

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université A. MIRA - Béjaia

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des sciences biologiques de l'environnement
Spécialité Toxicologie Industrielle et Environnementale



Réf :.....

Mémoire de Fin de Cycle
En vue de l'obtention du diplôme

MASTER

Thème

Mise en évidence du stress oxydatif « test TBARS et test ABTS » des ovaires de l'oursin commun, *Paracentrotus lividus* provenant de deux stations de golf de Bejaïa

Présenté par :

Achat Sissilia & Benali Lissia

Soutenu le : 25 juin 2023

Devant le jury composé de :

Mme Ikhroufi Hidouche Malika	MAA	Présidente
Mme Sad-Eddine Zennouche Ourdia	MCA	Encadreur
Mme Kherfella Aiteche Tassadit	MAA	Examinatrice
Mr. Aissanou Sofiane		Co-encadreur

Année universitaire : 2022 / 2023

Remerciements

On tient à exprimer notre profonde gratitude et nos sincères remerciements à tous ceux qui nous ont soutenues tout au long de notre parcours et qui ont contribué à la réalisation de ce mémoire de fin d'études.

On désire adresser tous nos remerciements au tout puissant **DIEU** qui nous a donné la force et patience d'accomplir ce travail.

Tout d'abord, on tient à exprimer notre profonde reconnaissance envers notre encadreur madame **Sad-Eddine ZENNOUCHE Ourdia**, pour son encadrement précieux, son expertise et sa disponibilité .Votre soutien inconditionnel, vos conseils éclairés et votre patience ont été essentiels dans l'aboutissement de ce travail.

On souhaite également remercier chaleureusement les **membres du jury** madame **IKHLOUFI HIDOUCHE Malika** et madame **KHERFELLAH AITECHE Tassadit** qui ont l'amabilité d'accepter de juger ce travail et de donner de leur temps précieux et leur expertise pour évaluer ce mémoire.

Nos sincères remerciements à monsieur **AISSANOU Sofiane** d'avoir généreusement consacré son temps précieux à nous aider dans le traitement statistiques des données.

Nos grands remerciements vont à mademoiselle **IDJERAOUI Dalila** , pour ses conseils et son aide inestimable durant la préparation de ce memoire.

Nous remercions tous le personnel du Laboratoire Associé en Écosystèmes Marins et Aquacoles de l'université de Bejaïa, notamment monsieur **IGUEROUDA Mokrane** et l'ingénieure madame **INOURI Ahlem**.

Merci à tous ceux et celles qui nous ont aidés et que nous avons omis de citer.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail

"À mes parents, qui m'ont soutenu inconditionnellement tout au long de ce parcours académique. Votre amour, votre encouragement et vos sacrifices ont été la source de ma motivation constante. Je vous suis profondément reconnaissant pour votre soutien indéfectible".

"À mon frère et ma sœur bien-aimés, vous avez toujours été mes complices, mes partenaires et mes meilleurs amis".

"À ma chère tante, qui a été une source d'inspiration et de sagesse pour moi. Votre soutien et vos précieux conseils ont joué un rôle essentiel dans ma réussite. Je vous remercie du fond du cœur pour votre présence bienveillante".

"Ce mémoire est dédié à Ghiles, qui a toujours été là pour moi. Je suis sincèrement reconnaissant d'avoir pu partager avec toi, mes espoirs et mes moments de doute. Merci d'avoir été un soutien essentiel dans ma vie."

"À tous ceux qui ont contribué à mon parcours, je tiens à vous exprimer mes sincères remerciements. Votre amour, votre soutien et votre amitié sont des trésors précieux qui resteront à jamais gravés dans mon cœur."

Dédicaces

Je dédie humblement ce modeste travail :

Aux deux personnes les plus chères à mon cœur, Mes parents qu'ont pas cessé de m'encourager et de prier pour moi .Aucune dédicace ne saurait être assez éloquente pour exprimer ce que vous méritez. Tous les mots de gratitude ne peuvent rendre justice à votre patience, vos sacrifices, votre amour et votre soutien que vous n'avez cessé de me donner.

A mes sœurs, mes frères et mon adorable beau frère

A mes copines et mes amis

A tous mes enseignants

A Tous mes proches qui me sont chers

Votre présence, confiance, amour et soutien indéfectible tout au long de cette aventure ont été une source constante de motivation et des moteurs essentiels dans l'atteinte de cet objectif.

En vous dédiant ce mémoire, je souhaite rendre hommage à votre impact positif dans ma vie et dans la réalisation de mes aspirations académiques. Votre soutien constant restera à jamais gravé dans ma mémoire.

Je vous admire profondément.

Lissia

Listes des figures

Numéro de la figure	Titre de la figure	Page
1	Oursins (<i>Paracentrotus lividus</i>) capturés sur les côtes du golf de Bejaïa (Original 2023)	4
2	Morphologie externe de <i>Paracentrotus lividus</i> , (A) Face orale (B) Aboral (Grosjean, 2001)	5
3	Anatomie interne de <i>Paracentrotus lividus</i> (Gendouzi 2019, Modifié)	6
4	régulation de l'état redox et le maintien de l'homéostasie cellulaire (Haton, 2005)	7
5	Origine extra- et intracellulaire des radicaux libres oxygénés (Afonso et al., 2007)	9
6	Effets potentiels du stress oxydant sur les composants et sur l'organisme (Latendre, 2009)	10
7	Nature de quelques modifications des chaînes latérales d'acides animés de protéines après attaque radicalaire	11
8	Lésion de l'ADN formées par attaque radicalaire du patrimoine génétique des cellules (Favier, 2003, modifié)	12
9	Schématisation de la balance entre les espèces réactives oxygénées ERO et les antioxydants (Pourrut, 2008).	13
10	Stratégie de conception de systèmes antioxydants susceptibles de prévenir la formation de radicaux libres oxygénés ou de permettre leur destruction (Favier, 2003 modifié)	15
11	localisation des deux stations d'échantillonnage situées au golf de Bejaïa (Google Earth)	15
12	gonades de <i>P.lividus</i> (Original, 2023)	16
13	figure représentant le matériel de laboratoire utilisé (Original 2023).	17
14	oursins <i>Paracentrotus lividus</i> collectés dans des boîtes remplies d'eau de mer (Original, 2023)	19
15	matériels utilisés pour la dissection (Original, 2023)	20
16	Gonades femelles de <i>P.lividus</i> (Original, 2023)	20
17	Préparation de la solution PBS	21
19	(1) Pesé des échantillons (2) Broyage (3) stockage du surnageant étiquetés (Original, 2023).	22
20	(1) Les échantillons dans un bain marie ; (2) Les échantillons dans un bain glacé ; (3) Coloration des échantillons lors du test (Original, 2023)	23

21	Taux des MDA dans les gonades femelle d'oursins en fonction du milieu	24
22	Taux des MDA dans les gonades femelle d'oursins en fonction de l'âge	25
23	Le pourcentage d'inhibition du radical ABTS ⁺ en fonction du milieu	26
24	Le pourcentage d'inhibition (PI) du radicale ABTS ^{o+} en fonction de l'âge	26

Liste des tableaux

Numéro du tableau	Titre du tableau	page
I	Les principaux radicaux libres rencontrés en biologie (Haton, 2005).	8
II	liste des produits chimiques utilisés	18

Liste des abréviations

ROS : Réactive oxygen species

ADN : Acide désoxyribonucléique.

SOD : Super oxyde dismutase

ERA : espèces réactives de l'azote

GPX : glutathion peroxydases

CAT : catalase

PBS : Phosphate-Buffered Saline

NaCl: Chlorure de sodium.

Kcl : Chlorure de Potassium.

KH₂PO₄ : Phosphate monopotassique.

TBARS: Thio barbituric Acid Reactive Substances.

TCA: TriChlor Acetic (Acide Trichloracétique).

TBA: Thio Barbituric Acid (acide thiobarbiturique).

EDTA: Ethylène Diaminete Traacetic Acid.

ABTS: Acide 2, 2'-azino-Bis-3-éthylbenzo Thiazoline-6-Sulfonique.

ABTS^{o+} : Radical de l'Acide 2, 2'-azino-Bis-3-éthylbenzo Thiazoline-6-Sulfonique.

K₂S₂O₈ : Persulfate de Potassium.

Na₂HPO₄ : Hydrogénophosphate de sodium.

MDA : Malon Di Aldéhyde.

PI : pourcentage d'inhibition

AC : absorbance du témoin sans échantillon à T 0 min

AT : absorbance des antioxydants à T 6 min

LPO : La lipoperoxydation

AGD : Aiguades

BDM : Brise de mer

Table des matières

Remerciements

Dédicaces

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Introduction	1
I. Généralité sur l'espèce « <i>Paracentrotus lividus</i> »	3
1. Présentation de l'espèce	3
2. Morphologie externe de l'oursin <i>P.lividus</i>	4
3. Anatomie interne de l'oursin <i>P.lividus</i>	5
4. Intérêt de l'oursin <i>P.lividus</i>	6
4. 1. Intérêt écologique	6
4.2. Intérêt économique	7
II. Stress oxydatif et dommages oxydatifs	7
1. Le stress oxydatif	7
2. Les radicaux libres	8
3. Dommages Oxydatif	9
3. 1. Effets sur les lipides	9
3. 2. Effets sur les protéines	10
3. 3. Attaque à l'ADN	11
3. 4. Inflammation	12
4. Systèmes de défense (Antioxydants)	13
4.1. Les systèmes antioxydants enzymatiques (antioxydants endogènes)	14
4.2. Les systèmes antioxydants non enzymatiques (antioxydants exogènes)	14
I. Zone d'étude	16
II. Matériel	17
1. Matériel biologique	17
2. Matériel de laboratoire	17
3. Produits chimiques	19
4. Logiciels	19
4.1. Statistiques StatView	19
4.2. GraphPad Prism 8	19
III. Méthodes	19
1. Méthodes de récolte des oursins	19

2. Extraction des gonades de <i>P.lividus</i>	20
2. Préparation de la solution tampon salin PBS (phosphate-buffered saline)	22
3. Préparation des échantillons	22
4. Mesure de la peroxydation lipidique ou Test TBARS	23
5. Mesure de l'activité antioxydante totale ou Test ABTS	24
I. Résultats	26
1. Mise en évidence du stress oxydatif en fonction du milieu et d'âge	26
1.1. Mesure de la peroxydation lipidique ou test de TBARS	26
1.1.1. En fonction du milieu	26
1.1.2. En fonction de l'âge	27
1.2. Mesure de l'activité antioxydante totale (test ABTS)	27
1.2.1. En fonction du milieu	27
1.2.2. En fonction de l'âge	28
2. Discussion	29
Conclusion	33
Références bibliographique	
Résumé	
Abstract	

Introduction

Introduction

Le milieu marin joue un rôle crucial dans la prospérité économique, le bien-être social et la qualité de vie. Il représente une vaste réserve de ressources énergétiques, minérales et biologiques qui constituent la base alimentaire de la majorité de la population mondiale. Toutefois, ces écosystèmes marins sont confrontés à des fortes pressions (**Nations Unies, Développement durable, 1992**).

La pollution de l'écosystème marin est devenue un des problèmes majeurs de l'environnement. Les contaminants majeurs sont regroupés en plusieurs familles dont les plus importantes sont les hydrocarbures, les métaux lourds, les polychlorobiphényles et les pesticides (**Ramade, 2007**).

L'activité humaine est à l'origine des différentes formes de pollution. En effet, des milliers de substances et de composés ont pénétré dans le milieu marin au cours des dernières décennies, ce qui peut avoir des effets néfastes sur ses composantes biologiques (**Cabral et al., 2019**).

Actuellement, une grande partie des zones côtières du monde est affectée par la pollution due aux fortes densités des populations le long des côtes. Les écosystèmes marins peuvent être affectés différemment selon leur emplacement, le type de contamination et l'exposition aiguë ou chronique (**Wilhelmsson et al., 2013**). L'exposition à long terme aux polluants peut entraîner des effets tératogènes ou cancérogènes, ainsi qu'altérer les fonctions de reproduction, perturber le système endocrinien et supprimer le système immunitaire (**Islam et Tanaka, 2004 ; Wilhelmsson et al., 2013**).

La libération de métabolites toxiques et l'interaction directe des espèces envahissantes avec les espèces indigènes, ainsi que la pollution, peuvent conduire à une production accrue d'espèces réactives de l'oxygène (ROS) et à des dommages oxydatifs aux composants cellulaires tels que les lipides, les protéines et l'ADN (**Box et al., 2007**). Afin de protéger les cellules contre les effets néfastes de l'excès de ROS et d'atténuer les dommages oxydatifs, les organismes présentent un système de défense antioxydant complexe (**Elias et al., 1999; Qin et al., 2011**). Ce système comprend des enzymes telles que la superoxyde dismutase (SOD) et la catalase,

capables d'éliminer respectivement l'anion superoxyde et le peroxyde d'hydrogène (**Box et al., 2008**).

Dans cette étude, une approche biologique a été utilisée pour évaluer le stress oxydatif, en se concentrant sur un invertébré marin appartenant à l'embranchement des *Echinodermata*. L'espèce choisie est l'oursin commun *Paracentrotus lividus*, qui est abondant sur la côte méditerranéenne. Les gonades de cet oursin sont très appréciées dans plusieurs pays, tels que la France, l'Espagne, l'Italie (**Fernández-Boán et al., 2013**) et le Japon (**Powell et al., 2014**), en raison de leur valeur en tant qu'aliment de luxe (**Cook et Kelly, 2007**). En raison de son mode de vie sédentaire et de sa sensibilité connue aux polluants, l'oursin *P. lividus* est également utilisé comme un excellent bioindicateur de la pollution dans l'environnement marin (**Demnati et al., 2002 ; Coteur et al., 2003 ; Bayed et al., 2005 ; Soualili et al., 2008 ; Angioni et al., 2014**). Ces dernières années, il a gagné en importance en tant qu'organisme modèle dans les programmes de surveillance des écosystèmes marins (**Bellas et Paredes, 2001 ; Fabbrocini et al., 2010**).

L'analyse des biomarqueurs offre la possibilité d'obtenir des informations sur la réaction et l'adaptation des espèces indigènes face à des situations stressantes, telles que la pollution ou l'introduction d'espèces exotiques. Le suivi de ces biomarqueurs permettrait de mieux comprendre les conséquences de ces activités et menaces sur les populations de l'oursin *Paracentrotus lividus* (**Frenzilli et al., 2004**).

Le but de cette étude était de mesurer les dommages oxydatifs au niveau des gonades femelles de l'oursin *Paracentrotus lividus* du golf de Bejaia afin d'avoir une idée sur la qualité du milieu. Cette étude s'inscrit dans une démarche écotoxicologique visant à mieux connaître les espèces qui fréquentent le golf de Béjaia.

Le présent document est divisé en trois chapitres ; le premier englobe une petite synthèse bibliographique, le deuxième évoque les différentes techniques utilisées dans l'expérimentation et le troisième expose les résultats obtenus, leur interprétation et leur discussion. Ce document se termine par une conclusion et quelques perspectives

Chapitre I

Revue

Bibliographique

I. Généralité sur l'espèce « *Paracentrotus lividus* »

1. Présentation de l'espèce

L'oursin commun *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816) est un échinidé à sexes séparés gonochorique ne présentant pas de dimorphisme sexuel avec un corps recouvert de piquants (fig.1). *P. lividus* est distribué dans toute la Méditerranée et dans l'Atlantique Nord-Est, en Écosse et en Irlande, au Sud du Maroc et aux îles Canaries, y compris les Açores (San Martin, 1995 ; Bayed et al. 2005 ; Boudouresque et Verlaque, 2013, 2020 ; Machado et al. 2019). Il utilise comme refuges différents habitats qu'ils soient rocheux, sablonneux ou des prairies de *Posidonia oceanica* et *Cymodocea nodosa* (Semroud, 1993; Guettaf et al, 2000 et Bayed et al, 2005). Le long de la côte Algérienne, *P. lividus* est une espèce dominante dans les écosystèmes d'eau peu profonde où l'on peut trouver jusqu'à 25 individus / m² (Semroud, 1993).

Il est particulièrement commun dans les régions où la température de l'eau en hiver varie entre 10 et 15°C et en été entre 18 et 25°C (Boudouresque et Verlaque, 2013, 2020). Des expériences sur le terrain et au laboratoire, réalisées afin d'examiner l'impact de la récente augmentation de la température de surface de la mer en Méditerranée orientale, ont montré une mortalité massive des oursins lorsque les températures dépassent 30,5 °C (Yeruham et al., 2015).

Les oursins sont les principaux herbivores et influencent souvent l'abondance et la composition des assemblages d'algues (Yeruham et al, 2015) : les macro algues comme *Cystoseira amentacea*, *Padina pavonica*, *Rissoella verrucolosa* etc. et les herbiers exemple de *Cymodocea nodosa* et *Posidonia oceanica*) sont clairement les plus préférés comme nourriture par ces derniers (Verlaque et Nédelec, 1983 ; Boudouresque et Verlaque, 2013, 2020).



Figure 1: Oursins (*Paracentrotus lividus*) capturés sur les côtes du golf de Bejaïa (Originale 2023)

2. Morphologie externe de l'oursin *P.lividus*

Paracentrotus lividus est un échinidé benthique qui possède une symétrie, pentamère, un corps à forme sphérique plus ou moins aplati à ses deux pôles (Fischer et al, 1987).

L'ouverture orale qui fait face au substrat est entourée d'une épaisse membrane circulaire non recouverte d'épines composée d'un tissu conjonctif spécifique appelé tissu collagénique mutable (TCM) ou péristome. La nourriture ingérée, au niveau de ce dernier est broyée par un appareil squelettique complexe, appelé Lanterne d'Aristote (Sugni et al., 2013).

Une aire apicale centrale qui constitue la face dorsale comprend les plaques basales petite au nombre de cinq en position radiaire alternées avec les plaques génitales au nombre de cinq à la position interradiaire, chacune d'elles est percée d'un pore pour évacuer les produits génitaux (Tortonese et Vadon 1987). La couronne constituant la face orale est formée de dix doubles rangées de plaque s'étendant de l'aire apicale à l'ouverture du test dans la face inférieure (Grass, 1948) (Fig. 2).

Le test hérissé porte différents appendices : les piquants, les sphérides, les podia, et les pédicellaires, est appelé généralement squelette dermique et sa rigidité est due aux fibres collagéniques et /ou musculaires qui relient les plaques squelettiques entre elles (De Ridder, 1986).

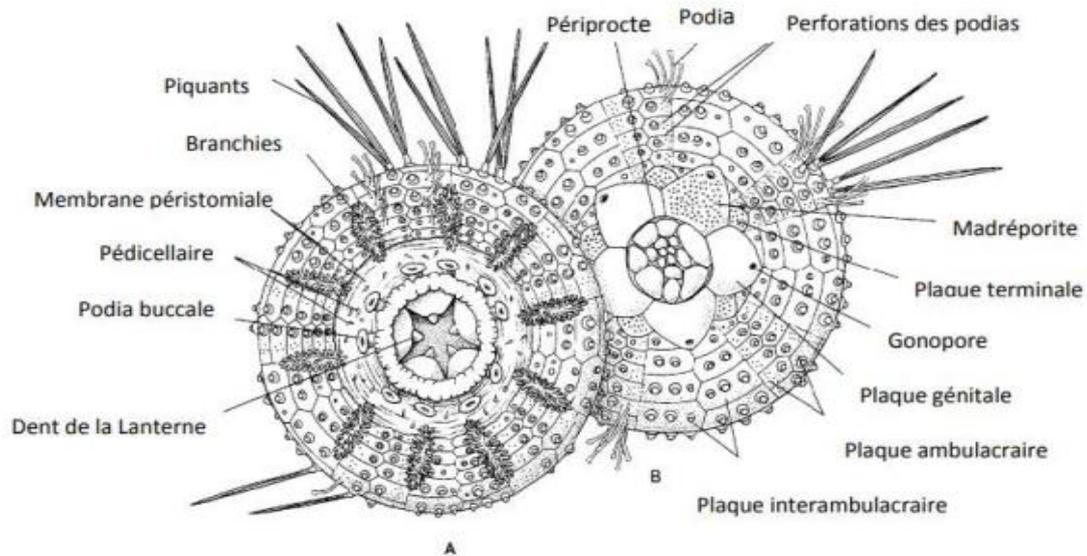


Figure 2 : Morphologie externe de *Paracentrotus lividus*, (A) Face orale (B) Aboral (*Grosjean, 2001*)

3. Anatomie interne de l'oursin *P.lividus*

Le système digestif est composé essentiellement de la bouche qui est un système assez complexe appelé lanterne d'Aristote (**Legall, 1987**), composé de 5 pyramides se terminant chacune par une dent. De la bouche part le pharynx suivi du tube digestif composé de l'œsophage, de l'intestin oral et de l'intestin aboral. Les fèces sont expulsées par l'anus dans le pôle aboral (**Boue et Chanton, 1978**) (**Fig. 3**).

Cinq gonades et des pores génitaux relatifs forment les organes reproducteurs. Les gonades sont disposées radialement dans la cavité coelomique. Les gamètes sont émis par les pores génitaux disposés autour de l'anus. *P.lividus* atteint la taille de première maturité à 20-25mm montrant une variation de 1 cm entre les zones géographiques (**Ouréns et al., 2011**). Les gonades de l'oursins sont constituées de deux principaux types de cellules : les cellules germinales, qui produisent les gamètes, et les phagocytes nutritifs, qui fournissent les nutriments et l'énergie nécessaires aux gamètes en développement (**Walker et al., 2001 ; Boudouresque et Verlaque, 2013 ; Zuber, 2016**).

Tous les autres systèmes internes : le système aquifère, le système sinusaire, le système nerveux et le système lacunaire ou sanguin sont repartis entre des cloisonnements au centre de

cette cavité, celle-ci est remplie d'eau de mer où flottent des globules sanguins en suspension (Tortonese, 1965).

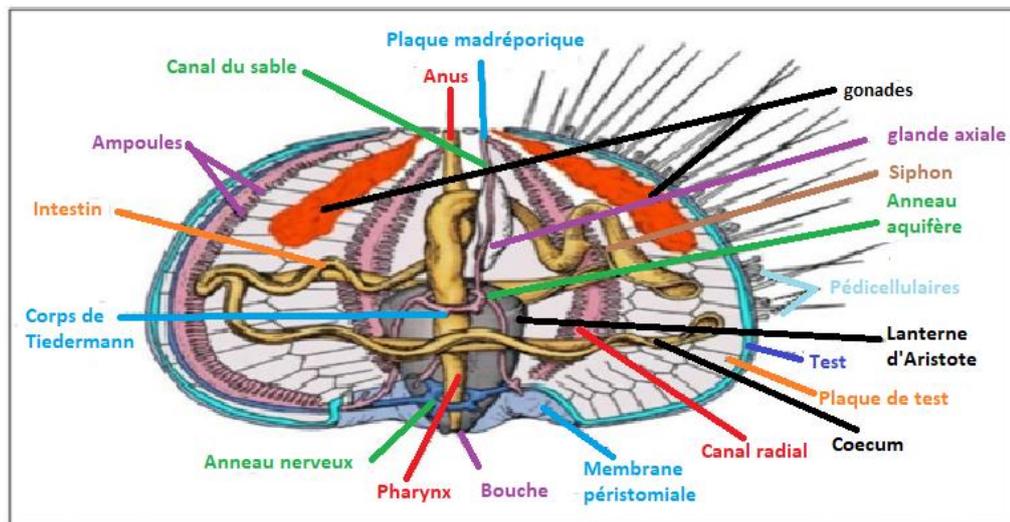


Figure 3 : Anatomie interne de *Paracentrotus lividus* (GUENDOUIZI, 2019, Modifié)

4. Intérêt de l'oursin *P.lividus*

4. 1. Intérêt écologique

D'après Lecchini *et al.* (2002), Soualili *et al.* (2009), *P.lividus* est une espèce majeure dans la régulation des communautés algales en mer Méditerranée. elle est également considérée comme une espèce clé des écosystèmes méditerranéens tels que: ceux à *Posidonia oceanica* (Jamila *et al.*, 2018). Des densités élevées d'oursins peuvent pratiquement éliminer de vastes zones de végétation de grande taille et stimuler la production d'un environnement biodégradable dominé par les algues coralliennes (Machado *et al.*, 2019).

L'oursin remplit les caractères décrits d'une bonne espèce indicatrice et accumulatrice de métaux lourds (Soualili, 2008 ; Warnau *et al.*, 1998). Les oursins possèdent les caractéristiques qui en font des bio-indicateurs : ils sont sessiles ou ne se déplacent que sur de courtes distances, sont faciles à capturer et à identifier et comptent parmi les espèces prédominantes de la macrofaune benthique de nombreux écosystèmes marins (Warnau *et al.*, 2006). De plus, le régime alimentaire spécifique de cet organisme (brouteur) peut fournir des renseignements précieux sur les transferts trophiques des différents polluants étudiés (Den Besten *et al.*, 2001 et Warnau *et al.*, 2006).

4.2. Intérêt économique

L'oursin comestible *P. lividus* est l'oursin le plus important d'un point de vue commercial, car il est très apprécié (Fischer et al., 1987; Warnau et al., 1995b). En effet, les gonades sont considérées comme des délicieux fruits de mer dans plusieurs pays européens (Warnau et al., 1995b). Les œufs d'oursins sont considérés comme des mets gastronomiques par excellence, en particulier en France, en Italie et en Espagne, où les populations locales sont fortement exploitées. (Machado et al., 2019 ; Le Mao et Godet et al., 2020 ; Santos et al., 2020 ; Lourenço et al., 2021). Par ailleurs, les gonades mâles sont beaucoup moins recherchées que celles des femelles (Kempf, 1962). En Algérie, la consommation des oursins reste très locale et traditionnelle limitée à quelques populations des zones côtières.

II. Stress oxydatif et dommages oxydatifs

1. Le stress oxydatif

tous les organismes vivants qui utilisent de l'oxygène dans leurs processus métaboliques génèrent des radicaux libres (Favier, 2003).

Le stress oxydatif se produit lorsque le rapport entre les pro-oxydants et les antioxydants dans l'organisme est déséquilibré (Fig.4). Cela entraîne une production incontrôlée de radicaux libres qui peuvent causer des dommages oxydatifs aux molécules biologiques essentielles, y compris les lipides, les protéines, les glucides et les acides nucléiques (Abele et al., 2011). Les radicaux sont des espèces chimiques caractérisées par la présence d'un électron libre sur leur couche externe, ce qui leur confère une grande réactivité (Migdal et Serres, 2011

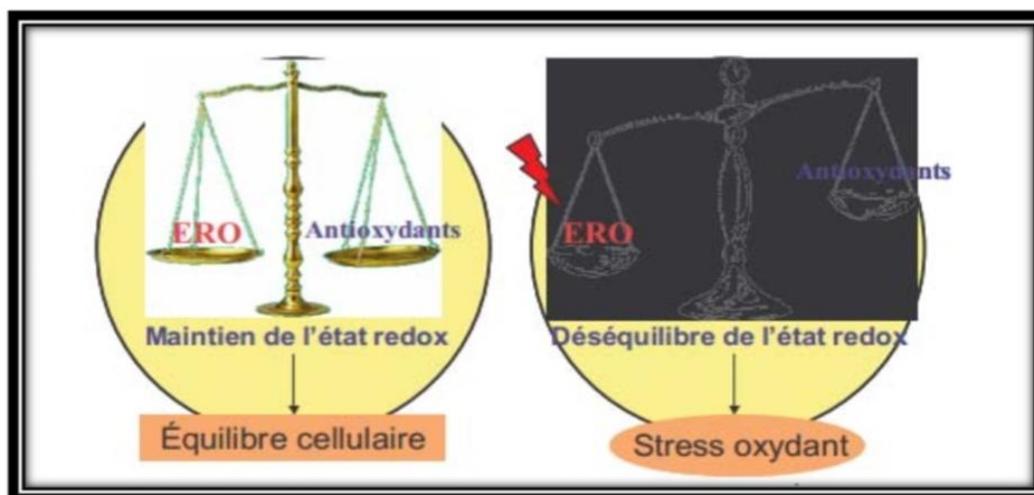


Figure 4 : régulation de l'état redox et le maintien de l'homéostasie cellulaire (Haton, 2005)

2. Les radicaux libres

Les espèces réactives de l'oxygénées (ROS) et les espèces réactives de l'azote (ERA) représentent l'ensemble des espèces oxygénées activées (radicaux libres) (**tableau 1**). Ce sont des entités chimiques, molécules, ou simple atomes possédant un ou plusieurs électrons célibataires, ce qui leurs confèrent une grande réactivité. En effet, un radical libre aura toujours tendance à remplir son orbitale en captant un électron pour devenir plus stable, il va donc se réduire en oxydant un autre composé (**Halliwell, 2006**).

Tableau I : Les principaux radicaux libres (**Haton, 2005**).

Radical libre (nomenclature)	Structure chimique
Anion su peroxyde	$O_2^{\bullet -}$
Radical hydroxyle	OH^{\bullet}
Oxygène singulet	1O_2
Monoxyde d'azote	NO°
Nitroxyde	NOO°
Peroxynitrite	$ONOO^{\circ}$
Radical peroxyde	ROO°

La production des radicaux libres peut être d'origine endogène notamment pendant le métabolisme normal, principalement lors des réactions de détoxifications médiées par le cytochrome P-450, au niveau de la chaîne mitochondriale de transport d'électron. Les radicaux libres peuvent également avoir une origine exogène tels que les radiations, les métaux toxiques, les fumées de combustion, les médicaments...etc (**Woodside et Young, 2001**) (**Fig 5**).

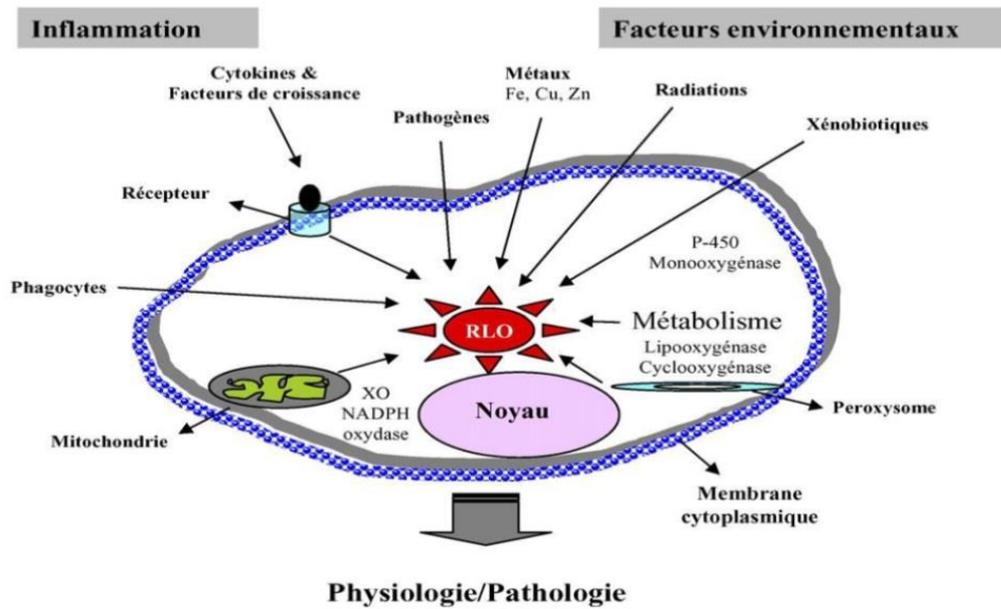


Figure 5 : Origine extra- et intracellulaire des radicaux libres oxygénés (Afonso et al., 2007).

3. Dommages Oxydatif

La production excessive de radicaux libres provoque des lésions directes de molécules biologique (oxydation de l'ADN, des protéines, des lipides, des glucides) (Favier, 2003).

Selon Gardés-Albert et al., (2003), ces lésions peuvent affecter considérablement les mécanisme cellulaires .

3. 1. Effets sur les lipides

Les lipides et principalement leurs acides gras polyinsaturés sont la cible privilégiée de l'attaque par le radical hydroxyle capable d'arracher un hydrogène sur les carbones situés entre deux doubles liaisons, pour former un radical diène conjugué, oxydé en radicale peroxy (Favier, 2003). Cette réaction appelée peroxydation lipidique forme une réaction en chaîne car le radical pyroxyde formé se transforme en peroxyde au contact d'un autre acide gras qui forme un nouveau radical diène conjugué (Favier, 2003) (Fig 6).

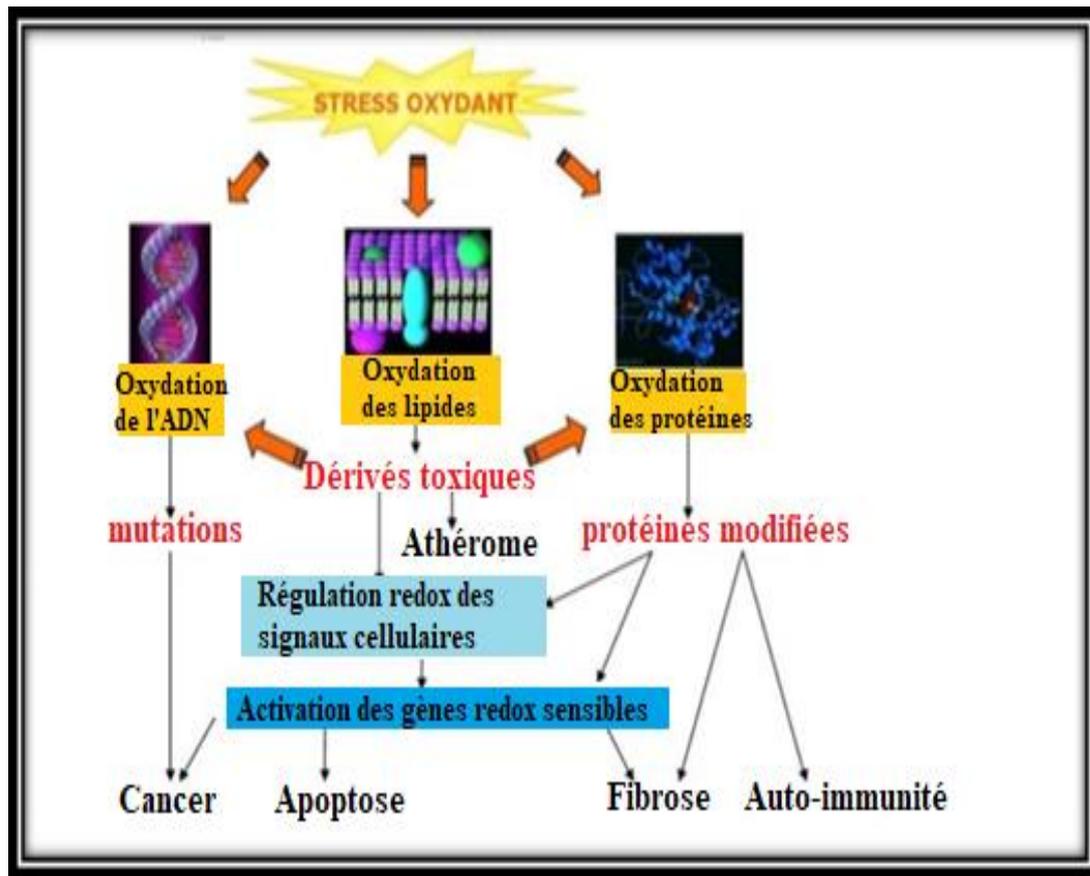


Figure 6 : Effets potentiels du stress oxydant sur les composants et sur l'organisme (Latendre, 2009, modifiée).

3. 2. Effets sur les protéines

Les dommages oxydatifs créés au niveau des protéines entraînent des modifications de leurs chaînes peptidiques telles que des ruptures, l'oxydation spécifique de certains acides aminés et des altérations de charges électriques menant souvent à leur dégradation par protéolyse (Béguel, 2012). Les protéines oxydées deviennent aussi très hydrophobes, soit par suppression de groupements amines ionisables, soit par extériorisation de zones hydrophobes centrales (Favier, 2003).

Les protéines modifiées par oxydation perdent leurs propriétés biologiques (enzyme, anti enzyme, récepteur ...) et deviennent beaucoup plus sensibles à l'action des protéases et notamment du protéasome (Favier, 2003).

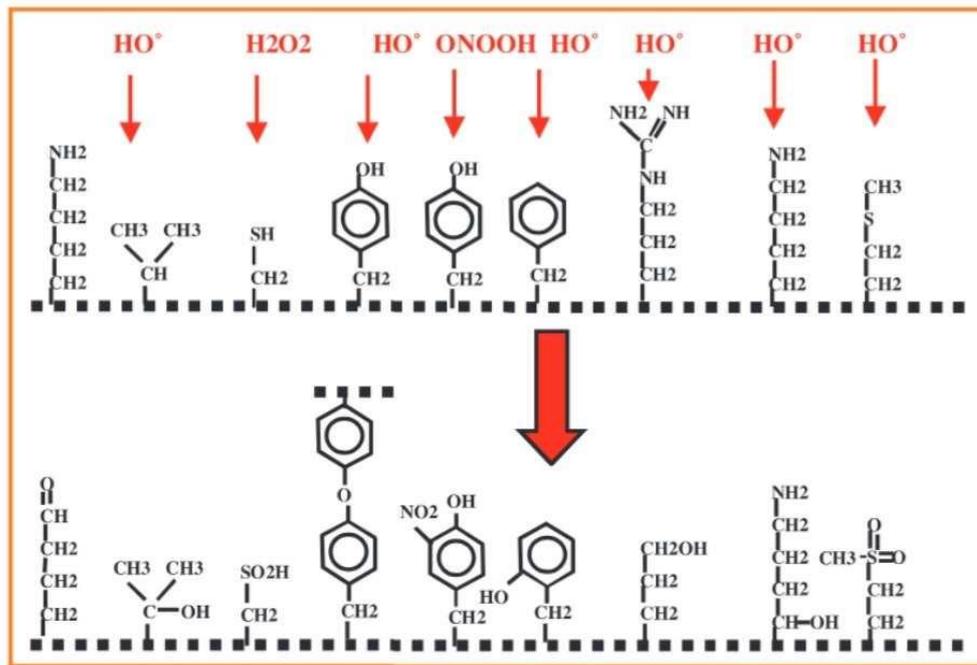


Figure 7. Nature de quelques modifications des chaînes latérales d'acides aminés des protéines après attaque radicalaire (Favier, 2003)

3. 3. Attaque à l'ADN

Bien que l'ADN soit la mémoire de toute la composition biochimique des êtres vivants, il s'agit d'une molécule très sensible à l'attaque par les radicaux de l'oxygène (Favier, 2003).

L'oxydation des différents constituants de l'ADN induit la formation de 4 grandes classes de lésions : les modifications des bases nucléiques, les sites abasiques, les pontages, et les casseurs de chaînes (simple et double brins) (Haton, 2005) (Fig 8).

Lorsqu'une attaque radicalaire se produit, les bases nucléiques peuvent être directement oxydées, ce qui entraîne la formation de plusieurs bases modifiées, dont les plus courantes sont : 8-oxo guanine, 8-nitro guanine, 8-oxo adénine, 5-hydroxy cytosine et 5-hydroxy méthyl uracile (Singh *et al.*, 2019 ; Poetsch *et al.*, 2020).

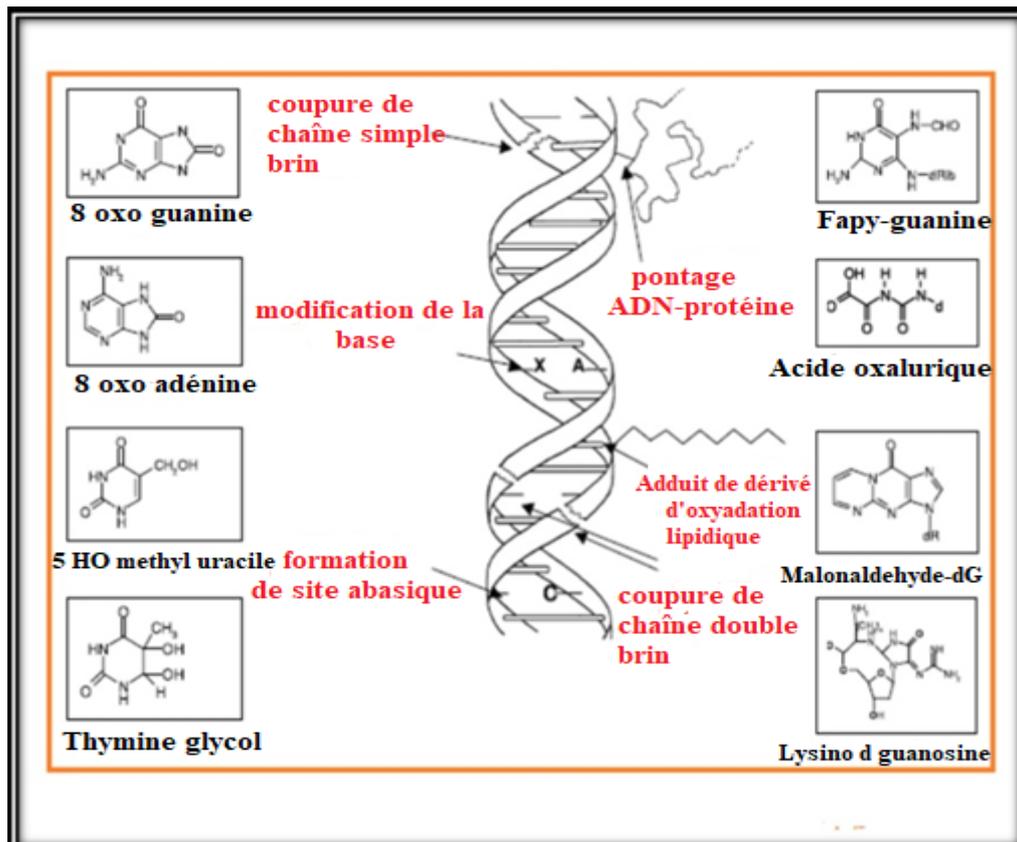


Figure 8 : Lésions de l'ADN formées par attaque radicalaire du patrimoine génétique des cellules (Favier, 2003, modifié).

3. 4. Inflammation

L'inflammation est une réaction physiologique qui se produit en réponse à une attaque, qu'elle soit d'origine microbienne ou provoquée par la présence de particules ou de substances étrangères dans l'organisme. Lorsque l'inflammation se déclenche, le complexe NADPH oxydase est activé, ce qui conduit à la production de grandes quantités d'anions superoxydes ($O_2^{\cdot-}$) à la surface des cellules phagocytaires. Ce mécanisme joue un rôle crucial dans la lutte contre l'infection, car il permet d'englober et d'éliminer les bactéries et les corps étrangers (Ayala et al., 2014).

Selon l'origine de la réaction inflammatoire, son évolution diffère pour aboutir au même résultat final c'est à-dire à une accumulation de polynucléaires neutrophiles au site inflammatoire et à des lésions cellulaires et tissulaires dues aux ERO et aux enzymes protéolytiques libérées par les neutrophiles activés. Si la production de ERO est trop importante

et que les systèmes naturels d'épuration sont insuffisants, les cellules sont soumises à un stress oxydatif qui entretient l'état inflammatoire (Chelombitko, 2018).

4. Systèmes de défense (Antioxydants)

Les antioxydants sont des substances qui inhibent ou ralentissent l'oxydation d'un substrat. Ils sont présents sous de nombreuses formes et peuvent intervenir en prévention de la formation des radicaux libres, aussi bien que pour participer leur élimination (antioxydants primaires et secondaires). Pour se protéger du stress oxydant, les organismes ont développé un arsenal d'antioxydants (Fetoni et al., 2019).

Il existe deux classes d'antioxydants : les endogènes et les exogènes (Sáez et Están-Capell, 2017).

Les antioxydants endogènes sont principalement représentés par les enzymes telles que le superoxyde dismutase, la catalase et la glutathion peroxydase. Ces enzymes sont produites naturellement dans l'organisme pour neutraliser les espèces réactives de l'oxygène (ERO). En ce qui concerne les antioxydants exogènes, ils sont apportés de l'extérieur, par exemple, à travers l'alimentation (Fig 9).

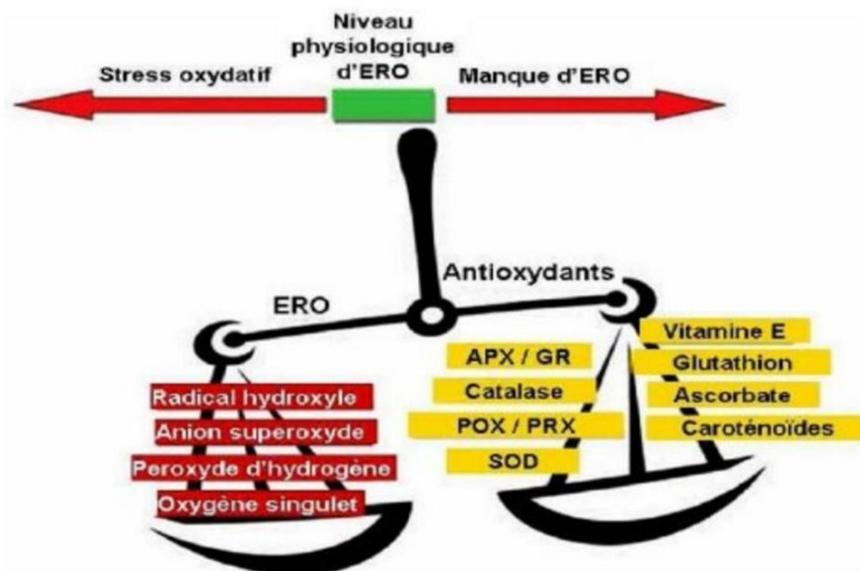


Figure 9 : Schématisation de la balance entre les espèces réactives oxygénées ERO et les antioxydants (Pourrut, 2008).

4.1. Les systèmes antioxydants enzymatiques (antioxydants endogènes)

Il existe trois types d'enzymes antioxydants majeurs mises en évidence pour l'élimination d'espèces réactives de l'oxygène : les super oxydes dismutases (SOD), les glutathion peroxydases (GPX) et la catalase (CAT). Ces enzymes sont toute des métalloprotéines et agissent de façon coordonnée (**Pastre, 2005**). Les enzymes existent à l'état endogène et permettent de protéger les cellules contre les radicaux libres produits de manière physiologique au cours du métabolisme cellulaire normal. Ils sont considérés comme la première ligne de défense de l'organisme contre les ROS (**Marnet, 2013**).

4.2. Les systèmes antioxydants non enzymatiques (antioxydants exogènes)

De nombreux antioxydants exogènes sont également présents dans l'alimentation apportant ainsi un soutien significatif dans la lutte antioxydante (**Fig 10**). Nous les trouvons dans les fruits (pommes, poires, fruits rouges...), les légumes (brocoli, oignon...), les boissons (Café, thé, vin...) ainsi que dans les épices, le cacao ou encore les céréales. Ces antioxydants sont surtout connus pour leur capacité à réagir directement avec les radicaux libres en les « neutralisant » par réaction de réduction (**Desmier, 2016**).

Parmi les antioxydants les plus connus on retrouve La vitamine C (acide ascorbique), la vitamine E (tocophérol), vitamine A (les caroténoïdes), les polyphénols, les flavonoïdes.

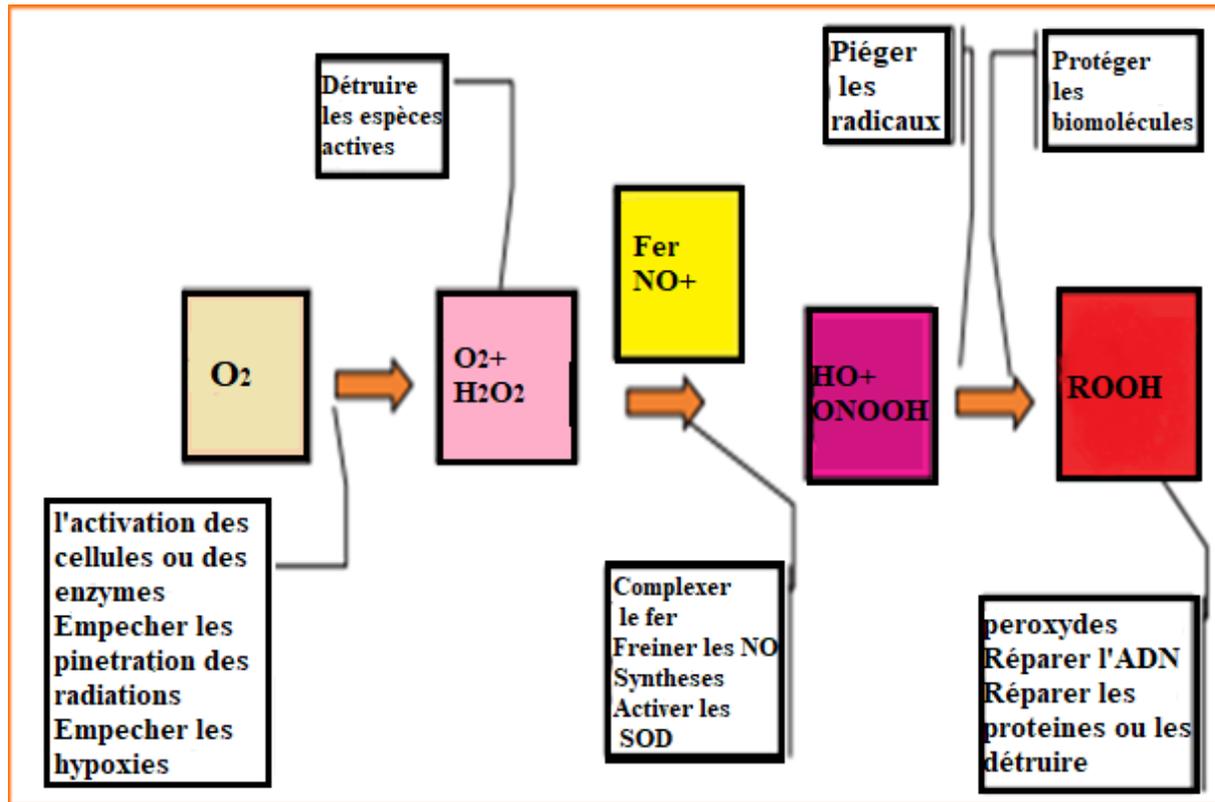


Figure 10 : Stratégie de conception de systèmes antioxydants susceptibles de prévenir la formation de radicaux libres oxygénés ou de permettre leur destruction (Favier, 2003 modifié).

Chapitre II

Matériel

Et

Méthodes

L'objectif de cette étude, menée au sein du laboratoire de biologie animale de notre université, est d'évaluer le stress oxydatif au niveau des ovaires de l'oursin *Paracentrotus lividus*. Les échantillons ont été prélevés dans deux stations différentes, à savoir les Aiguades et la Brise de mer. Pour évaluer le niveau de stress chez cette espèce, deux tests différents ont été utilisés, à savoir, le test ABTS et le test TBARS. Ces tests permettent de mesurer respectivement le taux de stress et l'activité antioxydante dans les ovaires des oursins.

I. Zone d'étude

L'échantillonnage des oursins a été réalisé dans deux stations différentes du golf de Béjaia, ces dernières présentent un degré d'impact humain différent. Nous avons effectué au total six sorties qui se sont étalées sur une période de trois mois (mars, avril et mai).

La première station est située aux Aiguades, qui est un milieu naturel visiblement propre situé au cœur du parc national de Gouraya, sur le flanc septentrional du massif de Gouraya à une altitude d'une trentaine de mètres par rapport au niveau de la mer ($36^{\circ} 45' 54.3321''$ N, $5^{\circ} 6' 10.8931''$ E) (**Fig.11**). Elle se distingue par l'absence d'activités industrielles et d'aménagement urbains, ainsi que par la présence de source karstique d'eau douce.

La deuxième station se trouve à la Brise de Mer, une zone touristique rocheuse située entre deux ports (port de pêche et port pétrolier) à ($36^{\circ} 45' 19.5879''$ N, $5^{\circ} 5' 32.8454''$ E) (**Fig.11**), cette localisation lui confère un aspect pollué, de plus, les rejets provenant des conduites d'assainissement des habitants ainsi que des usines environnantes.



Figure 11: localisation des deux stations d'échantillonnage situées au golf de Bejaia (**Google Earth**).

II. Matériel

1. Matériel biologique

Les gonades femelles de des oursins *Paracentrotus lividus* utilisés pour cette étude a été récolté au niveau de deux stations : les Aiguades et la Brise de mer dans la wilaya de Bejaia. Cette espèce joue un rôle écologique important en se nourrissant d'algues et en contribuant à l'équilibre des écosystèmes marins.



Figure 12 : gonades de *P.lividus* (Originale, 2023)

2. Matériel de laboratoire

Notre équipement de laboratoire incluait (Fig , 13) :

2.1.Verreries de laboratoire

- Béchers
- flacons,
- tubes à essai en verre
- tubes à hémolyse
- verres de montre
- boîtes de Pétri

Instruments de mesure

- micropipettes
- balance de précision
- spectrophotomètre
- une centrifugeuse réfrigérée

2.2. Instruments de contrôle de la température

- bain-marie
- bain de glace
- centrifugeuse réfrigérée
- une plaque magnétique

2.3. Instruments de manipulation

- cuves en plastique papier absorbant
- mortier et pilon en porcelaine
- spatules, seringues et trousse à dissection

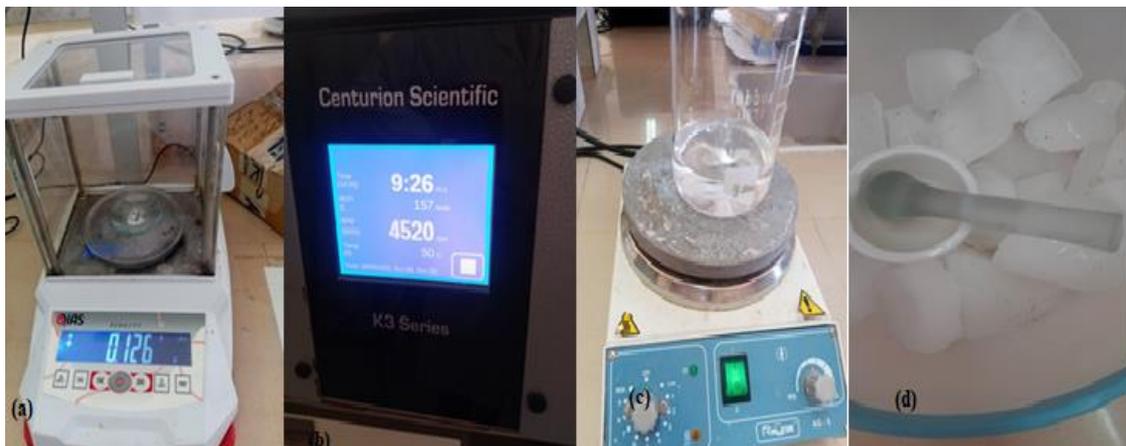


Figure13 : figure représentant le matériel de laboratoire utilisé dans notre étude (Original 2023).

3. Produits chimiques

Dans le cadre de notre expérimentation, nous avons eu recours à plusieurs réactifs que nous avons répertoriés dans le tableau suivant

Tableau II: liste des produits chimiques utilisés

Solutions	Produits utilisés pour préparer ces solutions
PBS	<ul style="list-style-type: none">• NaCl (137 m mol)• Kcl (2.7 m mol)• KH₂PO₄ (10 m mol)• Na₂PO₄ (1.76 m mol)• Eau distillé
Test TBARS	<ul style="list-style-type: none">• TCA (30%)• TBA (0.1%)• EDTA (0.1mol/l)
Test ABTS	<ul style="list-style-type: none">• ABTS(7 n mol)• K₂S₂O₈(2.45 n mol)

4. Logiciels

4.1. Statistiques StatView

Ce logiciel a permis de traiter les résultats obtenus à partir de différentes mesures. Nous avons utilisé StatView pour calculer les moyennes, les écarts-types, les erreurs standards et pour effectuer des tests de Student.

4.2. GraphPad Prism 8

Est un logiciel puissant et convivial pour l'analyse statistique et graphique des données expérimentales, il offre une large gamme de fonctionnalités, une interface intuitive et la possibilité de générer des graphiques et des rapports de qualité professionnelle.

III. Méthodes

1. Méthodes de récolte des oursins

La collecte des oursins a été réalisée par une méthode directe, il s'agit d'un échantillonnage aléatoire simple sur un transect bien déterminé en faisant des vas et des viens.

Les échantillons sont ramassés directement à la main en s'aidant d'une pince et des gants. Les sorties ont été effectuées pendant des journées où la mer était calme et les températures étaient comprises entre 17 et 20 degrés et les prélèvements ont eu lieu entre 8h et 10h du matin. Nous avons prélevés en moyenne 20 échantillons par chaque sortie. Ces échantillons ont été transportés au laboratoire dans des boîtes en plastiques remplis d'eau de mer de la même station (Fig 14).



Figure 14: oursins *Paracentrotus lividus* collectés dans des boîtes remplis d'eau de mer (originale 2023)

2. Extraction des gonades de *P.lividus*

On a suivi plusieurs étapes pour la récupération des gonades femelles de l'oursin *Paracentrotus lividus*

Dissection de l'oursin

Chaque oursin a été placé sur une surface de travail appropriée. L'animal a été fermement tenu par une main et avec l'autre main nous avons inséré délicatement un scalpel afin de faire une petite ouverture soignée et légèrement incurvée sur l'oursin pour ouvrir le test en utilisant des ciseaux (Fig15), en veillant à ne pas endommager les gonades.

Mesure du diamètre

On prend note du diamètre de chaque oursin après sa dissection. La mesure s'est faite de bout en bout sans inclure les piquants.

Extraction, récupération et stockage des gonades (des femelles)

À l'intérieure de l'oursin les gonades qui sont généralement de couleur orange (**Fig16**) ont été délicatement retirées sans les endommager elles sont ensuite placées dans des boites de pétri et conservées dans un congélateur pour une utilisation ultérieure.



Figure 15 : matériels utilisés pour la dissection (**Original2023**)



Figure 16 : Gonades femelles de *P. lividus* (**Original2023**)

2. Préparation de la solution tampon salin PBS (phosphate-buffered saline)

Pour préparer nos échantillons, nous avons utilisé une solution tampon appelée PBS. Cette solution n'est pas susceptible de causer des dommages cellulaires, de la toxicité ou des précipitations indésirables. Pour réaliser une quantité de 500ml de PBS, nous avons pesé séparément 4g de NaCl à 137m mol, 0.1g de KCL à 2.7 m mol, 0.71 g de Na₂HPO₄ à 10m mol et 0.12 g de KH₂PO₄ à 1.76 m mol. Nous avons placé ces produits dans un bécher en verre et nous les avons dilués en ajoutant 250 ml d'eau distillée. Après avoir agité le mélange pendant 5 minutes sur une plaque magnétique, nous avons ajouté 250 ml supplémentaires d'eau distillée.

Ensuite, nous avons remis le PBS sur une plaque magnétique et nous l'avons laissé agiter encore quelques minutes. Finalement, nous avons conditionné la solution dans un flacon étiqueté (**Fig17**) et nous l'avons stocké au réfrigérateur.



Figure 17 : préparation de la solution PBS

3. Préparation des échantillons

Pour adapter notre protocole expérimental à notre étude, nous avons utilisé le protocole de *Weirich et al. (2001)* combiné avec celui d'*AL Quaraishy (2020)*.

Nous avons commencé par préparer les échantillons d'ovaires d'oursins en les décongelant au préalable. Ensuite, dans un mortier en porcelaine préalablement refroidi sur un lit de glace, nous avons ajouté 1g de tissu ovarien et 8ml de solution tampon PBS. Nous avons

broyé le tout jusqu'à obtenir une suspension homogène, que nous avons versée dans des tubes à homogénéisation en plastique étiquetés. La suspension a été centrifugée à une vitesse de 6000 tours/min et à une température de -4°C pendant 20 minutes dans une centrifugeuse réfrigérée. Nous avons récupéré le surnageant et l'avons conditionné dans des tubes étiquetés (**Fig18**).

Enfin, tous les échantillons ont été congelés à une température de -4°C et qui seront utilisés pour des tests ultérieurs dans le cadre de l'étude.

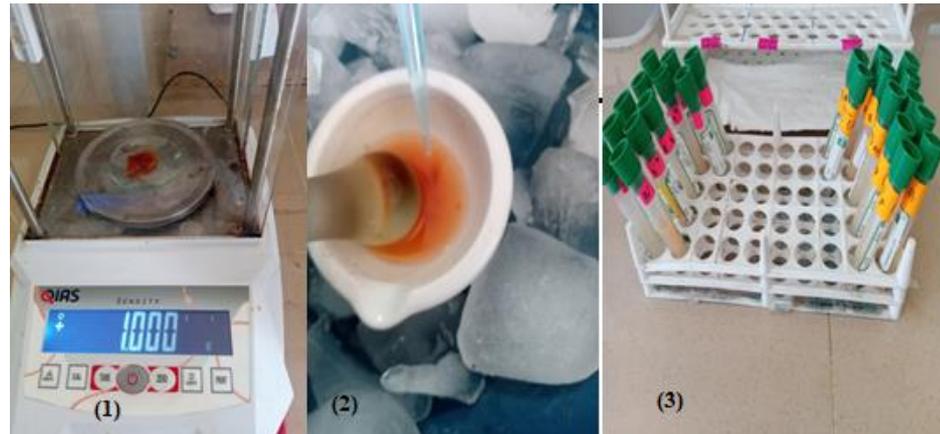


Figure18: (1) Pesé des échantillons (2) Broyage (3) stockage du surnageant étiquetés (**Original2023**).

4. Mesure de la peroxydation lipidique ou Test TBARS

Les échantillons ont été soumis au test TBARS qui est un test permettant de mesurer le taux de peroxydation lipidique. Avant le test, les échantillons ont été décongelés pendant 15 minutes. 2ml de chaque échantillon ont été prélevés et mélangés avec 1ml de TCA à 30 %. Cette solution a été incubée à 0°C pendant 120 minutes.

Ensuite, les échantillons ont été centrifugés pendant 20 minutes à une vitesse de 6000 tours/minute et à une température de -4°C . Le surnageant a été prélevé et transféré dans des tubes à essai en verre, auxquels on a ajouté 0.5 ml de TBA à 1% et 0.150 ml d'EDTA à 0.1 mol. Les tubes ont ensuite été chauffés dans un bain-marie à une température de 95°C pendant 15 minutes (**Fig19 ; 1**). La réaction enzymatique a été stoppée en plongeant les tubes dans un bain glacé pendant 20 minutes (**Fig19 ; 2**).

Enfin, l'absorbance des échantillons (**Fig19 ; 3**) a été mesurée à une longueur d'onde de 535 nm à l'aide d'un spectrophotomètre. Les résultats ont été enregistrés en vue d'une analyse

statistique ultérieure. Au total, 40 répétitions ont été effectuées pour chaque catégorie d'âge des oursins. La concentration en MDA a été calculée en divisant l'absorbance de chaque échantillon par 1.56×10 .



Figure 19: (1) Les échantillons dans un bain marie ; (2) Les échantillons dans un bain glacé ; (3) Coloration des échantillons lors du test (Original2023).

5. Mesure de l'activité antioxydante totale ou Test ABTS

Dans la présente étude nous avons utilisé le test ABTS, Dans ce test l'ABTS (2,2'-azinobis-(3-éthylbenzothiazoline-6-sulfonate)) incolore est oxydé en utilisant du persulfate de potassium ($K_2S_2O_8$), ce qui génère le radical cationique $ABTS^{+\bullet}$ de couleur bleu-vert. Lorsqu'un composé antioxydant est ajouté, le radical $ABTS^{+\bullet}$ est réduit en ABTS. L'activité antioxydant est évaluée en mesurant la décoloration de la solution et est exprimée en pourcentage d'inhibition (PI) de l'absorbance à une longueur d'onde de 734 nm (Osman *et al.*, 2006 ; Moon et Shibamoto, 2009).

Pour générer le radical $ABTS^{\circ+}$, deux volumes de solution ABTS à une concentration de 7 nmol ont été mélangés avec un volume de persulfate de potassium $K_2S_2O_8$ à une concentration de 2.45 n mol. Cette manipulation a été réalisée dans l'obscurité complète afin d'éviter toute oxydation de la solution.

Environ 12h à 14heures plus tard, la solution chromophore vert/ bleu obtenue est graduellement diluée jusqu'à atteindre une absorbance de 0.70 (+/-0.02) à une longueur d'onde de 734 nm.

Pendant ce temps, nous avons également préparé les éléments suivants :

- Un blanc témoin composé de 10µl d'eau distillée (ou tampon) et 1 ml d'eau distillé (ou tampon)
- Un témoin préparé en utilisant 10µl d'eau distillé (ou tampon) et 1 ml d'ABTS^{°+}
- Un blanc d'échantillon en mélangeant 10µl d'échantillon avec 1ml d'eau distillée (ou tampon)
- Chaque échantillon a été préparé en ajoutant 10µl à 1 ml d'ABTS^{°+}. Ensuite, les échantillons sont incubés à l'ombre pendant 6 minutes après l'ajout du radical ABTS^{°+}. Enfin, l'absorbance de la solution obtenue est mesurée à une longueur d'onde de 734 nm. Pour calculer le pourcentage d'inhibition on a utilisé la formule suivante :

$$PI \text{ ABTS}^{\circ+} = \frac{AC - AT}{AC} \times 100$$

PI : pourcentage d'inhibition

AC : absorbance du témoin sans échantillon à T 0 min

AT : absorbance des antioxydants à T 6 min.

Chapitre III

Résultats

Et

Discussions

I. Résultats

1. Mise en évidence du stress oxydatif en fonction du milieu et d'âge

Le statut oxydatif d'un individu peut être évalué en mesurant plusieurs marqueurs qui sont formés par l'oxydation des biomolécules.

Dans le cadre de cette étude expérimentale, nous avons opté pour l'analyser des échantillons en réalisant deux tests, à savoir le test TBARS et le test ABTS. Ces tests sont utilisés pour évaluer différents aspects du stress oxydatif et de la capacité antioxydante des échantillons étudiés.

1.1. Mesure de la peroxydation lipidique ou test de TBARS

Les résultats relatifs aux concentrations des MDA (malondialdéhyde) en tant que biomarqueurs des dommages lipidiques dans les gonades femelles des oursins sont présentés dans les graphiques (Fig.19, 20).

1.1.1. En fonction du milieu

Les résultats du graphe (Fig.20) ont révélé qu'il n'y avait pas de différence significative dans la concentration des MDA entre les échantillons prélevés au Aiguade et Brise de Mer,

Cependant, malgré cette absence de différence significative, il est intéressant de noter que les ovaires des oursins de la Brise de Mer présentent une concentration légèrement plus élevée en MDA (2.50 ± 0.22 par rapport à ceux des oursins des Aiguade (2.01 ± 0.17)).

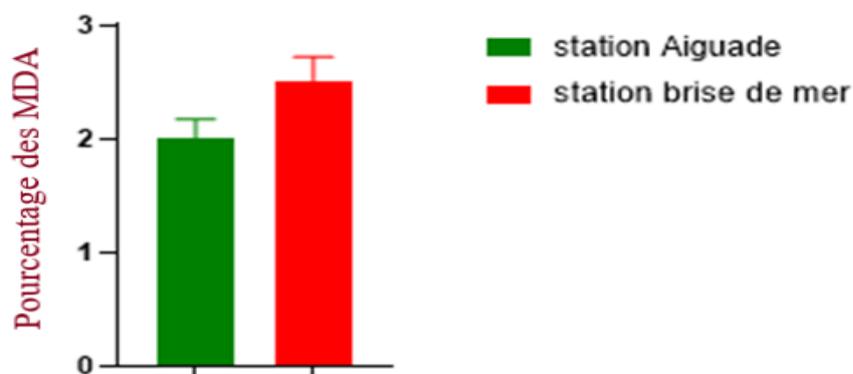


Figure20: Taux des MDA dans les gonades femelle d'oursins en fonction du milieu

1.1.2. En fonction de l'âge

Les résultats du graphe (Fig.21) montrent que la concentration de MDA varie significativement en fonction de l'âge des oursins avec une différence significative ($p < 0,0001$), des niveaux plus élevés ont été rapportés chez les oursins âgés avec des concentrations de (2.85 ± 0.14) par rapport aux jeunes oursins (1.23 ± 0.11) dans les deux milieux Aiguade et Brise de Mer.

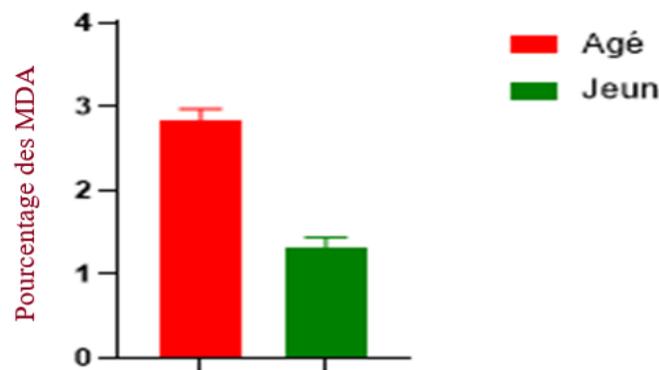


Figure21: Taux des MDA dans les gonades femelle d'oursins en fonction de l'âge

1.2. Mesure de l'activité antioxydante totale (test ABTS)

Le piégeage du radical stable ABTS est une méthode employée couramment pour évaluer les activités antioxydantes.

1.2.1. En fonction du milieu

L'histogramme suivant (Fig.22) présente les pourcentages d'inhibition du radical ABTS pour les échantillons provenant des stations Aiguade et Brise de Mer

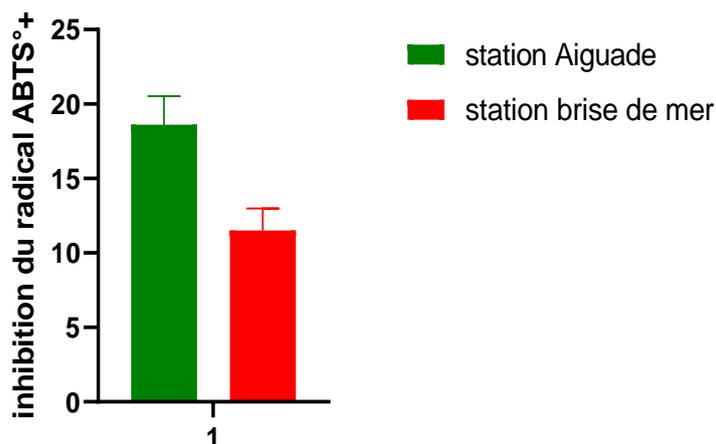


Figure 22 : Le pourcentage d'inhibition du radical ABTS+ en fonction du milieu.

Les résultats montrent une diminution significative du pourcentage d'inhibition du radical ABTS dans les échantillons provenant de la station Brise de Me par rapport à ceux des Aiguade, avec une valeur de $p < 0,005$.

Les échantillons provenant des Aiguade ont une moyenne de pourcentage d'inhibition de $18,62 \pm 1,91$, En revanche, les échantillons provenant de la Brise de Mer ont une moyenne de pourcentage d'inhibition de $11,50 \pm 1,47$.

1.2.2. En fonction de l'âge

D'après la (**Fig.23**), les résultats du pouvoir radicalaire des ovaires des oursins (jeunes et âgés) indiquent que la capacité à piéger le radical ABTS par les jeunes oursins est plus importante ($17,73 \pm 2,21$) que celle des oursins âgés ($13,06 \pm 1,5$)

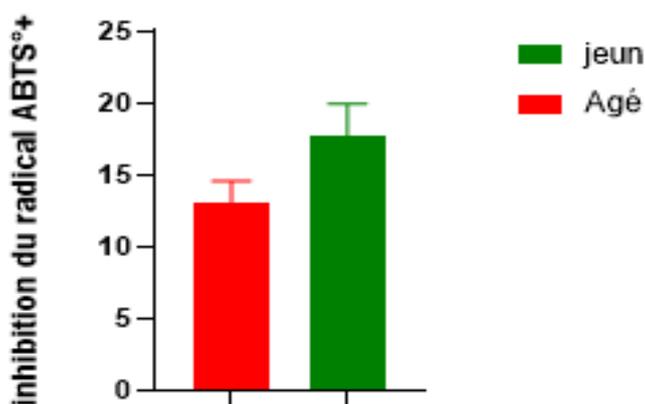


Figure 23 : Le pourcentage d'inhibition (PI) du radicale ABTS°+ en fonction de l'âge

2. Discussion

Pour évaluer le niveau de peroxydation lipidique dans les ovaires des oursins provenant de deux stations du golf de Béjaia, en prenant en compte l'âge de ces derniers, nous avons utilisé le test TBARS (thiobarbituric acid reactive substances). Ce test se base sur la réaction entre les molécules de MDA (Malon dialdéhyde) et le TBA (thiobarbituric acid), ce qui conduit à la formation d'un chromophore allant du rose à l'orange. Ce chromophore absorbe la lumière à une longueur d'onde comprise entre 532 et 535 nm. Nous nous sommes référés aux travaux antérieurs réalisés par (**Satoh, 1978 ; Devasagayam et al., 2003; Palmieri et Sblendorio, 2007**) pour mettre en place cette méthode de mesure.

La lipoperoxydation (LPO) est couramment utilisée comme indicateur du stress oxydatif chez les animaux aquatiques. Lorsqu'il existe un déséquilibre entre la production et l'élimination des espèces réactives de l'oxygène (ROS), ceci peut entraîner un stress oxydatif, ce qui peut conduire à la lipoperoxydation (**Sun et al ., 2008**).

Le malondialdéhyde (MDA) est le produit final de la LPO et est souvent utilisé comme biomarqueur pour évaluer le niveau de stress oxydatif induit par les xénobiotiques (**Shi et al ., 2005**).

Les résultats du test TBARS ont révélé des concentrations de malondialdéhyde (MDA) plus faibles chez les jeunes oursins, quel que soit le milieu de prélèvement, par rapport aux oursins plus âgés des deux milieux. Cela indique que l'intensité de la peroxydation lipidique était plus élevée dans les gonades des oursins plus âgés, ce qui suggère une accumulation de polluants dans les tissus des oursins avec l'âge, résultant de la bioaccumulation, ou probablement du vieillissement cellulaire chez l'espèce étudié .

La bioaccumulation des polluants chez les oursins est un processus complexe qui dépend de plusieurs facteurs. Les oursins, en tant qu'organismes filtreurs, peuvent accumuler des polluants à partir de l'eau et des sédiments environnants. À mesure qu'ils se nourrissent, ils ingèrent des particules contenant des substances toxiques, qui peuvent s'accumuler dans leurs tissus au fil du temps. Selon **Radenac et al. (1997)**.

L'augmentation du niveau de MDA en présence de métaux lourds, telle qu'observée dans les travaux de **Sinegovskaya et al., (2020)**, suggère que la toxicité de ces polluants est associée

à une augmentation de la production d'espèces réactives de l'oxygène (ERO), ce qui entraîne le développement du stress oxydatif. Des études similaires menées par **Soltani et al., en (2012)** ont également constaté une augmentation du MDA chez la palourde *Donax trunculus* prélevée dans un site contaminé par des polluants domestiques et industriels dans le golfe d'Annaba en Algérie. Les résultats de la présente étude montrent que le taux des MDA était relativement plus élevé dans les gonades des oursins de la station BDM.

D'après **Negri et al., en (2013)**, l'exposition au cuivre et au stress thermique a été identifiée comme des facteurs puissants induisant le stress oxydatif, entraînant une accumulation de MDA chez la moule *Mytilus galloprovincialis*. Toutes ces observations suggèrent que la peroxydation lipidique et le stress oxydatif sont des mécanismes clés impliqués dans la réponse des oursins aux polluants, et que ces effets peuvent être plus prononcés chez les individus plus âgés.

Afin de limiter la concentration en espèces réactives de l'oxygène (ERO), les cellules sont dotées de différents systèmes antioxydants qui agissent de plusieurs manières. L'un des mécanismes est l'inhibition de la formation des ROS **Carrière et al., (2006)**

L'exposition à des concentrations toxiques de xénobiotiques entraîne une réponse de protection cellulaire, où les systèmes de défense sont activés pour capturer et éliminer les métabolites toxiques. Les enzymes impliquées dans le stress oxydatif jouent un rôle crucial en intervenant dans une série de réactions visant à prévenir les dommages cellulaires causés par les radicaux libres et les hydroperoxydes (**Benbouzid, 2012**).

Les résultats de notre étude indiquent une augmentation du pourcentage d'inhibition (PI) de l'activité antioxydante dans les gonades des jeunes oursins par rapport aux oursins plus âgés, qui proviennent des deux stations d'étude. Cette observation peut s'expliquer par une diminution des enzymes antioxydants présentes dans les gonades matures.

Les variations des systèmes de défense antioxydant, tels que les piègeurs de radicaux libres, dans les gonades des oursins (jeunes et âgés), semblent être inversement liées à l'accumulation de produits de peroxydation lipidique (MDA) dans les tissus. Une diminution globale des défenses antioxydantes est donc associée à une augmentation des niveaux de MDA dans les tissus. De même, une augmentation des défenses antioxydantes pourrait être associée à une diminution des niveaux de MDA dans les tissus.

Les résultats obtenus suggèrent que les variations dans les systèmes de défense antioxydante et la peroxydation lipidique des oursins sont d'avantages associés à l'âge des individus qu'à l'environnement spécifique d'où proviennent les échantillons.

L'âge des oursins peut influencer leur capacité à accumuler des polluants. Les oursins plus âgés, ayant une exposition plus longue aux polluants, ont une plus grande probabilité d'accumuler des substances toxiques dans leurs tissus. Cela peut être dû à leur capacité métabolique réduite à éliminer les polluants ou à des processus de détoxification altérés avec l'âge.

Cela indique que le temps d'exposition aux polluants peut jouer un rôle important dans les altérations des systèmes de défense antioxydant et la peroxydation lipidique. À mesure que les oursins âgés soit exposés pendant une période plus longue aux polluants présents dans leur environnement, leur capacité antioxydant peut diminuer et leur susceptibilité à la peroxydation lipidique peut augmenter .

Selon les travaux de **Viarengo et al., (1991)** portant sur *Mytilus edulis L.*, il est clairement démontré que les processus de peroxydation lipidique sont plus importants chez les moules plus âgées. En parallèle, les concentrations de défense antioxydant, GSH (glutathion) et vitamine E sont plus faibles chez ces moules âgées.

Cependant, il convient de noter que l'environnement pollué peut également avoir un impact sur les systèmes de défense antioxydant des oursins, même chez les individus plus jeunes. Les polluants présents dans le milieu peuvent agir comme des déclencheurs du stress oxydatif, ce qui peut influencer les défenses antioxydants et la peroxydation lipidique, même chez les jeunes oursins.

Dans l'étude de **Regoli et al. (1998)**, ils ont évalué la stabilité de la membrane lysosomale lors de la transplantation du *pétoncle antarctique* dans un environnement contaminé par des effluents domestiques. Bien que les résultats aient montré une légère différence dans la stabilité de la membrane lysosomale entre les pétoncles exposés et les pétoncles sains, ils ont observé une diminution significative de l'activité catalytique et des glutathionne-s-transférases.

Les résultats de l'étude sur le pétoncle et les bivalves confirment nos observations concernant la perte de capacité antioxydante et la diminution de la défense immunitaire chez les oursins âgés en réponse à l'exposition aux polluants.

Ces résultats confirment nos observations sur la diminution de la capacité des organismes marins à se défendre contre les effets néfastes des polluants, notamment en ce qui concerne leur système antioxydant et leur réponse immunitaire. Par ailleurs, nos comparaisons montrent que les gonades des jeunes oursins provenant des AGD ont une capacité d'inhibition plus élevée du radical ABTS que les gonades des jeunes oursins provenant de la BDM.

Dans l'étude menée par **Colin et al. (2013)** sur les oursins *Strongylocentrotus purpuratus* et *Strongylocentrotus franciscanus*, les résultats ont montré des conclusions contradictoires par rapport à certaines autres études. En effet, les résultats de cette étude n'ont pas enregistré une augmentation générale des marqueurs classiques de dommages oxydatifs liés à l'âge, tels que l'oxydation de l'ADN, les carbonyles protéiques et la peroxydation lipidique, chez ces espèces d'oursins à longue durée de vie. Ces résultats suggèrent que ces espèces pourraient avoir un taux plus faible d'accumulation des dommages.

Cependant, il convient de noter que **Colin et al. (2013)** ont comparé leurs résultats avec une étude portant sur la palourde océanique *Arctica islandica*, qui est également connue pour sa longue durée de vie. Cette étude n'a pas non plus trouvé de différences significatives dans les niveaux de protéines carbonylées et de peroxydation lipidique liées à l'âge chez cette espèce. Cependant, une augmentation significative de la peroxydation lipidique a été observée dans les tissus du nerf radial des espèces d'oursins étudiées, ce qui indique une sensibilité spécifique de certains tissus aux dommages oxydatifs.

Lorsqu'un organisme est exposé à un stress toxique, cela peut entraîner différentes réponses au niveau enzymatique. Dans certains cas, le stress peut conduire à une augmentation du relargage et de l'activité de certains enzymes, tandis que dans d'autres cas, il peut réduire leur activité (**pickwell et steinert 1984 ; cheng et daugherty 1989**).

Conclusion

Conclusion

Dans la présente étude, nous avons examiné la qualité des deux milieux marins à savoir la Brise de Mer et les Aiguades à travers l'étude du stress oxydatif généré au niveau des gonades femelles de l'oursin commun *Paracentrotus lividus*. Nous avons en effet mesuré l'activité antioxydante totale ainsi que la peroxydation lipidique au niveau des ovaires de l'oursin commun, en tenant compte de l'âge des individus et du milieu de prélèvement. Les résultats obtenus ont permis de tirer plusieurs conclusions importantes.

Le test TBARS (thiobarbituric acid reactive substances), reposant sur la réaction entre les molécules de MDA (malon dialdéhyde) et le TBA (thiobarbituric acid). Ce test a révélé que la peroxydation lipidique, mesurée par les niveaux de malondialdéhyde (MDA), était plus élevée chez les oursins plus âgés par rapport aux jeunes oursins. Cela indique une intensité accrue de la peroxydation lipidique dans les gonades des individus matures.

Le test ABTS quant à lui révèle une augmentation du pourcentage d'inhibition de l'activité antioxydante dans les gonades des jeunes oursins par rapport aux oursins plus âgés, quelque soit le lieu de prélèvement. Cette observation peut s'expliquer par une diminution des enzymes antioxydantes présentes dans les gonades matures.

Les résultats suggèrent que les variations des systèmes de défense antioxydante et de la peroxydation lipidique chez les oursins sont plus étroitement liées à l'âge des individus qu'à l'environnement spécifique d'où proviennent les échantillons. Le temps d'exposition aux polluants semble jouer un rôle important dans les altérations des systèmes de défense antioxydante et la peroxydation lipidique. Les oursins plus âgés, exposés pendant une période plus longue aux polluants, ont montré une capacité antioxydante réduite et une susceptibilité accrue à la peroxydation lipidique.

L'environnement pollué peut également influencer les systèmes de défense antioxydants chez les jeunes oursins. Les polluants présents dans le milieu peuvent agir comme des déclencheurs du stress oxydatif, influençant ainsi les défenses antioxydantes et la peroxydation lipidique, même chez les individus plus jeunes.

L'utilisation de biomarqueurs de stress oxydatif est un bon moyen d'évaluer ou de surveiller les effets de la pollution résultant de différentes activités anthropiques.

ette étude est une première dans son genre et les résultats obtenus sont préliminaires et il serait très intéressant d'examiner d'autres marqueurs de stress oxydatif et d'activité antioxydante pour obtenir une image plus complète de la réponse des organismes notamment marins.

Le golf de Béjaia recèle de nombreuses richesses et il mérite d'être exploré et connu, par conséquent, cette étude préliminaire sur le stress oxydatif chez l'oursin commun *Paracentrotus lividus* dans les milieux marins de la Brise de Mer et des Aiguades met en évidence l'importance de comprendre la réponse des organismes face à des stress environnementaux tels que la pollution. Cependant, pour obtenir une image plus complète et détaillée de ces réponses, il est nécessaire de considérer plusieurs aspects et de mener des études complémentaires :

- Étude de l'effet de différentes concentrations de polluants
- Étude de l'effet des facteurs environnementaux
- Étude de l'effet des polluants spécifiques
- Étude des effets à différents stades de développement

Références

Bibliographiques

References Bibliographiques

- **Aviarengo, L. canesi, M. Pertica and D. R. Livingston (1991).** seasonal variations in the antioxidant defence systems and lipid peroxidation of the digestive gland of mussels. *comp. comparative biochemistry and physiology.* p 187-190.
- **Abele D, Vazquez Medina J P, Zenteno-Savin T., (2011).** Introduction to oxidative stress in aquatic ecosystem. In: Abele, D., Vazquez Medina, J.P., Zenteno-Savin (Eds.) *oxidative stress in aquatic ecosystem.* Wiley-Blackwell ; p.548.
- **Afonso V., Champy R., Mitrovic D., Collin P., Lomri A. (2007).** Radicaux libres dérivés de l'oxygène et superoxyde dismutases μ rôle dans les maladies rhumatismales. *Revue du Rhumatisme.* 74 : 636–643.
- **ALLAIN, J. Y., (1972)a** .Structure des populations de *paracentrotus lividus* (Lamarck) (Echinodermata, Echinoidea) soumises à la pêche sur la côte Nord de Bretagne. *Revue et Travaux de l'Institut des Pêches Maritimes,* 39:171-209
- **Angioni, A., Cau, A., Secci, M., Addis, P., (2014).** Analyse GC-ITMS des niveaux de contamination en HAP dans l'oursin marin *Paracentrotus lividus* en Sardaigne. *Mar. Pollut. Bull.* 82, 201-207.
- **Ayala A, Muñoz MF, Argüelles S. Lipid peroxidation. (2014).** production, metabolism, and signaling mechanisms of malondialdehyde. *Med Cell Longevity,* 360438:31
- **Bayed, A; Quiniou, F; Benrha, A et Guillou, M. (2005).** The *Paracentrotus lividus* population from the northern Moroccan Atlantic coast: growth, reproduction and health condition. *J.Mar.Biol.Ass. U.K* (2005), 85, 999-1007 Printed in the United Kingdom pp: 999-1007.
- **Bellas, J., Paredes, E., (2001).** Advances in the cryopreservation of sea urchin embryos: potential application in marine quality assessment. *Cryobiology* 62, 174-180.
- **Benbouzid H., Berrebbah H., Berredjem M. Djebar M.R.,(2012).** Toxic effects of phosphoramidate on *Paramecium* sp. With special emphasis on respiratory metabolism, growth, and generation time. *Toxicol.Environ. Chem.*94(3) : (557-565).
- **Boudouresque, C. F., & Verlaque, M. (2013).** *Paracentrotus lividus*. In *Developments in Aquaculture and Fisheries Science* (Vol. 38, pp. 297-327). Elsevier.
- **Boudouresque, C. F., & Verlaque, M. (2020).** *Paracentrotus lividus*. In *Developments in aquaculture and fisheries science* (Vol. 43, pp. 447-485). Elsevier.
- **BOUE, H & CHANTON, R., (1978)-** *Zoologie I, 2, Invertébrés.* Edit. Doin, Paris 713.
- **Box, A., Sureda, A., Galgani, F., Pons, A., Deudero, S., (2007).** Assessment of environment
- **Box, A., Sureda, A., Terrados, J., Pons, A., Deudero, S.,(2008).** Antioxidant response and Production de caulerpénine par l'algue exotique *Caulerpa taxifolia* (Vahl)

épiphytisée par l'algue envahissante *Lophocladia lallemandii* (Montagne). *J.Exp. Mar. Biol. Ecol.* 364, 24e28.

- **Carrière A, Galinier A, Fernandez Y, Carmona MC, Pénicaud L, Casteilla L.,(2006).** Conséquences physiologiques et physiopathologiques des espèces mitochondriales réactives de l'oxygène. *Medecine/sciences*, 22(1): 47-53.
- **Chelombitko MA.,(2018).** Role of reactive oxygen species in inflammation. *Moscow Univ Biol Scien Bull*, 73: 199–202.
- **Colin,D,Arielle Anderson,Mae Lortie, Rachel Parsons,and Andrea Bo,(2013)** . Oxidative Damage and Cellular Defense Mechanisms in SeaUrchin Models of AginiColin.free radic bio mel
- **Cook, E.J., Kelly, M.S.,(2007).** Effet de la variation de la valeur protéique de la macroalgue rouge *Palmaria palmata* sur l'alimentation, la croissance et la composition des gonades des oursins *Psammechinus miliaris* et *Paracentrotus lividus* (Echinodermata). *Aquac*, 207-217.
- **D,Wilhelmsson; Richard C. Thompson; Katrin Holmström; Olof Lindén; Hanna Eriksson-Hägg .,(2013).** Pollution marrin .managing ocean environment in a changing climate, sustainability and economic perspectives .p 127-169.
- **De RIDDER, C., (1986).** Les échinides ; in Guile , A., Laboute , P.,Menou, J.L., (eds) . Guide des étoiles de mer, oursins et autres échinodermes du lagon de Nouvelle – Caledonie, Coll, Faune tropicale, ORSTOM, Paris.
- **Den Besten, P.J; Postma, J.F; DE Valk, S; Dubbeldam, Met Everaarts, J.M. (2001).** Environmental monitoring in the North Sea by combining biomarkers studies in the sea stars *Asterias rubens* with sediment quality assessment based on sea urchin bioassays. *Biomarkers in Marine Organisms: A Practical Approach*, Ph.
- **Devasagayam, TPA., Bloor, KK., Ramasarma, T., (2003).** Methods for estimating lipidperoxidation: An analysis of merits and demerits. *Indian J Biochem Biophys* 40:300–308.
- **Elias, S.J., Arner, E.S., Zhong, L., Holmgren, A., (1999).** Méthodes d'analyse enzymatique. In : Packer, L. (Ed.), *Oxidants and Antioxidants*, vol. 300. Academic Press , California, pp. 226-239.
- **Favier A.,(2003)** Le stress oxydant : intérêt conceptuel et expérimental dans la compréhensiondes mécanismes des maladies et potentiel thérapeutique. *Mécanismes biochimiques*, 108-115.
- **Fetoni AR, Paciello F, Rolesi R, Paludetti G, Troiani D., (2019).**Targeting dysregulation ofredox homeostasis in noise-induced hearing loss: Oxidative stress and ROS signaling. *Free Rad Biol Med*, 135:46-59.

- **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 II. FAO. 765p.
- **Fischer, W ; Scheinder, M ; et Bouchot, M .L ; (1987).** Fiches FAO d'identification des espèces pour les besoins de la pêche. Méditerranée et Mer Noire. Zone de pêche 37. Révision I. Vol I. Végétaux et Invertébrés .p 760
- **Frenzilli, G., Bocchetti, R., Pagliarecci, M., Nigro, M., Annarumma, F., Scarcelli, V., Fattorini, D., Regoli, F., (2004).** Time-course evaluation of ROS-mediated toxicity in mussels, *Mytilus galloprovincialis*, during a field translocation experiment. Mar. Environ. Res. 58, 609- 613.
- **Gardès-Albert M, Bonnefont-Rousselot D, Abedinzadeh Z, Jore D., (2003).** Espèces réactives de l'oxygène. Comment l'oxygène peut-il devenir toxique ?L'actualité chimique, 91-96
- **Grasse, P., (1948).** Traité de zoologie anatomie, Systématique, Biologie Echinoderme Stomocordés- Procordés, Edit, Masson, Paris : 10-77P.
- **Guettaf, M; Gustavo, A; San Martin, G.H ET Francour, P. (2000).** Interpopulation variability of the reproductive cycle of *Paracentrotus lividus* (Echinodermata: Echinoidea) in the southwestern Mediterranean. Journal of the Marine Biological Association of the UK, 80: 899-907.
- **Halliwell B. (2006).** Reactive Species and Antioxidants. Redox Biology Is a Fundamental Theme of Aerobic Life. Plant Physiol, 2006
- **Haton C.(2005) .**Effets des rayonnements ionisants sur la structure et la fonction de la cellule épithéliale intestinale [En ligne]. Th. doct. : Université Paris VI, Pierre et Marie Curie.
- **Islam, M.S., Tanaka, M., (2004).** Impacts of pollution on coastal and marine ecosystems including coastal and marine fisheries and approach for management: a review and synthesis. Mar. Pollut. Bull. 48, 624e649.
- **Jamila, H., Hanan, O., Jamila, E. H., Hanan, O., Jamila, E. H., & Hanan, O. (2018).** L'oursin comestible *Paracentrotus lividus* (Lamarck. 1816) au niveau de la baie d'Agadir : Biotopes et Biométrie. SMETox Journal, 1(2), 100-107.
- **Kempf, M., (1962).** Recherche d'écologie comparée sur *Paracentrotus lividus* (Lamarck.) et *Arbacia lixula* (L.). Rec. Trav. Stnmar. Endoume . Fr. 25.(39).47-116.
- **Lamarck, (1816).** Rapport de l'Université libre de Bruxelles, 178 p.
- **Letendre J., (2009) .**Effets combinés de l'intertidalité et de la contamination chimique chez *Mytilus edulis* : Mécanismes enzymatiques antioxydants et approche proxémique [En ligne]. Université du Havre

- **Le Gall, P., Bucaille, D., (1978).** Intérêt d'un élevage intensif de l'oursin violet *Paracentrotus lividus* in, Boudouresque CF . (ed), Colloque international sur *Paracentrotus lividus* et les oursins comestibles
- **Le Mao, P., Godet, L., Fournier, J., Desroy, N., Gentil, F., Eric, T., ... & Chambers, P. (2020).** Atlas de la faune marine invertébrée du golfe Normano-Breton-Volume 6/7- Espèces d'intérêt particulier. Éditions de la Station biologique de Roscoff.
- **Lecchini, D., Lenfant, P., & Planes, S. (2002).** Variation in abundance and population dynamics of the sea-urchin *Paracentrotus lividus* on the Catalan coast (north-western Mediterranean Sea) in relation to habitat and marine reserve. *Vie et Milieu/Life & Environment*, 111-119
- **Lourenço, S., Cunha, B., Raposo, A., Neves, M., Santos, P. M., Gomes, A. S., ... & Pombo, A. (2021).** Somatic growth and gonadal development of *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816) fed with diets of different ingredient sources. *Aquaculture*, 539, 736589.
- **M. Guendouzi yassine.,(2019).** Etude de la bioaccumulation des métaux traces et des radioéléments chez la moule *M. galloprovincialis* et l'oursin *P. lividus* dans le littoral algérien.p 28
- **Machado, I., Moura, P., Pereira, F., Vasconcelos, P., & Gaspar, M. B. (2019).** Reproductive cycle of the commercially harvested sea urchin (*Paracentrotus lividus*) along the western coast of Portugal. *Invertebrate Biology*, 138(1), 40-54
- **María Fernández-Boán, Juan Freire, Ana M. Parma, Luis Fernández, José M. Orensanz, (2013).** Monitoring the fishing process in the sea urchin diving fishery of Galicia . *Journal of Marine Science* .p 605-617
- **Marnet. Radicaux libres – Définition [En ligne].(2013).** Disponible sur : //sante-medecine.commentcamarche.net/faq/14139-radicaux-libres-definition.
- **Migdal C, (2011).** Serres M. Espèces réactives de l'oxygène et stress oxydant. *Méd Scien*, 27 : 405-12.
- **Negri A., Oliveri C., Sforzini S., Mignione F., Viarengo A et Banni M., (2013).** Transcriptional reponse of the mussel *Mytilus galloprovincialis* (Lam) following exposure to heat stress and copper.*PLoS One*.8: e66802.
- **Osman AM, Wong KKY, Fernyhough A. (2006).** ABTS radical-driven oxidation of polyphenols: isolation and structural elucidation of covalent adducts. *Biochem. Biophys. Res. Commun.*, 346(1): 321-329.
- **Ouréns, R., Fernández, L., & Freire, J. (2011).** Geographic, population, and seasonal patterns in the reproductive parameters of the sea urchin *Paracentrotus lividus*. *Marine Biology*, 158(4), 793-804.
- **Palmieri, B., et Sblendorio, V. (2007).** Oxidative stress tests: overview on reliability and use.*European review for medical and pharmacological sciences*, 11(6), 383-399.

- **Paster J., (2005).** Intérêt de la supplémentation en antioxydants dans l'alimentation des carnivores domestiques [En ligne]. Th. doct. : Université Paul-Sabatier de Toulouse.
- **Poetsch AR. (2020).** The genomics of oxidative DNA damage, repair, and resulting mutagenesis. Computational and structural. Biotech J. 18: 207-219
- **Pourrut B., Perchet G., Silvestre J., Cecche M., Guisresse M. et Pinelli E., (2008).** Potential role of NADPH-oxydase in early steps of lead-induced oxydative burst in vicia faba roots. Journal of plante physiology 165(6), 571-579.
- **Powell, C., Hughes, A.D., Kelly, M.S., Conner, S., Mc Dougall, G.J., (2014).** Extraction et identification des pigments poly hydroxynaphtoquinone antioxydants de l'oursin, *Psammechinus miliaris*. LWT Food Sci. Technol. 59, 455-460.
- **Qin, L., Z h u , B.W., Zhou, D.Y., Wu, H.T., Tan, H., Yang, J.F., Li, D.M., Dong, X.P., Murata, Y., (2011).** Preparation and antioxidant activity of enzymatic hydrolysates from purple sea urchin (*Strongylocentrotus nudus*) gonad (Préparation et activité antioxydante des hydrolysats enzymatiques de la gonade de l'oursin violet (*Strongylocentrotus nudus*)). LWT - Food Sci. Technol . (Lebensmittel-Wissenschaft - Technol.) 44, 1113e1118.
- **Radenac, P. Miramand and J. Tardy. (1997)** .Laboratoire de Biologie et Biochimie Marines-E.A. 1220-Universitd de La Rochelle 15, Rue de Vaux de Foletier, 17026 La Rochelle Cedex, France.
- **Ramade F. (2007).** Introduction à l'écotoxicologie : fondements et applications. Ed Lavoisier
- **Regoli, F., Nigro, M., Orlando, E., (1998).** Lysosomal and antioxidant responses to metals inthe Antarctic scallop *Adamussium colbecki*. Aquat. Toxicol. 40, 375-392.
- **S, Tejada; S, Deudero; A, Box; A, Sureda, (2013).** Physiological response of the sea urchin *Paracentrotus lividus* fed with the seagrass *Posidonia oceanica* and the alien algae *Caulerpa racemosa* and *Lophocladia lallemandii* .marine environmental research .p 48-53
- **Sáez G.T., Están-Capell N,(2017).**Antioxidant enzymes. In: Schwab M. (Eds) Encyclopediaof Cancer. Springer, Berlin, Heidelberg.
- **San Martin, G.A. (1995).** Contribution a la gestion des stocks d'oursins : étude des populations et transplantations de *Paracentrotus lividus* à Marseille (France, méditerranée) et production de *Loxichinus albus* à Chiloe (Chili, Pacifique). Thèse Doct. Aix-Marsille II : 241p.
- **Santos, P. M., Albano, P., Raposo, A., Ferreira, S. M., Costa, J. L., & Pombo, A. (2020).** The effect of temperature on somatic and gonadal development of the sea urchin *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816). Aquaculture, 528, 735487.
- **Satoh, K. (1978).** Estimation of lipid peroxides by thiobarbituric acid reactive substances (TBARS). Clin Chim Acta, 90, 37-43.

- **Semroud, R. (1993).** Contribution à la connaissance de l'écosystème à *Posidonia oceanica* (L) Delile dans la région d'Alger (Algérie): étude de quelques compartiments. PhD thesis, Institut des Sciences de la Nature, Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene, Algérie. 129 pp.
- **Shi, H.H., Sui, Y.X., Wang, X.R., Luo, Y., Ji, L.L., (2005).** Hydroxyl radical production and oxidative damage induced by cadmium and naphthalene in liver of *Carassius auratus*. *Comp. Biochem. Physiol. C* 140, 115-121.
- **Sinegovskaya V.T., Terekhova O.A., Lavrent'yeva S. I., Ivachenko L.E et Golokhvast K.S.,(2020).** Effect of heavy metals on Oxidative Processes in Soybean seedlings. *Russian Agricultural Sciences*.46. PP: 28-32.
- **Singh A, Kukreti R, Saso L, Kukreti S(2019).** Oxidative Stress: A Key Modulator in Neurodegenerative Diseases. *Molecules*, 24(8).1583.:1-20.
- **Soltani N., Amira. Sifi K. et Beldi H., (2012).** Environmental monitoring of the Annaba gulf (Algeria): Measurement of biomarkers in *Donax trunculus* and metallic pollution. *Bull. Soc. Zool. France*, 137. PP: 47-56.
- **Soualili D.L. (2008).** Les populations naturelles d'oursins : un outil évaluateur de l'état de santé de la baie d'Alger. Thèse de Doctorat en Océanographie, option Ecologie marine. Université Houari Boumedienne (USTHB), Alger. pp 147+annexes.
- **Soualili, D., & Guillou, M. (2009).** Variation in the reproductive cycle of the sea urchin *Paracentrotus lividus* in three differently polluted locations near Algiers (Algeria). *Marine Biodiversity Records*, 2
- **Soualili, D., Dubois, P., Gosselin, P., Pernet, P., Guillou, M., (2008).** Evaluation de la pollution de l'eau de mer par les métaux lourds dans les environs d'Alger : utilisation de l'oursin, *Paracentrotus lividus*, comme bioindicateur. *ICES J. Mar. Sci.* 65, 132-139.
- **Sugni, M., Barbaglio, A., Bonasoro, F., Gioria, M., Fasano, P., & Pasini, M. E. (2013).** The role of models in science: a multicomprehensive experience with the sea urchin *Paracentrotus lividus*. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 93, 1404-1408
- **Sun, Y.Y., Yin, Y., Zhang, J.F., Yu, H.X., Wang, X.R., Wu, J.C., Xue, Y.Q., (2008).** Hydroxyl generation of radicals and oxidative stress in the liver of *Carassius auratus*, exposed to pyrene. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 71, 446-453.
- **Tortonese, E., et Vadon, C., (1987).** Oursin et Holothuries (Echinodermes) in fiche FAO didification des espèces pour les besoins de pêche Révision I, Méditerranée, Mer noire zone de pêche 37 vol I, végétaux et invertébrés :715-739 .
- **Tortonese, E., (1965).** Fauna d'Italie. Echinodermata. Vol. I. Edizioni Calderini. Bologna. p.422.
- **Verlaque, M., & Nédelec, H. (1983).** Biologie de *Paracentrotus lividus* (Lamarck) sur substrat rocheux en Corse (Méditerranée, France) : alimentation des adultes *Biology of Paracentrotus*

- **Warnau, M ; Dutrieux, S ; Ledent, G ; Rodriguez Y Baena, A.M et Dúbois, P. (2006).** Heavy metals in sea cucumber *Holothuria tubulosa* (Echinodermata) from the Mediterranean *Posidonia oceanica* ecosystem: body compartment, seasonal, geographical and bathymetric variations. *Environmental bioindicators* 1, 268-285
- **Warnau, M., Ledent, G., Temara, A., Jangoux, M., Dubois, P., (1995)c.** Experimental cadmium contamination of the echinoid *Paracentrotus lividus*: influence of exposure mode and distribution of the metal in the organism. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 116, 117-124.
- **Warnau, M., Biondo, R., Temara, A., Bouquegneau, J. M., Jangoux, M., et Dubois, P. (1998).** Distribution des métaux lourds chez l'échinide *Paracentrotus lividus* (Lmk) de l'écosystème méditerranéen *Posidonia oceanica* : variations saisonnières et géographiques. *Journal of Sea Research*, 39 :267-280.
- **Woodside, J. V., et Young, I. S. (2001).** Dietary antioxidants and protection from coronary heart disease. In *Nutritional Health* (pp. 101-120). Humana Press, Totowa, NJ
- **Yeruham, E., Rilov, G., Shpigel, M., & Abelson, A. (2015).** Collapse of the echinoid *Paracentrotus lividus* populations in the Eastern Mediterranean—result of climate change?. *Scientific reports*, 5(1), 1-6.
- **Zuber, B. (2016).** Isolation and characterization of sea urchin *P. lividus* microbiota from coelomic fluid.

Sites web

- https://books.google.dz/books?hl=fr&lr=&id=3fi7XcY246YC&oi=fnd&pg=PA349&dq=oursin+gonades+mda+stress&ots=9_pYtoJei5&sig=kTub0YG_VQ5Oa4kstpskRrMieps&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false
- https://books.google.dz/books?hl=fr&lr=&id=3fi7XcY246YC&oi=fnd&pg=PA349&dq=oursin+gonades+mda+stress&ots=9_pYtoJei5&sig=kTub0YG_VQ5Oa4kstpskRrMieps&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false
- https://doi.org/10.1007/978-3-66246875-3_7210.
- <https://doi.org/10.1016/j.cbpc.2007.06.006>.
- <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2008.06.029>.
- <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2010.10.013>.
- <https://doi.org/10.1093/icesjms/fss207>.
- <https://www.sciencedirect.com/science/book/9780124076686>
- http://revmedvet.com/2007/RMV158_180_189.pdf

Résumé

Le présent a pour l'objectif d'évaluer le stress oxydatif chez les gonades femelles de l'oursin *Paracentrotus lividus* échantillonnés dans deux zones différentes du golf de Bejaia (Aiguades et Brise de mer), présentant différents activités anthropologiques. De plus, il vise à étudier les effets du stress en fonction d'âge et du milieu.

A l'effet d'évaluer le stress oxydatif, deux tests ont été réalisés pour chaque catégorie d'oursins : Le test TBARS pour mesurer la peroxydation lipidique et le test ABTS pour évaluer l'activité antioxydante totale et les résultats obtenus ont été analysés à l'aide du logiciel Statview.

Les résultats indiquent que l'âge des oursins a un impact significatif sur les concentrations de MDA et le pouvoir antioxydant, mais l'effet de milieu sur ces paramètres n'a pas été observé de manière significative.

Mots clé : Oursin *Paracentrotus lividus*, milieux, Gonades, Stress Oxydatif, Antioxydants, MDA, TBARS, ABTS.

Abstract

The present study mainly aims to evaluate oxidative stress in the female gonads of the sea Urchin *Paracentrotus lividus*; sampled from two different areas in Bejaia Gulf (Aiguade and Brise de mer) with different anthropogenic activities. Furthermore, it targets to investigate stress effects based on age and environment.

In order to assess oxidative stress, two tests were conducted for each category of sea urchins: the TBARS test to measure lipid peroxidation and the ABTS test to evaluate total antioxidant activity. The obtained results were analyzed using the Statview software.

The results show that the age of the sea urchins has a significant effect on the concentration of MDA (malondialdehyde) and antioxidant power, but the impact of pollution on these parameters was not observed in a significant way.

Keywords: *Paracentrotus lividus* sea urchin, environment, gonads, oxidative stress, antioxidants, MDA, TBARS, ABTS.