_s} / \text{mg de protéines}$$

ΔDO : pente de la droite de régression obtenue après hydrolyse du substrat en fonction du temps.

9,6 : coefficient d'extinction molaire du CDNB.

V_t : Volume total de la cuve 1,4 ml (0,2 ml du surnageant + 1,2 ml du mélange CDNB/GSH).

V_s : Volume du surnageant dans la cuve (0,2 ml).

mg de protéines: quantité de protéines exprimée en mg.

6. 3. Dosage de la catalase

Le dosage de la Catalase (CAT) est réalisé selon la méthode de Claiborne (1985). Cette méthode est basée sur la mesure spectrophotométrique de la réduction de l'eau oxygénée (H_2O_2) en une molécule d'oxygène (O_2) et deux molécules d'eau (H_2O) en présence de la CAT à une longueur d'onde UV de 240 nm. La moitié de chaque manteaux dosage est homogénéisée dans 1 ml de tampon phosphate (100 mM, pH 7,4), puis centrifugés à 15000 trs/min, pendant 10 min. Le surnageant récupéré servira comme source d'enzyme.

Le dosage de l'activité CAT s'effectue dans une cuve en quartz à 25°C, sur une fraction aliquote de 50 μ l du surnageant dilué de façon à se situer entre 1 et 1,5 mg de protéines/ml, soit 0,05 à 0,75 mg dans la cuve, à la quelle on ajoute 750 μ l de tampon phosphate (100 mM, pH 7,4), et 200 μ l H_2O_2 (500 mM) préparé extemporanément [1,42 ml eau oxygénée à 30 volumes (garder en chambre froide), 25 ml tampon phosphate (100 Mm pH 7,4)]. Après agitation, la lecture est effectuée au spectrophotomètre. L'activité décroît rapidement, il est donc important de mettre toujours le même temps entre le pipetage du surnageant et le moment où on place la cuve dans le spectrophotomètre.

La lecture des absorbances est effectuée après 15 secondes toutes les 5 secondes pendant 30 secondes à une longueur d'onde UV de 240 nm contre un blanc AVEC 800 μ l de tampon phosphate (100 Mm, pH 7,4), et 200 μ l de H_2O_2 . L'activité spécifique de la CAT est déterminée par la formule suivante:

$$X \text{ (}\mu\text{M/mn/mg de protéines)} = \frac{[D_{Omax} - D_{Omn}]}{0.04} / \text{mg de protéines}$$

Do max : densité optique maximum obtenue.

Do min : densité optique minimum obtenue.

0,04: coefficient d'extinction molaire du peroxyde d'hydrogène ($cm^{-1} \cdot mmole^{-1} \cdot l$).

mg de protéines: quantité de protéines exprimée en mg.

6. 4. Dosage des protéines

Le dosage des protéines est effectué selon la méthode de Bradford (1976) sur une fraction aliquote de 0,1 ml de l'homogénat avec 4 ml de bleu brillant de coomassie (BBC), la solution de BBC se prépare comme suit: 50 mg de bleu brillant de coomassie (G250), 25 ml d'éthanol (95 %), après une agitation de 2 heures on ajoute, 50 ml d'acide orthophosphorique (85 %) et on complète à 500 ml d'eau distillée. La lecture des absorbances s'effectue à une longueur d'onde de 595 nm et la gamme d'étalonnage est réalisée à partir d'une solution Albumine de sérum de bœuf (BSA) comme standard (1mg /1ml) selon les indications ci-dessous:

Tableau 1: Dosage des protéines, réalisation de la gamme d'étalonnage.

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

7. Analyse statistique

Les résultats obtenus ont été exprimés par la moyenne arithmétique plus au moins l'écart type ($m \pm SD$) et différents tests statistiques ont été réalisés à l'aide du logiciel MINITAB version 16 (PA State College, USA) pour Windows (X, 2005).

7. 1. Test d'égalité de la variance

Ce test permet de vérifier l'homogénéité des variances par les tests de Bartlett et Levene; dans le cas de non égalité des variances, une normalisation des données est alors effectuée (Dagnelie, 2009).

7. 2. Régression linéaire et corrélation

L'analyse consiste à étudier la netteté des relations d'interdépendance et de corrélation entre les différentes variables : longueur, épaisseur, hauteur (paramètres linéaires) en fonction du poids total frais (paramètre pondéral) pour l'étude de la croissance. De plus, cette analyse statistique permet de déterminer les différentes équations de régression linéaire au sens des

moindre carrés et les coefficients de détermination ajustés (R^2) du type $y = ax + b$. Ces équations sont utilisées d'une part dans le calcul des taux des différents constituants (protéines, glucides, lipides) après détermination des courbes d'étalonnage, et d'autre part dans le calcul des activités enzymatiques de l'AChE, la GST et CAT.

7. 3. Analyse univariée

L'analyse univariée permet d'une part, de comparer deux à deux entre les deux sites par le test t de Student, en étudiant les différentes variables biométriques (longueur, épaisseur, hauteur, poids total), et la réponse des différents biomarqueurs (AChE, GST, CAT), et d'autre part d'évaluer les effets: mois, saison, année des différents résultats pour chaque site.

La comparaison intrasite consiste à comparer entre les mois et les saisons d'un même site et pour la même année pour tous les résultats obtenus par application du modèle linéaire généralisé (GLM) additionné au test HSD (honest significative difference) de Tukey permettant ainsi de classer les mois, les saisons et les années selon leurs réponses aux différents paramètres étudiés (Hsu, 1996). La comparaison intersites consiste à comparer entre les mois, les saisons et les années des deux sites d'études, deux à deux à l'aide de test t de Student indépendant pour la même année.

7. 4. Analyse de la variance multivariée et analyse hiérarchique

L'Analyses de la variance multivariée (MANOVA) est une extension naturelle de l'ANOVA en cas où plusieurs paramètres sont observés simultanément sur les mêmes individus. La MANOVA prend en compte les corrélations qui existent entre les différentes variables étudiées (paramètres biométriques, la réponse des biomarqueurs) (Palm, 2000). Elle a pour but de discerner éventuellement l'impact de la pollution sur la structure et la physiologie des populations de *D. trunculus* au sein des deux sites étudiés (El Battah, Sidi Salem). La MANOVA comprend trois tests qui sont: Wilk's Lambda, Lawly-Hotteling et Pillai's Trace. Cependant, aucun de ces tests n'est considéré comme étant le plus puissant et aucun ne peut être recommandé de manière préférentielle (Dagnelie, 1986). Selon Huberty (1994) le test de Wilk's est le plus populaire.

L'analyse hiérarchique nous permet de classer les différentes saisons dans chaque site selon leurs réponses aux différents paramètres étudiés. Il consiste à définir le critère de regroupement de deux classes afin de les fusionner, on les fusionne jusqu'à ce qu'il n'y ait plus qu'une seule classe (Bouroche & Saporata, 1980), cette classification est basée sur le

degré de similarité entre les classe et doit satisfaire à deux conditions : La cohésion, c'est à dire une homogénéité à l'intérieur des classes et L'isolement ou hétérogénéité entre les classes. Cette hiérarchie est représentée graphiquement par un arbre ou dendrogramme.

RESULTATS

RESULTATS

1. Etude de la Distribution des fréquences de taille

Le suivi temporel de la structure de population permet d'étudier la croissance à travers la détermination des périodes de recrutement correspondant à l'apparition des nouveaux individus à partir des histogrammes de distribution des classes de taille de la longueur antéro-postérieure; l'amplitude des classes de taille utilisée est de 2 mm (Bayed & Guillou, 1985).

1. 1. Etude de la Distribution des fréquences de taille de mars 2009-février 2010

Les figures 13 et 14 représentent les histogrammes relatifs à la distribution mensuelle des classes de taille obtenues de mars 2009 à février 2010 chez *D. trunculus* recueillis dans deux sites du golfe d'Annaba: El Battah et Sidi Salem.

L'évolution mensuelle des fréquences de taille montre une différence entre les deux sites d'étude. Au mois de mars on enregistre des classes de taille qui varient de [14-16[mm à [32-34[mm pour le site d'El Battah avec une dominance des classes de tailles [20-22[et [22-24[mm, pour le site de Sidi Salem les classes de taille varient entre [16-18[mm et [28-30[mm, avec une dominance des classes de taille [18-20[mm et [20-22[mm. Au mois d'avril, on remarque à EL Battah la présence de nouveaux recrues [10-12[mm, traduisant un recrutement de jeunes individus et le polygone s'étale jusqu'à la classe de taille [34-36[mm contre une disparition de la classe de taille [28-30[mm à Sidi Salem; au mois de mai, on remarque l'apparition de la classe de taille [18-20[mm à El Battah et de nouveaux individus de petites taille [10-12[mm à Sidi Salem, témoignant une période de recrutement, et le polygone se déplace vers la droite avec l'apparition des individus de la classe [34-36[mm. Au cours de ces deux mois, l'évolution des classes de taille continue dans les deux sites indiquant une croissance des individus; à El Battah, on remarque une dominance des classes de taille [18-20[mm, [20-22[mm, [22-24[mm au mois d'avril et [20-22[mm, [22-24[mm, [24-26[mm au mois de mai. A Sidi Salem la classe [24-26[mm est la plus dominante. Durant les mois de juin et juillet on révèle des classes de taille variant de [18-20[mm à [30-32[mm à El Battah et de [18-20[mm à [28-30[mm à Sidi Salem et une dominance de la classe de taille [22-24[mm pour les deux sites. Au mois d'août, on enregistre la présence de nouveaux recrues dans les deux sites d'études traduisant une nouvelle période de recrutement avec une dominance de la classe de taille [24-26[mm, [26-28[mm à El Battah et [22-24[mm, [24-26[mm à Sidi Salem. A partir du mois de septembre jusqu'au mois de novembre, on enregistre des classes de taille variant entre [14-16[mm et [30-32[mm dans les deux sites, avec

l'apparition de la classe de taille [32-34[au mois d'octobre pour le site d'El Battah et [14-16[mm au mois de novembre pour le même site . Le mois de septembre montre un effectif plus élevé de la classe [26-28[mm à El Battah et [24-26[mm à Sidi Salem; les mois octobre et novembre montrent une dominance des classes [22-24[mm, [26-28[mm respectivement à El Battah, concernant le site de Sidi Salem, on remarque une répartition peu différente des classes de taille entre les deux mois.

Au mois de décembre on remarque un décalage des polygones vers la droite de [20- 22[mm à [32-34[mm à El Battah et de [20-22[mm à [28-30[mm à Sidi Salem jusqu'au mois de février où on remarque l'apparition de la classe de taille [16-18[mm dans les deux sites. En générale la répartition des classes au cours de ces trois mois montre peu de différence entre les deux sites, au mois de décembre une dominance de la classe de taille [26-28[mm est enregistrée; tandis qu'au mois de janvier, on révèle une dominance de la classe [24-26[mm à El Battah et [22-24[mm à Sidi Salem; enfin, au mois de février les classes les plus dominantes sont respectivement [28-30[mm, [26-28[mm à El Battah et Sidi Salem.

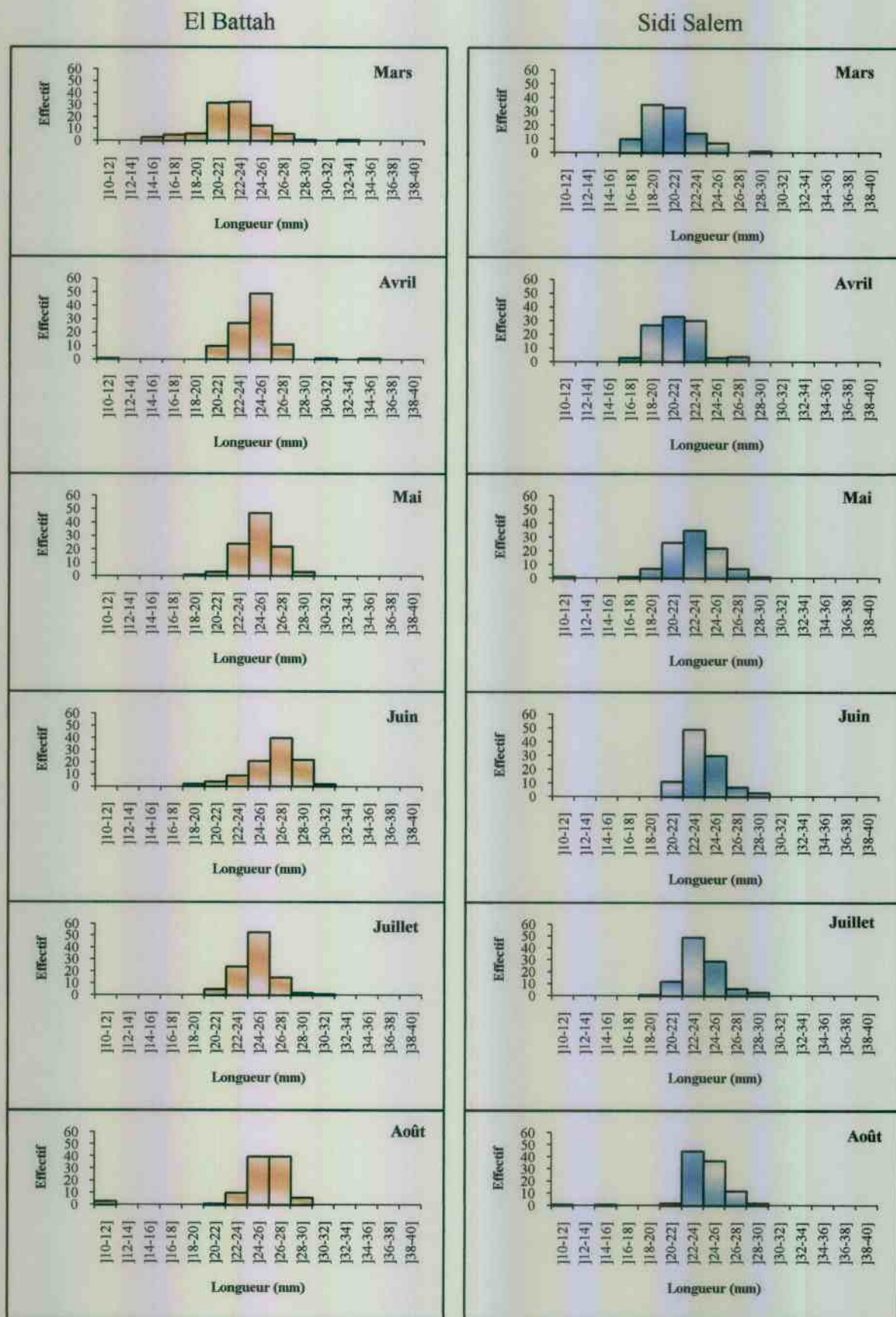


Figure 13. Distribution mensuelle des fréquences de taille de *D. trunculus* pêché dans deux sites du golfe d'Annaba: El Battah et Sidi Salem (mars à août 2009; n=100).

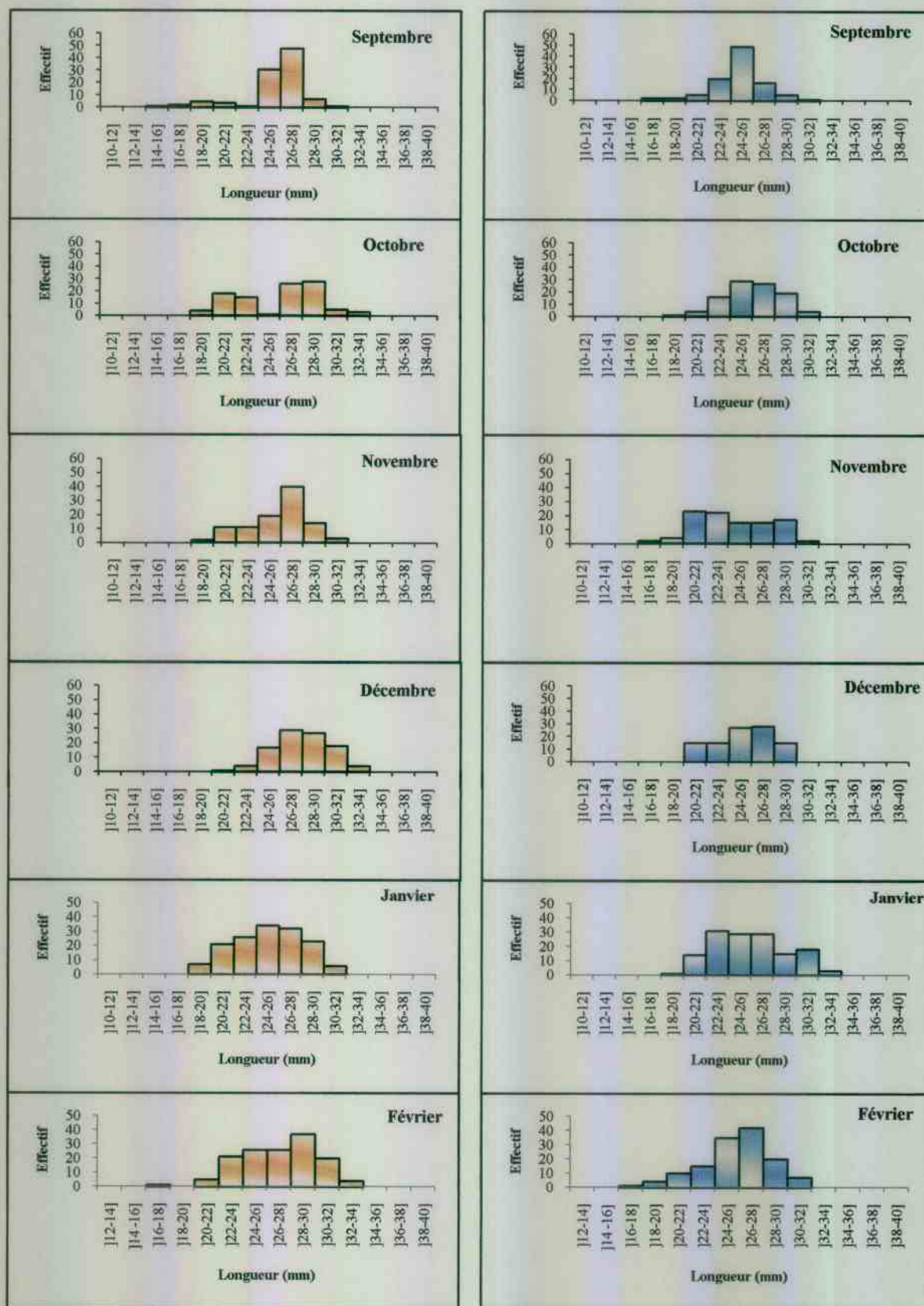


Figure 14. Distribution mensuelle des fréquences de taille de *D. trunculus* pêché dans deux sites du golfe d'Annaba: El Battah et Sidi Salem (septembre 2009 à février 2010; n=100).

2. Etude de la Distribution des fréquences de taille de mars 2010-février 2011

Les figures 15 et 16 représentent les histogrammes relatifs à la distribution mensuelle des classes de taille obtenues de mars 2009 à février 2010 chez *D. trunculus* recueillis dans deux sites du golfe d'Annaba: El Battah et Sidi Salem.

L'analyse des histogrammes montre au mois de mars, des classes de taille variant de [14-16[mm à [32-34[mm pour le site d'El Battah; pour le site de Sidi Salem les classes de taille varient entre [16-18[mm et [28-30[mm avec une dominance de la classe [24-26[mm. Au mois d'avril on remarque la présence de nouveaux recrues à EL Battah et l'apparition des classes de taille [32-34[mm au niveau des deux sites. Au mois de mai, on observe l'apparition de nouveaux recrues ainsi que de la classe [34-36[mm à Sidi Salem. L'apparition de jeunes individus à El Battah au mois d'avril témoigne d'une période de recrutement avec l'apparition des classes]10-12] mm. Ce recrutement est observé à Sidi Salem après un mois comparativement à El Battah avec la même classe de taille [10-12[mm. L'évolution des classes de taille aux mois de mai, juin et juillet est identique dans les deux sites montrent une nette croissance des individus se traduisant par le déplacement des polygones vers la droite et l'apparition des individus de grandes taille.

Au mois d'août, on enregistre de nouveaux recrues dans les deux sites d'études traduisant une deuxième période de recrutement. Le site d'El Battah, montre une dominance de la classe de taille [28-30[mm à partir du mois de mars et jusqu'au mois d'août, à l'exception du mois de juillet où on enregistre la dominance de classe de taille [24-26[mm, et on remarque peu de différence entre les différentes classes de taille; au mois d'août, on révèle l'apparition de jeunes individus de la classe [10-12[mm dans les deux sites témoignant une deuxième période de recrutement. Les mois de septembre, octobre, novembre et décembre montrent un déplacement des fréquences de taille vers la droite traduisant la croissance des individus avec l'apparition de ceux de grandes tailles [32-34[mm et [34-36[mm. Au mois de septembre, la classe de taille [18-20[mm est la plus dominante à El Battah, et la classe [26-28[mm domine à Sidi Salem. Un effectif plus élevé de la classe de taille [26-28[est remarqué au mois de septembre et la classe [22-24[mm est la plus dominante aux mois d'octobre et décembre, au mois de novembre, on enregistre la dominance de classe de taille [20-22[mm. jusqu'au mois de février où le polygone s'étale jusqu'à la classe de taille [30-32[mm à El Battah et [28-30[mm à Sidi Salem. La classe [24-26[mm est la classe la plus dominante pour les deux sites d'études.

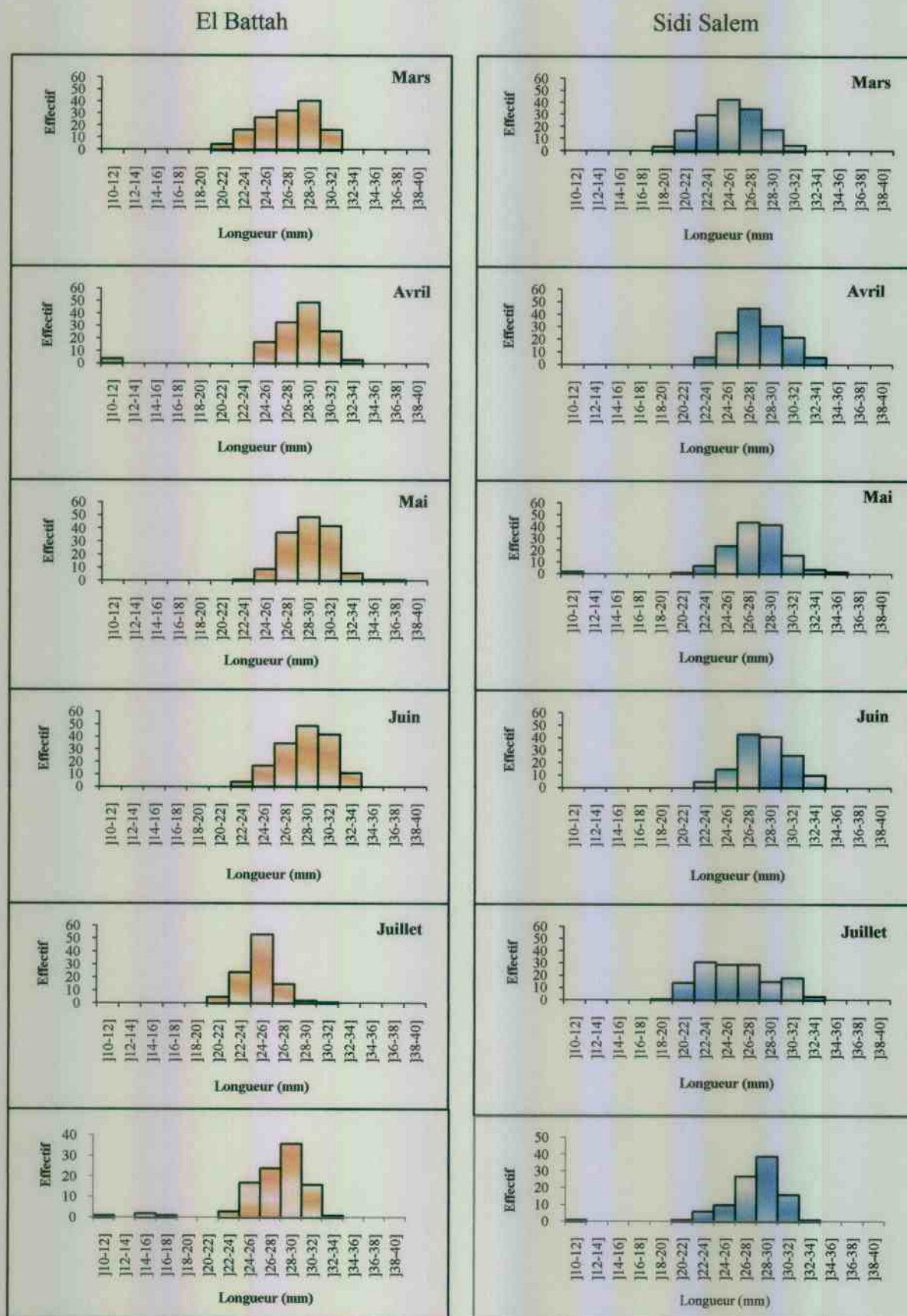


Figure 15. Distribution mensuelle des fréquences de taille de *D. trunculus* pêché dans deux sites du golfe d'Annaba: El Battah et Sidi Salem (mars à août 2010; n=100).

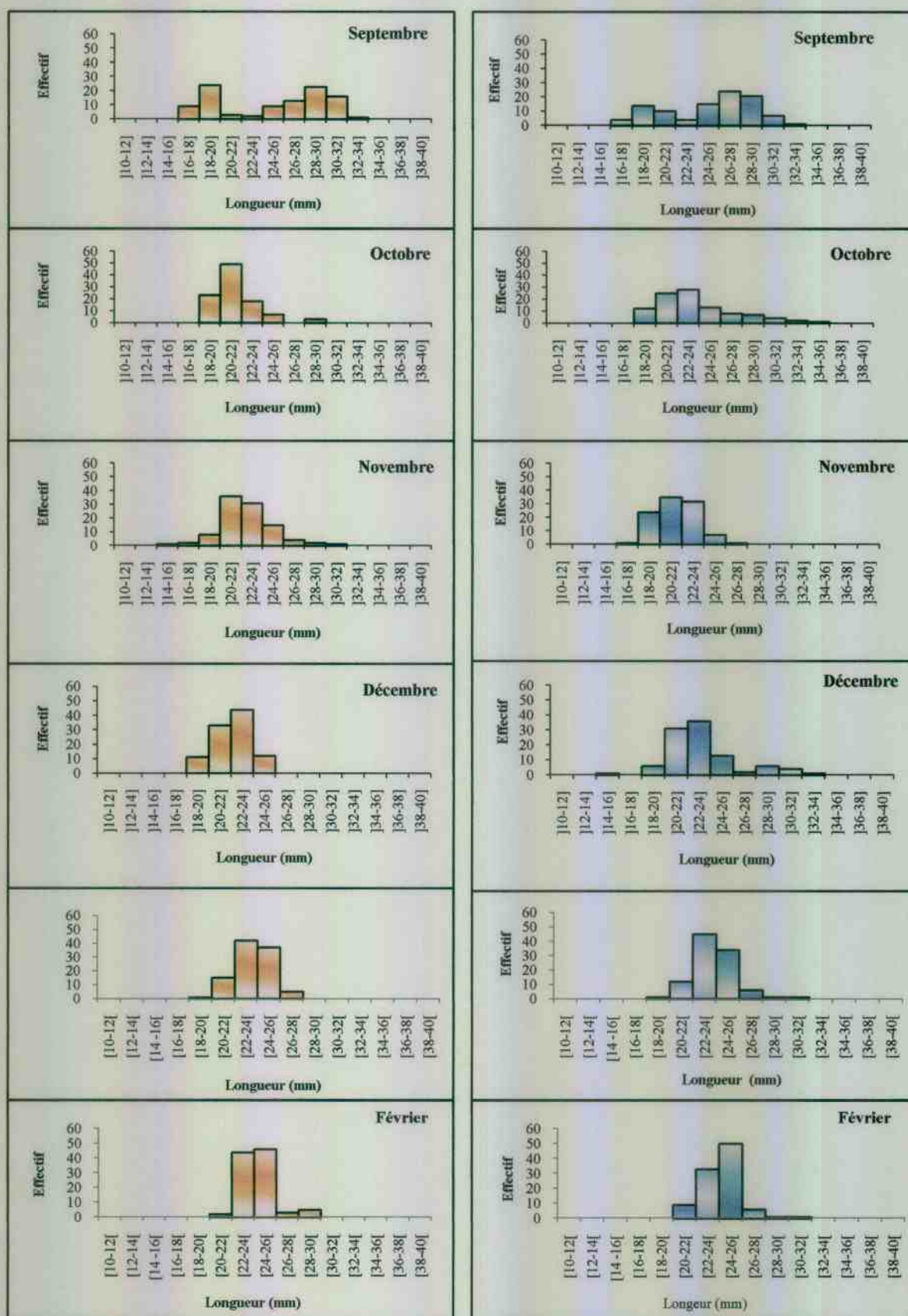


Figure 16. Distribution mensuelle des fréquences de taille de *D. trunculus* pêché dans deux sites du golfe d'Annaba: El Battah et Sidi Salem (septembre 2010 à février 2011; n=100).

1. Biométrie et croissance

L'étude de la croissance des populations de *D. trunculus* pêché durant la période d'étude (mars 2009-février 2011) au niveau des deux sites du golfe d'Annaba: El Battah et Sidi Salem est déterminée par l'analyse de la variance à un seul critère de classification suivi du test de Tukey, le test t de student et le test de corrélation.

2. 1. Biométrie et croissance durant la période mars 2009-février 2010

Les moyennes annuelles des différents paramètres biométriques déterminés au cours de la période s'étalant de mars 2009 à février 2010 sont représentées dans le tableau 2, où la longueur moyenne observée à El Battah est de $2,58 \pm 0,29$ cm contre $2,47 \pm 0,30$ cm à Sidi Salem. La hauteur présente une valeur moyenne de $1,40 \pm 0,14$ cm à El Battah et $1,35 \pm 0,14$ cm à Sidi Salem; concernant la moyenne annuelle de l'épaisseur, El Battah présente une valeur moyenne de $0,85 \pm 0,10$ cm tandis que Sidi Salem montre une valeur moyenne de $0,81 \pm 0,10$ cm, les individus d'El Battah montrent un poids total frais de $2,16 \pm 0,70$ mg et ceux de Sidi Salem poids total frais de $1,89 \pm 0,63$ mg.

L'analyse de la variance à un seul critère de classification révèle un effet mois hautement significatif ($P < 0,001$) pour l'ensemble des paramètres biométriques étudiés pour les deux sites (Annexe 1: tableau 2). La comparaison des moyennes par le test t de student montre une différence hautement significative ($p < 0,001$) entre les deux sites pour la longueur, l'épaisseur, la hauteur et le poids total frais (Tableau 2).

Tableau 2: Paramètres biométriques mesurés chez *D. trunculus* pêché dans deux sites du golfe d'Annaba : El Battah et Sidi Salem au cours de la période mars 2009-février 2010 ($m \pm s$; $n=1200$).

Paramètres biométriques	El Battah	Sidi Salem
Longueur (cm)	$2,58 \pm 0,29$ a	$2,47 \pm 0,30$ b
Hauteur (cm)	$1,40 \pm 0,14$ a	$1,35 \pm 0,14$ b
Epaisseur (cm)	$0,85 \pm 0,10$ a	$0,81 \pm 0,10$ b
Poids total frais (mg)	$2,16 \pm 0,70$ a	$1,89 \pm 0,63$ b

Les moyennes suivies d'une même lettre en minuscule ne sont pas significativement différentes ($p > 0,05$) entre les deux sites.

Le test de corrélation nous permet de mesurer l'intensité de la relation existant entre toutes les variables étudiées, ce qui explique la relation directe entre deux variables. D'après les résultats obtenus, on note des corrélations positives entre les différentes variables étudiées

au sein de chaque site, le site de Sidi Salem montre des coefficients de corrélation légèrement meilleur par rapport à ceux d'El Battah (Annexe 1: tableau 4).

La figure 17 représente la courbe exprimant la longueur de la coquille en fonction du poids total frais des individus de *D. trunculus* au cours de la période mars 2009-février 2010 au niveau des deux sites d'étude. Le site d'El Battah montre un coefficient de 70,85 % contre 76,26 % à Sidi Salem, ces résultats confirment ceux obtenus après étude des coefficients de corrélation du poids total frais en fonction des différents paramètres. On note une allométrie minorante ($b < 3$) entre le poids total frais et la longueur au niveau des deux sites d'étude c'est-à-dire le poids total de l'individu croît relativement moins vite que la longueur.

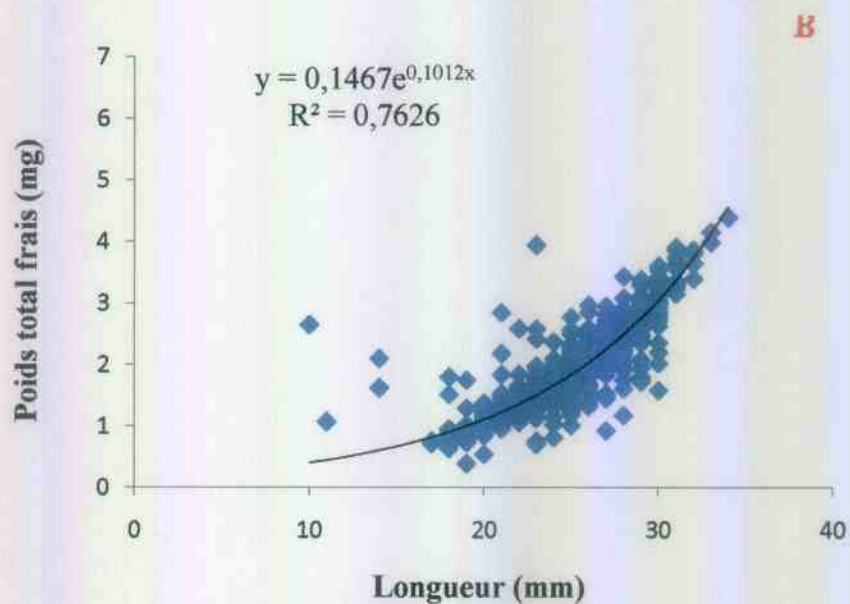
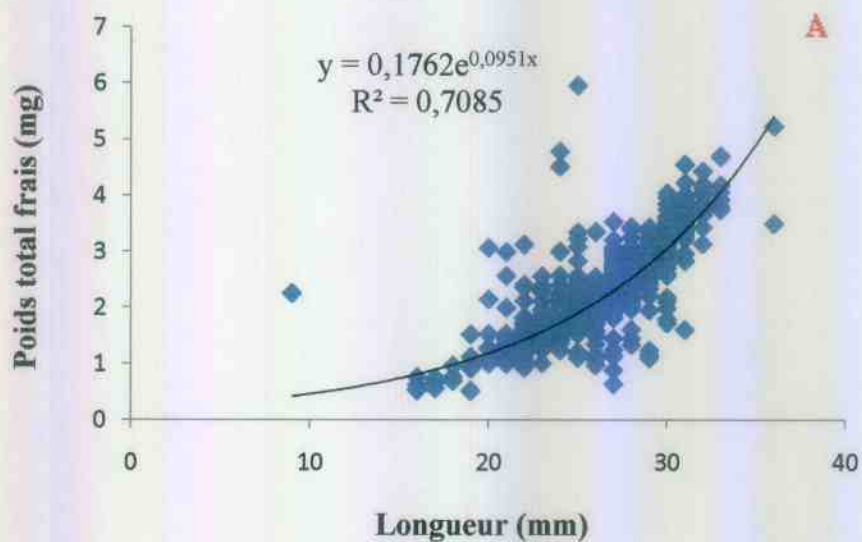


Figure 17. Courbe exponentielle exprimant le poids total frais en fonction de la longueur de *D. trunculus* pêché dans deux sites du golfe d'Annaba: El Battah (A) et Sidi Salem (B) au cours de la période mars 2009-février 2010 (n=1200).

Les différents paramètres biométriques sont regroupés en quatre saison (printemps, été, automne, hiver), l'analyse de la variance à un seul critère de classification montre un effet saison hautement significatif ($p < 0,001$) pour tous les paramètres et dans les deux sites (Annexe 1: tableau 3). En effet le test HSD de Tukey permet de classer les saisons par site et pour chaque paramètre; le site d'El Battah montre l'existence de deux groupes de saison (le 1^{er} groupe: Automne, hiver et le 2^{ème} : groupe: été et printemps) aussi bien pour la longueur, la hauteur et le poids total frais et trois groupes concernant l'épaisseur (le 1^{er} groupe: hiver, été, le 2^{ème} groupe: été, Automne, et le 3^{ème} groupe: printemps), le site de Sidi Salem révèle la présence de deux groupes de saison pour la longueur (le 1^{er} groupe: hiver, été, Automne et le 2^{ème} : groupe: printemps), trois groupes pour la hauteur (le 1^{er} groupe: hiver, le 2^{ème} groupe: Automne, été et le 3^{ème} groupe: printemps) et l'épaisseur et quatre groupes pour le poids total frais (le 1^{er} groupe: hiver, le 2^{ème} groupe: Automne, le 3^{ème} groupe: été le 4^{ème} groupe: printemps) (Tableau 3, voir détail annexe 1 : tableau 3).

La comparaison des moyennes saisonnières des différents paramètres biométriques entre les deux sites révèle pour tous les paramètres (longueur, hauteur, épaisseur, poids total frais) des différences hautement significatives ($P < 0,001$) à l'exception de la longueur, la hauteur et l'épaisseur où aucune différence n'a été enregistrée en hiver (Tableau 4).

Tableau 3 : Classement des saisons selon les paramètres biométriques mesurés chez *D. trunculus* pêché dans deux sites du golfe d'Annaba (El Battah, Sidi Salem) au cours de la période mars 2009-février 2010: test HSD de Tukey.

Paramètres biométriques	El Battah		Sidi Salem	
	Saisons	Groupe	Saisons	Groupe
Longueur (cm)	Eté	A	Hiver	A
	Automne	A	Eté	A
	Hiver	A	Automne	A
	Printemps	B	Printemps	B
Hauteur (cm)	Automne	A	Hiver	A
	Eté	A	Eté	B
	Hiver	A	Automne	B
	Printemps	B	Printemps	C
Epaisseur (cm)	Hiver	A	Hiver	A
	Eté	AB	Automne	B
	Automne	B	Eté	B
	Printemps	C	Printemps	C
Poids total frais (mg)	Hiver	A	Hiver	A
	Eté	A	Automne	B
	Automne	A	Eté	C
	Printemps	B	Printemps	D

Tableau 4. Paramètres biométriques saisonniers mesurés chez *D. trunculus* pêché dans deux sites du golfe d'Annaba (El Battah, Sidi Salam) au cours de la période mars 2009-février 2010 ($m \pm s$; $n=1200$).

saison	Paramètre biométrique	El Battah	Sidi Salem
Printemps	Longueur (cm)	2,43 ± 0,25 a	2,19 ± 0,23 b
	Hauteur (cm)	1,34 ± 0,14 a	1,21 ± 0,12 b
	Epaisseur (cm)	0,79 ± 0,10 a	0,71 ± 0,08 b
	Poids total frais (mg)	1,79 ± 0,05 a	1,32 ± 0,04 b
Été	Longueur (cm)	2,63 ± 0,26 a	2,56 ± 0,20 b
	Hauteur (cm)	1,43 ± 0,14 a	1,39 ± 0,11 b
	Epaisseur (cm)	0,86 ± 0,10 a	0,82 ± 0,07 b
	Poids total frais (mg)	2,30 ± 0,79 a	1,94 ± 0,50 b
Automne	Longueur (cm)	2,62 ± 0,31 a	2,54 ± 0,31 b
	Hauteur (cm)	1,43 ± 0,14 a	1,37 ± 0,12 b
	Epaisseur (cm)	0,85 ± 0,09 a	0,83 ± 0,08 b
	Poids total frais (mg)	2,22 ± 0,06 a	2,06 ± 0,05 b
Hiver	Longueur (cm)	2,62 ± 0,28 a	2,58 ± 0,28 a
	Hauteur (cm)	1,42 ± 0,13 a	1,42 ± 0,14 a
	Epaisseur (cm)	0,87 ± 0,09 a	0,86 ± 0,08 a
	Poids total frais (mg)	2,33 ± 0,66 a	2,23 ± 0,66 b

Les moyennes suivies d'une même lettre en minuscule ne sont pas significativement différentes ($p > 0,05$) entre les deux sites.

2.2. Biométrie et croissance durant la période mars 2010-février 2011

La comparaison des moyennes annuelles deux à deux entre El Battah et Sidi Salem montre une différence significative ($p < 0,05$) pour la longueur avec $2,57 \pm 0,36$ cm à El Battah et $2,54 \pm 0,33$ cm à Sidi Salem. La hauteur avec 1,38 cm dans les deux sites ne présente pas de différence significative ($p > 0,05$). L'épaisseur également avec 0,83 cm ne montre aucune différence entre les deux sites. Une différence hautement significative ($p < 0,001$) est enregistrée entre le poids total frais à El Battah qui est de $2,31 \pm 0,88$ mg et le poids total frais à Sidi Salem qui est de $2,15 \pm 0,77$ mg (Tableau 5).

L'analyse de la variance à un seul critère de classification montre un effet mois hautement significatif ($p < 0,001$) pour les deux sites aussi bien pour la longueur, La hauteur, L'épaisseur mais également le poids total frais (Annexe 1 : tableau: 6).

Tableau 5: Paramètres biométriques mesurés chez *D. trunculus* pêché dans deux sites du golfe d'Annaba : El Battah et Sidi Salem au cours de la période mars 2010-février 2011 (m \pm s; n=1200).

Paramètres biométriques	El Battah	Sidi Salem
Longueur (cm)	$2,57 \pm 0,36$ a	$2,54 \pm 0,33$ b
Hauteur (cm)	$1,38 \pm 0,18$ a	$1,38 \pm 0,17$ a
Epaisseur (cm)	$0,83 \pm 0,13$ a	$0,83 \pm 0,13$ a
Poids total frais (mg)	$2,31 \pm 0,88$ a	$2,15 \pm 0,77$ b

Les moyennes suivies d'une même lettre en minuscule ne sont pas significativement différentes ($p > 0,05$) entre les deux sites.

L'étude de la corrélation obtenue entre les différents paramètres étudiés montre une légère augmentation des coefficients de corrélation comparativement à l'année précédente au niveau des deux sites. En effet, les individus d'El Battah montrent relativement un meilleur rapport de croissance par rapport à ceux de Sidi Salem (Annexe 1: tableau 8).

Les courbes exponentielles exprimant le poids total frais en fonction de la longueur sont représentées dans la figure 18. Le coefficient de détermination montre une augmentation pour le site d'El Battah avec 77,76 % contre une diminution pour le site de Sidi Salem avec 72,6 % comparativement à l'année précédente. Une allométrie minorante ($b < 3$) est notée également pour cette année entre le poids total frais et la longueur au niveau des deux sites d'étude.

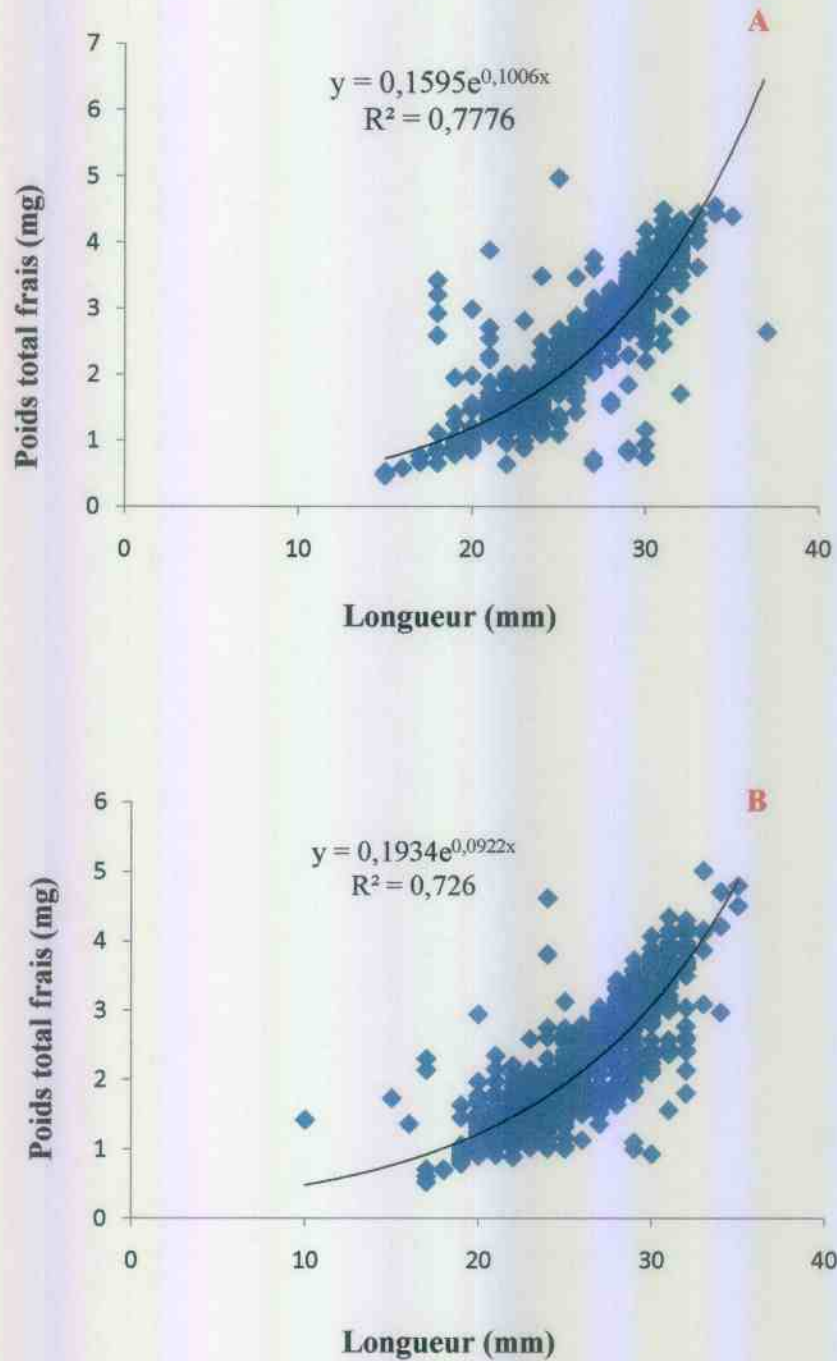


Figure 18. Courbe exponentielle exprimant le poids total frais en fonction de la longueur de *D. trunculus* pêché dans deux sites du golfe d'Annaba: El Battah (A) et Sidi Salem (B) au cours de la période mars 2010 – février 2011 (n=1200).

Le classement des saisons par le test HSD de tukey selon leurs réponses relatives à chaque paramètre biométrique au niveau des deux sites au cours de la période mars 2010-février 2011 est représenté dans le tableau 5. Le classement à El Battah montre deux groupes pour l'ensemble des paramètres (la longueur, la hauteur, l'épaisseur, le poids total frais). Cependant, le site de Sidi Salem présente quatre groupes pour la longueur, la hauteur et l'épaisseur tandis que le poids total frais montre trois groupes (Tableau 6, voir détail annexe 1 : tableau 7). Concernant la comparaison des moyennes saisonnières entre les deux sites, on remarque une différence hautement significative ($p < 0,001$) pour toutes les saisons, sauf en été où on ne note pas de différences pour la longueur, l'épaisseur, la hauteur et également en automne pour la longueur (Tableau 7).

Tableau 6 : Classement des saisons selon les paramètres biométriques mesurés chez *D. trunculus* pêché dans deux sites du golfe d'Annaba (El Battah, Sidi Salem) au cours de la période mars 2010-février 2011: test HSD de Tukey.

Paramètres biométriques	El Battah		Sidi Salem	
	Saisons	Groupe	Saisons	Groupe
Longueur (cm)	Eté	A	Eté	A
	Printemps	A	Printemps	B
	Hiver	B	Automne	C
	Automne	B	Hiver	D
Hauteur (cm)	Printemps	A	Eté	A
	Eté	A	Printemps	B
	Hiver	B	Automne	C
	Automne	B	Hiver	D
Epaisseur (cm)	Eté	A	Eté	A
	Printemps	A	Printemps	A
	Hiver	B	Automne	B
	Automne	B	Hiver	C
Poids total frais (mg)	Eté	A	Eté	A
	Printemps	A	Printemps	A
	Hiver	B	Automne	C
	Automne	B	Hiver	D

Les moyennes suivies d'une même lettre en minuscule ne sont pas significativement différentes ($p > 0,05$) entre les deux sites.

Tableau 7. Variations saisonnières paramètres biométriques mesurés chez *D. trunculus* pêché dans deux sites du golfe d'Annaba (El Battah, Sidi Salam) au cours de la période mars 2010-février 2011 ($m \pm s$; $n=1200$).

saison	Paramètre biométrique	El Battah	Sidi Salem
Printemps	Longueur (cm)	2,80 \pm 0,24 a	2,68 \pm 0,26 b
	Hauteur (cm)	1,50 \pm 0,14 a	1,45 \pm 0,14 b
	Epaisseur (cm)	0,91 \pm 0,07 a	0,89 \pm 0,08 b
	Poids total frais (mg)	2,83 \pm 0,61 a	2,58 \pm 0,68 b
Été	Longueur (cm)	2,81 \pm 0,26 a	2,79 \pm 0,22 a
	Hauteur (cm)	1,48 \pm 0,13 a	1,50 \pm 0,11 a
	Epaisseur (cm)	0,91 \pm 0,09 a	0,93 \pm 0,01 a
	Poids total frais (mg)	2,92 \pm 0,69 a	2,52 \pm 0,65 b
Automne	Longueur (cm)	2,34 \pm 0,37 a	2,39 \pm 0,37 a
	Hauteur (cm)	1,27 \pm 0,17 a	1,32 \pm 0,18 b
	Epaisseur (cm)	0,74 \pm 0,12 a	0,78 \pm 0,13 b
	Poids total frais (mg)	1,72 \pm 0,08 a	1,91 \pm 0,08 b
Hiver	Longueur (cm)	2,36 \pm 0,22 a	2,30 \pm 0,18 b
	Hauteur (cm)	1,28 \pm 0,12 a	1,25 \pm 0,09 b
	Epaisseur (cm)	0,75 \pm 0,09 a	0,72 \pm 0,07 b
	Poids total frais (mg)	1,80 \pm 0,60 a	1,60 \pm 0,36 b

Les moyennes suivies d'une même lettre en minuscule ne sont pas significativement différentes ($p > 0,05$) entre les deux sites.

2.3. Variation annuelle des paramètres biométriques

Le tableau 8 représente la variation annuelle des paramètres biométriques mesurés chez les individus de *D. trunculus* au cours des deux années (mars 2009-février 2010 et mars 2010-février 2011).

La comparaison par le test t des longueurs annuelles moyennes ne montre aucune différence significative entre les deux années à El Battah, par contre une augmentation significative ($p < 0,001$) est enregistrée à Sidi Salem. Les moyennes annuelles des hauteurs et des épaisseurs révèlent une diminution significative ($p < 0,001$) à El Battah, cependant le site de Sidi Salem montre une augmentation significative ($p < 0,001$) des hauteurs et des épaisseurs d'une année à une autre. Concernant le poids total frais, une augmentation significative ($p < 0,001$) est enregistrée au niveau des deux sites (Tableau 8).

Suite aux résultats de la comparaison des moyennes obtenus entre les deux sites, on remarque une différence hautement significative ($p < 0,001$) pour l'ensemble des paramètres étudiés (la longueur, l'épaisseur, la hauteur et le poids total frais) à l'exception de la hauteur et de l'épaisseur au cours de la deuxième année (mars 2010-février 2011) où aucune différence n'a été enregistrée entre les deux sites (Tableau 8).

Pour la majorité des mois et concernant tous les paramètres mesurés au niveau des deux sites, l'analyse de la variance à un seul critère de classification (année par mois) montre un effet année hautement significatif ($p < 0,001$) pour la majorité des mois et concernant tous les paramètres pour les deux sites; le site d'El Battah ne montre pas une grande différence entre les deux années, par contre, le site de Sidi Salem présente une meilleure croissance à la deuxième année (mars 2010-février 2011) comparativement à la première année (mars 2009-février 2010) (Annexe 1: Tableau 9)

Tableau 8. Variations annuelles des paramètres biométriques mesurés chez *D. trunculus* pêché dans deux sites du golfe d'Annaba (El Battah, Sidi Salam) au cours de la période mars 2010-février 2011 ($m \pm s$; $n=1200$).

Paramètre biométrique	Année	El Battah	Sidi Salem
Longueur (cm)	mars 2009-février 2010	2,58 ± 0,29 a A	2,47 ± 0,30 b A
	mars 2010-février 2011	2,57 ± 0,36 a A	2,54 ± 0,33 b B
Hauteur (cm)	mars 2009-février 2010	1,40 ± 0,14 a A	1,35 ± 0,14 b A
	mars 2010-février 2011	1,38 ± 0,18 a B	1,38 ± 0,17 a B
Epaisseur (cm)	mars 2009-février 2010	0,85 ± 0,10 a A	0,81 ± 0,10 b A
	mars 2010-février 2011	0,83 ± 0,13 a B	0,83 ± 0,13 a B
Poids total frais (mg)	mars 2009-février 2010	2,16 ± 0,70 a A	1,89 ± 0,63 b A
	mars 2010-février 2011	2,31 ± 0,88 a B	2,15 ± 0,77 b B

Les moyennes suivies d'une même lettre en minuscule ne sont pas significativement différentes ($p > 0,05$) entre les deux sites au sein d'un même paramètre biométrique.

Les moyennes suivies d'une même lettre en majuscule ne sont pas significativement différentes ($p > 0,05$) entre les deux années au sein d'un même paramètre biométrique.

2. 4. Analyse de la variance multivariée et analyse hiérarchique de la croissance

2. 4. 1. Analyse de la variance multivariée (MANOVA)

L'analyse de la variance multivariée (MANOVA) est effectuée pour étudier les corrélations qui existent entre les différents paramètres biométriques étudiés (longueur, hauteur, épaisseur et poids total frais) pour les facteurs: mois et site (El Battah et Sidi Salem) durant les deux années d'études. Les résultats montrent un effet mois et un effet site hautement significatifs ($p < 0,001$), l'interaction mois/site présente également un effet hautement significatifs ($p < 0,001$) pour les trois tests utilisés Wilk's Lambda, Hotelling-Lawley et Pilla's Trace, au cours des deux années d'études (Annexe 1: tableau 11, 10).

2. 4. 2. Analyse hiérarchique

L'analyse hiérarchique est représentée par un arbre hiérarchique ou dendrogramme. Cette analyse est effectuée sur les résultats de la croissance obtenus par saison au sein de chaque site (El Battah, Sidi Salem) durant les deux années d'étude (mars 2009 – février 2011). La première année montre trois classes aussi bien à El Battah qu'à Sidi Salem. Le site d'El Battah révèle une première classe représentée par le printemps, suivie d'une deuxième classe (l'été et l'hiver), présentant une grande similitude dans la croissance, tandis qu'une troisième classe est représentée par l'automne. Le site de Sidi Salem présente le printemps comme la première classe, puis l'automne comme deuxième classe et enfin, une dernière classe englobant l'automne et l'hiver avec une grande similitude (Figure. 19)

La deuxième année d'étude montre l'existence de deux classes identiques au sein de chaque site. En effet El Battah et Sidi Salem présentent une première classe regroupant le printemps et l'été comme les deux saisons qui présentent une croissance similaire et une deuxième classe regroupant, l'automne et l'hiver (Figure. 20).

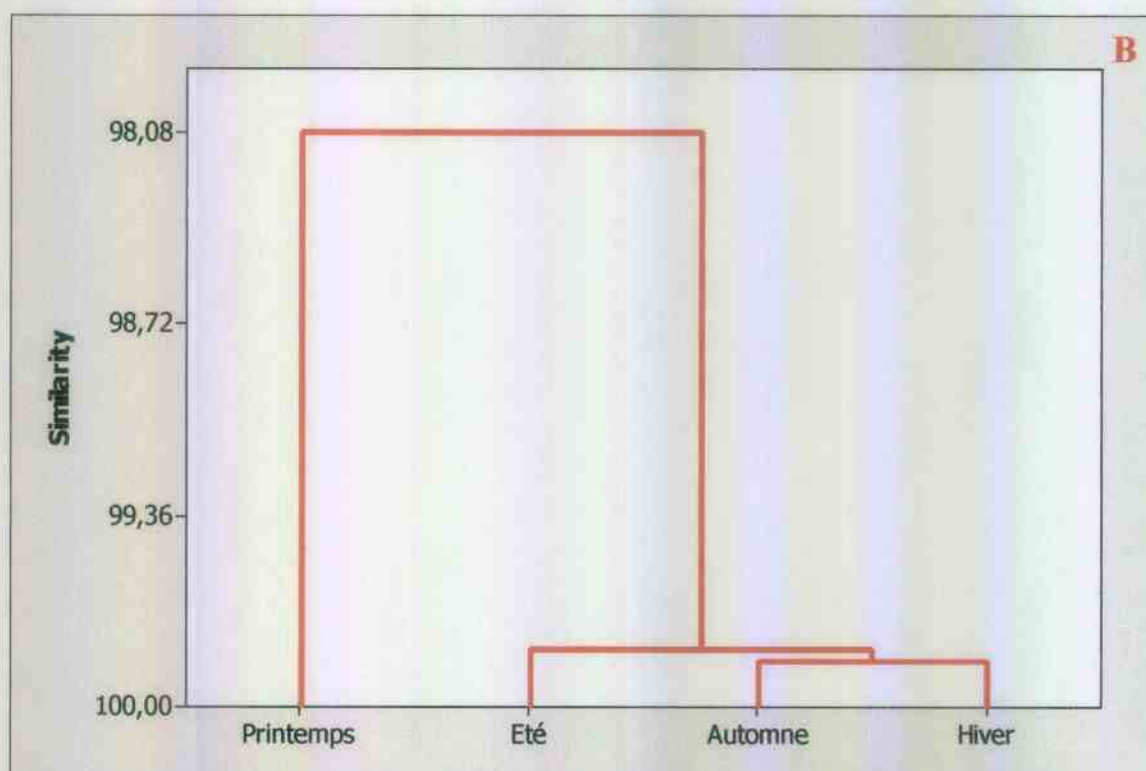
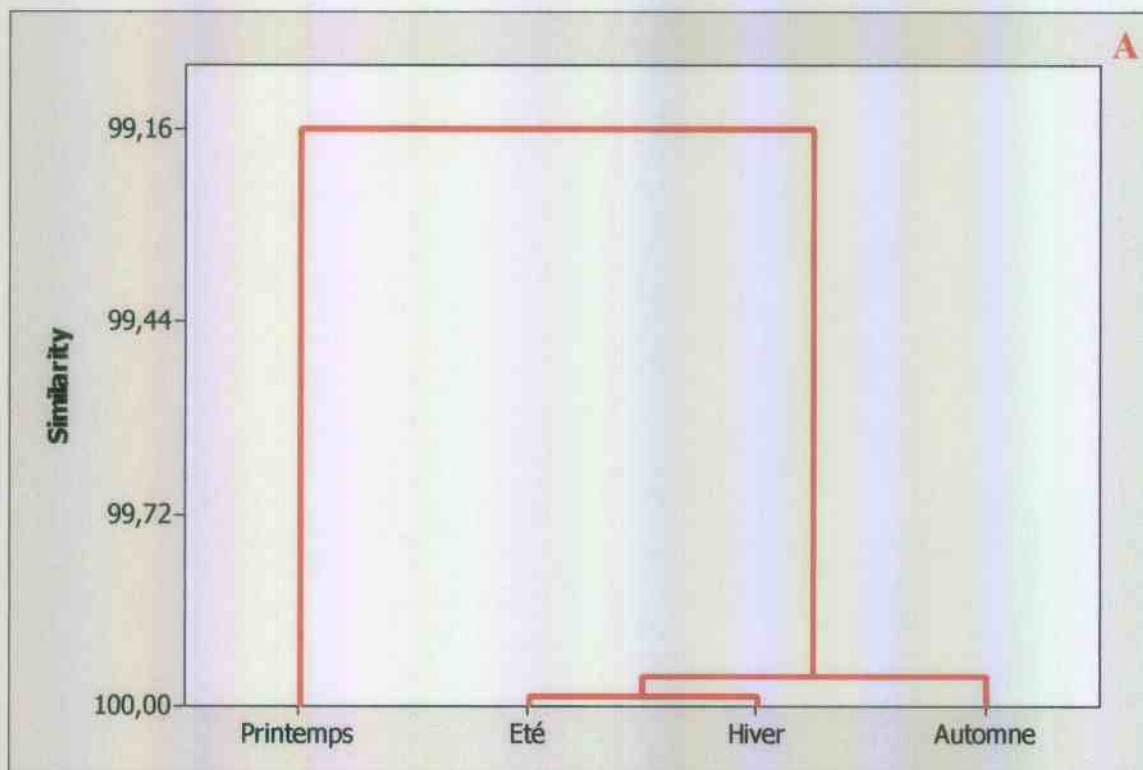


Figure 19. Classification hiérarchique des saisons selon la croissance de *D. trunculus* durant la période mars 2009 – février 2010: El Battah (A), Sidi Salem (B).

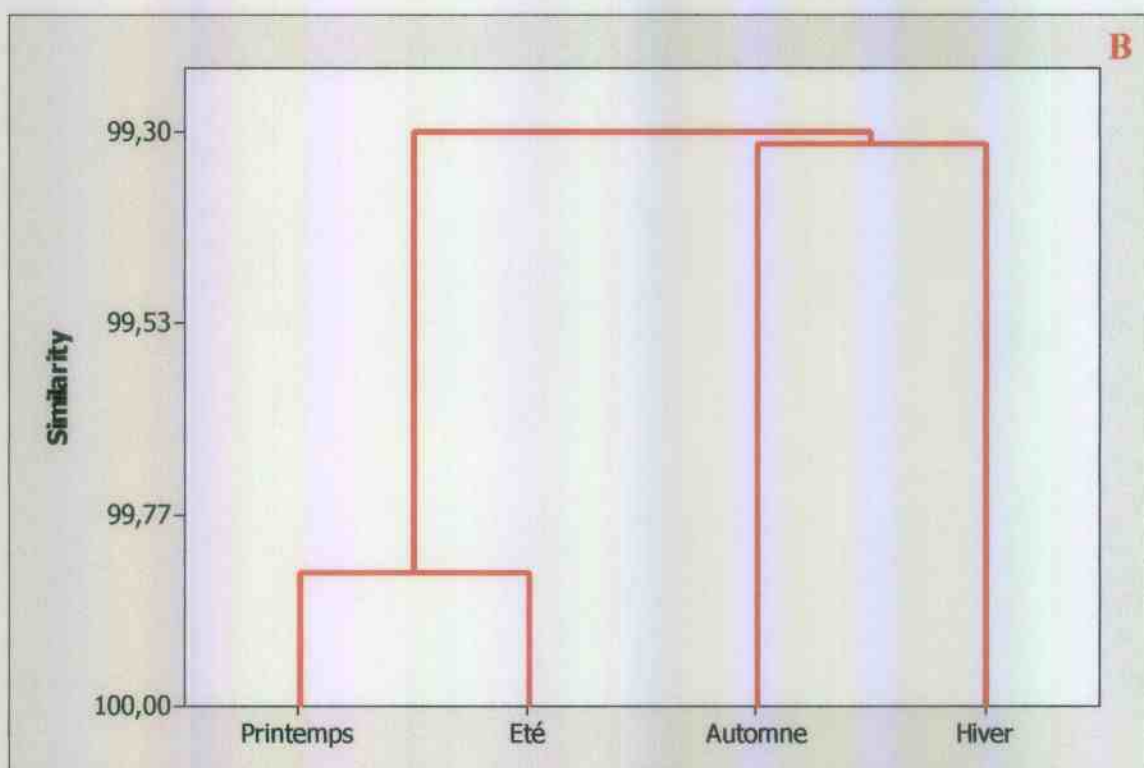
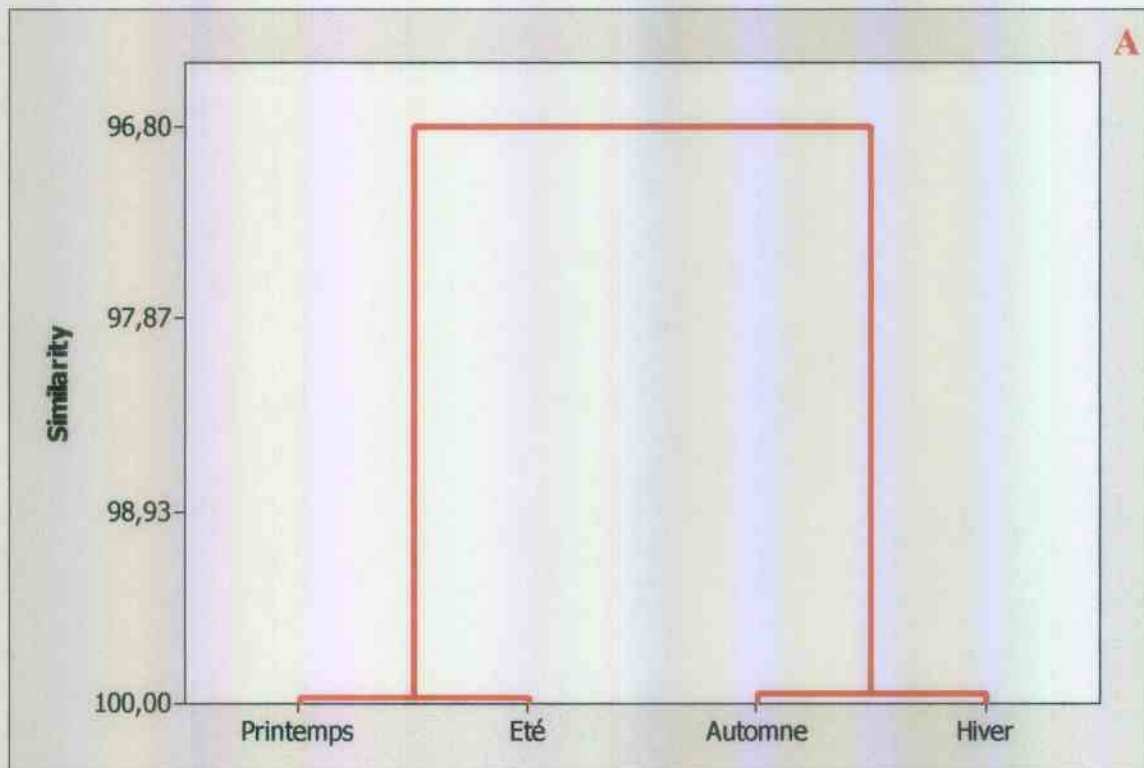


Figure 20. Classification hiérarchique des saisons selon la croissance de *D. trunculus* durant la période mars 2010 – février 2011: El Battah (A), Sidi Salem (B).

2. Variation mensuelle des biomarqueurs du stress environnemental

Les résultats obtenus sont exprimés par rapport à une quantité de protéines exprimée en milligramme (mg) obtenue à partir de la droite de régression d'une courbe de référence exprimant l'absorbance en fonction d'une quantité d'albumine (μg) (Tableau 8, Fig. 12).

Tableau 9: Dosage des protéines : réalisation de la gamme d'étalonnage.

Quantité de protéines (μg)	Absorbances
0	0
20	0,144
40	0,237
60	0,373
80	0,445
100	0,577

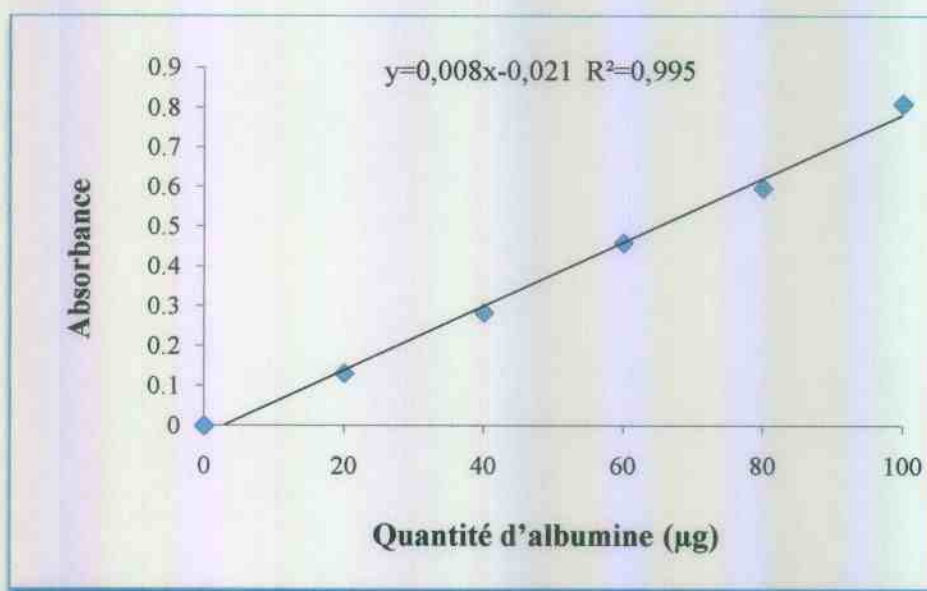


Figure 21. Dosage des protéines : droite de régression exprimant l'absorbances en fonction de la quantité d'albumines (μg) (R^2 coefficient de détermination).

3. 1. Variation mensuelle de l'activité de l'AChE

L'activité spécifique de l'AChE exprimée en $\mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}$ de protéines est déterminée mensuellement au niveau du manteau de *D. trunculus* pêché dans deux sites du golfe d'Annaba, El Battah et Sidi Salem au cours de la période mars 2009 -février 2010. Cette activité est calculée par application de la formule d'Ellman *et al* (1961) en utilisant les pentes des droites de régression exprimant les absorbances en fonction du temps. Les résultats obtenus sont exprimés par rapport à une quantité de protéines exprimée en milligramme (mg) (Figure. 22).

3. 1. 1. Variation mensuelle de l'activité de l'AChE de mars 2009 à février 2010

Le suivi mensuel de l'activité AChE au cours de cette période montre des valeurs maximales au mois d'octobre dans les deux sites, $90,01 \pm 3,44 \mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines chez les individus provenant d'El Battah et $80,40 \pm 4,74 \mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines chez les individus provenant de Sidi Salem. Tandis que les valeurs minimales sont enregistrées au mois de novembre, avec $46,21 \pm 3,42 \mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines à El Battah et $31,66 \pm 5,5 \mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines à Sidi Salem (Fig. 22 A).

La comparaison des moyennes par le test t de student révèle une inhibition significative de l'activité AChE chez les individus de Sidi Salem comparativement à ceux d'El Battah aux mois d'avril ($p= 0,005$), mai ($p= 0,006$), juin ($p= 0,000$) juillet ($p= 0,001$), septembre ($p= 0,000$), octobre ($p= 0,006$) et novembre ($p= 0,006$) (Fig. 22 A).

L'analyse de la variance à un seul critère de classification (mois et saison) montre un effet mois et effet saison hautement significatif ($P < 0,001$) à El Battah, concernant le site de Sidi Salem on note un effet mois hautement significative ($P < 0,001$), par contre aucun effet saison n'a été enregistré (Annexe 2: tableau 12 et 13). Le classement des saisons par le test de Tukey révèle l'existence d'un seul groupe de saison à El Battah et deux groupe à Sidi Salem, le premier renferme l'été et le second renferme le printemps, l'automne et l'hiver (Tableau 10; annexe 1: tableau 13).

3. 1. 2. Variation mensuelle de l'activité de l'AChE de mars 2010 à février 2011

Les activités moyennes de l'AChE présentent des valeurs maximales au mois d'août à El Battah avec $60,46 \pm 4,77 \mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines, et $40,33 \pm 3,59 \mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines au mois de décembre à Sidi Salem. Par contre les valeurs minimales sont enregistrées au mois de

janvier à El Battah avec $23,01 \pm 4,05 \mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines, et $16,24 \pm 2,41 \mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines au mois de décembre à Sidi Salem (Fig. 22 B).

La comparaison des moyennes par le test t de student révèle une inhibition significative de l'activité AChE chez les individus de Sidi Salem comparativement à ceux d'El Battah aux mois de mars ($p= 0.008$), mai ($p= 0.003$), juin ($p= 0.001$), juillet ($p= 0.000$), aout ($p= 0.000$), septembre ($p= 0.000$), novembre ($p= 0.008$) et décembre ($p= 0.004$) (Fig. 22 B).

L'analyse de la variance à un seul critère de classification (mois et saison) montre pour le site d'El Battah, un effet mois hautement significatifs ($P < 0,001$) et un effet saison significatif ($p= 0.041$), on ce qui concerne le site de Sidi Salem on enregistre un effet mois hautement significatif ($P < 0,001$), par contre aucun effet saison n'a été enregistré (Annexe 2: tableau 12 et 13). Le classement des saisons par le test de Tukey révèle l'existence de deux groupes à El Battah, le premier renferme hiver, printemps, été et le second printemps, été et automne. Par contre, un seul groupe de saison est enregistré à Sidi Salem (Tableau 10; annexe 1: tableau 13).

D'après l'analyse de la variance à un seul critère de classification (année), un effet année est enregistré pour les deux sites (annexe 1: tableau 14).

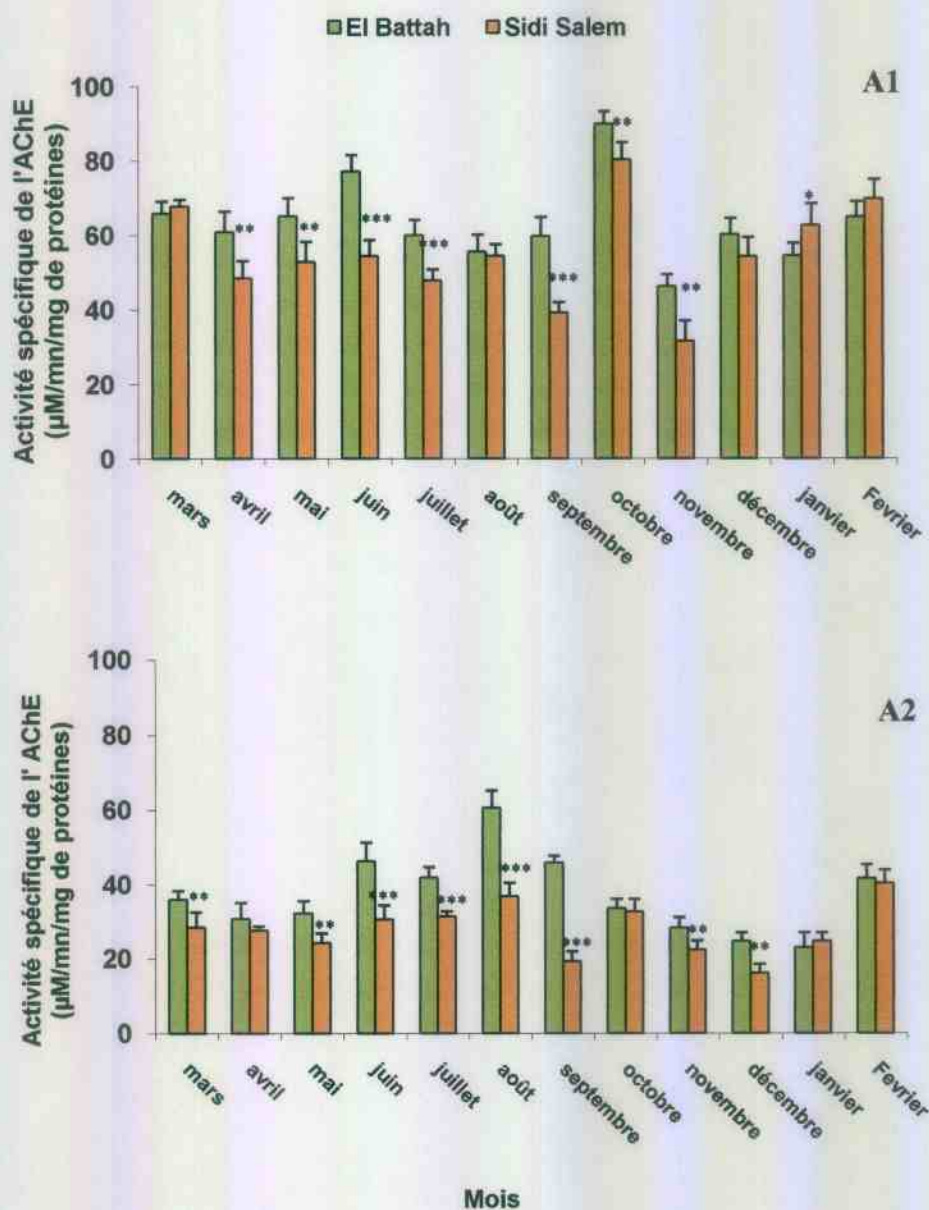


Figure 22. Variations mensuelles de l'activité spécifique de l'acétylcholinestérase (µM/mn/mg de protéines) au niveau du manteau de *D. trunculus* pêché dans deux sites du golfe d'Annaba: El Battah et Sidi Salem au cours de la période, mars 2009 - février 2010 (A1) et mars 2010 - février 2011 (A2) (m±s; n= 6) (*: différence significative; **: différence très significative; ***: différence hautement significative).

Tableau 10. Classement des saisons par ordre décroissant selon l'activité spécifique de l'acétylcholinestérase ($\mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines) au niveau du manteau de *D. trunculus* pêché dans deux sites du golfe d'Annaba (El Battah, Sidi Salem) au cours de la période, mars 2009 - février 2010 (A1) et mars 2010 - février 2011 (A2) ($m \pm s$; $n = 5$) par le test HSD de Tukey.

Année	Site	Saison	Groupe
A1	El Battah	Automne	A
		Printemps	A
		Eté	A
		Hiver	A
	Sidi Salem	Eté	A
		Printemps	B
		Automne	B
		Hiver	B
A2	El Battah	Hiver	A
		Printemps	AB
		Eté	AB
		Automne	B
	Sidi Salem	Eté	A
		Hiver	A
		Printemps	A
		Automne	A

3. 2. Variation mensuelle de l'activité de la Glutathion-S transférase

L'activité spécifique de la GST ($\mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}$ de protéines) est estimée par application de la formule de Habig *et al.* (1974) en utilisant les pentes des droites de régression exprimant les absorbances en fonction du temps. Les résultats obtenus sont exprimés par rapport à une quantité de protéines exprimée en milligramme (mg). (Figure. 23). Un dosage mensuel est effectué au niveau du manteau de *D. trunculus* pêché dans deux sites du golfe d'Annaba (El Battah et Sidi Salem) au cours de la période mars 2009 - février 2010.

3. 2. 1. Variation mensuelle de l'activité GST de mars 2009 à février 2010

L'activité GST au niveau des deux sites varie entre un maximum au mois de septembre avec $11,78 \pm 2,68 \mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}$ de protéines à El Battah et $19,78 \pm 3,79 \mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}$ de protéines à Sidi Salem, et un minimum au mois d'août avec $1,65 \pm 0,46 \mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}$ de protéines à El Battah et $1,57 \pm 0,48 \mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}$ de protéines à Sidi Salem (Fig. 23 A). La comparaison des moyennes par le test t de student indique des différences significatives ($p < 0,05$) aux mois de juillet et février, des différences très significatives ($p < 0,01$) aux mois de septembre, novembre et décembre et hautement significatives ($p < 0,001$) aux mois d'avril, mai, juin, et octobre. Par contre, aucune différence significative ($p > 0,05$) n'est observée aux mois de mars, août, et janvier (Fig. 23 A).

Après une application de l'analyse de la variance à un seul critère de classification (mois et saison), on note un effet mois et un effet saison hautement significatif ($p < 0,001$) pour les deux sites d'étude (Annexe 1: tableau 16 et 17). Le classement de l'activité saisonnière GST selon un ordre décroissant par application du test de Tukey a permis l'identification de deux groupes pour le site d'El Battah, le premier englobe l'automne et l'hiver et le deuxième l'été et le printemps, et deux groupes également pour le site de Sidi Salem, le premier renferme l'automne, le deuxième l'hiver l'été et le printemps (Tableau 11; annexe 1: tableau 17).

3. 2. 2. Variation mensuelle de l'activité de la GST de mars 2010 à février 2011

D'après les résultats obtenus au cours de cette période, l'activité GST indique des valeurs moyennes maximales au mois de septembre avec $9,55 \pm 1,84 \mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}$ de protéines à El Battah et $12,95 \pm 1,5 \mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}$ de protéines à Sidi Salem. Cependant, les valeurs moyennes minimales sont enregistrées au mois de septembre à El Battah avec $1,46 \pm 0,37 \mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}$ de protéines et $2,08 \pm 0,28 \mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}$ de protéines à Sidi Salem (Fig. 23 A2).

L'activité GST présente après comparaison des moyennes deux à deux chez les individus de Sidi Salem comparativement à ceux d'El Battah une augmentation significative aux mois de septembre ($p= 0.019$), décembre ($p= 0.041$), très significative aux mois d'août ($p= 0.004$), octobre ($p= 0.001$), et hautement significative aux mois d'avril ($p= 0.000$) et mai ($p= 0.000$). Cependant, aucune différence significative n'est observée aux mois de mars, juin, juillet, novembre, janvier et février (Fig. 23 A2).

Un effet site et un effet saison hautement significatif ($p < 0,001$) sont enregistrés pour les deux sites après application de l'analyse de la variance à un seul critère de classification (mois et site) (Annexe 2: tableau 16 et 17). Le classement décroissant des saisons au sein de chaque site est représenté dans le tableau 10. Le test HSD de Tukey révèle que les deux sites renferment deux groupes, un groupe dans lequel se trouve l'automne et le printemps et un groupe où se trouve l'hiver et l'été (Tableau 11; annexe 1: tableau 17).

L'analyse de la variance à un seul critère de classification (année), ne montre aucun effet année concernant l'activité GST (Annexe 1: tableau 18).

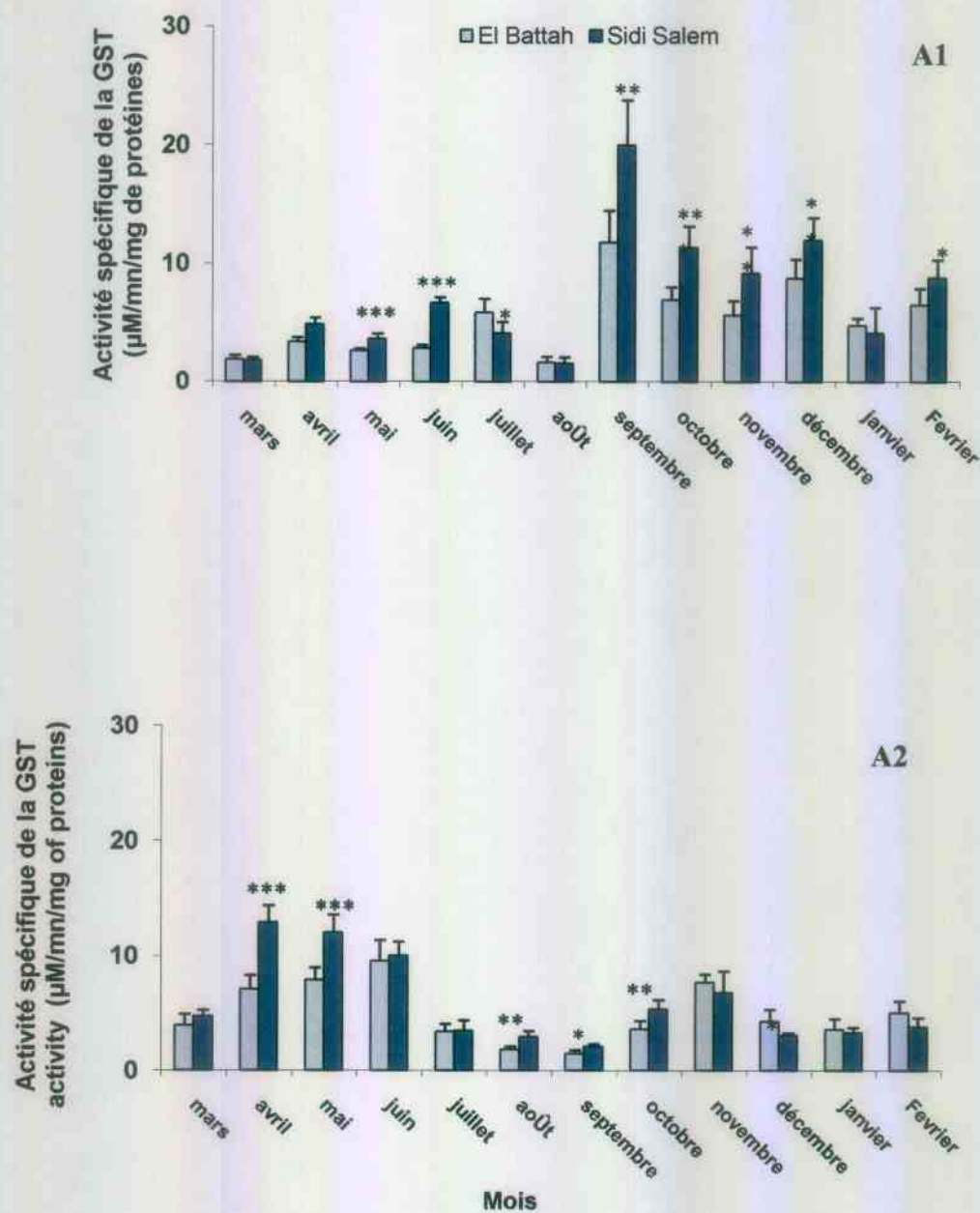


Figure 23. Variations mensuelles de l'activité spécifique de la glutathion S-transférase ($\mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines) au niveau du manteau de *D. trunculus* pêché dans deux sites du golfe d'Annaba: El Battah et Sidi Salem au cours de la période, mars 2009 - février 2010 (A1) et mars 2010 - février 2011 (A2) ($m \pm s$; $n = 6$) (*: différence significative; **: différence très significative; ***: différence hautement significative).

Tableau 11. Classement des saisons par ordre décroissant selon l'activité spécifique la glutathion S-transférase ($\mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines) au niveau du manteau de *D. trunculus* pêché dans deux sites du golfe d'Annaba (El Battah, Sidi Salem) au cours de la période, mars 2009 - février 2010 (A1) et mars 2010 - février 2011 (A2) ($m \pm s$; $n = 5$) par le test HSD de Tukey.

Année	Site	Saison	Groupe
A1	El Battah	Automne	A
		Hiver	A
		Eté	B
		Printemps	B
	Sidi Salem	Automne	A
		Hiver	B
		Eté	B
		Printemps	B
A2	El Battah	Automne	A
		Printemps	A
		Hiver	B
		Eté	B
	Sidi Salem	Automne	A
		Printemps	A
		Hiver	B
		Eté	B

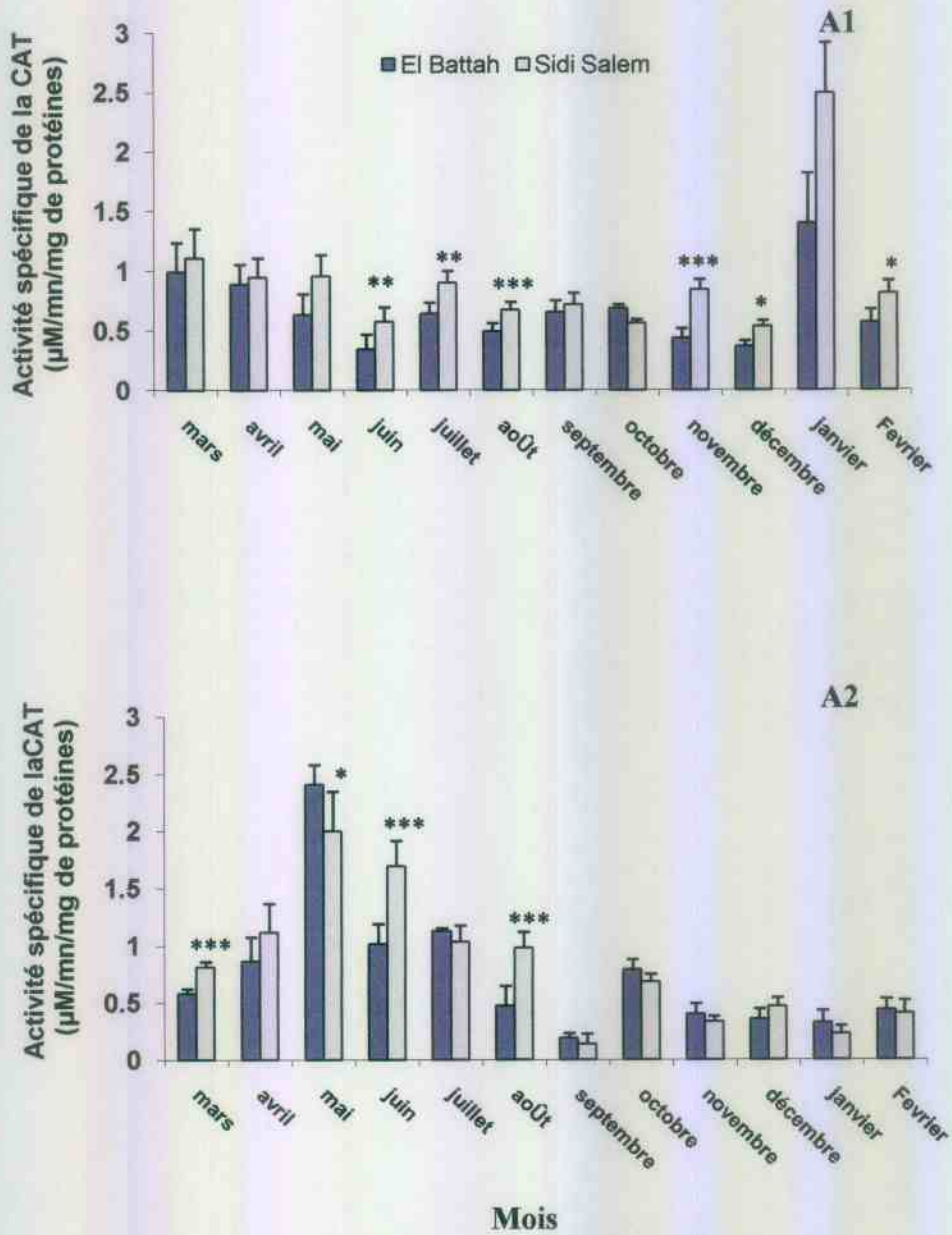


Figure 24. Variations mensuelles de l'activité spécifique de la catalase ($\mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines) au niveau du manteau de *D. trunculus* pêché dans deux sites du golfe d'Annaba: El Battah et Sidi Salem au cours de la période, mars 2009 - février 2010 (A1) et mars 2010 - février 2011 (A2) ($m \pm s$; $n = 6$) (*: différence significative; **: différence très significative; ***: différence hautement significative).

3. 3. Variation mensuelle de l'activité de la catalase

Un dosage mensuel de l'activité spécifique de la CAT ($\mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}$ de protéines) est réalisé selon la méthode de Claiborne (1985) au niveau du manteau de *D. trunculus* pêché dans deux sites du golfe d'Annaba (El Battah et Sidi Salem) au cours de la période mars 2009 - février 2010 (Figure. 24).

3. 3. 1. Variation mensuelle de l'activité CAT de mars 2009 à février 2010

L'activité CAT montre des fluctuations qui varient selon les sites et le temps. D'après les résultats obtenus le site d'El Battah présente une activité qui varie entre une valeur minimale de $0,346 \pm 0,121 \mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines au mois de juin et une valeur maximale de $1,94 \pm 0,425 \mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines au mois de janvier; alors que le site de Sidi Salem présente une activité qui varie entre $0,537 \pm 0,121 \mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines au mois de décembre comme valeur minimale et $2,496 \pm 0,403 \mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines au mois de janvier comme valeur maximale (Figure. 24 A). L'analyse statistique des données par comparaison des moyennes deux à deux révèle une augmentation significative ($p < 0,05$) à hautement significative ($p < 0,001$) selon les mois de l'activité CAT au niveau du site de Sidi Salem comparativement à El Battah. Par contre aucune différence significative n'est observée aux mois de mars, septembre, octobre et janvier (Figure. 24 A).

A partir de l'analyse de la variance à un seul critère de classification (mois et saison), on distingue un effet mois et un effet saison hautement significatif ($p < 0,001$) pour les deux sites (Annexe 1: tableau 19, 20); concernant le classement décroissant des saisons par le test de Tukey (Tableau 12), à El Battah, trois groupes sont mis en évidence, le premier représente le printemps, le second l'automne et l'été et le troisième renferme l'été et l'hiver. A Sidi Salem deux groupes sont mis en évidence, le premier renferme le printemps et l'été et le deuxième l'automne et l'hiver (Tableau 12; annexe 2: tableau 20).

3. 3. 2. Variation mensuelle de l'activité CAT de mars 2010 à février 2011

Les activités moyennes de la CAT montrent des valeurs maximales au mois de mai chez les individus provenant des deux sites avec $2,411 \pm 0,168 \mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines à El Battah et $1,999 \pm 0,348 \mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines à Sidi Salem. Les valeurs minimales sont enregistrées au mois de septembre à Sidi Salem avec $0,192 \pm 0,04 \mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines et également à El Battah avec $0,141 \pm 0,085 \mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines (Figure. 24 A). La comparaison deux à deux effectuée par le test t de Student entre les deux sites démontre une

différence très significative ($p < 0,001$) aux mois de mars, juin et août; significative ($p < 0,05$) au mois de mai; par contre aucune signification ($p > 0,05$) n'est enregistrée pour le reste des mois. L'analyse de la variance à un seul critère de classification (mois) révèle un effet mois hautement significatif ($p < 0,001$) pour les deux sites d'études (Annexe 1: tableau 19).

L'analyse de la variance à un seul critère de classification (saison) révèle un effet significatif ($p = 0,014$) pour le site d'El Battah, et hautement significatif ($p < 0,001$) pour le site d'El Battah (Annexe 1: tableau 20). Les activités CAT sont regroupées en quatre saisons et sont classées selon un ordre décroissant par le test de Tukey. Le classement des saisons révèle l'existence de deux groupes à El Battah, le premier renferme l'hiver et le printemps, le second renferme le printemps, l'été et l'automne. Le site de Sidi Salem renferme aussi deux groupes, le premier: l'été, l'automne et le printemps, le second renferme l'hiver (Tableau 12).

L'analyse de la variance à un seul critère de classification (année) ne montre aucun effet année pour les deux sites (Annexe 1: tableau 21).

DISCUSSION

DISCUSSION

Depuis le début du siècle, les différents compartiments de l'environnement (air, eau, sol) sont soumis à la pression croissante des activités industrielles et humaines. Les baies côtières sont des zones semi-fermées où la capacité de renouvellement des eaux est limitée, permettant ainsi l'accumulation des contaminants (Vlahogrianni *et al.*, 2009). Les organismes aquatiques présents dans ces milieux font face à de très nombreuses sources de perturbations qui agissent le plus souvent de manière simultanée, engendrant des interactions plus ou moins néfastes (Dellali *et al.*, 2010, Kankal & Gaikwad, 2011). La biosurveillance est un élément important dans les programmes d'évaluation de la qualité des eaux en fournissant des informations spécifiques concernant la dynamique des polluants (leur persistance dans l'environnement), ainsi que leurs effets sur la santé des espèces (Campos *et al.*, 2012). De nos jours, les indicateurs biologiques sont principalement employés pour évaluer l'état de l'environnement et pour fournir un signal précoce des changements environnementaux, ou pour diagnostiquer la cause d'un problème écologique (Noss, 1990; Dufrene & Legendre, 1997; Niemi & McDonald, 2004; Howe *et al.*, 2007). Du point de vue écotoxicologique, les mollusques bivalves de par leur mode de vie jouent un rôle important dans la bioaccumulation des polluants car ils ont l'avantage d'être en contact direct avec l'eau, le sédiment et la nourriture contaminée (Gunther *et al.*, 1999 ; Miller *et al.*, 2000).

1. Dynamique des populations

La croissance de l'individu est l'une des principales caractéristiques de la plupart des organismes et un paramètre important dans la dynamique des populations. Les mollusques, sans doute en raison de leur abondance mais aussi du fait de la présence d'une coquille remarquablement organisée, ont donné lieu à de nombreuses études de morphométrie et de croissance, notamment chez les bivalves (Legaya *et al.*, 2000). La coquille des mollusques bivalves constitue une protection importante contre les prédateurs et les dommages mécaniques, mais aussi intervient dans le contrôle de l'environnement

interne, particulièrement dans la circulation des courants d'eau à travers la cavité palléale (Seed, 1980).

De nombreuses études ont porté sur les facteurs pouvant affecter la croissance et la survie des bivalves (Winter, 1978; Bayne & Newell, 1983; Grant, 1996; Grizzle *et al.*, 2001). Cependant, parmi les paramètres du milieu on peut citer l'action de la température, la disponibilité des aliments, ainsi que d'autres facteurs du stress physiologique (Brey & Clarke, 1993). En effet, la disponibilité de la nourriture peut être considérée comme étant le facteur le plus important dans la détermination de la croissance des mollusques, car si la nourriture est rare la croissance sera retardée indépendamment de tous les autres facteurs (Seed, 1976).

La croissance de *Donax trunculus* est contrôlée par l'interaction de plusieurs facteurs écologiques tels que la température, la densité, la disponibilité de la nourriture (Ansell & Lagardere, 1980; Bodoy, 1982; Gaspar *et al.*, 1999). De plus, la granulométrie du sédiment est un facteur principal dans le contrôle de la distribution des populations de *D. trunculus* (La valle *et al.*, 2011). La Valle, (2006) a rapporté que la présence d'un sédiment bien trié avec une taille moyenne des grains dans les plages de sable moyennement fin, permet une meilleure croissance avec l'apparition d'une population plus stable. En effet, c'est le cas de la plage d'El Battah qui se caractérise par un sable moyen dont le diamètre moyen est de 26 mm, tandis que la plage de Sidi Salem est composée de sable fin avec diamètre moyen de 18 mm.

L'étude de la structure démographique des populations d'une espèce est d'un intérêt multiple avec notamment la connaissance instantanée des tailles les plus représentatives, les périodes de ponte et la durée de vie des différentes classes de taille (Bachelet, 1981; Dauvin, 1988; Bazairi, 1999; Zine, 2004). Dans la mer Méditerranée, la croissance de *Donax trunculus* est généralement étudiée en utilisant la méthode d'analyse indirecte se basant sur la mesure de la longueur antéro-postérieure de la coquille (Mouëza & Frenkiel-Renault, 1973; Ansell & Lagardère, 1980; Guillou & Le Moal, 1980; Bodoy, 1982; Bayed & Guillou, 1985; Costa *et al.*, 1987; Mazé & Laborda, 1988; Neuberger-Cywiak *et al.*, 1990; Ramon, 1993; Ramon *et al.*, 1995; Manca-Zeichen *et al.*, 2002; Tlili *et al.*, 2010a).

L'étude menée durant la période allant de mars 2009 à février 2010 montre deux phases de recrutement de jeunes individus de *D. trunculus*, un premier recrutement est observé au mois d'avril à El Battah et au mois de mai à Sidi Salam, et un deuxième recrutement au mois

d'août pour les deux sites. Les mêmes périodes de recrutement sont enregistrées durant la période mars 2010 – février 2011. D'après ces données, on constate que *D. trunculus* présente un recrutement bimodal dans les deux sites (El Battah et Sidi Salam).

Ces résultats sont en accord avec les travaux d'Aouadene (2003), Beldi (2007) menés dans le golfe d'Annaba, chez les populations des côtes algéroises (Mouëza & Frenkiel-Renault, 1973; Ansell *et al.*, 1980), les côtes Marocaines (Bayed & Guillou, 1985; Bayed, 1990; Guillou & Bayed, 1991), les côtes italiennes (Badino & Marchionni, 1972) et les côtes espagnoles (Mazé & Laborda, 1990; Ramon *et al.*, 1995). En effet, le recrutement bimodal semble être une caractéristique des populations méditerranéennes (Mouëza & Frenkiel-Renault, 1973; Ansell & Bodoy, 1979; Ramon *et al.*, 1995). Cependant nos résultats sont en contradiction avec les travaux de Sifi (2009) dans le golfe d'Annaba, qui a observé la présence d'un recrutement unimodal chez cette espèce. Voliani *et al.* (1997) montrent également chez *D. trunculus* une seule période de recrutement en automne. Plusieurs travaux rapportent également la présence d'un recrutement unimodal chez *D. trunculus* en Méditerranée (Neuberger-Cywiack, 1990; Manca-Zeichen *et al.*, 2002) et en Atlantique (Ansell & Lagardère, 1980; Guillou & Le Moal, 1980).

Un recrutement bimodal est observé chez d'autres espèces de Donacidés tels que *Donax variabilis* au Sud de Caroline (États-Unis) (Wilson, 1999); *Donax semistriatus* en Palestine (Neuberger - Cywiak *et al.*, 1990). Cependant, Ansell (1972) suggère un recrutement continu chez *Donax vittatus*. Un recrutement continu sans période de repos sexuel est également observé chez la moule *Callista chione* en Portugal (Moura *et al.*, 2008), alors que Bayed (1998) signale une variabilité dans le recrutement avec un recrutement bimodal en 1985 et 1987 et un recrutement unimodal en 1986 et 1988 de *D. trunculus* dans les plages d'Essaouira au Maroc. Une variabilité dans le recrutement est également signalée chez *R. Decussatus* pêchée dans différents sites des côtes marocaines avec un recrutement unimodal dans un des sites, un recrutement bimodal avec une période de repos sexuel dans un autre site et un recrutement trimodal sans période de repos sexuel dans un troisième site, ceci est dû essentiellement aux variations trophiques et thermiques entre ces trois sites (Kamara *et al.*, 2005).

D'après les résultats obtenus, on a enregistré un retard d'un mois dans le recrutement des jeunes individus à Sidi Salem comparativement à El Battah en période printanière, ceci est confirmé par le travail de Hamdani (2013) où elle a constaté après une étude histologique la

présence de légères différences dans la répartition des différents stades gamétogénésiques entre les deux sites, avec un retard d'un mois dans l'émission des gamètes (le stade 3B) à Sidi Salem (le maximum de ce stade a été enregistré au mois d'avril à El Battah et au mois de mai à Sidi Salem). Ce retard est probablement dû à la pollution dans ce site provoquant ainsi, une perturbation dans l'émission des gamètes. En effet, Abdenmour *et al.* (2010) révèle selon une analyse réalisée sur le sédiment au niveau du golfe d'Annaba, la présence de métaux lourds (Plomb, Nickel, cuivre et Zinc) à des concentrations différentes avec une augmentation au niveau de Sidi Salem par rapport à El Battah. Cependant, l'exposition aux polluants peut affecter la croissance et le succès de la reproduction chez les bivalves marins (Neudecker, 1981; Steele & Mulcahy, 1999). Nos résultats sont en accord avec ceux observés par Tlili *et al.* (2011) chez *D. trunculus* au niveau du golfe de Tunis. Guerlet *et al.* (2007) rapporte également un retard dans la maturité et l'émission des gamètes chez la moule *Dreissena polymorpha* exposée à la pollution. Une modification du cycle sexuel avec un allongement de la période de reproduction a été déjà constatée chez *M. edulis* exposées à des métaux lourds (Myint & Tyler, 1982) et chez d'autres moules exposées au cuivre (Zorita *et al.*, 2006).

Le cadmium peut provoquer aussi des perturbations dans la formation de la coquille des larves véligère de mollusques, car il modifie le métabolisme du calcium, les œufs et les stades larvaires sont les plus sensibles (Vicente *et al.*, 1988). Le cadmium peut également induire un retard de la croissance et une déformation des coquilles chez la moule *Mytilus edulis* à des concentrations comprises entre 1,25 et 5 mg/l (Sunila & Lindström, 1985). En effet, une exposition à des contaminants ralentit le développement des gamètes (Lowe *et al.*, 1982), ce qui se traduit par une maturation plus longue des gamètes dans un site pollué (Pipe, 1985). Le retard observé dans la ponte dans le cas des sites pollués peut s'expliquer par une adaptation des espèces qui dépenseraient moins d'énergie lors de leur activité sexuelle pour la mobiliser dans la lutte contre la pollution (Benomar *et al.*, 2006). Plusieurs facteurs environnementaux peuvent aussi être responsables de l'extension de la période d'émission des gamètes, incluant l'augmentation de la température ou des changements brutaux dans la salinité et la biodisponibilité de la nourriture et de l'oxygène (Grant & Creese, 1995; Benomar *et al.*, 2006).

La taille maximale enregistrée dans cette étude chez *D. trunculus* est de 36 mm à El Battah et 34 mm à Sidi Salem au cours de la période mars 2009 - février 2010, contre une taille maximale de 37 mm à El Battah et 35 mm à Sidi Salem entre mars 2010 et février 2011.

Parmi les travaux antérieurs réalisés dans notre laboratoire, on cite ceux: d'Aouadene (2003), qui a observé une taille maximale de 34 mm dans les deux sites d'études, Beldi (2007), qui a rapporté une taille maximale de 38 mm à El Battah et 35 mm à Sidi Salem et celui de Sifi (2008), qui a observé une taille maximale de 36 mm à El Battah et 34 mm à Sidi Salem. Une taille de 36 mm est rapportée par Mouëza (1971), dans la baie de bou Ismaïl à Alger. Fishelson *et al.* (1999) ont observé une taille de 34 mm chez *D. trunculus* provenant de la baie de Haïfa en Palestine. En comparant les populations atlantiques de *D. trunculus* avec leurs homologues méditerranéennes, il en ressort que ces dernières peuvent atteindre une longueur maximale observée de 40 mm sur la côte espagnole à Valence (Ramón *et al.*, 1995) et 36 mm sur les côtes françaises (Body & Massé, 1978) et algériennes (Mouëza, 1972). Concernant les populations atlantiques, les longueurs maximales observées atteignent 45 mm à leur limite nord de distribution (Guillou & Le Moal, 1980) et 40 mm plus au sud (Ansell & Lagardère, 1980). Tandis qu'au Maroc, les longueurs maximales rapportées sont faibles et ne dépassant pas les 36 mm (Bayed, 1991).

La distribution des classes de taille a été largement utilisée comme un élément important dans la structure des populations terrestres et aquatiques (Brown, 1995; Kerr & Dickie, 2001; White *et al.*, 2007). En effet, La structure des populations des Donacidés révèle une étroite relation entre la croissance, la reproduction, la mortalité larvaire et la variation saisonnière de la distribution des fréquences des classes de taille (Wilson, 1999). D'après les résultats obtenus, les individus d'El Battah montrent une distribution des classes de tailles et une croissance meilleure comparativement à ceux de Sidi Salem, qui montrent une amélioration dans leurs croissances au cours de la deuxième année d'étude (mars 2010 - février 2011). L'ensemble des travaux réalisés sur les côtes françaises (Body & Massé, 1978) et algéroises (Mouëza, 1972) confirment que la distribution des classes de tailles est en relation étroite avec la période de reproduction et l'apparition des jeunes recrues. Cependant, au cours des deux années d'étude (mars 2009-février 2011), on distingue une différence dans la distribution des classes de taille au cours de la période d'activité sexuelle s'étalant de mars à septembre, et une distribution des classes relativement la même durant la période de repos sexuel s'étalant d'octobre à février. En effet, on remarque une croissance rapide en été et au printemps contre une croissance lente en hiver et en automne pendant les deux années d'étude.

Les arbres hiérarchiques obtenus montrent au cours de la période (mars 2009-février 2010) des similitudes dans la croissance des individus durant l'été et l'hiver à El Battah, et durant l'automne et l'hiver pour le site de Sidi Salem. Concernant la période (mars 2010-février 2011), on remarque une similitude entre le printemps et l'été, ainsi que entre l'automne et l'hiver pour les deux sites.

D'après Ramon *et al.* (1995), la progression mensuelle de la distribution des fréquences des classes de taille montre un profil saisonnier de la croissance des populations de *D. trunculus* sur les côtes espagnoles; ceci confirme nos résultats qui sont également en accord avec les travaux de Guillou & Le Moal (1980) sur les côtes françaises, Manca-Zeichen *et al.* (2002) sur les côtes italiennes et Gaspar *et al.* (1999) sur les côtes portugaises. Fishelson *et al.* (1999) ont observé chez *D. trunculus* une dominance des juvéniles en automne et celle des adultes au printemps et en été. Cette différence saisonnière est due au recrutement en été, mais aussi à la croissance des individus en fin de printemps et au début de l'été, et à la perte du poids plus tard à la fin d'été (Beukema *et al.*, 1985; Essink & Bos, 1985; Beukema & Desprez, 1986). Une augmentation du pourcentage des juvéniles est également signalée en Palestine chez la même espèce durant l'automne avec un maximum en septembre et novembre (Neuberger-Cywiak *et al.*, 1990). Lastra & McLachlan (1996) ont expliqué l'altération de la croissance et du recrutement des juvéniles par la qualité du sédiment durant les premiers stades de croissance chez les jeunes recrues qui préfèrent un sable fin et cette sensibilité diminue avec leur croissance. En effet, De La Huz *et al.* (2002) ont montré que les individus de *D. trunculus* ayant une taille inférieure à 25 mm préfèrent un sable moyen et grossier tandis que ceux ayant une taille supérieure à 25 mm préfèrent un sable fin à moyen.

En général, il est reconnu que la relation taille-poids est parmi les données de base les plus importantes qui expliquent les changements de la longueur de la coquille chez les bivalves en milieu naturel. Ainsi, on peut citer les conditions environnementales comme l'exposition aux vagues (Akester & Martel, 2000), les conditions trophiques (Alunno-Bruscia *et al.*, 2001), la profondeur de l'eau (Claxton *et al.*, 1998; Lajtner *et al.*, 2004), les courants (Fuiman *et al.*, 1999), les turbulences de l'eau (Hinch & Bailey 1988), la nature du sédiment (Newell *et al.*, 1982; Lajtner *et al.*, 2004) et la qualité de l'eau (Lajtner *et al.*, 2004). Les données taille-poids sont également employées dans les études physiologiques pour obtenir des estimations de la variation saisonnière de la croissance (Gosling, 2003).

D'après nos résultats, on remarque que la longueur de la coquille croît relativement plus vite que le poids total (allométrie minorante) dans les deux sites d'études au cours des deux années. En effet, Fishelson *et al.* (1999) ont démontré que chez *D. trunculus* la longueur augmente avec l'augmentation du poids total. Ceci est en accord avec la plupart des travaux réalisés sur la croissance de *D. trunculus* dans différentes régions de son aire de distribution y compris, le sud ouest européen, la méditerranée et le nord d'Afrique. Une allométrie minorante est constatée chez cette espèce en Espagne (Mazé & Laborda, 1990; Ramòn, 1993), en France (Ansell & Lagadère, 1980), au Maroc (Bayed, 1990; Tlili *et al.*, 2011) et en Algérie (Ansell *et al.*, 1980); ainsi que chez d'autres espèce de bivalves tels que *Venerupis decussatust*, *Cardium edule* (Benmessaoud, 2007) et *Scrobicularia plana* (Kourradi, 2007) collectés sur les côtes atlantique marocaine.

Gaspar *et al.* (2002) indiquent que pendant l'ontogénèse, la longueur de la coquille croît relativement plus vite que le poids des individus. Cette adaptation morphologique peut correspondre à une stratégie qui augmente la profondeur de l'enfouissement de l'animal dans le sédiment (Lauzier *et al.*, 1998). Les espèces du genre *Donax* sont des bivalves à enfouissement rapide (Thayer, 1975; Donn *et al.*, 1986; Ramòn *et al.*, 1995; Gaspar *et al.*, 1999), l'enfouissement de cette espèce est aussi en relation avec la taille du grain du sédiment (Brown & McLanchlan, 1990; McLanchlan *et al.*, 1995). Le poids peut varier pour une même longueur totale en fonction des mois de manière significative en raison des fluctuations mensuelles de l'état physiologique de l'animal telles que la reproduction et la nutrition (Bayed, 1990).

On a noté également une augmentation des coefficients de corrélation en deuxième année par rapport à la première année d'étude à El Battah traduisant une amélioration dans la croissance des individus dans ce site; cependant, une diminution du coefficient est enregistrée à Sidi Salem. L'ensemble des résultats montre une meilleure croissance des individus à El Battah comparativement à ceux de Sidi Salem. En effet, l'altération de la croissance peut être induite par les contaminants ou autre stress pouvant conduire à utiliser l'énergie destinée à la croissance pour le système de détoxification (Lucas & Beninger, 1985; Nicholson & Lam, 2005). D'après Fishelson *et al.* (1999) la croissance des populations de *D. trunculus* collectés dans un site non pollué est meilleure que celle des individus collectés dans un site pollué par des huiles et des résidus pétrochimiques dans la baie de Haifa (Palestine). Chez cette même espèce, Romeo & Gnassia-Barelli (1988) ont observé que les jeunes individus accumulent plus de métaux lourds, ceci est dû à une forte demande nutritionnelle en relation avec un

métabolisme et une croissance actifs chez les jeunes ce qui cause une forte mortalité comparativement aux adultes. La moule africaine *P. perna* a présenté un effort de reproduction plus élevé (Id Halla *et al.*, 1997) et un fort taux de mortalité en été dans un site pollué par rapport à un site non pollué au Maroc (Bouhaimi *et al.*, 1997). Cependant, Anderlini (1990) a mis en évidence l'impact des eaux usées sur le développement des Bivalves *Mytilus edulis* et *Perna perna*.

2. Réponse des biomarqueurs du stress environnemental

L'**acétylcholinestérase** (EC: 3.1.1.7) est une enzyme vitale dont le rôle majeur est d'hydrolyser l'acétylcholine (ACh), un ester libéré dans l'espace synaptique lors de la transmission de l'influx nerveux d'une cellule nerveuse à une autre (Bainy *et al.*, 2006; Moser & Padilla, 2011). A l'arrivée de l'influx nerveux, la terminaison pré-synaptique libère l'ACh qui diffuse à travers l'espace synaptique et vient activer des récepteurs spécifiques situés dans la membrane post-synaptique. Dans les jonctions neuromusculaires, les fibres musculaires post-synaptiques présentent au contact de la terminaison nerveuse une région membranaire spécialisée riche en récepteurs nicotiques qui sont également des canaux ioniques. La fixation de l'ACh sur ces derniers provoque l'ouverture de ces canaux. L'entrée consécutive d'ions sodium entraîne une dépolarisation locale qui déclenche un potentiel d'action propagé dans toute la fibre musculaire, la libération d'ions calcium et finalement la contraction. Pour que la repolarisation soit possible, l'ACh est très rapidement hydrolysée en acétate et choline par l'AChE. Cependant l'inhibition de ce dernier mène à une accumulation de l'ACh dans la région post-synaptique provoquant une hyperexcitation. Chez les invertébrés, l'accumulation d'acétylcholine peut induire une intoxication nerveuse avec une hyperactivité, des tremblements, des convulsions et enfin une paralysie, qui peut conduire à la mort (Hoguet & Key, 2008).

L'activité des cholinestérases entre dans la catégorie des biomarqueurs d'exposition, leur inhibition est utilisée pour détecter la pollution environnementale causée par les composants neurotoxiques (Cailleaud *et al.*, 2007). En effet, de nombreux auteurs considèrent que la mesure de l'activité de l'acétylcholinestérase comme étant le meilleur révélateur de contamination du milieu par les pesticides organophosphorés et les carbamates (Amiard-Triquet, 2009). Toutefois, d'autres contaminants tels que les métaux lourds, les détergents et

les toxines algales peuvent inhiber l'AChE (Payne *et al.*, 1996; Guilhermino *et al.*, 1998; Lehtonen *et al.*, 2003; Tim-Tim *et al.*, 2009). Des études récentes suggèrent que l'inhibition de l'activité acétylcholinestérase peut également indiquer l'exposition à un stress général (Lehtonen *et al.*, 2006). La réponse des organismes face aux inhibiteurs est fonction de l'espèce animale (Bocquené *et al.*, 2004). L'inhibition de l'acétylcholinestérase conduit à une altération physiologique grave des organismes marins (Ozmen *et al.*, 1998; McHenry *et al.*, 1997; Dauberschmidt *et al.*, 1997). De nombreux travaux portant sur les pesticides ont bien traité les relations existantes entre l'inhibition de l'AChE et les troubles de comportement chez les organismes aquatiques (Amiard-Triquet, 2009).

L'analyse des résultats de l'activité spécifique de l'AChE chez *D. trunculus* échantillonnée au niveau des deux sites dans le golfe d'Annaba sur une durée de deux années, montre une inhibition de l'activité de l'AChE chez les individus de Sidi Salem comparativement à ceux d'El Battah pour la majorité des mois. On a constaté également une diminution de l'activité AChE d'une année à une autre au niveau des deux sites d'étude, ceci est probablement due à une diminution du niveau de pollution dans le golfe. En effet un profil saisonnier est mis en évidence avec une augmentation de l'activité AChE à Sidi Salem en été par rapport aux autres saisons.

De nombreux auteurs rapportent que chez les bivalves d'eau douce et les bivalves marins, les variations saisonnières du milieu sont parmi les facteurs les plus importants dans la régulation de l'activité spécifique de l'AChE, ainsi que le cycle de reproduction et la période de croissance de chaque espèce (Radenac *et al.*, 1998; Dellali *et al.*, 2001; Robillard *et al.*, 2003; Leinio & Lehtonen, 2005). D'après Dellali *et al.* (2001), les variations saisonnières de l'activité de l'AChE chez *M. galloprovincialis* sont probablement liées aux changements saisonniers de la température de l'eau. En effet, Pfeifer *et al.* (2005) rapportent une corrélation entre l'activité de l'AChE et l'augmentation de la température. Tandis que Robillard *et al.* (2003) chez *A. cygnea*, Lau *et al.* (2004) chez *P. viridis* et Leinio & Lehtonen (2005) chez *M. edulis* et *M. balthica* montrent que l'activité AChE chez les bivalves varie tout au long de l'année.

D'autres études montrent que les variations observées concernant l'activité AChE chez les mollusques marins sont souvent en relation étroite avec le degré de pollution, et donc indiquent la présence de substances inhibitrices de l'activité AChE (Escartin & Porte, 1997; Najimi *et al.*, 1997; Radenac *et al.*, 1998; Dailianis *et al.*, 2003; Lionetto *et al.*, 2004). Ceci

confirme l'inhibition relativement plus importante de l'ACHé chez les bivalves provenant de Sidi Salem, un site contaminé par des déchets industriels provenant du complexe FERTIAL, spécialisé dans la production des fertilisants et par des déchets domestiques, véhiculés par oued Seybouse, ainsi que par des métaux lourds (Cuivre, Zinc, plomb et nickel) détectés dans le sédiment (Abdennour *et al.*, 2010). Une étude menée par Beldi *et al.* (2006) sur les deux sites montrent la présence de métaux lourds (Zn, Cu, Pb, Cd) chez *D. trunculus* avec une augmentation significative chez les bivalves collectés de Sidi Salem à l'exception du Cd. En effet, l'inhibition de l'ACHé a été déjà rapportée par Aoudène (2003); Beldi (2007); Sifi *et al.* (2007) et Soltani *et al.* (2012) chez *D. trunculus* collectés du même site. De même, Tlili *et al.* (2010a) ont observé au niveau du golfe de Tunis une inhibition de l'ACHé chez la même espèce pêchée dans un site pollué par des déchets agricoles et domestiques comparativement à un site non pollué. Les mêmes résultats sont signalés par Mahmoud *et al.* (2010) chez le bivalve *Fulvia fragilis* dans la lagune de Bizerte (Tunisie) collectés dans un site pollué par des effluents urbains comparativement à un site éloigné de toute source de pollution. Cette inhibition est rapportée chez d'autres bivalves tels que, *M. gallopovincialis* exposée aux sédiments pollués par les métaux lourds en mer adriatique central (Gorbi *et al.*, 2008). *Macoma balthica* transplanté dans le nord de la mer Baltique (Leiniö *et al.*, 2005) et chez *Cerastoderma glaucum* exposé aux métaux lourds dans le golfe de Gabèse (Tunisie) (Machreki-Ajmi *et al.*, 2008). Les mêmes observations ont été constatées par Gaitonde *et al.* (2006) chez le mollusque marin *Cronia contracta* pêché au niveau d'un site contaminé par les métaux lourds, sur la côte Ouest Indienne, et chez *Hexaplex trunculus* exposée aux métaux lourds (Cd et Cu), et aux insecticides neurotoxiques dans la lagune de Bizerte (Roméo *et al.*, 2006).

La glutathion S-transférase est une enzyme qui catalyse la conjugaison entre un peptide, le glutathion réduit, et les composés électrophiles (Martínez-Lara *et al.*, 1997; Cunha *et al.*, 2007); elle intervient dans la phase II du processus de détoxification cellulaire (Elia *et al.*, 2003). Cette conjugaison du glutathion avec certains substrats permet la formation de composés hydrophiles moins toxiques et facile à éliminer (Ketterer *et al.*, 1983). La GST joue également un rôle dans la destruction des peroxydes et des époxydes provenant de l'oxydation non enzymatique des acides gras (Valko *et al.*, 2006). Des études ont aussi montré que le peroxyde d'hydrogène (H₂O₂) peut aussi induire la GST (Hayes & Pulford, 1995; Solé *et al.*, 2004).

L'environnement soumis à de nombreux polluants impose à certaines espèces animales de développer des mécanismes de détoxification des xénobiotiques et de résistance au stress oxydatif. Ces mécanismes, dont l'activité GST, sont utilisés comme biomarqueurs de défense (Amiard-Triquet *et al.*, 2009). La glutathion S-transférase joue un rôle important dans le processus de détoxification et la réponse au stress oxydatif. Elle a été largement utilisée en écotoxicologie et dans l'évaluation de la pollution marine (Boutet *et al.*, 2004; Hoarau *et al.*, 2006; Rhee *et al.*, 2007; Lee *et al.*, 2008; Wan *et al.*, 2008a, 2008b, 2009; Kim *et al.*, 2010; Nail & Choi, 2011; Won *et al.*, 2011).

D'après les résultats obtenus une fluctuation mensuelle de l'activité GST est enregistrée au niveau des deux sites avec une augmentation de cette activité chez les individus de Sidi Salem comparativement à ceux d'El Battah. De plus, on note une diminution de cette activité d'une année à l'autre. D'après Giarratano *et al.* (2011) les variations de l'activité GST pourraient être liées au cycle de reproduction, où l'activité maximale correspond à la période de restauration des réserves et à la période de la gamétogenèse, tandis que les valeurs les plus faibles coïncident avec la période de ponte. Dans le golfe d'Annaba, Hamdani & Soltani-Mazouni, (2011) ont constaté une période de repos sexuel en automne et deux périodes de ponte, une printanière et l'autre estivale; ceci peut expliquer l'augmentation de l'activité GST de septembre jusqu'au mois de décembre et sa diminution au mois de mars et au mois d'août au cours de la première année (mars 2009-février 2010). Tandis qu'en deuxième année, les variations de l'activité GST ne sont pas liées au cycle de reproduction mais peut être aux facteurs environnementaux tels que la disponibilité de la nourriture, les paramètres physico-chimiques de l'eau, ainsi que le niveau de polluants dans les tissus, qui peuvent varier avec le temps.

Plusieurs études ont rapporté une induction de l'activité GST par des contaminants organiques comme une des voies de la phase II de biotransformation (Sheehan & Power, 1999), tandis que d'autres études, ne montrent aucune différence significative entre un site de référence et un site pollué (Van der Oost *et al.*, 2003). Cette enzyme peut être altérée par de nombreux contaminants tels que les pesticides, les HAP, les huiles et autres polluants (Frasco & Guilhermino 2002; Peña-Llopis *et al.*, 2003; Kavitha & Rao, 2009; Vieira *et al.*, 2009). En effet, la diminution de l'activité GST a été déjà observée chez *M. galloprovincialis* collectés dans des régions polluées (Regoli *et al.*, 2004; Bebianno *et al.*, 2007; Tsangaris *et al.*, 2010; Fernandez *et al.*, 2012).

Nos résultats montrent bien le rôle de la GST dans la phase II de biotransformation des polluants organiques et l'augmentation signalée dans son activité est en fonction de la pollution de l'eau (Abdenour *et al.*, 2010; Beldi *et al.*, 2006). Les mêmes résultats sont rapportés par Sifi *et al.* (2007) sur *D. trunculus* collecté dans le golfe d'Annaba. En effet, la toxicité de plusieurs composants exogènes tels que les métaux et les contaminants organiques, peut provoquer l'induction de l'activité GST soit sous des conditions environnementales (Knight *et al.*, 1988; Durou *et al.*, 2007) ou bien expérimentales au laboratoire (Livingstone, 1991).

Une activité GST plus élevée est enregistrée chez *M. galloprovincialis* collectés dans des sites pollués comparativement à un site de référence sur les côtes espagnole (Vidal-Liñán *et al.*, 2010). En effet, Boldina-Cosqueric *et al.* (2010) ont observé une induction de l'activité GST avec une variation en fonction des sites chez le bivalve *Scrobicularia plana* utilisé dans l'évaluation de la qualité du sédiment dans un écosystème estuarien soumis à une pollution anthropogénique. De plus, plusieurs études réalisées sur *M. galloprovincialis* montrent une corrélation positive entre l'activité GST et la concentration en métaux lourds (Hg, Cd et Pb) dans le sédiment (Canesi *et al.*, 1999; Khessiba *et al.*, 2001; Vidal-Liñán *et al.*, 2010). Roméo *et al.* (2003) rapportent une augmentation de l'activité GST associée à un niveau élevé en cuivre chez des mollusques transplantés durant un mois dans deux ports méditerranéens en France (Nice et Canne).

L'induction de l'activité GST a été démontrée expérimentalement chez la palourde *Ruditapes decussatus* exposés à des composés organiques, dont le benzo [a] pyrène, un modèle pour les HAP (Hoarau *et al.*, 2001). Une augmentation de l'activité GST a été également démontrée chez *M. galloprovincialis* après une intoxication à 200 µg Cd/L pendant 7 jours (Hoarau *et al.*, 2006).

L'activité GST saisonnière montre au cours de la période mars 2009 – février 2010 une induction significative en automne et en hiver comparativement à l'été et au printemps pour le site d'El Battah, tandis que pour le site de Sidi Salem, on note une augmentation de l'activité GST en automne par rapport aux autres saisons. Au cours de la période mars 2010 – février 2011, une augmentation de l'activité GST est enregistrée en automne et au printemps en comparaison avec l'été et l'hiver pour les deux sites. En effet, des travaux réalisées sur *M. galloprovincialis* montrent une variation saisonnière de l'activité GST dans un site de

référence et un site pollué avec une activité plus élevée en été et en automne, et plus faible en hiver et au printemps (Kaaya *et al.*, 1999). Leiniö & Lehtonen. (2005) révèlent un changement de l'activité GST chez *Mytilus edulis* en corrélation avec le cycle saisonnier de la biodisponibilité de la nourriture; par contre, Bocchetti & Regoli. (2006) ne révèle aucune variation saisonnière de cette activité chez des moules collectés à partir d'un site non pollué en Espagne (Portonovo). En effet, Sheehan & Power. (1999) associent les variations saisonnières des biomarqueurs avec le cycle physiologique des bivalves.

Activité de la catalase. Les enzymes permettent de protéger les cellules contre les radicaux libres produits de manière physiologique au cours du métabolisme cellulaire normal. Parmi les principaux systèmes enzymatiques, la catalase (CAT), une enzyme antioxydante intracellulaire impliquée dans le système de défense contre les radicaux générés par les polluants oxydants environnementaux, c'est une hydroperoxidase peroxysomale qui dégrade H_2O_2 en H_2O et O_2 (Baumard *et al.*, 1999). La catalase peut éliminer les formes réactives de l'oxygène tel que le peroxyde d'hydrogène (H_2O_2) dans un système biologique, et ceci va réduire le stress oxydatif dans un organisme y compris les bivalves (Manduzio *et al.*, 2005; Chakraborty *et al.*, 2010). Cette enzyme antioxydante, est largement utilisée comme un biomarqueur impliqué dans la défense primaire contre les dommages oxydatifs (Bergayou *et al.*, 2009); l'activité CAT n'est pas spécifique à un groupe de contaminants, mais au stress oxydatif et peut être induite par une large gamme de contaminants organiques dont les xénobiotiques et les métaux lourds (Livingstone, 2001; Akcha *et al.*, 2000; Roméo *et al.*, 2003).

L'activité CAT chez *D. trunculus* du golfe d'Annaba montre relativement le même profil que celui de la GST avec une augmentation chez les bivalves collectés de Sidi Salem, suite à une exposition aux différents contaminants dans l'environnement, sachant que ce site est contaminé par des rejets urbains, agricoles et industriels; l'augmentation de l'activité CAT constitue une réponse à la présence de ces contaminants. L'activité catalasique présente des avantages évidents en tant que biomarqueur; cependant, la présence de grandes quantités de polluants peut surpasser le système oxydant, ce qui va provoquer une peroxydation lipidique des membranes cellulaires par un taux élevé en malondialdéhyde (MDA) chez les individus de Sidi Salem comparativement à ceux d'El Battah (Sifi *et al.*, 2013), ce qui témoigne que ces individus sont confrontés à un stress oxydatif. Des travaux antérieurs montre la présence de métaux lourds dans le sédiment (Abdenour *et al.*, 2010) et chez *D. trunculus* du golfe

d'Annaba (Beldi *et al.*, 2006). Selon Cossu *et al.* (1997), la catalase est souvent l'une des premières enzymes anti-oxydantes à être induites. En effet, une induction de l'activité CAT est enregistrée chez *M. galloprovincialis* due aux métaux lourds (Vlahogianni *et al.*, 2007) ainsi que chez *P. viridis* due au HAP et aux pesticides organochlorés (Richardson *et al.*, 2008). Nos résultats sont comparables à ceux observés par Tlili *et al.* (2010a) sur *D. trunculus* collectés dans deux sites différents sur le golf de Tunis; et par Jebali *et al.* (2007), chez le bivalve *Ruditapes decussatus* collecté dans plusieurs sites sur la côte tunisienne suivant un gradient de pollution.

Des facteurs autres que les polluants, tels que la température et l'exposition à l'air (Pellerin-Massicotte., 1997) affectent ces activités enzymatiques ce qui se traduit par des variations temporaires (Cossu *et al.*, 1997; Stohs & Bagchi, 1995). Plusieurs études ont mis en évidence l'influence de la saison sur les enzymes impliquées dans le mécanisme de défense. Dans notre milieu, on note un profil saisonnier avec des activités plus élevées au printemps et plus faible en été pour les deux sites au cours de la période mars 2009 - février 2010. Tandis que pour la période mars 2010 - février 2011, on révèle des activités maximales en hiver et minimales en automne pour le site d'El Battah, concernant le site de Sidi Salem une augmentation de l'activité CAT est enregistrée en été contre une diminution en hiver. Plusieurs travaux montrent que les changements saisonniers peuvent être liés à l'âge, au cycle de reproduction, à la disponibilité de la nourriture et à la température de l'eau (Viarengo *et al.*, 1991; Canesi & Viarengo, 1997; Sheehan & Power, 1999; Hagger *et al.*, 2010). La comparaison de l'activité CAT au cours des deux années d'étude montre une diminution significative à El Battah contre une augmentation non significative à Sidi Salem, ce qui nous permet de déduire une diminution du niveau de pollution.

En général, la comparaison inter-sites des activités moyennes annuelles (AChE, GST, CAT) chez *D. trunculus* montre une variation spatiale et temporelle des activités enzymatiques due au niveau de pollution et aux différents facteurs environnementaux. Les individus collectés à Sidi Salem présentent une inhibition de l'activité AChE, due à la présence de composants neurotoxiques issus du complexe FERTIAL spécialisé dans la production des fertilisants et des produits phytosanitaire. L'activité GST montre une augmentation non significative au cours de la période d'étude, cette augmentation est en relation avec la présence de xénobiotiques dans ce site induisant ainsi le système de détoxification. Toutefois, un effet site est remarqué. Tandis que la CAT montre une

augmentation significative seulement au cours de la période (mars 2009 - février 2010). En effet, la non-spécificité de la catalase ne permet pas de déterminer avec précision l'origine des réponses enzymatiques ceci confirme que les individus de Sidi Salem subissent un stress environnemental dû à la présence de différents contaminants. La réponse des différents biomarqueurs étudiés résulte d'une part, des perturbations anthropiques (rejets urbains, industriels et agricoles) et d'autre part de la localisation du site, son hydrodynamisme et leur implication dans le processus de dilution des contaminants. Concernant la comparaison de la réponse des trois biomarqueurs entre les deux années d'étude, on remarque une diminution significative de l'activité AChE et non significative pour l'activité GST au niveau des deux sites, cependant, la CAT révèle une diminution significative pour le site d'El Battah et non significative pour le site de Sidi Salem. Cette diminution de la réponse des trois biomarqueurs est peut être liée à une diminution des émissions des polluants et la mise en place d'un contrôle des déchets provenant du complexe FERTIAL.

Après une analyse de la variance multivariée et hiérarchique au niveau des deux sites et pour les trois biomarqueurs étudiés, on révèle des effets qui varient selon le site et d'une année à une autre (Voir partie résultat). Ces variations sont dues aux différents facteurs biotiques et abiotiques intervenants pendant les quatre saisons de l'année et au niveau de pollution.

RESUMES

*CONCLUSION GENERALE &
PERSPECTIVES*

CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES

Notre travail de thèse a été réalisé dans le contexte général d'un programme national de biosurveillance des eaux du golfe d'Annaba, en utilisant le mollusque bivalve *Donax trunculus*, espèce bioindicatrice de la pollution. Les bivalves sont collectés mensuellement de mars 2009 à février 2011 dans deux sites du golfe; El-Battah, site éloigné des sources polluantes et Sidi Salem, site exposés aux différents rejets. Nous avons fait le choix de centrer notre travail sur l'évaluation d'une éventuelle pollution à la fois sur la croissance, et sur la réponse des biomarqueurs du stress environnemental chez *Donax trunculus*.

L'étude de la croissance à travers la distribution des classes de taille montre un recrutement bimodal; le premier en période printanière avec un retard d'un mois chez les populations de *D. trunculus* de Sidi Salem comparativement à ceux d'El Battah, et le second en période estivale au mois d'août. Le suivi des différents paramètres biométriques (la longueur, l'épaisseur, la hauteur et le poids total frais) montrent une meilleure croissance au cours de la deuxième année (mars 2010-février 2011) chez les individus de Sidi Salem. En effet, les individus d'El Battah présentent une meilleure croissance que les individus de Sidi Salem.

La mesure des biomarqueurs du stress environnemental chez les individus collectés de Sidi Salem montre une inhibition de l'activité AChE, témoignant la présence de polluants neurotoxiques tels que les carbamates et les organophosphorés, une induction du système de détoxification représenté par l'augmentation de l'activité GST, provoquée par la présence de différents xénobiotiques. L'augmentation de l'activité CAT chez les bivalves de Sidi Salem indique leurs expositions à un stress oxydatif en rapport avec le niveau de pollution dans ce site. La réponse des trois biomarqueurs montre une diminution au cours de la deuxième année par rapport à la première année dans les deux sites d'étude.

Les résultats obtenus concernant la croissance et la réponse des biomarqueurs chez *D. trunculus* montrent un niveau de pollution plus élevé à Sidi Salem par rapport à El Battah. Cependant, on a constaté une amélioration dans la croissance des individus de Sidi Salem, ainsi qu'une diminution dans la réponse des trois biomarqueur; ceci suggère peut être une réduction dans l'émission des polluants dans ce site.

A l'issue de ce travail et au vu des résultats obtenus, il est important de savoir que l'écosystème est un milieu complexe dans lequel les effets de chaîne trophique et les effets biologiques se superposent. Cependant, l'étude des effets des contaminants constitue un enjeu complexe, où il existe plusieurs approches pour évaluer l'effet des contaminants sur un milieu vivant; depuis les réponses biochimiques (réponse des biomarqueurs) au niveau cellulaire, les réponses physiologique ou comportementales (la survie, la reproduction et la croissance) au niveau des individus, au dysfonctionnement à l'échelle complexe de l'écosystème (Fig. 27).

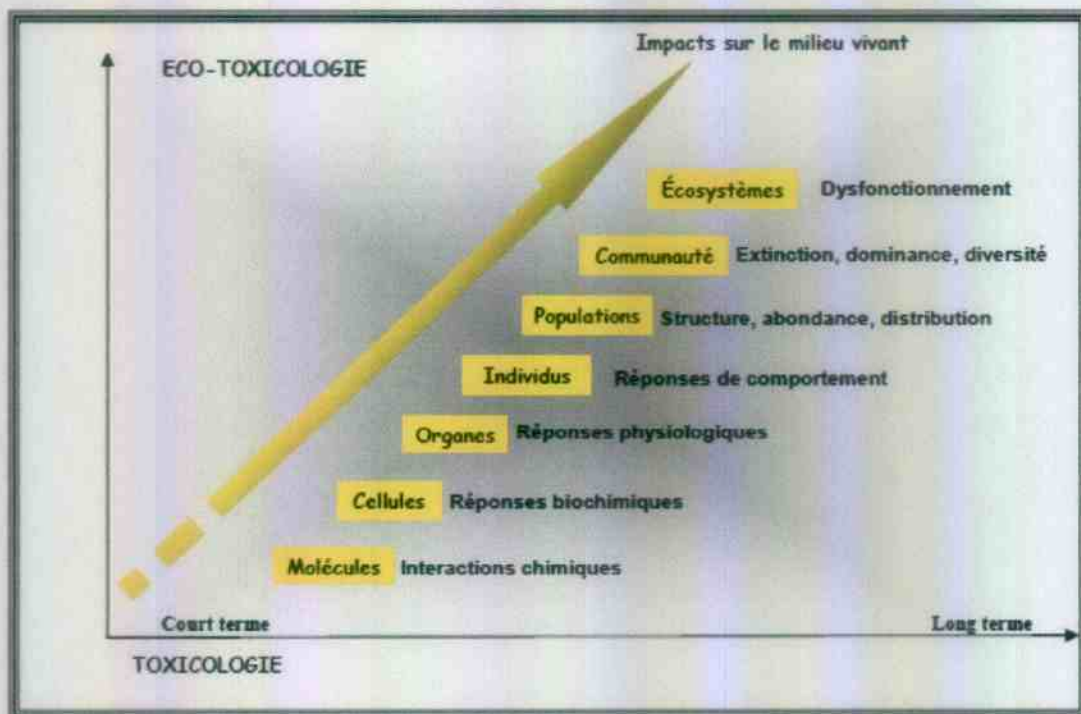


Figure 27. Les effets des contaminants chimiques sur les différents niveaux d'organisation biologique.

A cause de cette complexité, l'interprétation des résultats demande une grande prudence afin de ne négliger aucun des facteurs biotiques et abiotiques pouvant être impliqués dans les variations mesurées. La variabilité saisonnière des biomarqueurs de pollution ainsi que leur sensibilité à différents facteurs abiotiques peuvent masquer ou fausser les effets des contaminants. Il serait donc intéressant de:

- Identifier la nature des contaminants présents dans le golfe pour avoir plus de précision.

- Réaliser une transplantation des bivalves *Donax trunculus* dans d'autres sites afin d'évaluer leurs qualité environnementale.
- Mener des recherches supplémentaires approfondies sur l'ampleur des effets et sur la possibilité de récupération aux différents niveaux de l'écosystème, à la suite d'expositions aux différents polluants.

RESUMES

RESUME

La présente étude s'inscrit dans le cadre d'un programme de biosurveillance de la qualité des eaux du golfe d'Annaba, en utilisant une espèce bioindicatrice de la pollution, le mollusque bivalve *Donax trunculus* (Linnaeus, 1758). Dans ce contexte nous avons évalué l'impact d'une éventuelle pollution sur la croissance, ainsi que la réponse de quelques biomarqueurs du stress environnemental, sur une durée de deux années (mars 2009 – février 2011) au niveau de deux sites du golfe d'Annaba différents par leur niveau d'exposition aux sources polluantes: Sidi Salem, site relativement pollué comparativement à El Battah.

La croissance des populations de *D. trunculus* montre une variation temporelle au niveau des deux sites. Le suivi de la distribution des classes de taille a permis de révéler un recrutement bimodal (printanier et estival) durant les deux années au niveau des deux sites avec un retard d'un mois pour le recrutement printanier à Sidi Salem. L'étude biométrique a montré des différences significatives entre les deux sites pour la majorité des paramètres biométriques avec des effets site et temps hautement significatifs. Les individus d'El Battah montrent une meilleure croissance comparativement à ceux de Sidi Salem. De plus, une amélioration de la croissance est constatée en deuxième année par rapport à la première année d'étude chez les individus de Sidi Salem suggérant la présence de conditions plus favorable et une diminution du niveau de pollution dans ce site.

La réponse des différents biomarqueurs, l'acétylcholinestérase (AChE), la glutathion S-transférase (GST) et la catalase (CAT) montre des fluctuations importantes en relation avec le niveau de pollution et le stress subis par les individus de *D. trunculus*. En effet, on a noté une inhibition de l'AChE et une induction de l'activité GST et CAT chez les bivalves collectés de Sidi Salem par rapport à El Battah. Cependant, une diminution dans l'activité des trois biomarqueurs est constatée d'une année à l'autre, et ceci peut être expliqué par une diminution dans l'émission des polluants dans le golfe.

La somme des résultats obtenus montrent que le golfe d'Annaba souffre d'une pollution plus accentuée à Sidi Salem comparativement à El Battah. Cependant, une baisse dans le

niveau de pollution est constatée dans le golfe. De plus la présente étude indique que *D. trunculus* est un bon indicateur de pollution dans la baie d'Annaba.

Mots clés : biosurveillance, Golfe d'Annaba, bioindicatrice, *Donax trunculus*, pollution, Croissance, Biomarqueur, stress environnemental.

ABSTRACT

The present study is a part of a biomonitoring program of quality waters in the gulf of Annaba, by use a pollution bioindicator species, the mollusc bivalve *Donax trunculus* (Linnaeus, 1758). In this context, we have evaluated the impact of a possible pollution on the growth, and the response of some biomarkers of environmental stress, over a period of two years (March 2009 - February 2011) at two sites in the gulf of Annaba different in their level of exposure to pollutant sources: Sidi Salem, a site relatively polluted compared to El Battah.

Growth of *D. trunculus* populations shows a temporal variation in the two sites. The monitoring of the distribution of size classes revealed a bimodal recruitment (spring and summer) during the two years at the two sites with a delay of one month for the spring recruitment in Sidi Salem. Biometric study showed a significant differences between the two sites for the majority of biometric parameters with highly significant site and time effects. Individuals of El Battah show a better growth compared to those of Sidi Salem. In addition, an improvement in the growth recorded in the second year compared to the first year of study in individuals of Sidi Salem suggesting the presence more favorable conditions and a decrease in the level of pollution in this site.

The response of different biomarkers, acétylcholinestérase (AChE), glutathione S-transferase (GST) and catalase (CAT) shows significant fluctuations in relation with the level of pollution and the stress suffered by individuals of *D. trunculus*. However, we noted an inhibition of AChE activity and induction of CAT and GST activities in bivalves collected from Sidi Salem compared to El Battah. Indeed, a decrease in the activity of the three biomarkers is observed from one year to another, and this can be explained by a decrease in the emission of pollutants into the gulf.

The sum of results obtained show that the gulf of Annaba suffers from an accentuated pollution at Sidi Salem compared to El Battah. Indeed, a decrease in the level of pollution is found in the gulf. In addition, the present study indicates that *D. trunculus* is a good indicator of pollution in the bay of Annaba.

key words: biomonitoring, Annaba gulf, bioindicator, *Donax trunculus*, pollution, Growth, biomarkers, environmental stress.

ملخص

هذه الدراسة تدخل في إطار برنامج للمراقبة البيولوجية لجودة خليج عنابة باستخدام كائن حيوي مؤثر للتلوث تناني القوقعة الرخوية *Donax trunculus* (Linnaeus, 1758) في هذا السياق قمنا بتقييم تأثير التلوث على النمو و كذلك على استجابة بعض المؤثرات الحيوية للتلوث البيئي لمدة عامين ابتداء من مارس 2009 إلى فيفري 2011 على مستوى موقعين في خليج عنابة مختلفين في مستوى التعرض إلى مصادر التلوث سيدي سالم موقع ملوث نسبيا مقارنة مع البطاح.

نمو مجتمع *D. trunculus* يظهر اختلاف زمني على مستوى الموقعين مراقبة توزيع أقسام الحجم يسمح بإظهار وجود مرحلتين لإظهار وجود صغار هذا الرخوي خلال سنتي الدراسة و هذا بالنسبة لكلا الموقعين مع وجود تأخر بشهر فيما يخص ظهور صغار *Donax trunculus* في موقع سيدي سالم. الدراسة القياسية الحيوية أظهرت وجود فروق معنوية بين الموقعين فيما يخص أغلبية المعاملات الحيوية القياسية المدروسة الطول العرض الارتفاع معنوي هام لعاملي الوزن الكلي الطازج مع وجود تأثير الوقت و الموقع. أفراد البطاح تظهر لنمو أفضل مقارنة مع أفراد سيدي سالم. بالاطافة إلى ذلك نلاحظ تحسن نمو أفراد سيدي سالم في السنة الثانية بالمقارنة مع السنة الأولى مما يوحي بوجود عوامل أكثر ملائمة و انخفاض في مستوى التلوث في هذا الموقع.

استجابة المؤشرات الحيوية للتلوث البيئي الاستيل كولين استراز (AChE) القلوتاتيون س ترنسفرز (GST) و الكتلز (CAT) تشير إلى وجود تغيرات هامة مرتبطة بمستوى التلوث و التوتر الذي تعانيه أفراد *Donax trunculus* و بالفعل لاحظنا تثبيط للنشاط المتميز لل (AChE) و تحفيز لنشاط (GST) و (CAT) عند الأفراد التي تم جمعها من سيدي سالم بالمقارنة مع مثيلتها من التي تم انتقاؤها من البطاح. لكن انخفاض في النشاط المميز للمؤشرات الحيوية الثلاث من سنة إلى أخرى و هذا ما قد يفسر انخفاض في بعض الملوثات على مستوى الخليج.

مجموع النتائج المحصل عليها تظهر ان خليج عنابة يعاني من تلوث أكثر حدة بسيدي سالم منه على مستوى البطاح لكن هناك انخفاض في مستوى التلوث في خليج عنابة زيادة على ذلك هذه الدراسة تثبت أن *Donax trunculus* يعتبر كائن حيوي مؤثر جيد للتلوث على مستوى الخليج.

كلمات المفتاح: مراقبة بيولوجية ، خليج عنابة ، كائن حيوي مؤثر، *Donax trunculus* ، تلوث ، نمو ، مؤشر حيوي ، تلوث بيئي.

REFERENCES

BIBLIOGRAPHIQUES

- Abdallah, M.A. & Abdallah, A.M., 2008.** Biomonitoring study of heavy metals in biota and sediments in the South Eastern coast of Mediterranean sea, Egypt. *Environ. Monit. Assess.*, **146**: 139-145.
- Abdennour, C., Drif, F., Boulakoud, M. S., Ounissi, M., 2010.** Trace metals in the mussel *Donax trunculus* of Annaba estuaries, Algeria. *Oceanography*, **1(6)**: 15-20.
- Aït-Aïssa, S., Palluel, O. & Procher, J. M., 2003.** Biomarqueurs précoces d'écotoxicité. INERIS, rapport final DRC 00-102. 49 p.
- Akcha, F., Izuel, C., Venier, P., Budzinski, H., Burgeot, T., Narbonne, J.-F., 2000.** Enzymatic biomarker measurement and study of DNA adduct formation in benzo[a]pyrene contaminated mussels, *Mytilus galloprovincialis*. *Aquat. Toxicol.*, **49**: 269-287.
- Akester, R.J.; Martel, A.L. 2000.** Shell shape, dysodont tooth morphology, and hinge-ligament thickness in the bay mussel *Mytilus trossulus* correlate with wave exposure. *Can. J. Zool.* **78**: 240-253
- Almeida, E.A. Bainy, A.C.D. Loureiro, A.P.M. Martinez, G.R Miyamoto S.and J. Onuki., 2007.** Oxidative stress in *Perna perna* and other bivalves as indicators of environmental stress in the Brazilian marine environment: antioxidants, lipid peroxidation and DNA damage, *Comp. Biochem. Physiol. A. Mol Integr. Physiol.*, **146**: 588-600.
- Alunno-Bruscia, A, M., Bourget E. & Frechette, M., 2001.** Shell allometry and length mass density relationship for *Mytilus edulis* in an experimental food-regulated situation. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **219**: 177-188.
- Amiard, J.C., Caquet, T. & Lagadic, L., 1998.** Les biomarqueurs parmi les méthodes d'évaluation de la qualité de l'environnement. In Utilisation de biomarqueurs pour la surveillance de la qualité de l'environnement (eds L. Lagadic, T. Caquet, J.C. Amiard & F. Ramade), pp. XXI-XXXI. *Lavoisier*, Paris.
- Amiard-Triquet, C., 2009.** Behavioral disturbances: the missing link between suborganismal and supra-organismal responses to stress? Prospects based on aquatic research. *Hum. Ecol. Risk Assess.*, **15**: 87-110.
- Amira, A., K, Sifi. & Soltani, N., 2011.** Measure of environmental stress biomarkers in *Donax trunculus* (Mollusca, Bivalvia) from the gulf of Annaba (Algeria). *Euro. J. Exper. Biol.*, **1(2)**: 7-16.
- Amouroux, J.M., 1974.** Etude des peuplements infralittoraux de la côte du Roussillon. III. Variations spatiales et saisonnières. *Vie Milieu.*, **24**: 321-354.
- Anderlini V. C., 1990.** The effects of sewage on trace metal concentrations and scope for growth in *Mytilus edulis aoteanus* and *Perna perna* from Wellington Harbor, New Zealand. Paper presented at the International Conference on trace metals in the

- environment, Sydney (Australia), July 1990. In: *Trace metals in the aquatic environment*. G. E. Batley., **125**: 263-288.
- Ansell A.D. & Bodoy A., 1979.** Comparison of events in the seasonal cycle for *Donax vittatus* and *Donax trunculus*. Dans: *Cyclic phenomena in marine plants and animals*, 13^{ème} Europ. Mar. Biol. Symp., Naylor, E et Hartno, R. G. Pergamon Press, Oxford et New York., 191-198 p.
- Ansell A.D., 1972.** Distribution, growth and seasonal changes in biochemical composition for the bivalve *Donax vittatus* (da costa) from Kames Bay. Millport. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **10**: 137-150.
- Ansell, A. D. & Lagardere, F., 1980.** Observations on the biology of *Donax trunculus* and *Donax vittatus* at Ile d'Oleron (French Atlantic Coast). *Mar. Biol.*, **57 (4)**: 287-300.
- Ansell, A.D., 1983.** The biology of the genus *Donax*. In: "Sandy beaches as ecosystems." (A. McLachlan e T. Erasmus, eds.). Junk Publishers, *The Hague.*, 607-635.
- Aouadene, A., 2003.** Evaluation spatio-temporelle de quelques paramètres biométriques et biochimique chez *D. trunculus* (mollusca, Bivalvia) dans un environnement pollué (golfe d'Annaba). Thèse de Magistère en Biologie Animale option Ecologie Animale Appliquée Université d'Annaba., 88p.
- Arapis, G., 2005.** Modern Problems of Ecotoxicology. Equidosimetry – Ecological Standardization and Equidosimetry for Radioecology and Environmental Ecology, Springer Netherlands, editors (Athènes: NATO Security trough Science Series), 101-109.
- Bachelet, G., 1981.** Données préliminaires sur l'organisation trophique d'un peuplement benthique marin. *Vie Milieu.*, **31(3-4)**: 205 – 213.
- Badino, G. & Marchionni, V., 1972.** Neurosecretion and gonad maturation. In a population of *Donax trunculus* L. from Leghorn (Italy). *Bull. Zool.*, **39**: 321-326.
- Bado-nilles, A., 2008.** Effets de pollutions par hydrocarbures sur les capacités de défense d'organismes marins. Thèse de doctorat en Sciences pour l'environnement et le développement durable. Université de la Rochelle. 227p.
- Bainy, A.C.D., Medeiros, M.H.G., Di Mascio, P., Almeida, E.A., 2006.** In vivo effects of metals on the acetylcholinesterase activity of the *Perna perna* mussel's digestive gland. *Biotemas.*, **19**: 35-39.
- Baird, D.J., Maltby, L., Greig-Smith, P.W., Douben, P.E.T., 1996.** *Ecotoxicology: Ecological Dimensions* (Eds.). Chapman and Hall, London.
- Baumard, P., Budzinski, H., Garrigues, P., Burgeot, T., Michel, X., Bellocq, J., 1999.** Polycyclic aromatic hydrocarbon (PAH) burden of mussels (*Mytilus* sp.) in different marine environments in relation with sediment PAH contamination, and bioavailability. *Mar. Environ. Res.*, **47**: 415-439.

- Bayed A. & Guillou J., 1985.** Contribution à l'étude des populations du genre *Donax*: La population de *D. trunculus* L. (Mollusca, Bivalvia) de Mehdia (Maroc). *Ann. Inst. Oceanog.*, Paris, **61**(2): 139-147.
- Bayed A., 1990.** Reproduction de *Donax trunculus* L. sur la côte Atlantique Marocaine. *Cah. Biol. Mar.*, **31**: 159-169.
- Bayed, A., 1998.** Variabilité de la croissance des populations du Mollusque *Donax trunculus* sur le littoral atlantique marocain. *Cah.Méditer*, **35**: 11-23.
- Bayed, A., 1990.** Reproduction de *Donax trunculus* L. sur la côte Atlantique Marocaine. *Cah. Biol. Mar.*, **31**: 159-169.
- Bayed, A., 1991.** Variabilité de la croissance de *Donax trunculus* sur le littoral Marocain. *Cah. Biom. Mar.*, **31**: 159-169.
- Bayne, B.L., Newell, R., 1983.** Physiological energetics of marine molluscs. In: Wilbur, K.M. (Ed.). *The Mollusca, Physiology, Part I vol. 4. Academic Press.* 407 - 499 pp.
- Bazairi, H., 1999.** La faune macrobenthique de la lagunede Moulay Bouselham : Structure des peuplements et successions spatio-temporelles. Thèse d'Univ. .Univ Mohammed V Rabat Maroc., 199 p.
- Bebianno, M.J., Lopes, B., Guerra, L., Hoarau, P., Ferreira, A.M., 2007.** Gluthatione S-transferases and cytochrome P450 activities in *Mytilus galloprovincialis* from the South coast of Portugal: effect of abiotic factors. *Environ. Int.*, **33**: 550-558.
- Behrens, A., & Segner, H., 2005.** Cytochrome P450 1A induction in brown trout exposed to small streams of an urbanized area: results of a five-year-study. *Environ. Poll.*, **136**(2): 231-242.
- Beldi, H., 2007.** Etude de *Gambusia affinis* (Poisson, Téléostéen) et *Donax trunculus* (Mollusque, Pélécy-pode): écologie, physiologie et impacts de quelques altéragènes.
- Beldi, H., Gimbert, F., Maas, S., Scheifler, R. & Soltani, N., 2006.** Seasonal variation of Cd,Cu,Pb and Zn in the edible mollusk *Donax trunculus* (Mollusca, Bivalvia) from the gulf of Annaba ,Algeria. *Afric. J. Agri. Res.*, **1**(4): 85-90.
- Bellon-Humbert, C., 1962.** Les mollusques marins testacés du maroc. II-Lamellibranches et Scaphopodes. Travaux de l'institut scientifique Chérifi en Série Zoologique Rabat., **28**: 184 p.
- Benchamma F., 1995.** Contribution à l'étude de la croissance et de la reproduction de *Donax trunculus* sur les côtes algéroises. Mémoire d'ingénieur d'état en halieutique, ISMAL (Alger)., 74p.
- Beninger, P.G. & Lucas, A., 1984.** Seasonal variation in condition, reproductive on estuarine bivalve Molluscs in the field. P. 57-58. In: *Biology of benthique organisms* (ed. B. F. Keegan, P. O., Ceidigh and P.J.S Boaden). Pergamon Press, Oxford, 63 p.
- Benmessaoud, F., 2007.** Qualité physico chimique, métallique et bactériologique des eaux de l'estuaire de Bou Regreg et impact sur la biologie et la démographie de *Venerupis*

- decussata* (L. 1758) et *Cardium edule* (L., 1767). Thèse de doctorat d'état. Université Mohammed V, Agdal, RABAT., 321p.
- Benomar, S., Bouhaimi, A., El Hamidi, F., Mathieu, M., Ouichou, A. & Moukrim, A., 2006.** Cycle de reproduction de la moule africaine *Perna perna* (Mollusca, Bivalvia) dans la baie d'Agadir: impact des rejets d'eaux usées domestiques et industrielles. *Biol.Sante.*, **6**: 25-36.
- Bergayou, H., Mouneyrac, C., Pellerin, J., Moukrim, A., 2009.** Oxidative stress responses in bivalves (*Scrobicularia plana*, *Cerastoderma edule*) from the Oued Souss estuary (Morocco). *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, **72**: 765-769 pp.
- Beukema, J.J. & Desprez, M., 1986.** Single and dual annual growing seasons in the tellinid bivalve *Macoma balthica* (L.). *J. exp. mar. Biol. Ecol.*, **102**: 35-45.
- Beukema, J.J., Knol E. & Cadee G.C., 1985.** Effects of temperature on the length of the annual growing season in the tellinid bivalve *Macoma balthica* (L.) living on tidal flats in the Dutch Wadden Sea. *J. exp. mar. Biol. Ecol.*, **90**: 129-144.
- Bocchetti, R., Regoli, F., 2006.** Seasonal variability of oxidative biomarkers, lysosomal parameters, metallothioneins and peroxisomal enzymes in the Mediterranean mussel *Mytilus galloprovincialis* from Adriatic. *Chemosphere.*, **65**: 913-921.
- Bocquéné, G., Chantereau, S., Clérendeau, C., Beausir, E., Ménard, D., Raffin, B., Minier, C., Burgeot, T., Leszkowicz, A.P., Narbonne, J-F., 2004.** Biological effects of the "Erika" oil spill on the common mussel (*Mytilus edulis*). *Aquat. Living Resour.*, **17**: 309-316.
- Bodoy, A., & Massé, H., 1978.** Quelques paramètres permettant de suivre la production organique d'un Mollusque bivalve au cours d'un cycle saisonnier. *Publ. sci. tech. CNEXO, Actes colloq.*, **7**: 753-766.
- Bodoy, A., 1982.** Croissance saisonniere du bivalve *Donax trunculus* (L.) en Mediterranee nord-occidentale (France). *Malacologia.*, **22**: 353 - 358.
- Boldina-Cosqueric, I., Amiard, J.C., Amiard-Triquet, C., Dedourge-Geffard, O., Métais, I., Mouneyrac, C., Moutel, B., Berthet, B., 2010.** Biochemical hysiological and behavioural markers in the endobenthic bivalve *Scrobicularia plana* as tools for the assessment of estuarine sediment quality. *Ecotox. Environ. Saf.* **73**: 1733-1741.
- Botté, E.S., Jerry, D.R., Codi King, S., Smith-Keune, C., Negri, A.P., 2011.** Effects of chlorpyrifos on cholinesterase activity and stress markers in the tropical reef fish *Acanthochromis polyacanthus*. *Mar. Pollut. Bull.* **65(4)**: 384-93.
- Bougis, P., 1976.** Océanographie biologique appliquée, l'exploitation de la vie marine. Masson (Eds.), Paris., 17 -23 pp.

- Bouhaimi, A., Id Halla, M., Kaaya, A., Mathieu, M. & Moukrim, A., 1997.** Etude comparative de deux population naturelles de moules *Perna Perna et Mytilus galloprovincialis* dans la baie d'Aghadir (Sud du Maroc) : suivi de la croissance et de la dynamique de population. *Haliotis*, **29** : 27 -41.
- Bouroche, J.M., & Saporata, G., 1980.** L'analyse des données. 1^{er} édition. *Presses universitaires de France*. Paris., 127p.
- Boutet, I., Tanguy, A., Moraga, D., 2004.** Characterization and expression of four mRNA sequences encoding glutathione S-transferases pi, mu, omega, and sigma classes in the Pacific oyster *Crassostrea gigas* exposed to hydrocarbons and pesticides. *Mar. Biol.*, **146**: 53-64.
- Bradford, M.M., 1976.** A rapid and sensitive method for the quantification of microgram quantities of protein utilizing the Principe of protein-dye binding. *Anal. Biochem.*, **72**:278-254.
- Bresler, V., Mokady, O., Fishelson, L., Feldstein, T. & Abelson, A., 2003.** Marine molluscs in environmental monitoring: II. Experimental exposure to selected pollutants. *Helgol. Mar. Res.*, **57**: 206-211.
- Brey, T., Clarke, A., 1993.** Population dynamics of marine benthic invertebrates in Antarctic and subantarctic environments: are there unique adaptations? *Antarctic Sci.* **5**: 253-266.
- Brown, A. C., McLachlan, A., 1990.** Ecology of sandy shores. Elsevier, Amsterdam, 328 pp.
- Burger, J., Gochfeld, M. & Jewett, S., 2006.** Selecting species for marine assessment of radionuclides around Amchitka: planning for diverse goals and interests. *Environ moni. Assess.*, **123**: 371-391.
- Cailleaud, K., Maillet, G., Budzinski, H., Souissi, S., Forget-Leray, J., 2007.** Effects of salinity and temperature on the expression of enzymatic biomarkers in *Eurytemora affinis* (Calanoida, Copepoda). *Comp. Biochem. Physiol. A.*, **147**: 841-849.
- Cajaraville, M.P., Bebianno, M.J., Blasco, J., Porte, C., Sarasquete, C. & A. Viarengo., 2000.** The use of biomarkers to assess the impact of pollution in coastal environments of the Iberian Peninsula: a practical approach, *Sci. Total. Environ.*, **247**: 295-311 pp.
- Campos, A., Tedesco, S., Vasconcelos, V., Cristobal, S., 2012.** Proteomic research in bivalves Towards the identification of molecular markers of aquatic pollution. *J. Proteomics.*, **7 5**: 4346- 4359.
- Canesi, L., Viarengo, A., 1997.** Age-related differences in glutathione metabolism in mussel tissues (*Mytilus edulis* L.). *Comp. Biochem. Physiol. B.*, **116**: 217-221.
- Canesi, L., Viarengo, A., Leonzio, C., Filippelli, M., Gallo, G., 1999.** Heavy metals and glutathione metabolism in mussel tissues. *Aquat. Toxicol.* **46**: 67-76.
- Chainho, P., Costa, J.L., Chaves, M.L., Lane, M.F., Dauer, D.M. & Costa, M.J., 2006.** Seasonal and spatial patterns of distribution of subtidal benthic invertebrate

- communities in the Mondego River, Portugal – a poikiloaline estuary. *Hydrobiologia.*, **555**: 59-74.
- Chakraborty, S., Ray, M., Ray, S., 2010.** Toxicity of sodium arsenite in the gill of an economically important mollusc of India. *Fish.Shellfish Immunol.* **29**: 136-148.
- Chapman, P.M., 1995.** Ecotoxicology and pollution-key issues. *Mar. Pollut. Bull.* **31**: 167-177.
- Claiborne, A., 1985.** In: R.A. Greenwald (Ed.). Handbook of Methods for Oxygen Radical Research CRC Press, Boca Raton, FL., 283.
- Claxton, L.D., Houk, V.S., Hughes, T.J., 1998.** Genotoxicity of industrial wastes and effluents, *Mutat. Res.*, **410**: 237-242.
- Cossu, C., Doyotte, A., Jacquin, M.C., Vasseur, P., 1997.** Biomarqueurs du stress oxydant chez les animaux aquatiques. In: Lagadic, L., Caquet, T., Amiard, J.C., Ramade, F. (Eds.), Biomarqueurs en écotoxicologie: Aspects fondamentaux. *Masson*, Paris, 149-163 pp.
- Costa, C., Bianchini, M., Ceccarelli, P., Orecchia, P., Rambaldi, E., Volterra, R. 1987.** Indagine sui molluschi bivalvi di interesse commerciale (telline, cannolicchi e vongole) delle coste della Toscana, del Lazio e della Campania. *Quad. Ist. Idrobiol. Acquacolt. G.Brunelli.*, **7**: 58 pp.
- Cunha, I., Mangas-Ramirez, E., Guilhermino, L., 2007.** Effects of copper and cadmium on cholinesterase and glutathione S-transferase activities of two marine gastropods (*Monodontalinea* and *Nucella lapillus*). *Comparative Biochemistry and Physiology, Part C: Toxicol & Pharmacol.*, **145(4)**: 648-657.
- D'Adamo, R., Di Stasio, M. & Fabbrochini, A., 2008.** Migratory crustaceans as biomonitors of metal pollution in their nursery areas. The Lesina lagoon (SE Italy) as a case study. *Environ. Monitor. Assess.*, **143**: 15-24.
- Daby, D., 2006.** Coastal pollution and potential biomonitors of metals in Mauritius. *Water. Air. Soil. Pollut.*, **174**: 63-91.
- Daby, D., 2006.** Coastal pollution and potential biomonitors of metals in Mauritius. *Water. Air. Soil. Pollut.*, **174**: 63-91.
- Dagnelie, P., 1986.** Analyse statistique à plusieurs variables. *Gembloux, Presses agronomiques.*, 362 p.
- Dagnelie, P., 2009.** Statistique théorique et appliquée Statistique descriptive et bases de l'inférence statistique. , **3**: 512 p.
- Dailianis, S., Domouhtsidou, G.P., Raftopoulou, E., Kalayianni, M., Dimitriadis, V.K., 2003.** Evaluation of neutral red retention assay, micronucleus test, acetylcholinesterase activity and a signal transduction molecule (cAMP) in tissues of *Mytilus galloprovincialis* (L.), in pollution monitoring. *Mar. Environ. Res.*, **56**: 443- 470.

- Dauberschmidt, C., Dietrich, D.R., Schlatter, C., 1997.** Organophosphates in the zebra mussel *Dreissena polymorpha*: subacute exposure, body burdens and organ concentrations. *Arch. Environ. Contam. Tech.*, **33**: 42-46.
- Dauvin, J.C., 1988.** Structure et organisation trophique du peuplement des sables grossiers à *Amphioxus lanceolatus*-*Venus fasciata* de la baie de Morlaix (Manche occidentale). *Cah. Biol. Mar.*, **29**: 163-185.
- De La Huz R., Lastra M., Lopez J. 2002.** The influence of sediment grain size on burrowing, growth and metabolism of *D. trunculus* L. (Bivalvia: Donacidae). *J. Sea Res.*, **47(2)**: 85-95.
- Degiovanni, C., Mouéza, M., 1972.** Contribution à l'étude de la biologie de *Donax trunculus* L. (Mollusque, Lamellibranche), dans l'Algérois: écologie en la baie de Bou-Ismaïl. *Téthys*, **4**: 729-744.
- Dellali, M., Barelli, M.G., Romeo, M., Aissa, P., 2001.** The use of acetylcholinesterase activity in *Ruditapes decussatus* and *Mytilus galloprovincialis* in the biomonitoring of Bizerta lagoon. *Comp. Biochem. Physiol. C. Toxicol. Pharmacol.*, **130**: 227-235.
- Dellali, M., El Bour, N., Mahmoud, M., Patricia, A. & Mahmoudi, E., 2010.** The use of *Fulvia fragilis* (Mollusca: Cardiidae) in the biomonitoring of Bizert lagoon: A mutimarkers approach. *Ecol. Indic.*, **10 (3)**: 696-702.
- Depledge, M. H., Galloway, T. S., 2005.** Healthy animals, healthy ecosystems. *Front. Ecol. Environ.*, **3(5)**: 251-258.
- Deval, M.C., 2009.** Growth and reproduction of the wedge clam (*Donax trunculus*) in the Sea of Marmara, Turkey. *J. Appl. Ichthyol.*, **25 (5)**: 551-558.
- Djediat, C. & Boukroufa, F., 1990.** Reproduction comparée de *Perna perna* (L) et de *Mytilus galloprovincialis* (LMK) sur la côte algéroise., **10**: 115-127.
- Donn, T.E., Clarke, D.J., Mclachlan, A. & Toit, P., 1986.** Distribution and abundance of *Donax serra* Roding (Bivalvia, Donacidae) as related to beach morphology. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **102** : 121-131.
- Dufrene, M., Legendre, P., 1997.** Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. *Ecol. Monogr.*, **67**: 345-366.
ecotoxicological relevance. *Ecotoxicology*, **10(1)**: 5-23.
- Durou, C., Poirier, J.C., Amiard, L., Budzinski, H., Gnassia-Barelli, M., Lemenach, K., Peluhet, L., Mouneyrac, C., Romeo, M., Amiard-Triquet, C., 2007.** Biomonitoring in a clean and a multi-contaminated estuary based on biomarkers and chemical analyses in the endobenthic worm *Nereis diversicolor*. *Environ. Pollut.*, **148**: 445-458.
- El Jourmi, L., Amine, A., Mrani Alaoui, M., Lazar, S., Hmyene, A., El Antri, S., 2012.** Assessment of Water Quality in Coastal Environments of Mohammedia Applying Responses of Biochemical Biomarkers in the Brown Mussel *Perna perna*. *Inter. J. Comp. Sci.* **9(1)**: 1694-0814.

- Elia, A.C., Galarini, R., Taticchi, M.I., Dörr, A.J.M., Mantilacci, L., 2003.** Antioxidant responses and bioaccumulation in *Ictalurus melas* under mercury exposure. *Ecotoxicol. Environ. Safety.*, **55**: 162-167.
- Ellman, G.L., Courtney, K.D., Andres, V., Featherstone, R.M., 1961.** A new and rapid colorimetric determination of Acetylcholinesterase activity. *Biochem Pharmacol. Physiol.Pharm.*, **38**, 84.
- Escartín, E., Porte, C., 1997.** The use of cholinesterase and carboxylesterase activities from *Mytilus galloprovincialis* in pollution monitoring. *Environ. Toxicol. Chem.*, **16**: 2090-2095.
- Essink, K. & Bos, A.H., 1985.** Growth of three bivalve molluscs transplanted along the axis of the Ems estuary--Neth., *J. Sea Res.*, **19**: 45-51.
- Fernandez, B., Campillo, J.A., Martinez-Gomez, C., Benedicto, J., 2012.** Assessment of the mechanisms of detoxification of chemical compounds and antioxidant enzymes in the digestive gland of mussels, *Mytilus galloprovincialis*, from Mediterranean coastal sites. *Chemosphere.*, **87(11)**: 1235-1245.
- Filho, D.W., Torres, M.A., Tribess, T.B., Pedrosa, R.C., Soares, C.H.L., 2001.** Influence of season and pollution on the antioxidant defenses of the cichlid fish acará (*Geophagus brasiliensis*) *Braz. J. Med. Biol. Res.*, **34**: 719-726.
- Fischer W., Bauchot M.L. & Schneider M., 1987.** Fiches FAO d'identification des espèces pour les besoins de la pêche. Méditerranée et mer Noire. Zone de pêche 37. Volume I. Invertébrés. Rome, FAO. Vol.1:760p.
- Fishelson, L., 2000.** Comparative morphology and cytology of siphons and siphonal sensory organs in selected bivalve molluscs. *Mar. Biol.*, **137**: 497-509.
- Fishelson, L., Bresler, V., Manelisa, R., Zuk-Rimon, Z., Dotanb, A., Hornung, H. & Yawetz, A., 1999.** Toxicological aspects associated with the ecology of *Donax trunculus* (Bivalvia, Mollusca) in a polluted environment, *Elsevier Science.*, **56**: 121-131.
- Fishelson, L., Bressler, V., Manelis, R., Zuk-Rimon, Z., Dotan, A., Yawetz, A., 1999.** Toxicological aspects associated with the ecology of *Donax trunculus* (Bivalvia, Mollusca) in polluted environment. *Sci. Total. Environ.*, **226**: 121-131.
- Fränze, O., 2003.** Bioindicators and environmental stress assessment. Bioindicators and biomonitoring: principles, concepts and applications, B.A. Market, A.M. Breure, H.G. Zechmeister, editors (Amsterdam: Elsevier Science Ltd.), 41-84.
- Frasco, M.F., Guilhermino, L., 2002.** Effects of dimethoate and betanaphthoflavone on selected biomarkers of *Poecilia reticulata*. *Fish. Physiol. Biochem.*, **26**:149-156.
- Frehi, H., Ayada, M., Kara, M.H. & Coute, A., 2004.** Hydrologie de la baie d'Annaba (Algérie Nord-Est): caractères physico-chimiques et biomasse chlorophyllienne. *Rapp. Comm. Int. Mer Medit.*, **37**: 359.

- Froggia, C., 1989.** Clam fisheries with hydraulic dredges in the Adriatic sea. In: "Marine Invertebrate Fisheries", Caddy J.F. (ed.), *J. Wiley*, New York: 507-524.
- Fuiman, L.A., Smith, M.E., Malley, V.N., 1999.** Ontogeny of routine swimming speed and startle responses in red drum, with a comparison of responses to acoustic and visual stimuli. *J. Fish Biol.*, **55**: 215- 226.
- Galloway, T.S. & Depledge, M.H., 2001.** Immunotoxicity in invertebrates: measurement and ecotoxicological relevance. *Ecotoxicology.*, **10(1)**: 5-23.
- Gaspar M. B., Ghicharo L. M., Vasconcelos P., Garcia A., Santos A. R. & Monteiro C., 2002.** Depth segregation phenomenon in *Donax trunculus* (Bivalvia, Donacidae) population of the Algarve Coasts (southern Portugal). *Scie.Mar.*, **66**: 111-121.
- Gaspar, M.B., Chícharo, L.M., Vasconcelos, P., Garcia, A., Santos, A.R., Monteiro, C.C., 2002.** Depth segregation phenomenon in *Donax trunculus* (Bivalvia: Donaci-dae) populations of the Algarve coast (southern Portugal). *Sci. Mar.*, **66 (2)**: 111–121.
- Gaspar, M.B., Ferreira, R., Monteiro, C.C., 1999.** Growth and re-productive cycle of *Donax trunculus* L., (Mollusca: Bivalvia) off Faro, southern Portugal. *Fish. Res.*, **41**: 309 – 316.
- Gaspar, M.B., Monteiro, C.C., 1998.** Reproductive cycles of the razor clam *Ensis siliqua* and the clam *Venus stiatula* off Vilamoura, southern Portugal. *J. Mar. Biol. Ass. UK.*, **78** :1247-1258.
- Giarratano, E., Mónica, N.G., Malanga, G., 2011.** Seasonal and pollution-induced variations in biomarkers of transplanted mussels within the Beagle Channel. *Mar.Poll. Bull.*, **62(6)**: 1337-1344
- Gimenez M., 1999.** Evaluation de la répartition du gisement de *Donax trunculus* L dans le golfe de Beauduc. Rapport de stage de Deust Gen. Centre universitaire d'Arles, Réserve Nationale de camargue, SNEN., 23p et annexes.
- González, P.M. Abele, D. Puntarulo S., 2010.** Exposure to excess dissolved iron *in vivo* affects oxidative status in the bivalve *Mya arenaria*. *Comp. Biochem. Physiol.*, **152 C**: 167–174.
- Gorbi, S., Lamberti, C.V., Notti, A., Benedetti, M., Fattorini, D., Moltedo, G., Regoli, F., 2008.** An ecotoxicological protocol with caged mussels, *Mytilus galloprovincialis*, for monitoring the impact of an offshore platform in the Adriatic sea. *Mar. Environ. Res.*, **65**: 34-49.
- Gosling, E., 2003.** Bivalve molluscs: biology, ecology, culture. Fishing. News Books, Oxford. 443 pp.
- Gouletquer, P., 1997.** Natural reproduction cycle of the Japanese oyster *Crassostrea gigas*. La reproduction Naturelle et Controlée des Bivalves Cultivés en France. IFERMER, Nantes.

- Grant, C.M & Creese, R.C., 1996.** The architecture and fine structure of gill filament in the brown mussel *Perna perna*. *Afric. J. Zool.*, **31(4)**: 193-307.
- Grant, J., 1996.** The relationship of bioenergetics and the environment to the field growth of cultured bivalves. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **200**: 239 – 256.
- Gregory, M.A. & George, R.C., 1996.** The architecture and fine structure of gill filament in the brown mussel *Perna perna*. *Afric. J. Zool.*, **31(4)**: 193-207.
- Grimes, S., 2010.** Peuplements benthiques des substrats meubles de la côte algérienne. Taxonomie, structure et statut écologique. Thèse Doctorat. Université d'Oran. 260 p.
- Grizzle, R.E., Bricelj, V.M., Shumway, S.E., 2001.** Physiological ecology of *Mercenaria mercenaria*. In: Kraeuter, J.N., Castagna, M. (Eds.), *Biology of the Hard Clam*. Elsevier., 305 – 382 pp.
- Guilhermino, L., Barros, L., Silva, M.C., Soares, A.M.V.M., 1998.** Should the use of inhibition of cholinesterases as a specific biomarker for organophosphate and carbamate pesticides be questioned? *Biomarkers.*, **3**: 157–163.
- Guillou, J. & Bayed, A., 1991.** Contraintes du milieu sur les populations de *Donax trunculus* L. et *Donax venustus* Poli, du littoral atlantique marocain. *Oceanologica Acta.*, **14(3)**: 291-298.
- Guillou, J. & Le Moal, Y., 1980.** Aspects de la dynamique de *Donax vittatus* et *Donax trunculus* en baie de Douarnenez. *Ann. Inst. Oceanogr.* **56 (1)**: 55–64.
- Gunther, A.J., Hardin, D.D., Gold, J., Bell, D., Davis, J.A., Crick, J.R. Scelfo, G.M., Sericano, J. & Stephenson, M., 1999.** Long-term bioaccumulation monitoring with transplanted bivalves in the San Francisco Estuary. *Mar. Poll. Bull.*, **38 (3)**: 170-181.
- Habig W.H., Pabst M.J & Jacobi W.B., 1974.** The first enzymatic step in mercapturic acid formation. *J. Biol. Chem.*, **249**: 7130-7139.
- Hagger, J.A., Lowe, D., Dissanayake, A., Jones, M.B., Galloway, T.S., 2010.** The influence of seasonality on biomarker responses in *Mytilus edulis*. *Ecotoxicology.*, **19**: 953-962.
- Halliwell, B. & Gutteridge, J. M. C., 1999.** Free radicals in biology and medicine. Third Edition. New-York, *Oxford university Press, Oxford*.
- 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 en Biologie Animale Appliquée, Université d'Annaba. 366 p.
- Hamdani, H. & Soltani-Mazouni, N., 2011.** Changes in biochemical composition of the gonads of *Donax trunculus* L. (Mollusca, Bivalvia) from the gulf of Annaba (Algeria) in relation to reproductive events and pollution. *Jord. J. Biol. Sci.*, **4(1)**: 170.

- Harford, A.J., O'Halloran, K., Wright, P.F.A., 2006.** Flow cytometric analysis and optimisation for measuring phagocytosis in three Australian freshwater fish. *Fish Shellfish. Immunol.*, **20**: 562-573.
- Hayes, J.D., Pulford, D.J., 1995.** The Glutathione S-Transferase Supergene Family: Regulation of GST and the Contribution of the Isoenzymes to Cancer hemoprotection and Drug Resistance Part II. *Critical Rev in Bioche & Molec Biol.*, **30**: 521-600.
- Hennebelle, J.M., 1975.** La coque. Thèse doctorat vétérinaire, Université de médecine de Créteil. 100 pp.
- Hinch, S.G. & Bailey, R.C., 1988.** Within and among-lake variations in shell morphology of the freshwater clam *Elliptio complanata* (Bivalvia: Unionidae) from south central Ontario lakes. *Hydrobiologia.*, **157**: 27-32.
- Hinck, J. E., Blazer, V.S., Deuslow, N.D., Echols, E.R., Gross, T. S., May, T.W., Anderson, P. J., Coyle J.J., Tillitt, D.E., 2007.** Chemical contaminants, health indicators and reproductive biomarker responses in fish from the Colorado River tributaries. *Sci. Total. Environ.*, **378**: 376-402.
- Hoarau, P., Damiens, G., Romeo, M., Gnassia-Barelli, M., Bebianno, M.J., 2006.** Cloning and expression of a GST-pi gene in *Mytilus galloprovincialis*. Attempt to use the GST-pi transcript as a biomarker of pollution. *Comp. Biochem. Physiol. C Toxicol. Pharmacol.*, **143**: 196-203.
- Hoarau, P., Damiens, G., Roméo, M., Gnassia-Barelli, M., Bebianno, M.J., 2006.** Cloning and expression of a GST-pi gene in *Mytilus galloprovincialis*. Attempt to use the GST-pi transcript as a biomarker of pollution. *Comp. Biochem. Physiol. C.*, **143**: 196-203.
- Hoarau, P., Gnassia-Barelli, M., Rome'o, M., Girard, J.P., 2001.** Differential induction of glutathione S-transferase in the clam *Ruditapes decussatus* exposed to organic compound. *Environ. Toxicol. Chem.*, **20**: 523-529.
- Hoguet, J., Key, P.B., 2008.** Baseline activities of four biomarkers in the three life-stages of the amphipod, *Leptocheirus plumulosus*. *J. Environ. Sci. Health B.*, **43(6)**: 465-470.
- Holt, M.S., 2000.** Source of chemical contaminants and routes into the freshwater environment. *Food. Chem. Toxicol.*, **38** (SUPPL. 1).
- Howe, R.W., Regal, R.R., Niemi, G.J., Danz, N.P., Hanowski, J.M., 2007.** A probability based indicator of ecological condition. *Ecol. Indic.*, **7**: 793-806.
- 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.
- Huberty, C. J., 1994.** Applied discriminant analysis. New York, Wiley, 466 p.
- Id Halla, M., Bouhaimi, A., Zekhnini, A., Narbonne, J.F., Mathieu, M. & Moukrim, A., 1997.** Etude du cycle de reproduction de deux moules *perna perna* (linné 1785) et

mytilus galloprovincialis (Lamark 1819) dans la baie d'Aghadir (Sud du Maroc). *Haliotis*, **26** : 51-62.

- Jebali, J., Banni, M., De Almeida, E. A., Boussetta, H., 2007.** Oxidative DNA damage levels and catalase activity in the clam *Ruditapes decussatus* as pollution biomarkers of Tunisian marine environment. *Environ Monitor. Assess.*, **124(1-3)**: 195-200.
- Jebali, J., Ben-Khedher, S., Ghedira, J., Kamel, N., Boussetta, H., 2011.** Integrated assessment of biochemical responses in Mediterranean crab (*Carcinus maenas*) collected from Monastir Bay, Tunisia. *J. Environ. Sci.*, **23(10)**: 1714-1720.
- Jenderedjian, K., Hakobyan, S., Jenderedjian, A., 2007.** Use of benthic invertebrates as indicators of pollution origin in agricultural and urban areas. In: Ebel, A., Davitashvili, T. (Eds.), *Air, water and soil quality modeling for risk and impact assessment.*, 21-220 p.
- Kaaya, A., Najimi, S., Ribera, D., Narbonne, J.F., Moukrim, A., 1999.** Characterization of glutathione S-transferases (GST) activities in *Perna perna* and *Mytilus galloprovincialis* used as a biomarker of pollution in the Agadir Marine Bay (South of Morocco). *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, **62**: 623-629.
- Kaiser, J., 2001.** Bioindicators and Biomarkers of Environmental Pollution and Risk Assessment (Enfield: Sciences publishers inc.).
- Kamara A., Rharbi N., Berraho A & Ramdani M, 2005.** Etude comparative du cycle sexuel de la palourde *Ruditapes decussatus* issue de trois milieux paraliques des côtes marocaines. *Mar. Life.*, **15 (1-2)**: 43-50.
- Kankal, S.B. & Gaikwad, R.W., 2011.** Studies on noise and air quality monitoring at Shirdi Maharashtra, India. *Adv. App. Sci. Res.*, **2 (1)**: 63.
- Kavitha, P., Rao, J.V., 2009.** Sub-lethal effects of profenophos on tissue specific antioxidant responses in a euryhaline fish *Oreochromis mossambicus*. *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, **72**:1727-1733.
- Kerr, S.R., & L. M. Dickie. 2001.** The biomass spectrum: a predator-prey theory of aquatic production. Columbia University Press, New York, USA.
- Ketterer, B., Coles, B., Meyer, D.J., 1983.** The role of glutathione in detoxication. *Environ. Health. Perspect.*, **49**: 59-69.
- Khammar, H., 2007.** Caractère chimiques des effluents urbains introduits au littoral d'Annaba. Mémoire de Magistère. Université d'Annaba. 49 p.
- Khélifi-Touhami M., Ounissi M., Saker I., Haridi A., Djorfi S. & Abdenour C., 2006.** The hydrology of the Mafrag estuary (Algeria): Transport of inorganic nitrogen and phosphorus to the adjacent coast. *J. Food. Agric. Environ.*, **4(2)**: 340-346.
- Khessiba, A., Hoarau, P., Gnassia, B., Aissa, P., Romeo, M., 2001.** Biochemical response of the mussel *Mytilus galloprovincialis* from Bizerta (Tunisia) to chemical pollutant exposure. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, **40**: 222-229.

- Kim, J.H., Dahms, H.U., Rhee, J.S., Lee, Y.M., Lee, J., Han, K.N., Lee, J.S., 2010.** Expression profiles of seven glutathione S-transferase (GST) genes in cadmium-exposed river pufferfish (*Takifugu obscurus*). *Comp. Biochem. Physiol. C.*, **151**: 99-106.
- Knight, J.A., Pieper, R.K., McClellan, L., 1988.** Specificity of the thiobarbituric acid reaction: its use in studies of lipid peroxidation. *Clin. Chem.*, **34**: 2433-2438.
- Kourradi R., 2007.** Evaluation du degré de la pollution anthropique de l'estuaire de Bou Regreg et impact sur la biologie et dynamique de *Scrobicularia plana* et *Solen marginatus*. Thèse de doctorat d'état. Université Mohammed V, Agdal, RABAT., 313p.
- La Valle, P., 2005.** *Donax trunculus* (Bivalvia: Donacidae) quale indicatore biologico degli equilibri costieri e del bilancio sedi-mentario. Scuola di Dottorato in Scienze Ecologiche, Università degli Studi di Roma La Sapienza, *XVIII Ciclo.*, 233 p.
- La Valle, P., 2006.** *Donax trunculus* (Bivalvia: Donacidae) quale indicatore biologico degli equilibri costieri e del bilancio sedimentario. Doctoral Thesis. University of Rome "La Sapienza". 148 p.
- La Valle, P., 2006.** *Donax trunculus* (Bivalvia: Donacidae) quale indicatore biologico degli equilibri costieri e del bilancio sedimentario. Doctoral Thesis. University of Rome "La Sapienza". 148 p.
- La Valle, P., Nicoletti, L., Finoia, M.G., Ardizzone, G.D., 2001.** *Donax trunculus* (Bivalvia: Donacidae) as a potential biological indicator of grain-size variations in beach sediment. *Ecolo. Indic.*, 1426-1436 pp.
- Lagadic, L., Amiard, J.C., 1997.** Biomarqueurs en écotoxicologie: principes et définitions. In Biomarqueurs en Ecotoxicologie. Aspects Fondamentaux. Lagadic, L., Caquet, T., Amiard, J.C., Ramade, F. (Eds.). Paris, *Masson*, 1-9.
- Lagadic, L., Caquet, T., Amiard, J.C. & Ramade, F., 1997.** Biomarqueurs en écotoxicologie. Aspects fondamentaux. *Masson (Eds.)*. Paris: 1-9.
- Lajtner, J., Marušić, Z., Klobučar, G.I.V., Maguire, L., Erben, R., 2004.** Comparative shell morphology of the zebra mussel, *Dreissena polymorpha* in the Drava river (Croatia). *Biologia.*, **59**: 595-600.
- Lam, K.S., Gray, J.S., 2003.** The use of biomarkers in environmental monitoring programmes. *Mar. Pollut. Bull.*, **46**: 182-186.
- Lastra, M. & McLachlan, A., 1996.** Spatial and temporal variations in recruitment of *Donax serra* Roding (Bivalvia: Donacidae) on an exposed sandy beach of South Africa. *Rev. Chill. Hist. Nat.*, **69**: 631-639.
- Lau, P.S., Wong, H.L., Garrigues, P., 2004.** Seasonal variation in antioxidative responses and acetylcholinesterase activity in *Perna viridis* in eastern oceanic and western estuarine waters of Hong Kong. *Continental. Shelf. Res.*, **24**: 1969-1987.

- Lauzier, R.B., Hand, C.M., Campbell, A. & Heizer, S., 1998. A review of the biology and fisheries of the hors clams (*Tresus capax* and *tresus muttallii*). *Can. Stock. Assess. Secret. Res. Doc.*, N° 98/88, 28 P.
- Lee, K.W., Raisuddin, S., Rhee, J.S., Hwang, D.S., Yu, I.T., Lee, Y.M., Park, H.G., Lee, J.S., 2008. Expression of glutathione S-transferase (GST) genes in the marine copepod *Tigriopus japonicus* exposed to trace metals. *Aquat. Toxicol.*, **89**: 158-166.
- Legaya, J.M., Heizmann, A., Thiriou-Quévrenne, C., 2000. Dissymétrie et taux de croissance des valves de la coquille chez les jeunes huîtres de *Crassostrea gigas* Thünberg. *C.R. Acad. Sci. Paris, Sciences de la vie / Life Sciences.*, **323**: 537-542.
- Lehtonen, K.K., Kankaanpa, H., Leini, S., Sipi, V.O., Pflugmacher, S., Sandberg-Kilpi, E., 2003. Accumulation of nodularin-like compounds from the cyanobacterium *Nodularia spumigena* and changes in acetylcholinesterase activity in the clam *Macoma balthica* during short-term laboratory exposure. *Aquat. Toxicol.*, **64**: 461-476.
- Leini, S. & Lehtonen, K.K., 2005. Seasonal variability in biomarkers in the bivalves *Mytilus edulis* and *Macoma balthica* from the northern Baltic Sea. *Comp. Biochem. Phys., Part C.*, **140**: 408-421.
- Liang, L.N., He, B., Jiang, G.B., Chen, D.Y., Yao, Z.W., 2004. Evaluation of molluscs as biomonitors to investigate heavy metal contaminations along the Chinese Bohai Sea. *Sci. Total. Environ.*, **324**: 105-113.
- Liehr, G.A., Zettler, M.L., Leipe, T. & Wilt, G., 2005. The ocean quahog *Arctica islandica* L.: a bioindicator for contaminated sediments. *Mar. Biol.*, **147**: 671-679.
- Lionetto, M.G., Caricato, R., Gioedano, M.E., Schettino, T., 2004. Biomarker application for the study of chemical contamination risk on marine organisms in the Taranto marine coastal area. *Chem. Ecol.*, **20**: 333-343.
- Livingstone, D.R., 1991. Organic xenobiotic metabolism in marine invertebrates. In: Gilles R, editor. *Advances in comparative and environmental physiology*. Berlin: Springer. vol., **7**: 45-185.
- Livingstone, D.R., 2001. Contaminant-stimulated reactive oxygen species production and oxidative damage in aquatic organisms. *Mar. Pollut. Bull.*, **42**: 656-666.
- Lowe, D.M, Moore, M.N., Bayne, B.L, 1982. Aspects of gametogenesis in the marine mussel *Mytilus edulis* L. *J. Mar. Biol. Ass. Uk.*, **62(1)**: 133-145.
- Lucas, A., 1965. Recherche sur la sexualité des Mollusques Bivalves. Thèse, Rennes, 135p. In : Mouëza M., 1971. Contribution à l'étude de l'écologie et de la biologie de *Donax trunculus* L. (Mollusque : Lamellibranche). Thèse de Doctorat en Sciences Biologiques mention Océanographie. 130 p.
- Lucas, A., Beninger, P.G., 1985. The use of physiological condition indexes in marine bivalve aquaculture. *Aquaculture.*, **44**: 187-200.

- Machreki-Ajmi, M., Ketata, I., Ladhar-Chaabouni, R., Hamza-Chaffai, A., 2008.** The effect of in situ cadmium contamination on some biomarkers in *Cerastoderma glaucum*. *Ecotoxicology*, **17**:1-11.
- Magni, P., 2003.** Biological benthic tools as indicators of coastal marine ecosystems health. *Chem. Eco.*, **19**: 363-372.
- Mahmoud, N., Dellali, M., El Bour, M., Aissa, P., Mahmoudi, E., 2010.** The use of *Fulvia fragilis* (Mollusca: Cardiidae) in the biomonitoring of Bizerta lagoon: A mutimarkers approach. *Ecolo. Indic.*, **10**: 696-702.
- Manca-Zeichen M., Agnesi S., Mariani A., Maccaroni A. & Ardizzone G.D, 2001.** Biology and population dynamics of *Donax trunculus* L. (Bivalvia; Donacidae) in the south Adriatic coast (Italy). *Estuar. Coast. Shelf. Sci.*, **56**: 345-358.
- Manca-Zeichen, M., Agnesi S., Mariani, A., Arrdizone, G.D. & Maccaroni, A., 2002.** Biology and population dynamics of *Donax trunculus* (Bivalvia: Donacidae) in the south Adriatic Coast (Italy). *Estuar. Coast. Shelf. Sci.*, **54** (6): 971-982.
- Manduzio, H., Rocher, B., Durand, F., Galap, C., Leboulenger, F., 2005.** The point about oxidative stress in mollusks. *J. Invert.Survive.*, **2**: 91-104.
- Marcomini, S.C. Penchaszadeh, P. López, R.A. Luzzatto, D.C., 2002.** Beach orphodynamics and clam (*Donax hanleyanus*) densities in Buenos Aires, Argentina. *J. Coast. Res.*, **18** (4): 601-611.
- Mariani, A., Maccaroni, A., Mamone, R., D'Ambra, R., Rampacci, M., Tancioni, L., 1998.** Studio sulla distribuzione e valutazione della consistenza del banchi di telline (*Donax trunculus*) nell'area marina prospiciente la laguna di Lesina al fine di identificare appropriate misure gestionali della risorsa. *Biol. Mar. Medit.*, **5** (3): 428-436.
- Markert, B. A., Breure, A. M. & Zechmeister, H.G., 2003.** Definitions, strategies and principles for bioindication/biomonitoring of the environment. Bioindicators and biomonitoring: principles, concepts and applications, B.A. Markert, A.M. Breure, H.G. Zechmeister, editors. (Oxford : Elsevier Science Limited), 3-39.
- Marobin, D., Prat, M. & Jouvenel, J.Y., 2007.** Etude globale sur la telline *Donax trunculus* (Linné 1767) en Camargue. Parc Naturel Régional de Camargue. Rapport intermédiaire de la campagne d'automne. Contrat BIOTOPE/P24 Développement.
- Martin`ez-Lara E, Geoge S G, Lop`ez-Barea J, B`arcena J A, 1997.** Purification and characterization of multiple glutathione transferase isoenzymes from grey mullet liver. *Cell. Molec. Life. Sci.*, **53** (9): 759-768.
- MARTOJA, M., 1995.** « Mollusques », Institut Océanographique, 167 p.
- Massé, H., 1971.** Etude quantitative de la macrofaune de peuplements des sables fins infralittoraux. 2. La baie du Padro (Golfe de Marseille). *Biol. Mar. Medit.*, **3** (1): 113-158.

- Mazé, R.A & Laborda, A.J., 1990.** Cambios estacionales de una población de *Donax trunculus* (Linnaeus, 1758) (Pelecypoda: Donacidae) en la ría de El Barquero (Lugo NO España). *Scient. Mar.*, **54(2)**: 131-138.
- McCarthy, J.F. & Shugart, L.R., 1990.** Biomarkers environmental contamination. Boca Raton Floride, Lewis (Eds.).
- McHenery, L.J.G., Linely Adams, G.E., Moore, D.C., Rodger, G.K., Davies, I.M., 1997.** Experimental and field studies of effects of dichlorvos exposure on acetylcholinesterase activity in the gills of the mussel *Mytilus edulis* L. *Aqua. Toxicol.*, **38**: 125-143.
- McLachlan, A. & Van der Horst, G., 1979.** Growth and reproduction of two molluscs from an exposed sandy beach. *South. Afric. J. Zool.*, **14**: 194-201.
- McLachlan, A., 1990.** Sandy beach ecosystems. In: "Ecology of sandy shores", A.C. Brown & A. McLachlan (eds.), Elsevier, Amsterdam-Oxford-New York-Tokyo: 197-226.
- McLachlan, A., Jaramillo, E., Defeo, O., Dugan, J., De Ruyck, A. & Coetzee, P., 1995.** Adaptation of bivalves to different beach types. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **187** : 147-160
- Miller, BS., Pine, DJ., Redshaw, CJ., 2000.** An assessment of the contamination and toxicity of marine sediments in the Holy Loch, Scotland. *Mar. Pollut. Bull.*, **40**:22-34.
- Minier, L., Eufemia, N., Epel, D., 1999.** The multi-xenobiotic resistance phenotype as a tool to biomonitor the environment. *Biom.*, **4**.
- Morales-Caselles C, Martín-Díaz M L, Riba I, Sarasquete C, DelValls T 'A, 2008.** Sublethal responses in caged organisms exposed to sediments affected by oil spills. *Chemosphere.*, **72**: 819-825.
- Moreira, S.M., Lima, I., Ribeiro, R., Guilhermino, L., 2006.** Effects of estuarine sediment contamination on feeding and on key physiological functions of the polychaete *Hediste diversicolor*: laboratory and in situ assays. *Aquat. Toxicol.*, **78**: 186-201.
- Moser, V.C., Padilla, S., 2011.** Esterase metabolism of cholinesterase inhibitors using rat liver in vitro. *Toxicology.*, **281 (1-3)**: 56-62.
- Mouëza M. & Chessel D., 1976.** Contribution à l'étude de la Biologie de *Donax trunculus* L. (Mollusque, lamelibranche) dans l'Algérois : analyse statistique de la dispersion le long d'une plage en baie de Bou-Ismaïl. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **21**: 211-221.
- Mouëza M. & Frenkiel-Renault L., 1973.** Contribution à l'étude de la biologie de *Donax trunculus* L. (Mollusques, Lamelibranches) dans l'Algérois : la reproduction. *Cab. Biol. Mar.*, **14**: 261-283.
- Mouëza M., 1971.** Contribution à l'étude de l'écologie et de la biologie de *Donax trunculus* L. (Mollusque Lamelibranche). Thèse Doct. Sciences Biologiques. Univ. Marseille: 130 p.
- Mouëza, M., 1971.** Contribution à l'étude de l'écologie et de la biologie de *Donax trunculus* L (Mollusque, Lamelibranche). Thèse de Doctorat en sciences Biologiques mention Océanographie., 130p.

- Mouëza, M., 1972.** Contribution à l'étude de la biologie de *Donax trunculus* L. (mollusque Lamellibranche) dans l'Algérois: la croissance. *Pelagos.*, **4(1)**: 25-35.
- Mouëza, M., 1976.** Contribution à l'étude de la biologie de *Donax trunculus* L. (Mollusque Lamellibranche). Mécanisme de la nutrition. *J. Mollu. Studies*, Oxford, **42 (1)**: 17-30.
- Mouëza, M., Chessel, D., 1976.** Contribution a l'etude de la biologie de *Donax trunculus* L. (Mollusque: Lamellibranche) dans l'Algeros: analyse statistique de la dispersion de long d'une plage en baie de bon Ismail. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **21**: 211- 221.
- Mouëza, M., Frenkiel-Renault, L., 1973.** Contribution à l'étude de la biologie de *Donax trunculus* L. (Mollusque Lamellibranche) dans l'Algérois: la reproduction. *Cahiers Biol. Mar.*, **14(3)**: 261- 283.
- Mouëza, M., Frenkiel-Renault, L., 1973:** Contribution à l'étude de la biologie de *Donax trunculus* L. (Mollusque Lamellibranche) dans l'Algérois: la reproduction. *Cahiers Biol. Mar.*, **14(3)**: 261- 283.
- Moukrim, A., 2004.** *Donax trunculus* as a sentinel species for environmental monitoring of sandy beaches on Moroccan coasts. *Bull. Environ. Contam. Tox.*, **73 (4)**: 674-681.
- Moura, P., Gaspar, M.B., & Monteiro, C.C., 2008.** Gametogenic cycle of the smooth clam *Callista chione* on the South-Western coast of Portugal. *J. Mar. Biol. Assoc. UK.*, **885(1)**: 161-167.
- Myint, U.M. & Tyler, P.A., 1982.** Effects of temperature, nutritive and metal stressors on the reproductive biology of *Mytilus edulis*. *Mar. Biol.*, **67**: 209-223.
- Nail, P.M., Choi, J., 2011.** Identification, characterization and expression profiles of *Chironomus riparius* glutathione S-transferase (GST) genes in response to cadmium and silver nanoparticles exposure. *Aquat. Toxicol.*, **101**: 550-560.
- Najimi, S., Bouhaimi, A., Daube`ze, M., Zekhnini, A., Pellerin, J., Narbonne, J.F., Moukrim, A., 1997.** Use of acetylcholinesterase in *Perna perna* and *Mytilus galloprovincialis* as a biomarker of pollution in Agadir Marine Bay (South of Morocco). *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, **58**: 901- 908.
- Narbonne, J.F., 1998.** Historique-fondements biologiques de l'utilisation de biomarqueurs en écotoxicologie. In « *Utilisation de biomarqueurs pour la surveillance de la qualité de l'environnement* », Lagadic L., Caquet T., Amiard J.C., Ramade F. (ed.), *Tec et Doc Lavoisier, Paris.*, 1-7.
- Neuberger-Cywiak L., Achituv Y., & Mizrahi L., 1990.** The ecology of *Donax trunculus* Linnaeus and *Donax semistriatus* Poli from the Mediterranean coast of Israël. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **134**: 203-220.
- Neuberger-Cywiak, L., Achituv, Y., & Mizrahi, L., 1990.** The ecology of *Donax trunculus* Linnaeus and *Donax semistriatus* Poli from the Mediterranean coast of Israël. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **134**: 203-220.
- Neudecker, T., 1981.** Sex determination and maturation of the Pacific oyster (*Crassostrea gigas*) of the German coast. *European Mariculture Society.*, **6**: 249-254.

- Newell, R., Hilbish T., Koehn R. K. & Newell C., 1982.** Temporal variation in the reproductive cycle of *Mytilus edulis* L. (Bivalvia, Mytilidae) from localities on the east coast of the United States. *Biol. Bull.*, **162**: 299–310.
- Nicholson, S., Lam, P.K.S., 2005.** Pollution monitoring in Southeast Asia using biomarkers in the mytilid mussel *Perna viridis* (Mytilidae: Bivalvia). *Environ. Int.*, **31**: 121–132.
- Niemi, Gerald J., McDonald Michael, E., 2004.** Application of Ecological Indicators. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.*, **35**: 89–111.
- Noss, R., 1990.** Indicators for monitoring biodiversity: a hierarchical approach. *Conserv. Biol.*, **4**: 355–364.
- Otero, J.F., 1982.** Aportación al estudio de la biología del bivalvo *Donax trunculus* L. en la ría de El Barquero. Tesina Licenciado de CIENCIAS Biológicas, Universidad de Santiago de Compostela.
- Ozmen, M., Sener, S., Mete, A., Kucukbay, H., 1998.** In vitro and in vivo cetylcholinesterase-inhibiting effect of new classes of organophosphorus compounds. *Environ. Toxicology. Chem.*, **18**: 241–246.
- Paulet, Y.M., Dourange, G., Cochard, J.C. & Le Pennec, M., 1992.** Reproduction et recrutement chez *Pecten maximus* l. *Ann. Inst. Oceanogr.*, **68**: 45–64.
- Pavesi, L., Iannilli, V., Zarattini, P., De Matthaeis, E., 2007.** Temporal and spatial distribution of three supralittoral amphipod species on a sandy beach of central Italy. *Mar. Biol.*, **151** (4): 1585–1595.
- Payne, J.F., Mathieu, A., Melvin, W., Fancey, L.L., 1996.** Acetylcholinesterase, an old biomarker with a new future? Field trials in association with two urban rivers and a paper mill in Newfoundland. *Mar. Pollut. Bull.* **23**: 225–231.
- Peakall, D., 1994.** Biomarker: the way forward in environmental assessment. *Toxicol. Ecotoxicol. News.*, **1**: 55–60.
- Pechenik, I. A., 2005.** « Biology of the invertebrates », McGraw-Hill Higher Education, 590 p.
- Pellerin-Massicotte, I., 1997.** Influence of elevated temperature and air-exposure on MDA levels and catalase activities in digestive glands of the blue mussel (*Mytilus edulis*). *J. Rech. Océanogr.*, **22**: 91–98.
- Peña-Llopis, S., Ferrando, MD., Peña, J.B., 2003.** Fish tolerance to organophosphate-induced oxidative stress is dependent on the glutathione metabolism and enhanced by N-acetylcysteine. *Chemosphere.*, **45**: 671–681.
- Pfeifer, S., Schiedek, D., Dippner, J.W., 2005.** Effect of temperature and salinity on acetylcholinesterase activity, a common pollution biomarker, in *Mytilus* sp. From the south-western Baltic Sea. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **320**: 93–103.

- Pipe, R.K., 1985.** Seasonal cycles and effects of starvation on egg development in *Mytilus edulis*. *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, **24**: 121-128.
- Plante-Cuny, M.R., Bodoy, A., 1987.** Biomasse et production primaire du phytoplancton et du microphytobenthos de deux biotopes sableux (Golfe de Fos, France). *Oceanologica Acta.*, **10**: 223-237.
- Poutiers J.M., 1978.** Contribution n°15-Introduction à l'étude faunistique des bivalves du littoral français: les espèces marines du golfe d'Aigues-Mortes Deuxième partie. CERBAP.
- Prieur, D., 1971.** Recherches bibliographiques sur le développement embryonnaire des mollusques bivalves, Mémoire de DEA d'Océanographie Biologique, Faculté des Sciences de Paris., 33p.
- Radenac, G., Bocquene, G., Fichet, D., Miramand, P., 1998.** Contamination of a dredged-material disposal site (La Rochelle Bay, France). The use of the acetylcholinesterase activity of *Mytilus*.
- Radenac, G., Bocquene', G., Fichet, D., Miramand, P., 1998.** Contamination of a dredged-material disposal site (La Rochelle Bay, France). The use of the acetylcholinesterase activity of *Mytilus edulis* (L.) as a biomarker of pesticides: the need for a critical approach. *Biomarkers.*, **3 (4/5)**: 305- 315.
- Ramón, M., Abello, P. & Richardson, C. A., 1995.** Population structure and growth of *Donax trunculus* (Bivalvia: Donacidae) in the western Mediterranean. *Mar. Biol.*, **121**: 665-671.
- Ramon, H.M., 1993.** Estudio de las poblaciones de *Chamelea gallina* (Linnaeus, 1758) y *Donax trunculus* (Linnaeus, 1758) (Mollusco: Bivalvia) en el Golfo di Valencia (Mediterraneo Occidental). Tesi di dottorato, Univ. Barcellona: 395p.
- Ramon, I., Abello, P., Richardson, C.A., 1995.** Population structure and growth of *Donax trunculus* (Bivalvia: Donacidae) in the western Mediterranean. *Mar. Biol.*, **121**: 665-671.
- Ramón, M., 1993:** Estudio de las poblaciones de *Chamelea gallina* (Linnaeus, 1758) y *Donax trunculus* (Linnaeus, 1758) (Mollusco: Bivalvia) en el Golfo di Valencia (Mediterraneo Occidental). Tesi di dottorato, Univ. Barcellona, 395 pp.
- Ramón, M., Abello, P. & Richardson, C.A., 1995.** Population structure and growth of *Donax trunculus* (Bivalvia : Donacidae) in the western Mediterranean. *Mar. Biol.*, **121**: 665-671.
- Rao, J.V., Kavitha, P., Srikanth, K., Usman, P.K. & Rao, T.G., 2007.** Environmental contamination using accumulation of metals in marine sponges, *Sigmadocia fibulata* inhabiting the coastal waters of Gulf of Mannar, India. *Toxicol. Environ. Chem.*, **89**: 487-498.

- Richardson, B.J., Mak, E., De Luca-Abbott, S.B., Martin, M., McClellan, K., Lam, P.K.S., 2008.** Antioxidant responses to polycyclic aromatic hydrocarbons and organochlorine pesticides in greenlipped mussels (*Perna viridis*): do mussels "integrate" biomarker responses? *Mar. Pollut. Bull.*, **57**: 503-514.
- Rhee, J.S., Lee, Y.M., Hwang, D.S., Lee, K.W., Kim, I.C., Shin, K.H., Raisuddin, S., Lee, J.S., 2007.** Molecular cloning and characterization of omega class glutathione S-transferase (GST-O) from the polychaete *Neanthes succinea*: biochemical comparison with theta class glutathione S-transferase (GST-T). *Comp. Biochem. Physiol. C.*, **146**: 471-477.
- Robillard, S., Beauchamp, G., Laulier, M., 2003.** The role of abiotic factors and pesticide levels on enzymatic activity in the freshwater mussel *Anodonta cygnea* at three different exposure sites. *Comp. Biochem. Physiol. C – Toxicol. Pharmacol.*, **135**: 49-59.
- Romeo, M., Frasila, C., Gnassia-Barelli, M., Damiens, G., Micu, D., Mustata, G., 2005.** Biomonitoring of trace metals in the Black Sea (Romania) using mussels *Mytilus galloprovincialis*. *Water. Res.*, **39**: 596-604.
- Roméo M., & Gnassia-Barelli M., 1988.** *Donax trunculus* and *Venus verrucosa* enzymatic antioxidant response of a labrid fish (*Coris julis*) liver to environmental caulerpyne. *Comp. Biochem. Physiol.*, **144**: 191-196.
- Roméo, M., Gnassia-Barelli, M., 1988.** *Donax trunculus* and *Venus verrucosa* as bioindicators of trace metals concentrations in Mauritanian coastal waters. *Mar. Biol.*, **99**: 223-227.
- Roméo, M., Hoarau, P., Garello, G., Gnassia-Barelli, M., Girard, J.P., 2003.** Mussel transplantation and biomarkers as useful tools for assessing water quality in the NW Mediterranean. *Environ. Pollut.*, **122**: 369-78.
- Rumohr, H., 2005.** A 5-step succession model for the Baltic – a future management tool? Indicators of stress in the marine benthos. IOC workshop report No. **195**: 12-14.
- Saenz, L.A., Seibert, E.L., Zanette, J., Fiedler, H.D., Curtius A.J. & Ferreira, J.F., Alves de Almeida E., Marques M. R., Bainy, A.C., 2010.** Biochemical biomarkers and metals in *Perna perna* mussels from mariculture zones of Santa Catarina, Brazil. *Ecotoxicol Environ Saf* **73**: 796-804.
- Saiz-Salinas, J.L., Ruiz, J.M., Frances-Zubillaga, G., 1996.** Heavy metal levels in intertidal sediments and biota from the Bidasoa estuary. *Mar. Poll. Bull.*, **32**: 69-71.
- Salas-Casanova, C., 1987.** The Donacidae of the Bay of Malaga (Spain). Taxonomy. *Basteria*, Leiden., **51** (1-3): 33-50.
- Sastry, A.N., 1979.** Pelecypoda (excluding Ostreidae). In A.C.Giese & J.S. Pearse (eds.). Reproduction of marine invertebrates. *Academic press, New York, Vol. 5*: 113-292.

- Seed, R., 1976.** Observations on the ecology of *Membranipora* (bryozoa) and a major predator *Doridella steinbergae* (nudibranchiata) along the fronds of *Laminaria saccharina* at Friday Harbor, Washington. *J. Experim. Mar. Biol. Ecol.*, **24(1)**: 17.
- Seed, R., 1980.** Predator-prey relationships between the mud crab *Panopeus herbstii*, the blue crab, *Callinectes sapidus* and the Atlantic ribbed mussel, *Geukensia* (= *Modiolus demissa*). *Estuar. Coast. Mar. Source.*, **11(4)**: 445-458.
- Sheehan, D., Power, A., 1999.** Effects of seasonality on xenobiotic and antioxidant defence mechanism of bivalve molluscs. *Comp. Biochem. Physiol. C.*, **123**: 193-199.
- Sies, H., 1999.** Glutathion and its role in cellular functions. *Free. Radical. Biol. Med.*, **27**: 916-921.
- Sifi, K., 2009.** Biosurveillance de la qualité des eaux du golfe d'Annaba: croissance, composition biochimique et dosage de biomarqueurs du stress environnemental chez *Donax trunculus* (Mollusque, Bivalve). Thèse de Doctorat en Biologie Animale, Université d'Annaba. 229 p.
- Sifi, K., Amira, A. & Soltani, N., 2013.** Oxidative stress and biochemical composition in *Donax trunculus* (Mollusca, Bivalvia) from the gulf of Annaba (Algeria). *Adv. Environ. Biol.*, **7(4)**: 595-604.
- 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.
- Smolders, R., Bervoets, L., Wepener, V. & Blust, R., 2003.** A conceptual framework for using mussels as biomonitors in whole effluent toxicity. *Hum. Ecol. Risk Assess.*, **9**: 741-760.
- Solé, M., Potrykus, J., Fernandez-Diaz, C., Blasco, J., 2004.** Variations on stress defences and metallothionein levels in the Senegal sole, *Solea senegalensis*, during early larval stages. *Fish. Physiol & Biochem.*, **30**: 57-66.
- 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. *écotoxicologie Bull. Soc. Zool. Fr.*, **137(1-4)**: 47-56.
- 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. *Bulletin de la Société Zoologique de France*, **137(1-4)**: 47-56.
- Soltani, N., Aoudene, A. & Chouahda, S., 2005.** Surveillance de la qualité des eaux du golfe d'Annaba (Algérie) par la mesure d'un biomarqueur du stress environnemental chez *Donax trunculus*. *INOC-Mar & Coas. Protec. Areas.*, 462-467 pp.
- Steele, S. & Mulcahy, M.F., 1999.** Gametogenesis of the oyster *Crassostrea gigas* in southern Ireland. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.*, **79**: 673-686.

- Stohs, S.J., Bagchi, D., 1995.** Oxidative mechanisms in the toxicity of metal ions. *Free Rad. Biol. Med.* **18(2)**: 321-336.
- Sunila, I. & Lindström, R., 1985.** Survival, growth and shell deformities of copper- and cadmium-exposed mussels (*Mytilus edulis* L.) in brackish water. *Estuar. Coast. Shelves.* **21**: 555-565.
- Sureda, A., Box, A., Ensenat, M., Alou, E., Tauler, P., Deudero, S., Pons, A., 2006.** Enzymatic antioxidant response of a labrid fish (*Coris julis*) liver to environmental caulerpernyne. *Comp. Biochem. Physiol.*, **144 C**: 191-196.
- Tachet, H., Richoux, P., Bournaud, M. & Usseglio-Polatera, P., 2000,** Invertébrés d'eau douce - Systématique, biologie, écologie, CNRS éditions (Ed.), Paris, 588 pp.
- Takisawa, Y., 1970.** Studies on the Niigata episode of the minamata disease. *Acta Medecine.*
- Thayer, CW., 1975.** Morphological adaptations of benthic invertebrates to soft substrata. *J. Mar. Res.*, **33** : 177-189.
- Tim-Tim, A.L.S., Morgado, F., Moreira, S., Rangel, R., Nogueira, A.J.A., Soares, A.M.V.M., Guilhermino, L., 2009.** Cholinesterase and glutathione S-transferase activities of three mollusc species from the NW Portuguese coast in relation to the 'Prestige' oil spill. *Chemosphere.*, **77**: 1465-1475.
- Tlili, S., Métais, I., Boussetta, H., Mouneyrac, C., 2010a.** Linking changes at sub-individual and population levels in *Donax trunculus*: assessment of marine stress. *Chemosphere.*, **81**: 692-700.
- Tlili, S., Jebali, J., Banni, M., Haouas, Z., Mlayah, A., Helal, A. N., 2010b.** Multimarker approach analysis in common carp *Cyprinus carpio* sampled from three freshwater sites. *Environ. Monit. Assess.*, **168(1-4)**: 285-298.
- Tlili S., Métais I., Ayache N., Boussetta H. & Mouneyrac C. 2011.** Is the reproduction of *Donax trunculus* affected by their sites of origin contrasted by their level of contamination? *Chemosphere.*, **10 (84)**: 1362-1370.
- Triebakon, R., Kähler, H. R., Honnen, W., Schramm, M., Adams, S. M., Mäller, E., 1997.** Induction of heat shock proteins, changes in live ultrastructure and alterations of fish behaviour: are these biomarkers related and are they useful to detect the state of pollution in the field? *J. Aqua. Ecosy. Stress. Recovery.*, **6**: 57-73.
- Truhaut, R., 1977.** Ecotoxicology: objectives, principles, and perspectives. *Ecotox. Envir. Saf.*, **1**: 151-173.
- Tsangaris, C., Kormas, K., Stroglyoudi, E., Hatzianestis, I., Neofitou, C., Andral, B., Galgani, F., 2010.** Multiple biomarkers of pollution effects in caged mussels on the Greek coastline. *Comp. Biochem. Physiol.*, **151**: 369-378.
- Ugolini, A., Borghini, F., Calosi, P., Bazzicalupo, M., Chelazzi, G., Focardi, S., 2004.** Mediterranean *Talitrus saltator* (Crustacea, Amphipoda) as a biomonitor of heavy metals contamination. *Mar. Poll. Bull.*, **48**: 526-532.

- Usseglio-Polatera, P., Bournaud, M., Richoux, P. & Tachet, H., 2000.** Biomonitoring through biological traits of benthic macroinvertebrates: how to use species trait database? *Hydrobio.*, **422/423**: 153-162.
- Vaissière, R. & Fredj, G., 1963.** Contribution à l'étude de la faune benthique du plateau continental de l'Algérie. In: Mouêza M., 1971. Contribution à l'étude de l'écologie et de la biologie de *Donax trunculus* L. (Mollusque lamelibranche). Thèse de Doctorat en Sciences Biologiques. Mention Océanographie., 130 p.
- Valko, M., Rhodes, C.J., Moncol, J., Izakovic, M., Mazur, M., 2006.** Free radicals, metals and antioxidants in oxidative stress-induced cancer. *Chemico-iolo.Inter.*, **160**: 1-40.
- Van der Oost, R., Beyer, J. & Vermeulen, N. P. E., 2003.** Fish bioaccumulation and biomarkers in environmental risk assessment: A review. *Environ. Toxicol. & Pharmacol.*, **13**: 57-149.
- Venkateswara-Rao, J., 2006.** Biochemical alterations in euryhaline fish, *Oreochromis mossambicus* exposed to sub-lethal concentrations of an organophosphorus insecticide, monocrotophos. *Chemosphere.*, **48**:563-569.
- Viarengo, A., Burlando, B., Giordana, A., Bolognesi, C., Gabrielides, G.P., 2000.** Networking and expert-system analysis: next frontier in biomonitoring. *Mar. Environ. Res.*, **49(5)**: 483- 486.
- Viarengo, A., Canesi, L., Pertica, M., Livingstone, D.R., 1991.** Seasonal variations in the antioxidant defence systems and lipid peroxidation of the digestive gland of mussels. *Comp. Biochem. Physiol. C.*, **100**: 187-190.
- 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.
- Vicente, N., Henry, M., Chabert, D. & Riva, A., 1988.** Contrôle de métaux lourds dans les écosystèmes littoraux et dans les chaînes alimentaires marines : expériences de contamination par un élément métallique, le cadmium. *Océanis.*, **14 (1)**: 201-223.
- Vidal, M. L., 2001.** Etude de marqueurs biochimiques de pollution chez Le mollusque bivalve d'eau douce *corbicula fluminea* (müller) - purification et caractérisation des Glutathion S-transferases. Thèse de doctorat en Sciences du Vivant, Géosciences, Sciences de l'Environnement, option: Ecotoxicologie, Université Bordeaux I. 282p.
- Vidal-Liñán, L., 2010.** Utilización de biomarcadores enzimáticos en mejillón (*Mytilus galloprovincialis*) en la evaluación de la contaminación de las Rías de Vigo y Pontevedra. Advanced Studies Diploma, University of Vigo.
- Vieira, L.R., Gravato, C., Soares, A.M.V.M., Morgado, F., Guilhermino, L., 2009.** Acute effects of copper and mercury on the estuarine fish *Pomatoschistus microps*: linking biomarkers to behaviour. *Chemosphere.*, **76**:1416-1427.
- Vlahogianni, T., Dassenakis, M., Scoullou, M.J., Valavanidis, A., 2007.** Integrated use of biomarkers (superoxide dismutase, catalase and lipid peroxidation) in mussels *Mytilus*

- galloprovincialis* for assessing heavy metals' pollution in coastal areas from the Saronikos Gulf of Greece. *Mar. Poll. Bull.*, **54**: 136-171.
- Voliani, A., Auteri, R., Baino, R., Silvestri, R., 1997.** Insemediamento nel substrato ed accrescimento di *Donax trunculus* L. sul litorale toscano. *Biol. Mar. Medit.*, **4(1)**: 458-460.
- Wade, B.A., 1967.** Studies on the biology of the West Indian beach clam *Donax denticulatus* Linne: I. Ecology. *Bull. Mar. Sci.*, **17**: 149-174.
- Wan, Q., Whang, I., Lee, J., 2008a.** Molecular cloning and characterization of three sigma glutathione S-transferases from disk abalone (*Haliotis discus discus*). *Comp. Biochem. Physiol B.*, **151**: 257-267.
- Wan, Q., Whang, I., Lee, J., 2008b.** Molecular characterization of mu class glutathione-S-transferase from disk abalone (*Haliotis discus discus*), a potential biomarker of endocrine-disrupting chemicals. *Comp. Biochem. Physiol B.*, **150** : 187-199.
- Wan, Q., Whang, I., Lee, J.S., Lee, J., 2009.** Novel omega glutathione S-transferases in disk abalone: characterization and protective roles against environmental stress. *Comp. Biochem. Physiol C.*, **150**: 558-568.
- White, A.W., Marin, J.L., Legresley M., Blogoslawski W.J., 1985.** Inability of ozonation to detoxify shellfish toxins in soft-clams. In: Anderson DM, White, A.W., Badan, D.G. (ed) Toxic Dinoflagellates. *Elsevier*, New york, 473-478 p.
- Wilson, J.C., 1999.** Population dynamics and energy budget for a population of *Donax variabilis* (Say) on an exposed South Carolina beach. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **239**: 61-83.
- Wilson, J.C., 1999.** Population dynamics and energy budget for a population of *Donax variabilis* (Say) on an exposed South Carolina beach. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **239**: 61-83.
- Winter, J.E., 1978.** A review of the knowledge of suspension-feeding in lamellibranchiate bivalves, with special reference to artificial aquaculture systems. *Aquaculture.*, **13**: 1 - 33.
- Winzinger G., Weltje L., Gerchen J., Sordyl H., 2007.** Genotoxic damage in field-collected three-spined sticklebacks (*Gasterosteus aculeatus* L.): A suitable biomonitoring tool? *Mutation Research/ Gene. Toxicol. Environ. Mutagen.*, **628**: 19.
- with wave exposure. *Can. J. Zool.* **78**: 240-253.
- Won, E.J., Kim, R.O., Rhee, J.S., Park, G.S., Lee, J.H., Shin, K.H., Lee, Y.M., Lee, J.S., 2011.** Response of glutathione S-transferase (GST) genes to cadmium exposure in the marine pollution indicator worm, *Perinereis nuntia*. *Comp. Biochem. Physiol C.*, **154**: 82-92.
- X, 2005.** MINITAB version 16 pour WINDOWS, logiciel d'analyse statistique version 16.

- Yang, U.Y., Chen, S., Devine, G.J., Denholin, I., Jewees, P., Moores, G.J. & Denholin, I., 2004.** The involvement of microsomal oxidase in pyrethroid resistance in *Helicoverpa armigera* from Asia. *Insect. Biochem. Mol. Biol.*, **34**: 763-773.
- Yarsan, E. & Yipel, M., 2013.** The Important Terms of Marine Pollution "Biomarkers and Biomonitoring, Bioaccumulation, Bioconcentration, Biomagnification". *J. Mol. Biomark. Diagn*, S1-003.
- Zanette, J. Nunes, F.F. Medeiros, I.D. Siebert, M.N. Mattos J.J. & Luchmann K.H., 2006.** Comparison of the antioxidant defense system in *Crassostrea rhizophorae* and *Crassostrea gigas* exposed to domestic sewage discharges, *Mar. Environ. Res.*, **66**: 196-198.
- Zine, N.E., 2004.** Etude Eco-Biologique et dynamique des populations de la palourde (*Ruditapes decussatus* L.) et analyse typologique de la faune benthique de milieux paraliques Atlantico-Méditerranéens du Maroc. Doct. D'Etat. Univ. Moulay Ismail. Meknès., 190p.
- Zorita, I., Ortiz-Zaragoza, M., Soto, M., Cajaraville, M.P., 2006.** Biomarkers in mussels from a copper site gradient (visres, Norway) integrated biochemical, histochemical and histological study. *Aqua. Toxicol.*, **785**: 109-116.

ANNEXES

ANNEXE 1

Etude statistique

ETUDE STATISTIQUE 1: Dynamique des populations.

Tableau 1: Paramètres biométriques mesurés chez *D. trunculus* pêché dans deux sites du golfe d'Annaba (El Battah, Sidi Salam) au cours de la période (mars 2009- février 2010): Description des données.

Descriptive Statistics: Longueur (L); Hauteur (H); Epaisseur (E); Poids (Pt-f 1)
Site: El Battah

Variable	N	Mean	StDev	Minimum	Maximum
Longueur	1200	25,809	2,948	9,000	36,000
Hauteur	1200	14,092	1,448	8,000	20,000
Epaisseur	1200	8,4958	1,0405	5,0000	14,0000
Poids	1200	2,1660	0,7054	0,5150	5,9640

Site: Sidi Salem

Variable	N	Mean	StDev	Minimum	Maximum
Longueur	1200	24,733	2,967	11,000	34,000
Hauteur	1200	13,524	1,487	9,000	18,000
Epaisseur	1200	8,1075	1,0009	6,0000	10,0000
Poids	1200	1,8949	0,6363	0,3910	4,3960

Tableau 2: Variation mensuelle des paramètres biométriques mesurés chez *D. trunculus* pêché dans le golfe d'Annaba (El Battah et Sidi Salem) au cours de a période (mars 2009-février 2010): ANOVA à un seul critère de classification suivi du test de HDS de Tukey.

Site: El Battah

General Linear Model: Longueur (L) versus Mois

Factor	Type	Levels	Values
Mois	fixed	12	A; At; D; F; J; Jan; Jt; Mai; Mars; N; O; Sep

Analysis of Variance for L, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Mois	11	2387,45	2387,45	217,04	32,09	0,000
Error	1188	8033,85	8033,85	6,76		
Total	1199	10421,3				

S = 2,60048 R-Sq = 22,91% R-Sq(adj) = 22,20%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Mois	N	Mean	Grouping
Jt	100	28,7	A
F	100	27,0	B
N	100	26,5	B C
D	100	26,5	B C
O	100	26,2	B C D
At	100	26,2	B C D
Sep	100	26,1	B C D

Mai	100	25,4	C D E
Jan	100	25,2	D E F
A	100	24,9	E F
J	100	24,2	F
Mars	100	22,8	G

Means that do not share a letter are significantly different.

General Linear Model: Hauteur (H) versus Mois

Factor	Type	Levels	Values
Mois	fixed	12	A; At; D; F; J; Jan; Jt; Mai; Mars; N; O; Sep

Analysis of Variance for H, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Mois	11	679,877	679,877	61,807	40,04	0,000
Error	1188	1834,040	1834,040	1,544		
Total	1199	2513,917				

S = 1,2425 R-Sq = 27,04% R-Sq(adj) = 26,37%

Mois	N	Mean	Grouping
Jt	100	15,6	A
F	100	14,7	B
O	100	14,5	B
N	100	14,3	B C
Sep	100	14,3	B C D
At	100	14,2	B C D
D	100	14,2	B C D
Mai	100	14,0	C D
A	100	13,9	D
Jan	100	13,9	D
J	100	13,1	E
Mars	100	12,4	F

General Linear Model: Epaisseur (E) versus Mois

Factor	Type	Levels	Values
Mois	fixed	12	A; At; D; F; J; Jan; Jt; Mai; Mars; N; O; Sep

Analysis of Variance for E, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Mois	11	452,062	452,062	41,097	65,18	0,000
Error	1188	749,07	749,07	0,631		
Total	1199	1201,132				

S = 0,794059 R-Sq = 37,64% R-Sq(adj) = 37,06%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Mois	N	Mean	Grouping
Jan	100	8,7	A
J	100	8,7	A

F	100	8,7	A	
D	100	8,6	A	
N	100	8,6	A B	
Sep	100	8,2	B C	
O	100	8,1	C	
At	100	8,0	C D	
Jt	100	8,0	C D	
Mai	100	7,7	D	
A	100	7,0		E
Mars	100	6,9		E

General Linear Model: Poids total frais (Pt-f) versus Mois

Factor	Type	Levels	Values
Mois	fixed	12	A; At; D; F; J; Jan; Jt; Mai; Mars; N; O; Sep

Analysis of Variance for Pt-f, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Mois	11	198,776	198,776	18,071	53,96	0,000
Error	1188	397,834	397,834	0,335		
Total	1199	596,611				

S = 0,578686 R-Sq = 33,32% R-Sq(adj) = 32,70%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Mois	N	Mean	Grouping
Jt	100	3,2	A
F	100	2,6	B
N	100	2,4	B C
O	100	2,3	B C D
D	100	2,3	C D
Jan	100	2,2	C D E
Sep	100	2,0	D E
At	100	2,0	D E
Mai	100	1,9	E F
A	100	1,9	E F
J	100	1,7	F G
Mars	100	1,5	G

Site: Sidi Salem**General Linear Model: (L) versus Mois**

Factor	Type	Levels	Values
Mois	fixed	12	A; At; D; F; J; Jan; Jt; Mai; Mars; N; O; Sep

Analysis of Variance for L, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Mois	11	3741,22	3741,22	340,11	57,56	0,000
Error	1188	7019,58	7019,58	5,91		
Total	1199	10760,80				

S = 2,43079 R-Sq = 34,77% R-Sq(adj) = 34,16%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Mois	N	Mean	Grouping
J	100	26,8	A
N	100	26,5	A B
Jan	100	25,9	A B C
F	100	25,8	A B C D
D	100	25,7	B C D
Jt	100	25,3	C D
Sep	100	25,1	C D
At	100	24,9	C D
O	100	24,7	D
Mai	100	23,4	E
A	100	21,4	F
Mars	100	21,1	F

General Linear Model: (H) versus Mois

Factor	Type	Levels	Values
Mois	fixed	12	A; At; D; F; J; Jan; Jt; Mai; Mars; N; O; Sep

Analysis of Variance for H, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Mois	11	1034,369	1034,369	94,034	69,09	0,000
Error	1188	1616,930	1616,930	1,361		
Total	1199	2651,299				

S = 1,16664 R-Sq = 39,01% R-Sq(adj) = 38,45%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Mois	N	Mean	Grouping
J	100	14,9	A
F	100	14,4	A B
Jan	100	14,4	A B
N	100	14,3	B
D	100	13,9	B C
Jt	100	13,7	C D
O	100	13,5	C D
Sep	100	13,4	D
At	100	13,3	D E
Mai	100	12,8	E
Mars	100	11,9	F
A	100	11,8	F

General Linear Model: (E) versus Mois

Factor	Type	Levels	Values
Mois	fixed	12	A; At; D; F; J; Jan; Jt; Mai; Mars; N; O; Sep

Analysis of Variance for E, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Mois	11	452,062	452,062	41,097	65,18	0,000

Error 1188 749,070 749,070 0,631
 Total 1199 1201,132

S = 0,794059 R-Sq = 37,64% R-Sq(adj) = 37,06%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Mois	N	Mean	Grouping
Jan	100	8,7	A
J	100	8,7	A
F	100	8,7	A
D	100	8,6	A
N	100	8,6	A B
Sep	100	8,2	B C
O	100	8,1	C
At	100	8,0	C D
Jt	100	8,0	C D
Mai	100	7,7	D
A	100	7,0	E
Mars	100	6,9	E

General Linear Model: (Pt-f) versus Mois

Factor	Type	Levels	Values
Mois	fixed	12	A; At; D; F; J; Jan; Jt; Mai; Mars; N; O; Sep

Analysis of Variance for Pt-f, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Mois	11	177,923	177,923	16,175	62,47	0,000
Error	1188	307,577	307,577	0,259		
Total	1199	485,500				

S = 0,508825 R-Sq = 36,65% R-Sq(adj) = 36,06%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Mois	N	Mean	Grouping
Jan	100	2,4	A
N	100	2,4	A B
F	100	2,3	A B C
J	100	2,2	B C D
D	100	2,0	C D E
Jt	100	2,0	D E
Sep	100	1,9	D E F
O	100	1,9	E F
At	100	1,7	F G
Mai	100	1,5	G
Mars	100	1,2	H
A	100	1,2	H

Tableau 3 : Variation saisonnières des paramètres biométriques mesurés chez *D.trunculus* pêché dans le site d'Annaba au cours de période (mars 2009 – février 2010) : ANOVA à seul critères de classification suivi du test de HDS de Tukey.

Site: El Battah

General Linear Model: (L) versus Saison

Factor	Type	Levels	Values
Saison	fixed	4	A; E; H; P

Analysis of Variance for L1, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Saison	3	816,00	816,00	272,00	33,87	0,000
Error	1196	9605,30	9605,30	8,03		
Total	1199	10421,3				

S = 2,83393 R-Sq = 7,83% R-Sq(adj) = 7,60%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Saison	N	Mean	Grouping
Eté	300	26,4	A
Automne	300	26,3	A
Hiver	300	26,2	A
Printemps	300	24,4	B

General Linear Model: (H) versus Saison

Factor	Type	Levels	Values
Saison	fixed	4	A; E; H; P

Analysis of Variance for H1, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Saison	3	171,003	171,003	57,001	29,10	0,000
Error	1196	2342,913	2342,913	1,959		
Total	1199	2513,917				

S = 1,39963 R-Sq = 6,80% R-Sq(adj) = 6,57%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Saison	N	Mean	Grouping
Automne	300	14,4	A
Eté	300	14,3	A
Hiver	300	14,3	A
Printemps	300	13,4	B

General Linear Model: (E) versus Saison

Factor	Type	Levels	Values
Saison	fixed	4	A; E; H; P

Analysis of Variance for E1, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Saison	3	113,580	113,580	37,860	39,30	0,000

Error 1196 1152,300 1152,300 0,963
 Total 1199 1265,880

S = 0,981561 R-Sq = 8,97% R-Sq(adj) = 8,74%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Saison	N	Mean	Grouping
Hiver	300	8,8	A
Eté	300	8,7	A B
Automne	300	8,5	B
Printemps	300	8,0	C

General Linear Model: (Pt-f) versus Saison

Factor	Type	Levels	Values
Saison	fixed	4	A; E; H; P

Analysis of Variance for Pt-f 1, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Saison	3	56,565	56,565	18,855	41,76	0,000
Error	1196	540,046	540,046	0,452		
Total	1199	596,611				

S = 0,671970 R-Sq = 9,48% R-Sq(adj) = 9,25%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Saison	N	Mean	Grouping
Hiver	300	2,3	A
Eté	300	2,3	A
Automne	300	2,2	A
Printemps	300	1,8	B

Site: Sidi Salem

General Linear Model: (L) versus Saison

Factor	Type	Levels	Values
Saison	fixed	4	A; E; H; P

Analysis of Variance for L1_1, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Saison	3	3035,1	3035,1	1011,7	156,62	0,000
Error	1196	7725,6	7725,6	6,5		
Total	1199	10760,8				

S = 2,54157 R-Sq = 28,21% R-Sq(adj) = 28,03%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Saison	N	Mean	Grouping
Hiver	300	25,8	A
Eté	300	25,7	A
Automne	300	25,4	A

Printemps 300 22,0 B

General Linear Model: (H) versus Saison

Factor	Type	Levels	Values
Saison	fixed	4	A; E; H; P

Analysis of Variance for H1_1, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Saison	3	771,01	771,01	257,00	163,47	0,000
Error	1196	1880,29	1880,29	1,57		
Total	1199	2651,30				

S = 1,25385 R-Sq = 29,08% R-Sq(adj) = 28,90%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Saison	N	Mean	Grouping
Hiver	300	14,2	A
Eté	300	14,0	B
Automne	300	13,7	B
Printemps	300	12,2	C

General Linear Model: (E) versus Saison

Factor	Type	Levels	Values
Saison	fixed	4	A; E; H; P

Analysis of Variance for E1_1, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Saison	3	370,01	370,01	123,34	177,48	0,000
Error	1196	831,12	831,12	0,69		
Total	1199	1201,13				

S = 0,833618 R-Sq = 30,81% R-Sq(adj) = 30,63%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Saison	N	Mean	Grouping
Hiver	300	8,7	A
Automne	300	8,3	B
Eté	300	8,3	B
Printemps	300	7,2	C

General Linear Model: (Pt-f) versus Saison

Factor	Type	Levels	Values
Saison	fixed	4	A; E; H; P

Analysis of Variance for Pt-f 1_1, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Saison	3	143,042	143,042	47,681	166,52	0,000
Error	1196	342,458	342,458	0,286		

Total 1199 485,500

S = 0,535104 R-Sq = 29,46% R-Sq(adj) = 29,29%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Saison	N	Mean	Grouping
Hiver	300	2,2	A
Automne	300	2,1	B
Eté	300	1,9	C
Printemps	300	1,3	D

Tableau 4: Paramètres biométriques mesurés chez *D.trunculus* pêché dans deux sites du golfe d'Annaba (El Battah, Sidi Salam) au cours de période (mars 2009 – février 2010): test de corrélation.

Correlations: Longueur; Hauteur; Epaisseur; Poids total frais

Site: El Battah

	L	H	E
H	0,832 0,000		
E	0,778 0,000	0,772 0,000	
Pt-f	0,822 0,000	0,806 0,000	0,806 0,000

Cell Contents: Pearson correlation
P-Value

Site: Sidi Salem

	L	H	E
H	0,874 0,000		
E	0,797 0,000	0,778 0,000	
Pt-f	0,866 0,000	0,841 0,000	0,842 0,000

Cell Contents: Pearson correlation
P-Value

Tableau 5. Paramètres biométriques mesurés chez *D .trunculus* pêché dans deux sites du golfe d'Annaba (El Battah, Sidi Salam) au cours de la période (mars 2009- février 2010): Description des données.

Descriptive Statistics: Longueur (L); Hauteur (H); Epaisseur (E); Poids (Pt-f 1)

Site: El Battah

Variable	N	Mean	StDev	Minimum	Maximum
L	1200	25,785	3,632	15,000	37,000
H	1200	13,844	1,809	4,000	18,000
E	1200	8,3208	1,3087	5,0000	11,0000
Pt-f	1200	2,3129	0,8851	0,4680	4,9720

Site: Sidi Salem

Variable	N	Mean	StDev	Minimum	Maximum
L	1200	25,448	3,379	10,000	35,000
H	1200	13,823	1,697	7,000	22,000
E	1200	8,3458	1,3214	5,0000	19,000
Pt-f	1200	2,1585	0,7740	0,5350	5,0140

Tableau 6: Variation mensuelle des paramètres biométriques mesurés chez *D. trunculus* pêché dans le golfe d'Annaba (El Battah et Sidi Salem) au cours de a période (mars 2010-février 2011): ANOVA à un seul critère de classification suivi du test de HDS de Tukey.

Site: El Battah**General Linear Model: (L) versus mois**

Factor	Type	Levels	Values
Mois	fixed	12	A; At; D; F; J; Jan; Jt; Mai; Mars; N; O; Sep

Analysis of Variance for L, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Mois	11	7497,85	7497,85	681,62	97,35	0,000
Error	1188	8318,05	8318,05	7,00		
Total	1199	15815,90				

S = 2,64608 R-Sq = 47,41% R-Sq(adj) = 46,92%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Mois	N	Mean	Grouping
Mai	100	28,9	A
J	100	28,6	A
A	100	28,4	A
At	100	28,0	A B
Jt	100	27,7	A B
Mars	100	27,0	B
Sep	100	25,5	C
F	100	23,8	D
D	100	23,7	D
Jan	100	23,1	D
N	100	22,9	D E
O	100	21,7	E

General Linear Model: (H) versus mois

Factor	Type	Levels	Values
Mois	fixed	12	A; At; D; F; J; Jan; Jt; Mai; Mars; N; O; Sep

Analysis of Variance for H, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Mois	11	1618,35	1618,35	147,12	75,81	0,000
Error	1188	2305,51	2305,51	1,94		
Total	1199	3923,86				

S = 1,39318 R-Sq = 41,27% R-Sq(adj) = 40,73%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Mois	N	Mean	Grouping
J	100	15,3	A
Mai	100	15,2	A B
A	100	15,2	A B
At	100	15,0	A B
Mars	100	14,6	B C
Jt	100	14,3	C
Sep	100	13,4	D
D	100	13,1	D E
F	100	12,8	D E
N	100	12,6	E F
Jan	100	12,6	E F
O	100	12,1	F

General Linear Model: (E) versus mois

Factor	Type	Levels	Values
Mois	fixed	12	A; At; D; F; J; Jan; Jt; Mai; Mars; N; O; Sep

Analysis of Variance for E, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Mois	11	1022,169	1022,169	92,924	107,04	0,000
Error	1188	1031,310	1031,310	0,868		
Total	1199	2053,479				

S = 0,931722 R-Sq = 49,78% R-Sq(adj) = 49,31%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Mois	N	Mean	Grouping
At	100	9,5	A
J	100	9,4	A
Mai	100	9,4	A
A	100	9,3	A B
Mars	100	8,9	B C
Jt	100	8,7	C
Sep	100	8,1	D
D	100	7,7	D E
F	100	7,4	E F
Jan	100	7,4	E F
N	100	7,2	F
O	100	7,0	F

General Linear Model: (Pt-f) versus mois

Factor	Type	Levels	Values
Mois	fixed	12	A; At; D; F; J; Jan; Jt; Mai; Mars; N; O; Sep

Analysis of Variance for Pt-f, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Mois	11	454,022	454,022	41,275	100,98	0,000
Error	1187	485,172	485,172	0,409		
Total	1198	939,194				

S = 0,639326 R-Sq = 48,34% R-Sq(adj) = 47,86%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Mois	N	Mean	Grouping
Mai	100	3,1	A
J	100	3,1	A
At	100	2,9	A B
A	100	2,9	A B C
Jt	100	2,7	B C
Mars	100	2,6	C
Sep	100	2,2	D
D	100	1,9	E
F	100	1,8	E F
Jan	100	1,6	E F
N	100	1,6	F G
O	100	1,3	G

Site: Sidi Salem**General Linear Model: (L) versus mois**

Factor	Type	Levels	Values
Mois	fixed	12	A; At; D; F; J; Jan; Jt; Mai; Mars; N; O; Sep

Analysis of Variance for L, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Mois	11	6132,76	6132,76	557,52	87,66	0,000
Error	1188	7555,93	7555,93	6,36		
Total	1199	13688,69				

S = 2,52195 R-Sq = 44,80% R-Sq(adj) = 44,29%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Mois	N	Mean	Grouping
At	100	28,5	A
J	100	28,3	A B
Mai	100	27,7	A B
A	100	27,7	A B
Jt	100	27,1	B
Sep	100	25,6	C
Mars	100	25,2	C
O	100	24,0	D
F	100	23,6	D E

Jan	100	23,4	D E
D	100	22,5	E F
N	100	21,9	F

General Linear Model: (H) versus mois

Factor	Type	Levels	Values
Mois	fixed	12	A; At; D; F; J; Jan; Jt; Mai; Mars; N; O; Sep

Analysis of Variance for H, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Mois	11	1407,46	1407,46	127,95	74,30	0,000
Error	1188	2045,73	2045,73	1,72		
Total	1199	3453,19				

S = 1,31225 R-Sq = 40,76% R-Sq(adj) = 40,21%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Mois	N	Mean	Grouping
At	100	15,2	A
J	100	15,2	A
Mai	100	14,9	A
A	100	14,8	A
Jt	100	14,7	A
Sep	100	13,8	B
Mars	100	13,8	B
O	100	13,2	C
Jan	100	12,7	C D
F	100	12,6	D
D	100	12,4	D
N	100	12,4	D

General Linear Model: (E) versus mois

Factor	Type	Levels	Values
Mois	fixed	12	A; At; D; F; J; Jan; Jt; Mai; Mars; N; O; Sep

Analysis of Variance for E, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Mois	11	995,329	995,329	90,484	97,89	0,000
Error	1188	1098,150	1098,150	0,924		
Total	1199	2093,479				

S = 0,961441 R-Sq = 47,54% R-Sq(adj) = 47,06%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Mois	N	Mean	Grouping
At	100	9,6	A
Mai	100	9,3	A
A	100	9,2	A
Jt	100	9,2	A
J	100	9,2	A

Sep	100	8,5	B
Mars	100	8,4	B
O	100	7,8	C
F	100	7,5	C D
Jan	100	7,5	C D
N	100	7,1	D
D	100	7,0	D

General Linear Model: (Pt-f) versus mois

Factor	Type	Levels	Values
Mois	fixed	12	A; At; D; F; J; Jan; Jt; Mai; Mars; N; O; Sep

Analysis of Variance for Pt-f, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Mois	11	320,969	320,969	29,179	87,25	0,0000
Error	1188	397,318	397,318	0,334		
Total	1199	718,287				

S = 0,578310 R-Sq = 44,69% R-Sq(adj) = 44,17%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Mois	N	Mean	Grouping
At	100	3,0	A
Mai	100	2,8	A
A	100	2,8	A
Jt	100	2,7	A
Sep	100	2,2	A
Mars	100	2,1	A
J	100	2,0	A
O	100	1,9	A
F	100	1,7	A
Jan	100	1,6	A
D	100	1,5	A
N	100	1,5	A

Tableau 7: Variation saisonnières des paramètres biométriques mesurés chez *D. trunculus* pêché dans le site d'Annaba au cours de période (mars 2010 – février 2011) : ANOVA à seul critères de classification suivi du test de HDS de Tukey.

Site: El Battah**General Linear Model: (L) versus Saison**

Factor	Type	Levels	Values
Saison	fixed	4	A; E; H; P

Analysis of Variance for L2, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Saison	3	6490,2	6490,2	2163,4	277,45	0,000
Error	1196	9325,7	9325,7	7,8		
Total	1199	15815,9				

S = 2,79238 R-Sq = 41,04% R-Sq(adj) = 40,89%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Saison	N	Mean	Grouping
Eté	300	28,1	A
Printemps	300	28,1	A
Hiver	300	23,5	B
Automne	300	23,4	B

General Linear Model: (H) versus Saison

Factor	Type	Levels	Values
Saison	fixed	4	A; E; H; P

Analysis of Variance for H2, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Saison	3	1436,90	1436,90	478,97	230,34	0,000
Error	1196	2486,96	2486,96	2,08		
Total	1199	3923,86				

S = 1,44201 R-Sq = 36,62% R-Sq(adj) = 36,46%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Saison	N	Mean	Grouping
Printemps	300	15,0	A
Eté	300	14,9	A
Hiver	300	12,8	B
Automne	300	12,7	B

General Linear Model: (E) versus Saison

Factor	Type	Levels	Values
Saison	fixed	4	A; E; H; P

Analysis of Variance for E2, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Saison	3	883,34	883,34	294,45	284,81	0,000
Error	1196	1236,47	1236,47	1,03		
Total	1199	2119,81				

S = 1,01678 R-Sq = 41,67% R-Sq(adj) = 41,52%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Saison	N	Mean	Grouping
Eté	300	9,2	A
Printemps	300	9,2	A
Hiver	300	7,5	B
Automne	300	7,4	B

General Linear Model: (Pt-f) versus Saison

Factor	Type	Levels	Values
Saison	fixed	4	A; E; H; P

Analysis of Variance for Pt-f 2, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Saison	3	387,44	387,44	129,15	279,93	0,000
Error	1196	551,79	551,79	0,46		
Total	1199	939,23				

S = 0,679236 R-Sq = 41,25% R-Sq(adj) = 41,10%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Saison	N	Mean	Grouping
Eté	300	2,9	A
Printemps	300	2,8	A
Hiver	300	1,8	B
Automne	300	1,7	B

Site: Sidi Salem**General Linear Model: (L) versus Saison**

Factor	Type	Levels	Values
Saison	fixed	4	A; E; H; P

Analysis of Variance for L2_1, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Saison	3	4881,0	4881,0	1627,0	220,93	0,000
Error	1196	8807,7	8807,7	7,4		
Total	1199	13688,7				

S = 2,71372 R-Sq = 35,66% R-Sq(adj) = 35,50%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Saison	N	Mean	Grouping
Eté	300	28,0	A
Printemps	300	26,9	B
Automne	300	23,8	C
Hiver	300	23,2	D

General Linear Model: (H) versus Saison

Factor	Type	Levels	Values
Saison	fixed	4	A; E; H; P

Analysis of Variance for H2_1, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Saison	3	1212,11	1212,11	404,04	215,62	0,000
Error	1196	2241,08	2241,08	1,87		
Total	1199	3453,19				

S = 1,36887 R-Sq = 35,10% R-Sq(adj) = 34,94%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Saison	N	Mean	Grouping
Eté	300	15,1	A
Printemps	300	14,5	B
Automne	300	13,1	C
Hiver	300	12,6	D

General Linear Model: (E) versus Saison

Factor	Type	Levels	Values
Saison	fixed	4	A; E; H; P

Analysis of Variance for E2_1, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Saison	3	814,52	814,52	271,51	253,89	0,000
Error	1196	1278,96	1278,96	1,07		
Total	1199	2093,48				

S = 1,03410 R-Sq = 38,91% R-Sq(adj) = 38,75%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Saison	N	Mean	Grouping
E	300	9,3	A
P	300	8,9	B
A	300	7,8	C
H	300	7,3	D

General Linear Model: (Pt-f) versus Saison

Factor	Type	Levels	Values
Saison	fixed	4	A; E; H; P

Analysis of Variance for Pt-f 2_1, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Saison	3	210,595	210,595	210,595	165,37	0,000
Error	1196	507,692	507,692	507,692		
Total	1199	718,287				

S = 0,651530 R-Sq = 29,32% R-Sq(adj) = 29,14%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Saison	N	Mean	Grouping
E	300	2,6	A
P	300	2,6	A

A	300	1,9	B
H	300	1,6	C

Tableau 8: Paramètres biométriques mesurés chez *D. trunculus* pêché dans deux sites du golfe d'Annaba (El Battah, Sidi Salam) au cours de période (mars 2010 – février 2011): test de corrélation.

Site: El Battah

Correlations: Longueur; Hauteur; Epaisseur; Poids total frais

	L	H	E
H	0,791 0,000		
E	0,823 0,000	0,787 0,000	
Pt-f	0,891 0,000	0,827 0,000	0,882 0,000

Cell Contents: Pearson correlation
P-Value

Site: Sidi Salem

Correlations: Longueur; Hauteur; Epaisseur; Poids total frais

	L	H	E
H	0,848 0,000		
E	0,833 0,000	0,765 0,000	
Pt-f	0,851 0,017	0,782 0,044	0,814 0,031

Cell Contents: Pearson correlation
P-Value

Tableau 9: Variation annuelle par mois des paramètres biométriques mesurés chez *D. trunculus* pêché dans le golfe d'Annaba (El Battah, Sidi Salam) au cours de période (mars 2009 – février 2011): ANOVA à un seul critère de classification suivi du test de HDS de Tukey. (L:longueur , H: Hauteur, E: épaisseur, P ou pt-f: poids, de 1à 12: mois)

Site: El Battah

General Linear Model: L/mars versus Année

Factor	Type	Levels	values
Année	fixed	2	2009-2010;2010-2011

Analysis of Variance for L, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Année	1	869,45	869,45	869,45	118,67	0,000
Error	198	1450,71	1450,71	7,33		
Total	199	2320,16				

S = 2,70681 R-Sq = 37,47% R-Sq(adj) = 37,16%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Année	N	Mean	Grouping
2010-2011	100	27,0	A
2009-2010	100	22,8	B

General Linear Model: L/avril versus Année

Factor	Type	Levels	Values
Année	fixed	2	2009-2010;2010-2011

Analysis of Variance for L, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Année	1	1940,6	1940,6	1940,6	395,22	0,000
Error	198	972,35	972,35	4,9		
Total	199	2912,36				

S = 2,14305 R-Sq = 66,62% R-Sq(adj) = 66,45%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Année	N	Mean	Grouping
2010-2011	100	27,7	A
2009-2010	100	21,5	B

General Linear Model: L/mai versus Année

Factor	Type	Levels	Values
Année	fixed	2	2009-2010;2010-2011

Analysis of Variance for L, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Année	1	264,50	264,50	264,50	61,70	0,000
Error	198	848,78	848,78	4,29		
Total	199	1113,28				

S = 2,07045 R-Sq = 23,76% R-Sq(adj) = 23,37%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Année	N	Mean	Grouping
2010-2011	100	27,7	A
2009-2010	100	25,4	B

General Linear Model: L/juin versus Année

Factor	Type	Levels	Values
Année	fixed	2	2009-2010; 2010-2011

Analysis of Variance for L, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Année	1	994,58	994,58	994,58	232,74	0,000
Error	198	846,14	846,14	4,27		
Total	199	1840,72				

S = 2,06723 R-Sq = 54,03% R-Sq(adj) = 53,80%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Année	N	Mean	Grouping
2010-2011	100	28,7	A
2009-2010	100	24,2	B

General Linear Model: L/juillet versus Année

Factor	Type	Levels	Values
Année	fixed	2	2009-2010; 2010-2011

Analysis of Variance for L, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Année	1	167,45	167,45	167,45	32,21	0,000
Error	198	1029,35	1029,35	5,20		
Total	199	1196,79				

S = 2,28007 R-Sq = 13,99% R-Sq(adj) = 13,56%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Année	N	Mean	Grouping
2009-2010	100	28,0	A
2010-2011	100	26,2	B

General Linear Model: L/août versus Année

Factor	Type	Levels	Values
Année	fixed	2	2009-2010; 2010-2011

Analysis of Variance for L, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Année	1	167,45	167,45	167,45	32,21	0,000
Error	198	1029,35	1029,35	5,20		
Total	199	1196,79				

S = 2,28007 R-Sq = 13,99% R-Sq(adj) = 13,56%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Année	N	Mean	Grouping
2010-2011	100	28,0	A
2009-2010	100	26,2	B

General Linear Model: L/septembre versus Année

Factor	Type	Levels	Values
Année	fixed	2	2009-2010; 2010-2011

Analysis of Variance for L, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Année	1	39,61	19,85	19,85	1,28	0,259
Error	198	3711,55	3068,31	15,50		
Total	199	3751,15				

S = 3,32957 R-Sq = 0,64% R-Sq(adj) = 0,14%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Année	N	Mean	Grouping
2009-2010	100	26,1	A
2010-2011	100	25,5	A

General Linear Model: L/octobre versus Année

Factor	Type	Levels	Values
Année	fixed	2	2009-2010; 2010-2011

Analysis of Variance for L, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Année	1	1008,0	1008,0	1008,0	32,21	0,000
Error	198	1839,0	1839,0	9,3		
Total	199	2847,0				

S = 3,04756 R-Sq = 35,41% R-Sq(adj) = 35,08%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Année	N	Mean	Grouping
2009-2010	100	28,0	A
2010-2011	100	26,2	B

General Linear Model: L/novembre versus Année

Factor	Type	Levels	Values
Année	fixed	2	2009-2010; 2010-2011

Analysis of Variance for L, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Année	1	644,41	644,41	644,41	94,37	0,000
Error	198	1351,99	1351,99	6,83		
Total	199	1996,40				

S = 2,87240 R-Sq = 32,28% R-Sq(adj) = 31,94%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Année	N	Mean	Grouping
2009-2010	100	26,5	A
2010-2011	100	22,9	B

General Linear Model: L/décembre versus Année

Factor	Type	Levels	Values
Année	fixed	2	2009-2010; 2010-2011

Analysis of Variance for L, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Année	1	32,805	32,805	32,805	49,78	0,000
Error	198	1197,350	1197,350	6,047		
Total	199	1230,155				

S = 2,45911 R-Sq = 20,67% R-Sq(adj) = 19,69%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Année	N	Mean	Grouping
2009-2010	100	26,5	A
2010-2011	100	23,7	B

General Linear Model: L/janvier versus Année

Factor	Type	Levels	Values
Année	fixed	2	2009-2010; 2010-2011

Analysis of Variance for L, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Année	1	27460	27460	27460	39,72	0,000
Error	198	975	975	5		
Total	199	28435				

S = 2,21933 R-Sq = 16,71% R-Sq(adj) = 16,29%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Année	N	Mean	Grouping
2010-2011	100	25,1	A
2009-2010	100	23,1	B

General Linear Model: L/février versus Année

Factor	Type	Levels	Values
Année	fixed	2	2009-2010; 2010-2011

Analysis of Variance for L, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
--------	----	--------	--------	--------	---	---

Année	1	508,81	508,81	508,81	88,19	0,000
Error	198	1142,35	1142,35	5,77		
Total	199	5161,16				

S = 1,61883 R-Sq = 0,00% R-Sq(adj) = 0,00%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Année	N	Mean	Grouping
2010-2011	100	27,0	A
2009-2010	100	23,8	B

Site: Sidi Salem

General Linear Model: L/mars versus Année

Factor	Type	Levels	Values
Année	fixed	2	2009-2010; 2010-2011

Analysis of Variance for L, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Année	1	844,61	844,61	844,61	146,75	0,000
Error	198	1139,55	1139,55	5,76		
Total	199	1984,16				

S = 2,39902 R-Sq = 42,57% R-Sq(adj) = 42,28%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Année	N	Mean	Grouping
2010-2011	100	25,2	A
2009-2010	100	21,1	B

General Linear Model: L/avril versus Année

Factor	Type	Levels	Values
Année	fixed	2	2009-2010; 2010-2011

Analysis of Variance for L, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Année	1	1997,1	1997,1	1997,1	415,06	0,000
Error	198	952,7	952,7	4,8		
Total	199	2949,8				

S = 2,19354 R-Sq = 67,70% R-Sq(adj) = 67,54%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Année	N	Mean	Grouping
2010-2011	100	27,7	A
2009-2010	100	21,4	B

General Linear Model: L/mai versus Année

Factor	Type	Levels	Values
Année	fixed	2	2009-2010; 2010-2011

Analysis of Variance for L, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Année	1	1495,5	1495,5	1495,5	172,88	0,000
Error	198	1028,1	1028,1	5,20		
Total	199	2523,6				

S = 2,27873 R-Sq = 59,26% R-Sq(adj) = 46,34%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Année	N	Mean	Grouping
2010-2011	100	27,7	A
2009-2010	100	23,5	B

General Linear Model: L/juin versus Année

Factor	Type	Levels	Values
Année	fixed	2	2009-2010; 2010-2011

Analysis of Variance for L, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Année	1	102,25	102,25	102,25	19,44	0,000
Error	198	1041,51	1041,51	5,26		
Total	199	1143,75				

S = 2,29350 R-Sq = 8,94% R-Sq(adj) = 8,48%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Année	N	Mean	Grouping
2010-2011	100	28,3	A
2009-2010	100	26,8	B

General Linear Model: L/juillet versus Année

Factor	Type	Levels	Values
Année	fixed	2	2009-2010; 2010-2011

Analysis of Variance for L, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Année	1	169,28	169,28	169,28	44,15	0,007
Error	198	759,20	759,20	3,83		
Total	199	928,48				

S = 1,92539 R-Sq = 18,23% R-Sq(adj) = 17,82%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Année	N	Mean	Grouping
2010-2011	100	28,7	A
2009-2010	100	25,3	B

General Linear Model: L/août versus Année

Factor	Type	Levels	Values
Année	fixed	2	2009-2010; 2010-2011

Analysis of Variance for L, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Année	1	257,65	257,65	257,65	77,98	0,000
Error	198	654,23	654,23	3,30		
Total	199	911,87				

S = 1,83147 R-Sq = 28,25% R-Sq(adj) = 27,89%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Année	N	Mean	Grouping
2010-2011	100	28,5	A
2009-2010	100	26,2	B

General Linear Model: L/septembre versus Année

Factor	Type	Levels	Values
Année	fixed	2	2009-2010; 2010-2011

Analysis of Variance for L, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Année	1	10,58	10,58	10,58	0,97	0,325
Error	198	2149,64	2149,64	10,86		
Total	199	2160,22				

S = 3,29496 R-Sq = 0,49% R-Sq(adj) = 0,00%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Année	N	Mean	Grouping
2010-2011	100	25,6	A
2009-2010	100	25,1	A

General Linear Model: L/octobre versus Année

Factor	Type	Levels	Values
Année	fixed	2	2009-2010; 2010-2011

Analysis of Variance for L, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Année	1	253,12	253,12	253,12	17,28	0,000
Error	198	2899,67	2899,67	14,64		
Total	199	3152,79				

S = 3,67899 R-Sq = 8,03% R-Sq(adj) = 7,56%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Année	N	Mean	Grouping
2010-2011	100	26,2	A
2009-2010	100	24,0	B

General Linear Model: L/novembre versus Année

Factor	Type	Levels	Values
Année	fixed	2	2009-2010; 2010-2011

Analysis of Variance for L, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
--------	----	--------	--------	--------	---	---

Année	1	1062,6	1062,6	1062,6	165,72	0,000
Error	198	1269,5	1269,5	6,4		
Total	199	2332,2				

S = 2,53217 R-Sq = 45,56% R-Sq(adj) = 45,29%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Année	N	Mean	Grouping
2009-2010	100	26,5	A
2010-2011	100	21,9	B

General Linear Model: L/décembre versus Année

Factor	Type	Levels	Values
Année	fixed	2	2009-2010; 2010-2011

Analysis of Variance for L, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Année	1	499,28	499,28	499,28	107,29	0,000
Error	198	921,44	921,44	4,65		
Total	199	1420,72				

S = 2,15725 R-Sq = 35,14% R-Sq(adj) = 34,82%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Année	N	Mean	Grouping
2009-2010	100	25,7	A
2010-2011	100	22,5	B

General Linear Model: L/janvier versus Année

Factor	Type	Levels	Values
Année	fixed	2	2009-2010; 2010-2011

Analysis of Variance for L, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Année	1	259,92	259,92	259,92	51,06	0,000
Error	198	1008,00	1008,00	5,09		
Total	199	1267,92				

S = 2,25630 R-Sq = 20,50% R-Sq(adj) = 20,10%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Année	N	Mean	Grouping
2009-2010	100	25,7	A
2010-2011	100	23,4	B

General Linear Model: L/février versus Année

Factor	Type	Levels	Values
Année	fixed	2	2009-2010; 2010-2011

Analysis of Variance for L, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
--------	----	--------	--------	--------	---	---

Année	1	244,21	244,21	244,21	36,60	0,000
Error	198	1320,95	1320,95	6,67		
Total	199	1565,16				

S = 2,58292 R-Sq = 15,60% R-Sq(adj) = 15,18%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Année	N	Mean	Grouping
2009-2010	100	25,8	A
2010-2011	100	23,6	B

Site: El Battah

General Linear Model: H/mars versus Année

Factor	Type	Levels	Values
Année	fixed	2	2009-2010;2010-2011

Analysis of Variance for H, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Année	1	235,44	235,44	235,44	95,86	0,000
Error	198	486,31	486,31	2,46		
Total	199	721,75				

S = 1,56720 R-Sq = 32,62% R-Sq(adj) = 32,28%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Année	N	Mean	Grouping
2010-2011	100	14,6	A
2009-2010	100	12,4	B

General Linear Model: H/avril versus Année

Factor	Type	Levels	Values
Année	fixed	2	2009-2010;2010-2011

Analysis of Variance for H, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Année	1	47,045	47,045	47,045	36,00	0,000
Error	198	258,750	258,750	1,307		
Total	199	305,795				

S = 1,36222 R-Sq = 15,38% R-Sq(adj) = 14,96%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Année	N	Mean	Grouping
2010-2011	100	14,8	A
2009-2010	100	13,9	B

General Linear Model: H/mai versus Année

Factor	Type	Levels	Values
Année	fixed	2	2009-2010;2010-2011

Analysis of Variance for H, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Année	1	295,25	295,25	295,25	223,44	0,000
Error	198	261,63	261,63	1,32		
Total	199	556,88				

S = 0,14951 R-Sq = 53,02% R-Sq(adj) = 52,78%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Année	N	Mean	Grouping
2010-2011	100	15,2	A
2009-2010	100	12,8	B

General Linear Model: H/juin versus Année

Factor	Type	Levels	Values
Année	fixed	2	2009-2010;2010-2011

Analysis of Variance for H, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Année	1	246,42	246,42	246,42	213,29	0,000
Error	198	228,76	228,76	1,16		
Total	199	475,18				

S = 1,07487 R-Sq = 51,86% R-Sq(adj) = 51,62

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Année	N	Mean	Grouping
2010-2011	100	15,3	A
2009-2010	100	13,1	B

General Linear Model: H/juillet versus Année

Factor	Type	Levels	Values
Année	fixed	2	2009-2010;2010-2011

Analysis of Variance for H, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Année	1	92,480	92,480	92,480	56,38	0,000
Error	198	324,800	324,800	1,640		
Total	199	417,280				

S = 1,28078 R-Sq = 22,16% R-Sq(adj) = 21,77%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Année	N	Mean	Grouping
2009-2010	100	15,6	A
2010-2011	100	14,3	B

General Linear Model: H/août versus Année

Factor	Type	Levels	Values
Année	fixed	2	2009-2010;2010-2011

Analysis of Variance for H, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
--------	----	--------	--------	--------	---	---

Année	1	31,205	31,205	31,205	25,31	0,000
Error	198	244,150	244,150	1,233		
Total	199	275,355				

S = 1,11044 R-Sq = 11,33% R-Sq(adj) = 10,88%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Année	N	Mean	Grouping
2010-2011	100	15,0	A
2009-2010	100	14,2	B

General Linear Model: H/septembre versus Année

Factor	Type	Levels	Values
Année	fixed	2	2009-2010;2010-2011

Analysis of Variance for H, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Année	1	36,125	36,125	36,125	9,37	0,003
Error	198	763,430	763,430	3,856		
Total	199	799,555				

S = 1,96360 R-Sq = 4,52% R-Sq(adj) = 4,04%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Année	N	Mean	Grouping
2009-2010	100	14,3	A
2010-2011	100	13,4	B

General Linear Model: H/octobre versus Année

Factor	Type	Levels	Values
Année	fixed	2	2009-2010;2010-2011

Analysis of Variance for H, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Année	1	280,85	280,85	280,85	167,11	0,000
Error	198	332,75	332,75	1,68		
Total	199	613,60				

S = 1,01995 R-Sq = 45,77% R-Sq(adj) = 45,50%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Année	N	Mean	Grouping
2010-2011	100	14,5	A
2009-2010	100	12,1	B

General Linear Model: H/novembre versus Année

Factor	Type	Levels	Values
Année	fixed	2	2009-2010;2010-2011

Analysis of Variance for H, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Année	1	147,92	147,92	147,92	91,65	0,000
Error	198	319,58	319,58	1,61		

Total 199 467,50

S = 1,27045 R-Sq = 31,64% R-Sq(adj) = 31,30%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Année	N	Mean	Grouping
2009-2010	100	14,3	A
2010-2011	100	12,6	B

General Linear Model: H/décembre versus Année

Factor	Type	Levels	Values
Année	fixed	2	2009-2010; 2010-2011

Analysis of Variance for H, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Année	1	63,845	63,845	63,845	33,00	0,000
Error	198	383,030	383,030	1,934		
Total	199	446,875				

S = 1,39086 R-Sq = 14,29% R-Sq(adj) = 13,85%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Année	N	Mean	Grouping
2009-2010	100	14,2	A
2010-2011	100	13,1	B

General Linear Model: H/janvier versus Année

Factor	Type	Levels	Values
Année	fixed	2	2009-2010; 2010-2011

Analysis of Variance for H, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Année	1	84,500	84,500	84,500	75,82	0,000
Error	198	66,2	66,2	1,115		
Total	199	6309,1				

S = 1,057226 R-Sq = 27,69% R-Sq(adj) = 27,32%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Année	N	Mean	Grouping
2010-2011	100	13,9	A
2009-2010	100	12,6	B

General Linear Model: H/février versus Année

Factor	Type	Levels	Values
Année	fixed	2	2009-2010; 2010-2011

Analysis of Variance for H, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Année	1	192,08	192,08	192,08	133,73	0,000
Error	198	284,40	284,40	1,44		
Total	199	476,48				

S = 1,19848 R-Sq = 40,31% R-Sq(adj) = 40,01%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Année	N	Mean	Grouping
2009-2010	100	14,7	A
2010-2011	100	12,8	B

Site: Sidi Salem

General Linear Model: H/mars versus Année

Factor	Type	Levels	Values
Année	fixed	2	2009-2010; 2010-2011

Analysis of Variance for H, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Année	1	180,50	180,50	180,50	89,11	0,000
Error	198	401,08	401,08	2,03		
Total	199	581,58				

S = 1,42326 R-Sq = 31,04% R-Sq(adj) = 30,69%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Année	N	Mean	Grouping
A2	100	13,8	A
A1	100	11,9	B

General Linear Model: H/avril versus Année

Factor	Type	Levels	Values
Année	fixed	2	2009-2010; 2010-2011

Analysis of Variance for H, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Année	1	471,25	471,25	471,25	403,66	0,000
Error	198	231,15	231,15	1,17		
Total	199	702,40				

S = 1,08047 R-Sq = 67,09% R-Sq(adj) = 66,92%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Année	N	Mean	Grouping
A2	100	14,8	A
A1	100	11,8	B

General Linear Model: H/mai versus Année

Factor	Type	Levels	Values
Année	fixed	2	2009-2010; 2010-2011

Analysis of Variance for H, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
--------	----	--------	--------	--------	---	---

Année	1	210,25	210,25	210,25	162,68	0,000
Error	198	255,75	255,75	1,29		
Total	199	465,88				

S = 1,14951 R-Sq = 45,10% R-Sq(adj) = 44,83%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Année	N	Mean	Grouping
A2	100	14,9	A
A1	100	12,8	B

General Linear Model: H/juin versus Année

Factor	Type	Levels	Values
Année	fixed	2	2009-2010; 2010-2011

Analysis of Variance for H, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Année	1	5,780	5,780	5,780	4,03	0,046
Error	198	283,900	283,900	1,434		
Total	199	289,680				

S = 1,19743 R-Sq = 2,00% R-Sq(adj) = 1,50%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Année	N	Mean	Grouping
A2	100	15,2	A
A1	100	14,9	B

General Linear Model: H/juillet versus Année

Factor	Type	Levels	Values
Année	fixed	2	2009-2010; 2010-2011

Analysis of Variance for H, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Année	1	47,045	47,045	47,045	41,45	0,000
Error	198	224,710	224,710	1,135		
Total	199	271,755				

S = 1,06532 R-Sq = 17,31% R-Sq(adj) = 16,89%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Année	N	Mean	Grouping
A2	100	14,7	A
A1	100	13,7	B

General Linear Model: H/août versus Année

Factor	Type	Levels	Values
Année	fixed	2	2009-2010; 2010-2011

Analysis of Variance for H, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Année	1	52,020	52,020	52,020	65,44	0,000

Error 198 157,400 157,400 0,795
 Total 199 209,875

S = 0,86087 R-Sq = 24,84% R-Sq(adj) = 24,46%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Année	N	Mean	Grouping
A2	100	15,2	A
A1	100	14,2	B

General Linear Model: H/septembre versus Année

Factor	Type	Levels	Values
Année	fixed	2	2009-2010; 2010-2011

Analysis of Variance for H, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Année	1	12,005	12,005	12,005	4,68	0,032
Error	198	508,190	508,190	2,567		
Total	199	520,195				

S = 1,60207 R-Sq = 2,31% R-Sq(adj) = 1,81%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Année	N	Mean	Grouping
A1	100	13,8	A
A2	100	13,4	B

General Linear Model: H/octobre versus Année

Factor	Type	Levels	Values
Année	fixed	2	2009-2010; 2010-2011

Analysis of Variance for C34, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Année	1	81,92	81,92	81,920	30,32	0,000
Error	198	534,960	534,960	2,702		
Total	199	616,880				

S = 1,64124 R-Sq = 13,28% R-Sq(adj) = 12,84%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Année	N	Mean	Grouping
A1	100	14,5	A
A2	100	13,2	B

General Linear Model: H/novembre versus Année

Factor	Type	Levels	Values
Année	fixed	2	2009-2010; 2010-2011

Analysis of Variance for H, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Année	1	180,50	180,50	180,50	82,05	0,000
Error	198	435,58	435,58	2,20		
Total	199	616,08				

S = 1,48321 R-Sq = 29,30% R-Sq(adj) = 28,94%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Année	N	Mean	Grouping
A1	100	14,3	A
A2	100	12,4	B

General Linear Model: H/décembre versus Année

Factor	Type	Levels	Values
Année	fixed	2	2009-2010; 2010-2011

Analysis of Variance for H, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Année	1	109,52	109,52	109,52	117,85	0,000
Error	198	184,00	184,00	0,93		
Total	199	293,52				

S = 0,96132 R-Sq = 37,31% R-Sq(adj) = 37,00%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Année	N	Mean	Grouping
A1	100	13,9	A
A2	100	12,4	B

General Linear Model: H/janvier versus Année

Factor	Type	Levels	Values
Année	fixed	2	2009-2010; 2010-2011

Analysis of Variance for H, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Année	1	137,78	137,78	137,78	84,71	0,000
Error	198	322,04	322,04	1,63		
Total	199	459,82				

S = 1,27946 R-Sq = 29,96% R-Sq(adj) = 29,61%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Année	N	Mean	Grouping
A1	100	14,4	A
A2	100	12,7	B

General Linear Model: H/février versus Année

Factor	Type	Levels	Values
Année	fixed	2	2009-2010; 2010-2011

Analysis of Variance for H, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Année	1	163,81	163,81	163,81	100,79	0,000
Error	198	321,79	321,79	1,63		
Total	199	485,60				

S = 1,27483 R-Sq = 33,73% R-Sq(adj) = 33,40%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Année	N	Mean	Grouping
A2	100	14,4	A
A1	100	12,5	A

Site: El Battah

General Linear Model: E/mars versus Année

Factor	Type	Levels	Values
Année	fixed	2	2009-2010; 2010-2011

Analysis of Variance for E, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Année	1	126,40	126,40	126,40	149,20	0,000
Error	198	167,75	167,75	0,85		
Total	199	294,15				

S = 0,920447 R-Sq = 42,97% R-Sq(adj) = 42,68%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Année	N	Mean	Grouping
2010-2011	100	8,9	A
2009-2010	100	7,3	B

General Linear Model: E/avril versus Année

Factor	Type	Levels	Values
Année	fixed	2	2009-2010; 2010-2011

Analysis of Variance for E, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Année	1	35,280	35,280	35,280	79,09	0,000
Error	198	195,200	195,200	0,986		
Total	199	230,480				

S = 0,747386 R-Sq = 28,54% R-Sq(adj) = 18,18%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Année	N	Mean	Grouping
2010-2011	100	9,3	A
2009-2010	100	8,3	B

General Linear Model: E/mai versus Année

Factor	Type	Levels	Values
Année	fixed	2	2009-2010; 2010-2011

Analysis of Variance for E, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Année	1	146,20	146,20	146,20	275,20	0,000

Error	198	105,19	105,19	0,53
Total	199	251,40		

S = 0,728878 R-Sq = 58,16% R-Sq(adj) = 57,95%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Année	N	Mean	Grouping
2010-2011	100	9,4	A
2009-2010	100	7,7	B

General Linear Model: E/juin versus Année

Factor	Type	Levels	Values
Année	fixed	2	2009-2010; 2010-2011

Analysis of Variance for E, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Année	1	121,68	121,68	121,68	244,84	0,000
Error	198	98,40	98,40	0,50		
Total	199	220,08				

S = 0,704961 R-Sq = 55,29% R-Sq(adj) = 55,06%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Année	N	Mean	Grouping
2010-2011	100	9,4	A
2009-2010	100	7,9	B

General Linear Model: E/juillet versus Année

Factor	Type	Levels	Values
Année	fixed	2	2009-2010; 2010-2011

Analysis of Variance for E, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Année	1	52,020	52,020	52,020	71,15	0,000
Error	198	144,760	144,760	0,731		
Total	199	196,780				

S = 0,855050 R-Sq = 26,44% R-Sq(adj) = 26,06%

rouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Année	N	Mean	Grouping
2009-2010	100	9,7	A
2010-2011	100	8,7	B

General Linear Model: E/août versus Année

Factor	Type	Levels	Values
Année	fixed	2	2009-2010; 2010-2011

Analysis of Variance for E, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Année	1	49,005	49,005	49,005	57,80	0,000
Error	198	167,870	167,870	0,848		
Total	199	216,875				

S = 0,920776 R-Sq = 22,60% R-Sq(adj) = 22,21%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Année	N	Mean	Grouping
A2	100	9,5	A
A1	100	8,5	B

General Linear Model: E/septembre versus Année

Factor	Type	Levels	Values
Année	fixed	2	2009-2010; 2010-2011

Analysis of Variance for E, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Année	1	9,680	9,680	9,680	4,89	0,028
Error	198	391,740	391,740	1,978		
Total	199	401,420				

S = 1,40659 R-Sq = 2,41% R-Sq(adj) = 1,92%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Année	N	Mean	Grouping
2009-2010	100	8,5	A
2010-2011	100	8,0	B

General Linear Model: E/octobre versus Année

Factor	Type	Levels	Values
Année	fixed	2	2009-2010; 2010-2011

Analysis of Variance for E, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Année	1	2782,6	2782,6	2782,6	1947,37	0,000
Error	198	282,9	282,9	1,4		
Total	199	3065,5				

S = 1,19536 R-Sq = 90,77% R-Sq(adj) = 90,72%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Année	N	Mean	Grouping
2009-2010	100	8,6	A
2010-2011	100	7,0	B

General Linear Model: E/novembre versus Année

Factor	Type	Levels	Values
Année	fixed	2	2009-2010; 2010-2011

Analysis of Variance for E, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Année	1	123,25	123,25	123,25	156,28	0,000
Error	198	156,15	156,15	0,79		
Total	199	227,120				

S = 0,816187 R-Sq = 44,11% R-Sq(adj) = 43,83%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Année	N	Mean	Grouping
2009-2010	100	8,6	A
2010-2011	100	7,2	B

General Linear Model: E/décembre versus Année

Factor	Type	Levels	Values
Année	fixed	2	2009-2010; 2010-2011

Analysis of Variance for E, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Année	1	68,445	68,445	68,445	64,67	0,000
Error	198	209,550	209,550	1,058		
Total	199	277,995				

S = 1,02875 R-Sq = 24,62% R-Sq(adj) = 24,24%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Année	N	Mean	Grouping
2009-2010	100	8,8	A
2010-2011	100	7,7	B

General Linear Model: E/janvier versus Année

Factor	Type	Levels	Values
Année	fixed	2	2009-2010; 2010-2011

Analysis of Variance for E, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Année	1	69,620	69,620	69,620	102,96	0,000
Error	198	133,880	133,880	0,676		
Total	199	203,500				

S = 0,822290 R-Sq = 34,21% R-Sq(adj) = 33,88%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Année	N	Mean	Grouping
2009-2010	100	8,5	A
2010-2011	100	7,4	B

General Linear Model: E/février versus Année

Factor	Type	Levels	Values
Année	fixed	2	2009-2010; 2010-2011

Analysis of Variance for E, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Année	1	115,52	115,52	115,52	162,82	0,000
Error	198	140,48	140,48	0,71		
Total	199	256,00				

S = 0,842315 R-Sq = 45,13% R-Sq(adj) = 44,85%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Année	N	Mean	Grouping
2009-2010	100	9,0	A
2010-2011	100	7,4	B

Site: Sidi Salem

General Linear Model: E/mars versus Année

Factor	Type	Levels	Values
Année	fixed	2	2009-2010; 2010-2011

Analysis of Variance for E, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Année	1	103,68	103,68	103,68	148,33	0,000
Error	198	138,40	138,40	0,70		
Total	199	242,08				

S = 0,760056 R-Sq = 42,83% R-Sq(adj) = 42,54%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Année	N	Mean	Grouping
2010-2011	100	8,4	A
2009-2010	100	6,9	B

General Linear Model: E/avril versus Année

Factor	Type	Levels	Values
Année	fixed	2	2009-2010; 2010-2011

Analysis of Variance for E, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Année	1	259,92	255,38	255,38	441,16	0,000
Error	198	114,62	114,62	0,58		
Total	199	370,00				

S = 0,5301 R-Sq = 69,02% R-Sq(adj) = 68,87%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Année	N	Mean	Grouping
2010-2011	100	9,2	A
2009-2010	100	7,0	B

General Linear Model: E/mai versus Année

Factor	Type	Levels	Values
Année	fixed	2	A1; A2

Analysis of Variance for C1, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Année	1	121,68	121,68	121,68	245,24	0,000
Error	198	98,24	98,24	0,50		
Total	199	219,92				

S = 0,704387 R-Sq = 55,33% R-Sq(adj) = 55,10%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Année	N	Mean	Grouping
A2	100	9,3	A
A1	100	7,7	B

General Linear Model: E/juin versus Année

Factor	Type	Levels	Values
Année	fixed	2	A1; A2

Analysis of Variance for juin, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Année	1	10,580	10,580	10,580	7,57	0,006
Error	198	276,700	276,700	1,397		
Total	199	287,280				

S = 1,18215 R-Sq = 3,68% R-Sq(adj) = 3,20%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Année	N	Mean	Grouping
A2	100	9,2	A
A1	100	8,7	B

General Linear Model: E/juillet versus Année

Factor	Type	Levels	Values
Année	fixed	2	2009-2010; 2010-2011

Analysis of Variance for E, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Année	1	72,000	72,000	72,000	138,25	0,000
Error	198	103,120	103,120	0,521		
Total	199	175,120				

S = 0,721670 R-Sq = 41,11% R-Sq(adj) = 40,82%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Année	N	Mean	Grouping
A2	100	9,2	A
A1	100	8,0	B

General Linear Model: E/août versus Année

Factor	Type	Levels	Values
Année	fixed	2	2009-2010; 2010-2011

Analysis of Variance for E, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Année	1	62,720	62,720	62,720	102,67	0,000
Error	198	120,96	120,96	0,611		
Total	199	183,78				

S = 0,674050 R-Sq = 34,12% R-Sq(adj) = 33,90%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Année	N	Mean	Grouping
A2	100	9,6	A
A1	100	8,5	B

General Linear Model: E/septembre versus Année

Factor	Type	Levels	Values
Année	fixed	2	2009-2010; 2010-2011

Analysis of Variance for E, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Année	1	5,120	5,120	5,120	3,25	0,037
Error	198	311,500	311,500	1,573		
Total	199	316,620				

S = 1,242315 R-Sq = 1,62% R-Sq(adj) = 1,12%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Année	N	Mean	Grouping
A2	100	8,5	A
A1	100	8,2	A

General Linear Model: E/octobre versus Année

Factor	Type	Levels	Values
Année	fixed	2	A1; A2

Analysis of Variance for E, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Année	1	32,805	32,805	32,805	23,09	0,000
Error	198	281,350	281,350	1,421		
Total	199	314,155				

S = 1,19204 R-Sq = 10,44% R-Sq(adj) = 9,99%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Année	N	Mean	Grouping
A1	100	8,6	A
A2	100	7,8	B

General Linear Model: E/novembre versus Année

Factor	Type	Levels	Values
Année	fixed	2	A1; A2

Analysis of Variance for E, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Année	1	111,01	111,01	111,01	177,44	0,000
Error	198	123,87	123,87	0,63		
Total	199	234,88				

S = 0,790953 R-Sq = 47,26% R-Sq(adj) = 46,99%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Année	N	Mean	Grouping
A1	100	8,6	A
A2	100	7,1	B

General Linear Model: E/décembre versus Année

Factor	Type	Levels	Values
Année	fixed	2	A1; A2

Analysis of Variance for E, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Année	1	129,61	129,61	129,61	211,64	0,000
Error	198	121,27	121,27	0,61		
Total	199	250,88				

S = 0,819337 R-Sq = 47,15% R-Sq(adj) = 51,42%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Année	N	Mean	Grouping
A1	100	8,6	A
A2	100	7,0	B

General Linear Model: E/janvier versus Année

Factor	Type	Levels	Values
Année	fixed	2	A1; A2

Analysis of Variance for E, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Année	1	83,205	83,205	83,205	116,03	0,000
Error	198	141,990	141,990	0,717		
Total	199	225,195				

S = 0,846830 R-Sq = 36,95% R-Sq(adj) = 36,63%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Année	N	Mean	Grouping
A1	100	8,7	A
A2	100	7,5	B

General Linear Model: E/février versus Année

Factor	Type	Levels	Values
Année	fixed	2	A1; A2

Analysis of Variance for E, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Année	1	70,805	70,805	70,805	125,41	0,000
Error	198	111,790	111,790	0,565		
Total	199	182,595				

S = 0,751396 R-Sq = 38,78% R-Sq(adj) = 38,47%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Année	N	Mean	Grouping
A1	100	8,6	A
A2	100	7,4	B

Site: El Battah**General Linear Model: Pt-f/mars versus Année**

Factor	Type	Levels	Values
Année	fixed	2	2009-2010;2010-2011

Analysis of Variance for Pt-f, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Année	1	54,519	54,519	54,519	161,22	0,000
Error	198	66,956	66,956	0,338		
Total	199	121,476				

S = 0,581518 R-Sq = 44,88% R-Sq(adj) = 44,60%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Année	N	Mean	Grouping
2010-2011	100	2,6	A
2009-2010	100	1,5	B

General Linear Model: Pt-f/avril versus Année

Factor	Type	Levels	Values
Année	fixed	2	2009-2010; 2010-2011

Analysis of Variance for Pt-f, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Année	1	44,565	44,565	44,565	132,17	0,000
Error	198	66,761	66,761	0,337		
Total	199	111,326				

S = 0,580670 R-Sq = 40,03% R-Sq(adj) = 39,73%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Année	N	Mean	Grouping
2010-2011	100	2,9	A
2009-2010	100	1,9	B

General Linear Model: Pt-f/mai versus Année

Factor	Type	Levels	Values
Année	fixed	2	2009-2010; 2010-2011

Analysis of Variance for Pt-f, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Année	1	119,69	119,69	119,69	469,44	0,000
Error	198	50,48	50,48	0,25		
Total	199	170,17				

S = 0,504938 R-Sq = 70,33% R-Sq(adj) = 70,18%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Année	N	Mean	Grouping
2010-2011	100	3,1	A
2009-2010	100	1,5	B

General Linear Model: Pt-f/juin versus Année

Factor	Type	Levels	Values
Année	fixed	2	2009-2010; 2010-2011

Analysis of Variance for Pt-f, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Année	1	92,275	92,275	92,275	366,66	0,000
Error	198	49,829	49,829	0,252		
Total	199	142,103				

S = 0,501657 R-Sq = 64,93% R-Sq(adj) = 64,76%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Année	N	Mean	Grouping
2010-2011	100	3,1	A
2009-2010	100	1,7	B

General Linear Model: Pt-f/juillet versus Année

Factor	Type	Levels	Values
Année	fixed	2	2009-2010; 2010-2011

Analysis of Variance for Pt-f, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Année	1	8,9558	8,9558	8,9558	16,77	0,000
Error	198	105,7693	105,7693	0,5342		
Total	199	114,7251				

S = 0,730882 R-Sq = 7,81% R-Sq(adj) = 7,34%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Année	N	Mean	Grouping
2009-2010	100	3,2	A
2010-2011	100	2,7	B

General Linear Model: Pt-f/août versus Année

Factor	Type	Levels	Values
Année	fixed	2	2009-2010; 2010-2011

Analysis of Variance for Pt-f, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Année	1	42,166	42,166	42,166	149,66	0,000
Error	198	55,785	55,785	0,282		
Total	199	97,950				

S = 0,530794 R-Sq = 43,05% R-Sq(adj) = 42,76%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Année	N	Mean	Grouping
2010-2011	100	2,9	A
2009-2010	100	2,0	B

General Linear Model: Pt-f/septembre versus Année

Factor	Type	Levels	Values
Année	fixed	2	2009-2010; 2010-2011

Analysis of Variance for Pt-f, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Année	1	1,9978	1,9978	1,9978	2,74	0,100
Error	198	144,6186	144,6186	0,7304		
Total	199	146,6164				

S = 0,854633 R-Sq = 1,36% R-Sq(adj) = 0,86%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Année	N	Mean	Grouping
2010-2011	100	2,2	A
2009-2010	100	2,0	A

General Linear Model: Pt-f/octobre versus Année

Factor	Type	Levels	Values
Année	fixed	2	2009-2010; 2010-2011

Analysis of Variance for Pt-f, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Année	1	45,914	45,914	45,914	141,19	0,000
Error	198	64,388	64,388	0,325		
Total	199	110,302				

S = 0,570257 R-Sq = 41,63% R-Sq(adj) = 41,33%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Année	N	Mean	Grouping
2009-2010	100	2,3	A
2010-2011	100	1,3	B

General Linear Model: Pt-f/novembre versus Année

Factor	Type	Levels	Values
Année	fixed	2	2009-2010; 2010-2011

Analysis of Variance for Pt-f, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Année	1	45,914	45,914	45,914	106,11	0,000
Error	198	64,388	64,388	0,325		
Total	199	110,302				

S = 0,570257 R-Sq = 41,63% R-Sq(adj) = 41,33%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Année	N	Mean	Grouping
2009-2010	100	2,4	A
2010-2011	100	1,6	B

General Linear Model: Pt-f/décembre versus Année

Factor	Type	Levels	Values
Année	fixed	2	2009-2010; 2010-2011

Analysis of Variance for Pt-f, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Année	1	7,6304	7,6304	7,6304	14,67	0,000
Error	198	103,0011	103,0011	0,5202		
Total	199	110,6314				

S = 0,721254 R-Sq = 6,90% R-Sq(adj) = 6,43%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Année	N	Mean	Grouping
2009-2010	100	2,3	A
2010-2011	100	1,9	B

General Linear Model: Pt-f/janvier versus Année

Factor	Type	Levels	Values
Année	fixed	2	2009-2010; 2010-2011

Analysis of Variance for Pt-f, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Année	1	15,367	15,367	15,367	62,87	0,000
Error	198	48,396	48,396	0,244		
Total	199	63,764				

S = 0,494394 R-Sq = 24,10% R-Sq(adj) = 23,72%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Année	N	Mean	Grouping
2009-2010	100	2,2	A
2010-2011	100	1,6	B

General Linear Model: Pt-f/février versus Année

Factor	Type	Levels	Values
Année	fixed	2	2009-2010; 2010-2011

Analysis of Variance for Pt-f, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Année	1	25,165	25,165	25,165	72,54	0,000
Error	198	68,686	68,686	0,347		
Total	199	93,851				

S = 0,588980 R-Sq = 26,81% R-Sq(adj) = 26,44%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Année	N	Mean	Grouping
2009-2010	100	2,6	A
2010-2011	100	1,8	B

Site: Sidi Salem

General Linear Model: Pt-f/mars versus Année

Factor	Type	Levels	Values
Année	fixed	2	A1; A2

Analysis of Variance for Pt-f, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Année	1	39,527	39,527	39,527	148,44	0,000
Error	198	52,723	0,266	0,266		
Total	199	92,250				

S = 0,51020 R-Sq = 42,85% R-Sq(adj) = 42,56%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Année	N	Mean	Grouping
A2	100	2,1	A
A1	100	1,2	B

General Linear Model: Pt-f/avril versus Année

Factor	Type	Levels	Values
Année	fixed	2	A1; A2

Analysis of Variance for Pt-f, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Année	1	37,762	37,762	37,762	476,26	0,000
Error	198	73,930	0,373	0,373		
Total	199	111,302				

S = 0,570257 R-Sq = 33,81% R-Sq(adj) = 32,473%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Année	N	Mean	Grouping
A1	100	2,8	A
A2	100	1,2	B

General Linear Model: Pt-f/mai versus Année

Factor	Type	Levels	Values
Année	fixed	2	A1; A2

Analysis of Variance for Pt-f, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Année	1	81,844	81,844	81,844	300,77	0,000

Error 198 53,879 53,879 0,272
 Total 199 135,723

S = 0,551909 R-Sq = 60,30% R-Sq(adj) = 60,10%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Année	N	Mean	Grouping
A1	100	2,8	A
A2	100	1,5	B

General Linear Model: Pt-f/juin versus Année

Factor	Type	Levels	Values
Année	fixed	2	A1; A2

Analysis of Variance for Pt-f, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Année	1	0,9782	0,9782	0,9782	3,42	0,066
Error	198	56,6932	56,6932	0,2863		
Total	199	57,6714				

S = 0,535098 R-Sq = 1,70% R-Sq(adj) = 1,20%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Année	N	Mean	Grouping
A1	100	2,2	A
A2	100	2,0	A

General Linear Model: Pt-f/juillet versus Année

Factor	Type	Levels	Values
Année	fixed	2	A1; A2

Analysis of Variance for Pt-f, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Année	1	25,798	25,798	25,798	99,17	0,000
Error	198	51,509	51,509	0,260		
Total	199	77,307				

S = 0,510047 R-Sq = 33,37% R-Sq(adj) = 33,03%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Année	N	Mean	Grouping
A2	100	2,7	A
A1	100	2,0	B

General Linear Model: Pt-f/août versus Année

Factor	Type	Levels	Values
Année	fixed	2	A1; A2

Analysis of Variance for Pt-f, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Année	1	42,509	42,509	42,509	215,73	0,000
Error	198	39,015	39,015	0,197		

Total 199 81,524

S = 0,44336 R-Sq = 52,14% R-Sq(adj) = 51,90%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Année	N	Mean	Grouping
A2	100	3,0	A
A1	100	2,0	B

General Linear Model: Pt-f/septembre versus Année

Factor	Type	Levels	Values
Année	fixed	2	A1; A2

Analysis of Variance for C9, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Année	1	4,1570	4,1570	4,1570	9,35	0,003
Error	198	107,3011	98,3011	0,5419		
Total	199	111,4581				

S = 0,736156 R-Sq = 4,51% R-Sq(adj) = 4,03%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Année	N	Mean	Grouping
A2	100	2,2	A
A1	100	1,9	B

General Linear Model: Pt-f/octobre versus Année

Factor	Type	Levels	Values
Année	fixed	2	A1; A2

Analysis of Variance for Pt-f, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Année	1	5,9556	5,9556	5,9556	9,04	0,003
Error	198	130,2931	130,2931	0,6589		
Total	199	136,3501				

S = 0,682735 R-Sq = 0,06% R-Sq(adj) = 0,00%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Année	N	Mean	Grouping
A2	100	2,3	A
A1	100	1,9	A

General Linear Model: Pt-f/novembre versus Année

Factor	Type	Levels	Values
Année	fixed	2	A1; A2

Analysis of Variance for Pt-f, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Année	1	39,832	39,832	39,832	159,79	0,000
Error	198	49,358	49,358	0,249		

Total 199 89,190

S = 0,499282 R-Sq = 44,66% R-Sq(adj) = 44,38%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Année	N	Mean	Grouping
A1	100	2,4	A
A2	100	1,5	B

General Linear Model: Pt-f/décembre versus Année

Factor	Type	Levels	Values
Année	fixed	2	A1; A2

Analysis of Variance for Pt-f, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Année	1	16,567	16,567	16,567	82,10	0,000
Error	198	39,953	39,953	0,202		
Total	199	56,520				

S = 0,449201 R-Sq = 29,31% R-Sq(adj) = 28,95%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Année	N	Mean	Grouping
A1	100	2,0	A
A2	100	1,5	B

General Linear Model: Pt-f/janvier versus Année

Factor	Type	Levels	Values
Année	fixed	2	A1; A2

Analysis of Variance for Pt-f, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Année	1	31,955	31,955	31,955	90,62	0,000
Error	198	69,818	69,818	0,353		
Total	199	101,774				

S = 0,593817 R-Sq = 31,40% R-Sq(adj) = 31,05%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Année	N	Mean	Grouping
A1	100	2,4	A
A2	100	1,6	B

General Linear Model: Pt-f / février versus Année

Factor	Type	Levels	Values
Année	fixed	2	A1; A2

Analysis of Variance for Pt-f, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Année	1	13,156	13,156	13,156	46,23	0,000
Error	198	56,341	56,341	0,285		

Total 199 69,497

S = 0,533433 R-Sq = 18,93% R-Sq(adj) = 18,52%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Année	N	Mean	Grouping
A1	100	2,3	A
A2	100	1,7	B

Tableau 10: Paramètres biométriques mesurés chez *D.trunculus* pêché dans deux sites du golfe d'Annaba (El Battah, Sidi Salam) au cours de la période (mars 2009 – février 2010): analyse de la variance multivariée (Manova).

General Linear Model: L; H; E; Pt-f versus Mois; Site

MANOVA for Mois

s = 4 m = 3,0 n = 1185,5

Criterion	Test Statistic	Approx F	DF		P
			Num	Denom	
Wilks'	0,58747	30,785	44	9080	0,000
Lawley-Hotelling	8,61234	33,004	44	9486	0,000
Pillai's	0,46726	28,570	44	9504	0,000
Roy's	0,42672				

MANOVA for Site

s = 1 m = 1,0 n = 1185,5

Criterion	Test Statistic	F	DF		P
			Num	Denom	
Wilks'	0,93494	41,283	4	2373	0,000
Lawley-Hotelling	0,06959	41,283	4	2373	0,000
Pillai's	0,06506	41,283	4	2373	0,000
Roy's	0,06959				

MANOVA for Mois*Site

s = 4 m = 3,0 n = 1185,5

Criterion	Test Statistic	Approx F	DF		P
			Num	Denom	
Wilks'	0,76939	14,638	44	9080	0,000
Lawley-Hotelling	0,28088	15,139	44	9486	0,000
Pillai's	0,24534	14,114	44	9504	0,000
Roy's	0,19118				

Tableau 11: Paramètres biométriques mesurés chez *D.trunculus* pêché dans deux sites du golfe d'Annaba (El Battah, Sidi Salam) au cours de la période (mars 2010 – février 2011): analyse de la variance multivariée (Manova).

General Linear Model: L; H; E; Pt-f versus Site; Mois

MANOVA for Site
s = 1 m = 1,0 n = 1185,5

Criterion	Test		DF		P
	Statistic	F	Num	Denom	
Wilks'	0,98978	6,124	4	2373	0,000
Lawley-Hotelling	0,01032	6,124	4	2373	0,000
Pillai's	0,01022	6,124	4	2373	0,000
Roy's	0,01032				

MANOVA for Mois
s = 4 m = 3,0 n = 1185,5

Criterion	Test		DF		P
	Statistic	Approx F	Num	Denom	
Wilks'	0,47784	43,940	44	9080	0,000
Lawley-Hotelling	1,05760	57,002	44	9486	0,000
Pillai's	0,53909	33,646	44	9504	0,000
Roy's	1,02389				

MANOVA for Site*Mois
s = 4 m = 3,0 n = 1185,5

Criterion	Test		DF		P
	Statistic	Approx F	Num	Denom	
Wilks'	0,92508	4,244	44	9080	0,000
Lawley-Hotelling	0,07926	4,272	44	9486	0,000
Pillai's	0,07653	4,213	44	9504	0,000
Roy's	0,04692				

ETUDE STATISTIQUE 2: Réponse des biomarqueurs du stress environnemental.

Tableau 12. Variations mensuelles de l'activité spécifique de l'acétylcholinestérase ($\mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines) au niveau du manteau de *D. trunculus* pêchés dans deux sites du golfe d'Annaba (El Battah, Sidi Salem) au cours de la période mars 2009-février 2011: ANOVA à un seul critère de classification (mois) suivi du test de HDS de Tukey (EB: El Battah; SS: Sidi Salem; A1: mars 2009- février 2010, A2: mars 2010- février 2011).

General Linear Model: AChE EB versus mois A1

Factor Type Levels Values
mois fixed 12 A; At; D; F; J; Ja; Jt; Ma; Mars; N; O; Sep

Analysis of Variance for AChE, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
mois	11	6931,45	6931,45	630,13	33,37	0,000
Error	48	906,50	906,50	18,89		
Total	59	7837,95				

S = 4,34575 R-Sq = 88,43% R-Sq(adj) = 85,78%

mois	N	Mean	Grouping
O	5	90,0	A
J	5	77,2	B
Mars	5	66,0	C
Ma	5	65,2	C
F	5	64,9	C D
A	5	61,0	C D E
D	5	60,2	C D E
Jt	5	60,1	C D E
Sep	5	59,9	C D E
At	5	55,6	D E F
Ja	5	54,5	E F
N	5	46,2	F

Means that do not share a letter are significantly different.

General Linear Model: AChE SS versus mois A1

Factor	Type	Levels	Values
mois	fixed	12	A; At; D; F; J; Ja; Jt; Ma; Mars; N; O; Sep

Analysis of Variance for AChE, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
mois	11	6385,22	6385,22	580,47	38,57	0,000
Error	48	722,44	722,44	15,05		
Total	59	7107,65				

S = 3,87953 R-Sq = 89,84% R-Sq(adj) = 87,51%

mois	N	Mean	Grouping
At	5	60,5	A
J	5	46,3	B
Sep	5	45,9	B
Jt	5	43,4	B C
F	5	41,6	B C D
Mars	5	36,0	C D E
O	5	33,5	D E
Ma	5	32,2	E F
A	5	30,7	E F G
N	5	28,3	E F G
D	5	24,7	F G
Ja	5	23,0	G

General Linear Model: AChE EB versus mois A2

Factor	Type	Levels	Values
mois	fixed	12	A; At; D; F; J; Ja; Jt; Ma; Mars; N; O; Sep

Analysis of Variance for AChE, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
mois	11	10083,21	10083,21	916,66	43,93	0,000
Error	48	1001,62	1001,62	20,87		
Total	59	11084,83				

S = 4,56805 R-Sq = 90,96% R-Sq(adj) = 88,89%

mois	N	Mean	Grouping
O	5	80,4	A
F	5	69,8	B
Mars	5	67,8	B
Ja	5	62,7	B C
At	5	54,6	C D
J	5	54,5	C D
D	5	54,4	C D
Ma	5	53,0	C D
A	5	48,5	D
Jt	5	47,9	D E
Sep	5	38,1	E F
N	5	31,7	F

General Linear Model: AChE SS versus mois A2

Factor	Type	Levels	Values
mois	fixed	12	A; At; D; F; J; Ja; Jt; Ma; Mars; N; O; Sep

Analysis of Variance for AChE, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
mois	11	2691,10	2691,10	244,65	25,22	0,000
Error	48	465,58	465,58	9,70		
Total	59	3156,68				

S = 3,11443 R-Sq = 85,25% R-Sq(adj) = 81,87%

mois	N	Mean	Grouping
F	5	40,3	A
At	5	36,8	A B
O	5	32,6	B C
Jt	5	31,4	B C D
J	5	30,5	B C D E
Mars	5	28,4	C D E F
A	5	27,5	C D E F
Ja	5	24,7	D E F G
Ma	5	24,3	E F G
N	5	22,5	F G H
Sep	5	19,3	G H
D	5	16,2	H

Tableau 13. Variations saisonnières de l'activité spécifique de l'acétylcholinestérase ($\mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines) au niveau du manteau de *D. trunculus* pêchés dans deux sites du golfe d'Annaba (El Battah, Sidi Salem) au cours de la période mars 2009-février 2011: ANOVA à un seul critère de classification (saison) suivi du test de HDS de Tukey (EB: El Battah; SS: Sidi Salem; A1: mars 2009 - février 2010, A2: mars 2010 - février 2011).

General Linear Model: AChE EB versus saison A1

Factor	Type	Levels	Values
saison	fixed	4	A; E; H; P

Analysis of Variance for AChE S, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
saison	3	256,20	256,20	85,40	1,19	0,346
Error	16	1149,64	1149,64	71,85		
Total	19	1405,84				

S = 8,47659 R-Sq = 18,22% R-Sq(adj) = 2,89%

saison	N	Mean	Grouping
A	5	70,5	A
P	5	67,7	A
E	5	66,7	A
H	5	60,7	A

General Linear Model: AChE SS versus saison A1

Factor	Type	Levels	Values
saison	fixed	4	A; E; H; P

Analysis of Variance for AChE S1, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
saison	3	1722,74	1722,74	574,25	31,06	0,000
Error	16	295,86	295,86	18,49		
Total	19	2018,60				

S = 4,30014 R-Sq = 85,34% R-Sq(adj) = 82,60%

saison	N	Mean	Grouping
E	5	53,8	A
P	5	36,2	B
A	5	35,3	B
H	5	28,8	B

General Linear Model: AChE EB versus saison A2

Factor	Type	Levels	Values
saison	fixed	4	A; E; H; P

Analysis of Variance for AChE B2, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
saison	3	812,46	812,46	270,82	3,48	0,041
Error	16	1246,94	1246,94	77,93		
Total	19	2059,39				

S = 8,82800 R-Sq = 39,45% R-Sq(adj) = 28,10%

saison	N	Mean	Grouping
H	5	63,7	A
P	5	56,4	A B
E	5	52,1	A B
A	5	46,2	B

General Linear Model: AChE SS versus saison A2

Factor	Type	Levels	Values
saison	fixed	4	A; E; H; P

Analysis of Variance for AChE S2, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
saison	3	146,99	146,99	49,00	2,53	0,094
Error	16	309,73	309,73	19,36		
Total	19	456,72				

S = 4,39978 R-Sq = 32,18% R-Sq(adj) = 19,47%

saison	N	Mean	Grouping
E	5	32,9	A
H	5	29,7	A
P	5	28,2	A
A	5	25,3	A

Tableau 14. Variations annuelles de l'activité spécifique de l'acétylcholinestérase ($\mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines) au niveau du manteau de *D. trunculus* pêchés dans deux sites du golfe d'Annaba (El Battah, Sidi Salem) au cours de la période mars 2009-février 2011: ANOVA à un seul critère de classification (année) suivi du test de HDS de Tukey (EB: El Battah; SS: Sidi Salem; A1: mars 2009 - février 2010, A2: mars 2010 - février 2011).

General Linear Model: AChE EB versus Année

Factor	Type	Levels	Values
Années	fixed	2	2009-2010; 2010-2011

Analysis of Variance for AChE, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Années	1	2265,6	2265,6	2265,6	14,17	0,000
Error	118	18860,4	18860,4	159,8		
Total	119	21126,0				

S = 12,6425 R-Sq = 10,72% R-Sq(adj) = 9,97%

Années	N	Mean	Grouping
2009-2010	60	64,0	A
2010-2011	60	55,3	B

General Linear Model: AChE SS versus Année

Factor	Type	Levels	Values
Années	fixed	2	2009-2010; 2010-2011

Analysis of Variance for AChE S, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Années	1	1783,1	1783,1	1783,1	20,40	0,000
Error	118	10312,2	10312,2	87,4		
Total	119	12095,3				

S = 9,34834 R-Sq = 14,74% R-Sq(adj) = 14,02%

Années	N	Mean	Grouping
2009-2010	60	37,2	A
2010-2011	60	29,5	B

Tableau 15. Test d'égalité de la variance de l'activité GST au cours de la période mars 2009-février 2011**Test de l'égalité des variances**

Niveau1	EB
Niveau2	SS
NivConf	95,0000

Intervalles de confiance de Bonferroni pour les écarts-types

Infér	Sigma	Supér	N	Niveaux de facteur
2,49115	2,85432	3,33571	120	EB
4,04865	4,63888	5,42124	120	SS

Test F (loi normale)

Statistique du test :	0,379
P :	0,000

Test de Levene (pour toute loi de probabilité continue)

Statistique du test :	10,391
P :	0,001

Tableau 16. Variations mensuelles de l'activité spécifique de la glutathion S-transférase ($\mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines) au niveau du manteau de *D. trunculus* pêchés dans deux sites du golfe d'Annaba (El Battah, Sidi Salem) au cours de la période mars 2009-février 2011: ANOVA à un seul critère de classification (mois) suivi du test de HDS de Tukey (EB: El Battah; SS: Sidi Salem; A1: mars 2009- février 2010, A2: mars 2010- février 2011).

General Linear Model: EB versus Mois A1

Factor	Type	Levels	Values
Mois	fixed	12	A; At; D; F; J; Ja; Jt; Ma; Mars; N; O; Sep

Analysis of Variance for EB 1, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Mois	11	20,4181	20,4181	1,8562	53,34	0,000
Error	48	1,6704	1,6704	0,0348		
Total	59	22,0885				

Mois	N	Mean	Grouping
Sep	5	2,4	A
D	5	2,1	A B
O	5	1,9	B C
F	5	1,9	B C
Jt	5	1,7	B C
N	5	1,7	C
Ja	5	1,6	C D
A	5	1,2	D E
J	5	1,1	E
Ma	5	1,0	E F
Mars	5	0,6	F G
At	5	0,5	G

General Linear Model: SS versus Mois A1

Factor	Type	Levels	Values
Mois	fixed	12	A; At; D; F; J; Ja; Jt; Ma; Mars; N; O; Sep

Analysis of Variance for SS 1, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Mois	11	31,8545	31,8545	2,8959	96,69	0,000
Error	48	1,4376	1,4376	0,0299		
Total	59	33,2921				

S = 0,173060 R-Sq = 95,68% R-Sq(adj) = 94,69%

Mois	N	Mean	Grouping
Sep	5	3,0	A
D	5	2,5	B
O	5	2,4	B
N	5	2,2	B C
F	5	2,2	B C
J	5	1,9	C D
A	5	1,6	D E
Ja	5	1,4	E
Jt	5	1,4	E
Ma	5	1,3	E
Mars	5	0,6	F
At	5	0,4	F

General Linear Model: EB versus Mois A2

Factor	Type	Levels	Values
Mois	fixed	12	A; At; D; F; J; Ja; Jt; Ma; Mars; N; O; Sep

Analysis of Variance for EB 2, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Mois	11	18,3600	18,3600	1,6691	38,91	0,000
Error	48	2,0592	2,0592	0,0429		
Total	59	20,4192				

S = 0,207123 R-Sq = 89,92% R-Sq(adj) = 87,60%

Mois	N	Mean	Grouping
J	5	2,2	A
Ma	5	2,1	A
N	5	2,0	A B
A	5	1,9	A B
F	5	1,6	B C
D	5	1,4	C
Mars	5	1,3	C
O	5	1,3	C
Ja	5	1,2	C
Jt	5	1,2	C
At	5	0,6	D
Sep	5	0,4	D

General Linear Model: SS versus Mois A2

Factor	Type	Levels	Values
Mois	fixed	12	A; At; D; F; J; Ja; Jt; Ma; Mars; N; O; Sep

Analysis of Variance for SS 2, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Mois	11	19,6845	19,6845	1,7895	52,36	0,000
Error	48	1,6405	1,6405	0,0342		
Total	59	21,3250				

S = 0,184872 R-Sq = 92,31% R-Sq(adj) = 90,54%

Mois	N	Mean	Grouping
A	5	2,6	A
Ma	5	2,5	A
J	5	2,3	A
N	5	1,9	B
O	5	1,7	B C
Mars	5	1,5	B C D
F	5	1,3	C D E
Jt	5	1,2	D E
Ja	5	1,2	D E
D	5	1,1	D E F
At	5	1,1	E F
Sep	5	0,7	F

Tableau 17. Variations saisonnières de l'activité spécifique de la glutathion S-transférase ($\mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines) au niveau du manteau de *D. trunculus* pêchés dans deux sites du golfe d'Annaba (El Battah, Sidi Salem) au cours de la période mars 2009-février 2011: ANOVA à un seul critère de classification (saison) suivi du test de HDS de Tukey (EB: El Battah; SS: Sidi Salem; A1: mars 2009 - février 2010, A2: mars 2010 - février 2011).

General Linear Model: GST B1 versus saison

Factor	Type	Levels	Values
saison	fixed	4	A; E; H; P

Analysis of Variance for GST B1, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
saison	3	101,391	101,391	33,797	39,38	0,000
Error	16	13,731	13,731	0,858		
Total	19	115,122				

S = 0,926383 R-Sq = 88,07% R-Sq(adj) = 85,84%

saison	N	Mean	Grouping
A	5	8,2	A
H	5	6,7	A
E	5	3,7	B
P	5	2,7	B

General Linear Model: GST S1 versus saison

Factor	Type	Levels	Values
saison	fixed	4	A; E; H; P

Analysis of Variance for GST S1, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
saison	3	286,503	286,503	95,501	21,16	0,000
Error	16	72,213	72,213	4,513		
Total	19	358,716				

S = 2,12446 R-Sq = 79,87% R-Sq(adj) = 76,09%

saison	N	Mean	Grouping
A	5	13,7	A
H	5	7,8	B
E	5	4,8	B
P	5	4,2	B

General Linear Model: GST B2 versus saison

Factor	Type	Levels	Values
saison	fixed	4	A; E; H; P

Analysis of Variance for GST B2, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
saison	3	89,213	89,213	29,738	21,64	0,000
Error	16	21,984	21,984	1,374		
Total	19	111,197				

S = 1,17219 R-Sq = 80,23% R-Sq(adj) = 76,52%

saison	N	Mean	Grouping
A	5	8,2	A
P	5	7,8	A
H	5	4,8	B
E	5	3,2	B

General Linear Model: GSTS2 versus saison

Factor	Type	Levels	Values
saison	fixed	4	A; E; H; P

Analysis of Variance for GSTS2, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
saison	3	405,35	405,35	135,12	38,48	0,000
Error	16	56,19	56,19	3,51		
Total	19	461,54				

S = 1,87398 R-Sq = 87,83% R-Sq(adj) = 85,54%

saison	N	Mean	Grouping
A	5	13,7	A
P	5	11,7	A
H	5	4,0	B
E	5	3,7	B

Tableau 18. Variations annuelles de l'activité spécifique de la glutathion S-transférase ($\mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines) au niveau du manteau de *D. trunculus* pêchés dans deux sites du golfe d'Annaba (El Battah, Sidi Salem) au cours de la période mars 2009-février 2011: ANOVA à un seul critère de classification (année) suivi du test de HDS de Tukey (EB: El Battah; SS: Sidi Salem; A1: mars 2009 - février 2010, A2: mars 2010 - février 2011).

General Linear Model: GST EB versus Année

Factor	Type	Levels	Values
Années	fixed	2	2009-2010; 2010-2011

Analysis of Variance for AChE, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Années	1	0,0316	0,0316	0,0316	0,08	0,779
Error	118	46,9477	46,9477	0,3979		
Total	119	46,9793				

S = 0,630763 R-Sq = 0,07% R-Sq(adj) = 0,00%

Années	N	Mean	Grouping
2010-2011	60	1,5	A
2009-2010	60	1,5	B

General Linear Model: GST SS versus Année

Factor	Type	Levels	Values
Années	fixed	2	2009-2010; 2010-2011

Analysis of Variance for AChE S, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Années	1	0,7047	0,7047	0,7047	1,52	0,220
Error	118	54,6172	54,6172	0,4629		
Total	119	55,3219				

S = 0,680334 R-Sq = 1,27% R-Sq(adj) = 0,44%

Années	N	Mean	Grouping
2009-2010	60	37,2	A
2010-2011	60	29,5	B

Tableau 19. Variations mensuelles de l'activité spécifique de la catalase ($\mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines) au niveau du manteau de *D. trunculus* pêchés dans deux sites du golfe d'Annaba (El Battah, Sidi Salem) au cours de la période mars 2009-février 2011: ANOVA à un seul critère de classification (mois) suivi du test de HDS de Tukey (EB: El Battah; SS: Sidi Salem; A1: mars 2009- février 2010, A2: mars 2010- février 2011).

General Linear Model: CAT EB versus mois A1

Factor	Type	Levels	Values
mois	fixed	12	A; At; D; F; J; Ja; Jt; Ma; Mars; N; O; Sep

Analysis of Variance for CAT, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
mois	11	10,12638	10,12638	0,92058	30,11	0,000
Error	48	1,46733	1,46733	0,03057		
Total	59	11,59371				

S = 0,174841 R-Sq = 87,34% R-Sq(adj) = 84,44%

mois	N	Mean	Grouping
Ja	5	1,9	A
Mars	5	1,0	B
Ma	5	1,0	B
A	5	0,9	B C
O	5	0,7	B C D
Sep	5	0,7	B C D
Jt	5	0,6	B C D
F	5	0,6	C D
At	5	0,5	C D
N	5	0,4	D
J	5	0,4	D

D 5 0,4 D

General Linear Model: CAT SS versus mois A1

Factor	Type	Levels	Values
mois	fixed	12	A; At; D; F; J; Ja; Jt; Ma; Mars; N; O; Sep

Analysis of Variance for CAT, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
mois	11	20,0351	20,0351	1,8214	114,34	0,000
Error	48	0,7646	0,7646	0,0159		
Total	59	20,7997				

S = 0,126211 R-Sq = 96,32% R-Sq(adj) = 95,48%

mois	N	Mean	Grouping
Ma	5	2,4	A
Jt	5	1,2	B
J	5	1,0	B C
A	5	0,9	C
O	5	0,8	C D
Mars	5	0,6	D E
At	5	0,5	E
F	5	0,4	E F
N	5	0,4	E F
D	5	0,4	E F
Ja	5	0,3	E F
Sep	5	0,2	F

General Linear Model: CAT EB versus mois A2

Factor	Type	Levels	Values
mois	fixed	12	A; At; D; F; J; Ja; Jt; Ma; Mars; N; O; Sep

Analysis of Variance for CAT, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
mois	11	15,5259	15,5259	1,4114	46,21	0,000
Error	48	1,4661	1,4661	0,0305		
Total	59	16,9920				

S = 0,174766 R-Sq = 91,37% R-Sq(adj) = 89,39%

mois	N	Mean	Grouping
Ja	5	2,5	A
Mars	5	1,1	B
A	5	0,9	B C
Jt	5	0,9	B C D
N	5	0,8	B C D
F	5	0,8	B C D
Sep	5	0,7	C D
At	5	0,7	C D
Ma	5	0,6	C D
J	5	0,6	C D
O	5	0,6	D

D 5 0,5 D

General Linear Model: CAT SS versus mois A2

Factor	Type	Levels	Values
mois	fixed	12	A; At; D; F; J; Ja; Jt; Ma; Mars; N; O; Sep

Analysis of Variance for CAT, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
mois	11	17,9914	17,9914	1,6356	64,14	0,000
Error	48	1,2241	1,2241	0,0255		
Total	59	19,2155				

S = 0,159691 R-Sq = 93,63% R-Sq(adj) = 92,17%

mois	N	Mean	Grouping
Ma	5	2,0	A
J	5	1,7	A
A	5	1,1	B
Jt	5	1,0	B C
At	5	1,0	B C
Mars	5	0,8	B C D
O	5	0,7	C D E
D	5	0,5	D E F
F	5	0,4	E F
N	5	0,3	F
Ja	5	0,2	F
Sep	5	0,2	F

Tableau 20. Variations saisonnières de l'activité spécifique de la catalase ($\mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines) au niveau du manteau de *D. trunculus* pêchés dans deux sites du golfe d'Annaba (El Battah, Sidi Salem) au cours de la période mars 2009-février 2011: ANOVA à un seul critère de classification (saison) suivi du test de HDS de Tukey (EB: El Battah; SS: Sidi Salem; A1: mars 2009 - février 2010, A2: mars 2010 - février 2011).

General Linear Model: CAT EB versus saison A1

Factor	Type	Levels	Values
saison	fixed	4	A; E; H; P

Analysis of Variance for CAT B1, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
saison	3	0,92902	0,92902	0,30967	47,21	0,000
Error	16	0,10496	0,10496	0,00656		
Total	19	1,03398				

S = 0,0809937 R-Sq = 89,85% R-Sq(adj) = 87,95%

saison	N	Mean	Grouping
P	5	1,0	A

A	5	0,6	B
E	5	0,5	B C
H	5	0,4	C

General Linear Model: CAT SS versus saison A1

Factor Type Levels Values
saison fixed 4 A; E; H; P

Analysis of Variance for CAT S 1, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
saison	3	7,0882	7,0882	2,3627	11,22	0,000
Error	16	3,3695	3,3695	0,2106		
Total	19	10,4577				

S = 0,458908 R-Sq = 67,78% R-Sq(adj) = 61,74%

saison	N	Mean	Grouping
P	5	1,8	A
E	5	1,6	A
A	5	0,6	B
H	5	0,5	B

General Linear Model: CAT EB versus saison A2

Factor Type Levels Values
saison fixed 4 A; E; H; P

Analysis of Variance for CAT B2, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
saison	3	1,8326	1,8326	0,6109	4,85	0,014
Error	16	2,0136	2,0136	0,1259		
Total	19	3,8463				

S = 0,354755 R-Sq = 47,65% R-Sq(adj) = 37,83%

Saison	N	Mean	Grouping
H	5	1,4	A
P	5	0,9	A B
E	5	0,7	B
A	5	0,7	B

General Linear Model: CAT SS versus saison A2

Factor Type Levels Values
saison fixed 4 A; E; H; P

Analysis of Variance for CAT S2, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
saison	3	2,25989	2,25989	0,75330	9,74	0,001
Error	16	1,23700	1,23700	0,07731		

Total 19 3,49689

S = 0,278052 R-Sq = 64,63% R-Sq(adj) = 57,99%

saïson	N	Mean	Grouping
E	5	1,2	A
A	5	1,2	A
P	5	1,2	A
H	5	0,4	B

Tableau 21. Variations annuelles de l'activité spécifique de la catalase ($\mu\text{M}/\text{mn}/\text{mg}$ de protéines) au niveau du manteau de *D. trunculus* pêchés dans deux sites du golfe d'Annaba (El Battah, Sidi Salem) au cours de la période mars 2009-février 2011: ANOVA à un seul critère de classification (année) suivi du test de HDS de Tukey (EB: El Battah; SS: Sidi Salem; A1: mars 2009 - février 2010, A2: mars 2010 - février 2011).

General Linear Model: CAT EB versus Années

Factor	Type	Levels	Values
Années	fixed	2	2009-2010; 2010-2011

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

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Années	1	0,3405	0,3405	0,3405	1,41	0,238
Error	118	28,5170	28,5170	0,2417		
Total	119	28,8574				

S = 0,491599 R-Sq = 1,18% R-Sq(adj) = 0,34%

Années	N	Mean	Grouping
2010-2011	60	0,9	A
2009-2010	60	0,8	A

General Linear Model: CAT SS versus Années

Factor	Type	Levels	Values
Années	fixed	2	2009-2010; 2010-2011

Analysis of Variance for CAT S, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Années	1	1,0476	1,0476	1,0476	2,41	0,123
Error	118	51,2659	51,2659	0,4345		
Total	119	52,3135				

S = 0,659133 R-Sq = 2,00% R-Sq(adj) = 1,17%

Années	N	Mean	Grouping
2010-2011	60	0,9	A
2009-2010	60	0,8	A

Tableau 22. Réponse des trois biomarqueurs (AChE, GST, CAT) au niveau du manteau de *D. trunculus* pêchés dans deux sites du golfe d'Annaba (El Battah, Sidi Salem) au cours de la période mars 2009-février 2011: test de corrélation (EB: El Battah; SS: Sidi Salem; A1: mars 2009 - février 2010, A2: mars 2010 - février 2011).

Correlations: AChE EB A1; GST EB A1; CAT EB A1

	AChE EB A1	GST EB A1
GST EB A1	0,012 0,930	
CAT EB A1	0,238 0,067	-0,382 0,003

Cell Contents: Pearson correlation
P-Value

Correlations: AChE SS A1; GST SS A1; CAT SS A1

	AChE SS A1	GST SS A1
GST SS A1	-0,248 0,056	
CAT SS A1	-0,031 0,816	-0,267 0,039

Cell Contents: Pearson correlation
P-Value

Correlations: AChE EB A2; GST EB A2; CAT EB A2

	AChE EB A2	GST EB A2
GST EB A2	-0,043 0,746	
CAT EB A2	0,094 0,476	-0,072 0,583

Cell Contents: Pearson correlation
P-Value

Correlations: AChE SS A2; GST SS A2; CAT SS A2

	AChE SS A2	GST SS A2
GST SS A2	0,056 0,671	
CAT SS A2	0,186 0,155	0,672 0,000

Tableau 23. Réponse des trois biomarqueurs (AChE, GST, CAT) au niveau du manteau de *D. trunculus* pêché dans deux sites du golfe d'Annaba (El Battah, Sidi Salam) au cours de la période mars 2009-février 2011: analyse de la variance multivariée (MANOVA) (EB: El Battah; SS: Sidi Salem; A1: mars 2009 - février 2010, A2: mars 2010 - février 2011).

General Linear Model: AChE; GST; CAT versus Temps (Année); Site

MANOVA pour Temps $s = 1$ $m = 0,5$ $n = 116,0$

Criterion	Test		DF		P
	Statistic	F	Num	Denom	
Wilks'	0,82265	16,816	3	234	0,000
Lawley-Hotelling	0,21559	16,816	3	234	0,000
Pillai's	0,17735	16,816	3	234	0,000
Roy's	0,21559				

MANOVA pour Site $s = 1$ $m = 0,5$ $n = 116,0$

Criterion	Test		DF		P
	Statistic	F	Num	Denom	
Wilks'	0,39234	120,806	3	234	0,000
Lawley-Hotelling	1,54879	120,806	3	234	0,000
Pillai's	0,60766	120,806	3	234	0,000
Roy's	1,54879				

MANOVA pour Temps *Site $s = 1$ $m = 0,5$ $n = 116,0$

Criterion	Test		DF		P
	Statistic	F	Num	Denom	
Wilks'	0,89558	9,094	3	234	0,000
Lawley-Hotelling	0,11659	9,094	3	234	0,000
Pillai's	0,10442	9,094	3	234	0,000
Roy's	0,11659				

Tableau 24. Réponse saisonnière des trois biomarqueurs (AChE, GST, CAT) au niveau du manteau de *D. trunculus* pêché dans deux sites du golfe d'Annaba (El Battah, Sidi Salam) au cours de la période mars 2009-février 2011: analyse de la variance multivariée (MANOVA) (EB: El Battah; SS: Sidi Salem; A1: mars 2009 - février 2010, A2: mars 2010 - février 2011).

General Linear Model: AChE; GST; CAT versus temps (année); saison

MANOVA pour Temps $s = 1$ $m = 0,5$ $n = 34,0$

Test	DF
------	----

Criterion	Statistic	F	Num	Denom	P
Wilks'	0,79713	5,938	3	70	0,001
Lawley-Hotelling	0,25450	5,938	3	70	0,001
Pillai's	0,20287	5,938	3	70	0,001
Roy's	0,25450				

MANOVA pour Saison $s = 3$ $m = -0,5$ $n = 34,0$

Criterion	Test Statistic	Approx F	DF		P
			Num	Denom	
Wilks'	0,26387	13,808	9	170	0,000
Lawley-Hotelling	2,29549	17,514	9	206	0,000
Pillai's	0,86656	9,748	9	216	0,000
Roy's	2,05512				

MANOVA pour Temps *Saison $s = 3$ $m = -0,5$ $n = 34,0$

Criterion	Test Statistic	Approx F	DF		P
			Num	Denom	
Wilks'	0,44569	7,461	9	170	0,000
Lawley-Hotelling	1,14548	8,740	9	206	0,000
Pillai's	0,59883	5,985	9	216	0,000
Roy's	1,05542				

ANNEXE 2

Communication

Production scientifique

Communication Internationales (5):

1. SOLTANI N., **AMIRA A.**, SIFI K. & BELDI H., 2011. Environmental monitoring of the Annaba gulf (Algeria): measure of biomarkers in *Donax trunculus* and metallic pollution. Congrès 2011 – Société zoologique de France – Nice, 13-16 septembre 2011 (Communication orale).
2. **AMIRA A.** & SOLTANI N., 2010. Biomarqueurs du stress environnemental (catalase, acétylcholinestérase) dans le golfe d'Annaba chez un mollusque bivalve (*Donax trunculus*) durant la période de reproduction dans le golfe d'Annaba. Douzièmes Journées Tunisiennes des Science de la mer, Hammamet (Tunisie) 18-21 décembre 2010 (Communication Affichée).
3. SIFI K., **AMIRA A.** & SOLTANI N., 2009. Composition biochimique en protéines, glucides et lipides de *Donax trunculus* (Mollusque Bivalve): corrélation avec la pollution dans le golfe d'Annaba. 20^{ème} Forum des Sciences Biologiques (ATSB-AMB), Hammamet (Tunisie) 22-25 mars 2009 (Communication Affichée).
4. SIFI K., **AMIRA A.** & SOLTANI N., 2007. Mesure de deux biomarqueurs du stress oxydatif chez un Mollusque Bivalve (*Donax trunculus*): corrélation avec la reproduction au niveau du golfe d'Annaba. 9^{èmes} journées Tunisiennes des Science de la mer, Tabarka (Tunisie) 15-18 décembre 2007. (Communication Orale).
5. **AMIRA A.**, SIFI K. & SOLTANI N., 2007. Composition en lipides et glucides de *Donax trunculus* durant la période de reproduction dans le golfe d'Annaba. 9^{èmes} journées Tunisiennes des Science de la mer, Tabarka (Tunisie) 15-18 décembre 2007 (Communication Orale).

Communication nationales (8) :

1. **AMIRA A.** & SOLTANI N., 2010. Biosurveillance de la baie d'Annaba par la mesure de deux biomarqueurs du stress environnemental chez *Donax trunculus*. Troisième journées sur la protection de l'environnement, Tlemcen (Algérie) 27 mai 2010 (Communication Affichée).
2. **AMIRA A.** & SOLTANI N., 2009. Composition biochimique en protéines, glucides et lipides de *Donax trunculus* durant la période de reproduction dans le golfe d'Annaba: corrélation avec la pollution. Deuxième Colloque Francophone en Environnement et Santé, Annaba 16-18 mai 2009 (Algérie) (Communication Affichée).
3. SOLTANI N., **AMIRA A.**, BRAIA F.M.H., SIFI K. & BELDI H., 2009. Utilisation de *Donax trunculus* dans la biosurveillance du golfe d'Annaba: Biomarqueurs, métabolisme lipido-glucidique et concentration de cadmium dans les tissus et sédiments (Communication orale).
4. **AMIRA A.** & SOLTANI N., 2008. Evaluation du stress oxydatif dans le golfe d'Annaba chez les populations de *Donax trunculus* durant la période de reproduction. Première Journée sur la Biodiversité et les Ecosystèmes, Première Journée sur la Biodiversité et les Ecosystèmes, Souk Ahras, 30 avril 2008 (Communication orale).
5. SIFI K., **AMIRA A.**, BRAIA F.M.H. & SOLTANI N., 2008. Biosurveillance de la qualité des eaux du golfe d'Annaba mesure de quelques biomarqueurs chez un Mollusque

- Bivalve *Donax trunculus* Première Journée sur la Biodiversité et les Ecosystèmes, Souk Ahras, 30 avril 2008 (Communication orale).
6. SIFI K., **AMIRA A.**, BRAIA F.M.H. & SOLTANI N., 2008. Biosurveillance de la qualité des eaux du golfe d'Annaba par mesure de deux biomarqueurs chez un Mollusque Bivalve (*Donax trunculus*): corrélation avec la reproduction. Séminaire National sur les Interactions Biologie-Environnement, Skikda 14-16 décembre 2008 (Communication orale).
 7. **AMIRA A.** & SOLTANI N., 2008. Mesure de deux biomarqueurs du stress environnemental (GSH et MDA) chez les populations de *Donax trunculus* durant le période de reproduction dans la baie d'Annaba. Skikda 14-16 décembre 2008. (Communication orale).
 8. SIFI K., **AMIRA A.**, BRAIA F.M.H. & SOLTANI N., 2008. Biosurveillance de la qualité des eaux du golfe d'Annaba par mesure de deux biomarqueurs du stress oxydatif chez un Mollusque Bivalve *Donax trunculus*. Journée Nationale sur la Conservation de la Nature et Développement Durable, El Tarf 4 juin 2008 (Communication orale).

Publication internationales (4) :

1. 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. www.aensiweb.com/aeb.html. ISSN 1995-0756.
2. 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.*, 2012, 137(1-4) : 47-56. www.snv.jussieu.fr/zoologie.
3. **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. www.pelagiaresearchlibrary.com ISSN: 2248 -9215 CODEN (USA): EJEBAU.
4. **AMIRA A.**, SIFI K. & SOLTANI N., 2008. Composition en lipides et glucides de *Donax trunculus* durant la période de reproduction dans le golfe d'Annaba. *Bulletin de l'INSTM* N° Spécial 12 : 66-70. <http://www.atsmer.asso.web.com>.

ANNEXE 3

Production scientifique