



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE DE MOSTAGANEM

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
DEPARTEMENT DE BIOLOGIE

Laboratoire de Protection, valorisation des ressources marines littorales et systématique moléculaire

Thèse présentée pour l'obtention du diplôme de
DOCTORAT EN SCIENCES

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité : Ecologie et Environnement Marin

Présenté par
M. BENADDA Hocine

Intitulé :

Evaluation de la contamination métallique (Cu,Zn,Cd,Fe) et microbiologique (Coliformes fécaux, Staphylococcus aureus, Streptocoques fécaux, Salmonella) des oursins et holothuries et du milieu dans différents sites côtiers de

Soutenue le :	22/juin/2019	devant le jury composé de :
Président	M. TAIBI Nasr-Eddine	Prof. (Univ. Mostaganem)
Directrice de thèse	Mme. SOUALILI Dina Lila	Prof. (Univ. Mostaganem)
Co-directeur de thèse	M. BEKADA Ahmed Mohammed Ali	Prof. (Centre Univ. Tissemsilt)
Examinatrice	Mme. HEBBAR Chafika	MCA (Univ. Oran 2)
Examineur	M. BENDIMERAD Mohamed Elamine	MCA (Univ. Tlemcen)
Examineur	M. GHOMARI Sidi Mohammed	MCA (Univ. Mostaganem)

Année universitaire : 2019-2020

Remerciements

*Je remercie Dieu le clément miséricordieux, de m'avoir aidé à accomplir ce modeste travail qui a été réalisé sous la direction du Professeur **Soualili dina lila**, doyenne de la faculté des sciences de la nature et de la vie de Mostaganem et le professeur Monsieur **Bekada Mohamed ali**.*

Je suis heureux de pouvoir leur présenter le témoignage très sincère de ma gratitude d'avoir accepté de m'intégrer dans leur équipe de recherche, ainsi que de m'avoir fait bénéficier de leur enseignement et de ses conseils éclairés.

*Mes remerciements s'adressent aussi à tous les **Membres de Jury** qui ont acceptés d'examiner mon travail et ainsi assister au débat de ma soutenance. Je remercie aussi tout le personnel du laboratoire, et les enseignants du département de biologie de la faculté de science de la nature et de la vie.*

*Je n'oublierai pas de remercier tous mes amis, et plus particulièrement **Belbachir Noureddine** qui m'a beaucoup aidé, et pour le soutien moral.*

*Enfin, les plus humbles remerciements vont pour ma famille et particulièrement ma **maman** et **papa** pour tout ce qu'ils ont donné pour arriver à ce jour, je tiens à exprimer toute ma reconnaissance à ma chère femme **ismahan** et mes trois petits enfants **Hanane, Adel et Mohamed Amine** de croire en moi et de me soutenir ainsi qu'a ma belle famille.*

*J'exprime également mes sincères remerciements à mon grand frère **Mohamed** qui m'a toujours aidé et encouragé, à **Mohamed Bensaada** je le remercie du fond du cœur. A mes deux sœurs **Fatima** et **Meriem**, à **ibtisem** et mes neveux et nièces.*

Résumé

Notre travail consiste à évaluer la contamination microbiologique, physico-chimique et métallique des oursins et holothuries et du milieu dans différents sites de l'ouest algérien, La recherche d'espèces pathogènes telles que *Salmonella* conduit à la connaissance des zones de pollution dangereuse. C'est dans ce cadre que nous avons élaboré notre travail qui consiste à tester l'efficacité d'un échinoderme: l'oursin *Paracentrotus lividus* pour évaluer le degré de contamination bactérienne de l'eau de mer, nos analyses ont été effectuées au niveau du Site GNL1 de Sonatrach et le laboratoire AFFAK contrôle d'Oran. Plusieurs campagnes d'échantillonnages. Ont été réalisées sur les deux sites de Mostaganem (Salamandre et Stidia) et le site d'Ain Franin pour Oran, l'échantillonnage était mensuel et s'est étalé sur une période d'une année, une dizaine d'holothuries sont récoltées mensuellement et une vingtaine d'oursins. Notre étude a porté sur 182 spécimens d'holothuries et 323 oursins au niveau des trois biotopes différents du point de vue position géographique et composante en faune et flore qui ont servi à la fois les analyses bactériologiques et les analyses métalliques des 3 sites étudiés.

En premier lieu, on a observé l'absence totale des bactéries pathogènes dans des échantillons d'eau de mer des trois sites les bactéries pathogènes telles que les *Staphylococcus aureus* et les *salmonella*, par contre des germes d'origine fécale tels que les Coliformes totaux, les Coliformes fécaux et les Streptocoques fécaux sont présents dans ces sites. Le taux le plus élevé a été enregistré en mois de juin 2016 pour les coliformes fécaux 1650 germes / 100 ml à Ain Franin. Ainsi le taux le plus élevé de contamination par les métaux lourds concernant les gonades de *Paracentrotus lividus* était les valeurs moyennes en Zinc qui sont presque 2 fois plus élevées dans le site d'Ain Franin que dans le site Salamandre et plus bas dans le site Stidia. En ce qui concerne le cuivre, il est au site de Salamandre avec une concentration moyenne de 1,12 mg / kg de cadmium, et légèrement plus élevé à Ain Franin chez *Paracentrotus lividus* avec (1,39 mg / kg de P.F). Le traitement statistique des résultats montre que les concentrations des quatre métaux sont en ordre décroissant: $Zn > Fe > Cd > Cu$ au niveau des trois sites.

L'évaluation de la contamination Microbiologique et métallique de l'eau de mer et des gonades d'oursin *Paracentrotus Lividus* et du concombre de mer *Holothuria tubulosa* ont révélé ainsi des taux élevés de contamination par les polluants présents dans le milieu marin et de leurs effets sur les organismes, les écosystèmes et la santé humaine. Nous devons donc réagir de manière significative pour assurer l'avenir des écosystèmes marins et ainsi assurer l'avenir de l'humanité.

Mots clé : Pollution Marine, échinodermes, contamination microbiologique, contamination métallique, Métaux lourds, *Paracentrotus Lividus*, *Holothuria tubulosa*, eau de mer.

Abstract

Our work consists of evaluating the microbiological, physicochemical and metallic contamination of sea urchins and sea cucumbers and the environment in different sites of western Algeria. The search for pathogenic species such as *Salmonella* leads to the knowledge of the areas of dangerous pollution. It is within this framework that we have developed our work to test the effectiveness of an echinoderm: the sea urchin *Paracentrotus lividus* to assess the degree of bacterial contamination of seawater, our analyzes were conducted at Sonatrach's LNG1 site and the AFFAK control laboratory in Oran. Several sampling campaigns. Were carried out on the two mostaganem sites (Salamandre and Stidia) and the Ain franin site for oran, sampling was monthly and spread over a period of one year, ten sea cucumbers are harvested monthly. and about twenty sea urchins. Our study looked at 182 specimens of sea cucumbers and 323 sea urchins at the three biotopes different in terms of geographical position and component in fauna and flora that served both bacteriological and metallic analyzes of the 3 sites studied.

First, there was a total absence of pathogenic bacteria in seawater samples from all three pathogenic bacteria such as *Staphylococcus aureus* and *Salmonella*, while fecal germs such as total coliforms Fecal coliforms and faecal streptococci are present in these sites. The highest rate was recorded in June 2016 for faecal coliforms 1650 germs / 100 ml at Ain franin. Thus, the highest rate of heavy metal contamination in the gonads of *Paracentrotus lividus* was mean Zinc values, which are almost 2 times higher in the Ain Franin site than in the salamander site and lower in the Stidia site. . For copper, it is at the salamander site with an average concentration of 1.12 mg / kg cadmium, and slightly higher at Ain Franin in *Paracentrotus lividus* with (1.39 mg / kg P.F). The statistical treatment of the results shows that the concentrations of the four metals are in descending order: Zn> Fe> Cd> Cu at the three sites.

The assessment of the microbiological and metallic contamination of seawater and sea urchin gonads *Paracentrotus Lividus* and sea cucumber *Holothuria tubulosa* thus revealed high levels of contamination by pollutants in the marine environment and their effects. on organisms, ecosystems and human health. We must therefore respond in a meaningful way to secure the future of marine ecosystems and thus secure the future of humanity.

Key words: Marine Pollution, Echinoderms, Microbiological Contamination, Metal Contamination, Heavy Metals, *Paracentrotus Lividus*, *Holothuria tubulosa*, Seawater.

ملخص

يتكون عملنا من تقييم التلوث الميكروبيولوجي والفيزيائي والميكانيكي لقنفاذ البحر وخيار البحر والبيئة في مواقع مختلفة من غرب الجزائر ، ويؤدي البحث عن أنواع مسببة للأمراض مثل السالمونيلا إلى معرفة مناطق التلوث الخطير. في هذا الإطار ، قمنا بتطوير عملنا لاختبار فعالية الجلد القنفذ: قنفذ البحر باراسنروتوس ليفيدوس لتقييم درجة التلوث الجرثومي لمياه البحر ، وقد أجريت تحليلاتنا في موقع سوناتراك للغاز الطبيعي المسال ومختبر مراقبة في وهران. عدة حملات أخذ العينات أجريت على موقعي مستغانم (سلماندر وستيديا) وموقع عين فرانيين لوهرا ، وكانت أخذ العينات شهريا وتنتشر على مدى سنة واحدة ، ويتم حصاد عشرة خيارات البحر شهريا. وحوالي عشرين قنفاذ البحر. نظرت دراستنا في 182 عينة من خيارات البحر و 323 من قنفاذ البحر في المناطق الحيوية الثلاثة مختلفة من حيث الموقع الجغرافي ومكون في الحيوانات والنباتات التي خدمت كل من التحليلات البكتريولوجية والمعدنية للمواقع الثلاثة التي شملتها الدراسة

أولاً ، كان هناك غياب تام للبكتيريا المسببة للأمراض في عينات مياه البحر من جميع البكتيريا المسببة للأمراض الثلاثة مثل المكورات العنقودية الذهبية والسلمونيلا ، في حين أن الجراثيم البرازية مثل القولونيات الكلية القولونيات البرازية والعقدية البرازية موجودة في هذه المواقع. تم تسجيل أعلى معدل في يونيو 2016 للبكتيريا القولونية البرازية 1650 الجراثيم / 100 مل في عين فرانيين. وبالتالي ، فإن أعلى معدل لتلوث المعادن الثقيلة في الغدد التناسلية في باراسنروتوس ليفيدوس كان يعني قيم الزنك ، والتي هي أعلى بنحو مرتين في موقع عين فرانيين من موقع السمندل وأقل في موقع ستيديا . بالنسبة للنحاس ، فهو في موقع السمندل بتركيز متوسط يبلغ 1.12 ملغ / كغ من الكاديوم ، وأعلى قليلاً في عين فرانيين في (توضح المعالجة الإحصائية للنتائج أن تركيزات P.F باراسنروتوس ليفيدوس مع (1.39 ملغ / كغ من في المواقع الثلاثة. $Cu < Cd < Fe < Zn$ المعادن الأربعة مرتبة تنازلياً:

كشف تقييم التلوث الميكروبيولوجي والمعدني لمناخ ماء البحر وقنفذ البحر باراسنروتوس ليفيدوس عن وجود مستويات عالية من التلوث بواسطة الملوثات في البيئة البحرية وخيار البحر هولوثوريا وتأثيراتها. على الكائنات الحية والنظم الإيكولوجية وصحة الإنسان. لذلك يجب علينا أن نستجيب بطريقة مجدية لتأمين مستقبل النظم الإيكولوجية البحرية وبالتالي تأمين مستقبل البشرية.

الكلمات المفتاحية: التلوث البحري ، هولوثوريا

، التلوث الميكروبيولوجي ، التلوث المعدني ، باراسنروتوس ليفيدوس ، المعادن الثقيلة مياه البحر.

TABLES DES MATIERES

INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE I : REVUE BIBLIOGRAPHIQUE	
I.1. Etat des connaissances sur la mer Méditerranée.....	3
I.1.1. Les caractéristiques de la mer Méditerranée.....	3
I.1.1.1. Environnement physique Hydrographie.....	3
I.1.1.3. Caractéristiques principales de la mer Méditerranée.....	3
I.1.2.Problèmes prioritaires pour l'environnement méditerranéen.....	5
I.1.2.1.Productivité de l'écosystème.....	5
I.1.2.2. Faune et flore: état de la biodiversité.....	5
I.1.2.3. Les Pressions des activités humaines exercées sur la mer méditerranée et leurs impacts.....	6
I.1.2.3.1. Sources de pollution situées à terre.....	6
I.1.2.3.2. Destruction et altération physique des habitats	6
I.1.2.3.3. Pollution au large et d'origine maritime	6
I.1.2.3.4. Problèmes émergents	6
I.1.2.4. Problèmes émergents menaçant les écosystèmes	7
I.1.2.4.1. Invasions biologiques.	7
I.1.2.4.2. Surexploitation des ressources halieutiques	7
I.1.2.4.3. Expansion de l'aquaculture	7
I.1.2.4.4. Apparition croissante de proliférations d'algues nuisibles	8
I.1.2.4.5. Risques naturels	8
I.1.3. Analyse des problèmes.....	8
I.1.3.1.Sources de pollution situées à terre.....	9
1.3.1.1. Eau usées et ruissellement urbain (eaux usées d'origine urbaine).....	9
1.3.1.2. Polluants organiques persistants — POP.....	10
1.3.1.3. Métaux lourds (arsenic, cadmium, chrome, cuivre, nickel, plomb et mercure).....	11
1.3.1.4. Composés organohalogénés.....	12
1.3.1.5. Substances radioactives.....	12
I.1.3.2. Pollution au large et d'origine maritime.....	12
I.1.3.2.1. Navigation et marées noires.....	12
I.1.3.2.2. Marées noires.....	12
I.1.3.2.3. Détritus marins.....	13
I.1.4. Étude de cas — Algérie.....	13
I.1.4.1. Problèmes de pollution en Algérie.....	14
I.1.5. Problèmes prioritaires pour l'environnement méditerranéen.....	16

I.1.5.1. Problème clé: risques naturels.....	16
I.1.5.1.1. Sismicité.....	16
I.1.5.1.2. Mouvements de masses — tsunami.....	16
I.1.5.1.3. Proliférations d'algues nuisibles (HAB) dans la mer Méditerranée.....	17
I.1.5.2. Effets toxiques sur les populations humaines.....	18
I.1.5.3. Mortalité du poisson et contamination des produits de la mer.....	18
I.1.5.4. Modifications écosystémiques.....	19
I.1.5.5. Effets socio-économiques des HAB.....	19
I.1.6. Problème clé: modifications écosystémiques dues à la pêche non durable.....	19
I.1.6.1. L'approche écosystémique de la pêche.....	19
I.1.6.2. Modifications dans la structure des populations halieutiques.....	20
I.1.6.2.1. Réduction du niveau trophique marin par la pêche.....	20
I.1.7. Principaux constats.....	22
I.1.7.1. Dispositions en vue d'une meilleure gestion environnementale.....	23
I.1.7.2. Déficiences de connaissances et travaux supplémentaires requis.....	23
I.1.7.2.1. Données relatives aux charges.....	24
I.1.7.2.2. Données relatives aux questions de la biodiversité.....	24
I.1.8. Prévention de la pollution et amélioration des pratiques de gestion.....	25
I.1.8.1. Prévention de la pollution.....	25
I.1.8.2. Amélioration des pratiques de gestion.....	25
I.1.8.3. Capacité socio-économiques en vue d'une gestion environnementale.....	26
I.1.8.4. Besoins et interventions futures pour une gestion intégrée des zones côtières (GIZC).....	27
I.1.9. La contamination par les métaux lourds.....	28
I.1.9.1. Sources de métaux lourds.....	29
I.1.9.2. Répartition, itinéraires et devenir des métaux lourds dans l'environnement aquatique.....	30
I.1.9.3. Effets des métaux et critères de qualité des eaux marines.....	31
I.7. Caractérisation de la zone d'étude.....	33
I.7.1. Côte de Mostaganem.....	35
I.7.1.1. Port de Mostaganem.....	35
I.7.1.2. Risques de pollution marine à Mostaganem.....	36
I.7.2. Baie d'Oran.....	37
I.7.2.1. Situation géographique de la baie d'Oran.....	37
I.7.2.2. Plateau continental et sédiment.....	37
I.7.2.3. Port de pêche.....	38

CHAPITRE II : Biologie de l'espèce

II.1. Données générales sur les Echinodermes.....	39
II.2. Choix et intérêt des espèces.....	39
II.2.1. L'oursin comestible <i>Paracentrotus lividus</i>	39
II.2.2. Systématique.....	40
II.2.3. Caractéristiques	40
II.2.4. Biologie et anatomie.....	41
II.2.5. Morphologie externe.....	41
II.2.6. Anatomie.....	41
II.2.7. Nutrition.....	42
II.2.8. Reproduction.....	43
II.2.9. Écologie.....	44
II.2.9.1. Répartition biogéographique.....	44
II.2.9.2. Rôle de <i>Paracentrotus lividus</i> dans les écosystèmes benthiques de Méditerranée.....	45
II.2.9.3. Prédateurs de l'oursin	45
II.2.9.4. Déplacement et migration.....	45
II.2.9.5. Relation oursin-substrat.....	46
II.2.9.6. Production mondiale.....	46
II.2.2. <i>Holothuries</i>	46
II.2.2.1. Historique	46
II.2.2.2. Généralités sur les holothuries.....	46
II.2.2.3. Définition des holothuries.....	47
II.2.2.4. Classification des holothuries.....	47
II.2.2.5. Identification des holothuries.....	47
II.2.2.6. Ecologie des holothuries	47
II.2.2.6.1. Habitat.....	47
II.2.2.6.2. Biologie.....	47
II.2.2.6.3. Morphologie externe.....	47
II.2.2.6.4. Organisation internes	48

II.2.2.7. Rôle écologique, biologique et pharmaceutique des Holothuries Aspidochirotes.....	50
II.2.2.7.1. Rôle écologique	50
II.2.2.7.2. Rôle pharmaceutique	50
II.2.2.7.3. Rôle biologique	50
II.2.2.7.4. Moyens de défense.....	50
II.2.2.7.5. Toxines	50
II.2.2.8. Alimentation.....	51
CHAPITRE III : Matériel et méthodes	
III.1. Prélèvement, transport et conservation des échantillons.....	52
III.1.1. Prélèvement.....	52
III.1.2. Transport.....	52
III.1.3. Conservation des échantillons.....	52
III.1.4. Lieux de réalisation des analyses.....	52
III. 1.5. Objectif de l'analyse bactériologique.....	53
III.2. Echantillonnage.....	53
III.2.1. Analyses.....	53
III.2.1.1. Recherche et dénombrement de la flore aérobie mésophile totale (FAMT).....	53
III.2.1.2. Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux.....	53
III.2.1.3. Recherche et dénombrement de Streptocoque fécaux (la norme T 90- 411).....	54
III.2.1.4. Recherche et dénombrement des entérobactéries totales (norme NF ISO 7402)	54
III.2.1.5 . Recherche et dénombrement de <i>Staphylococcus aureus</i> (norme NF V 08- 014)...	54
III.2.1.6. Recherche de <i>Salmonella</i> (la norme AFNOR V 08-052).....	54
III.2.2. Méthode d'interprétation.....	55
III.2.3. Eau de mer.....	55
III.2.3.1. Point d'échantillonnage.....	56
III.2.3.2. Modes et méthodes de prélèvement.....	56
III.2.4Oursin.....	56
III.2.4.1. Préparation des échantillons (homogénat d'oursin).....	56

III.3. Analyses bactériologiques.....	57
III.3.1. Recherche et dénombrement des germes aérobies mésophiles totaux (GAMT).....	57
III.3.2. Recherche et dénombrement des Coliformes.....	58
III.3.2.1. Coliformes totaux.....	58
III.3.2.1.1. Eau de mer.....	59
III.3.2.1.2. Homogénat des oursins.....	60
III.3.2.2. Recherche des Coliformes fécaux (test confirmatif).....	61
III.3.2.2.1. Eau de mer.....	61
III.3.2.2.2. Homogénat des oursins.....	61
III.3.3. Dénombrement des Streptocoques fécaux.....	63
III.3.3.1. Eau de mer.....	63
III.3.3.2. Homogénat des oursins.....	63
III.3.4. Recherche de <i>Salmonella</i>	65
III.3.4.1. Eau de mer.....	65
III.3.4.2. Homogénat des oursins.....	68
III.3.5. La recherche de <i>Staphylococcus aureus</i>	69
III.4. Les analyses de dosage en métaux lourds	72
III.5. Analyse en composantes principales (ACP).....	75
Chapitre IV: résultats et discussion	
IV.1. Résultats et discussion.....	76
IV.1.1. Résultats bactériologique	76
IV.1.1.1. Etude comparative des différents Germes de l'Eau de mer des trois sites	76
IV.1.1.2. Analyse bactériologique de l'oursin <i>Paracentrotus lividus</i>	81
IV.1.1.2.1. Etude comparative mensuel des différents germes chez l'oursin <i>Paracentrotus lividus</i> des trois sites étudiés.....	82
IV.1.2 Résultats dosage métaux lourds.....	86
IV.1.2.1. Résultats dosage métaux lourds chez l'oursin et l'holothurie.....	87
IV.1.2.2. Résultats des Teneurs moyennes durant un année des métaux lourds au niveau de l'eau de mer des trois sites d'étude.....	90
IV.1.2.3. Résultats des Teneurs moyennes en métaux lourds au niveau de l'eau de mer de l' <i>Holothuria Tubulosa</i> et du <i>Paracentrotus lividus</i> des trois sites d'étude.....	91

IV.2.ANALYSE EN COMPOSANTES PRINCIPALES (ACP).....	93
IV.3.	
Discussion.....	96
Conclusion.....	102
Références bibliographiques.....	104
Annexe publication.....	116

Liste des figures

Figure 1. La géomorphologie de la mer Méditerranée (répartition de la profondeur et courants principaux) (AEE, 2002).....	5
Figure 2. Profils de diversité spécifique d'invertébrés benthiques en Méditerranée (Zenetos <i>et al.</i> , 2003).....	7
Figure 3. «Points chauds» de pollution le long du littoral méditerranéen (PNUE/OMS, 2003).....	8
Figure 4. Villes côtières méditerranéennes (PNUE/PAM/MED POL/OMS, 2004).....	9
Figure 5. Traitement des eaux usées dans 601 villes côtières méditerranéennes de plus de 10 000 habitants (PNUE/PAM/MED POL/OMS, 2004).....	10
Figure 6. Estimation de la présence touristique de la période estivale d'ici 2025 (235-353 million de touriste en méditerranée) (UNEP-RAC, 1995).....	13
Figure 7. Côte algérienne avec les zones de préoccupation environnementale majeure et les «points chauds» de pollution (BDN Algérie, 2003).....	15
Figure 8. Réduction du niveau trophique marin par la pêche (Conçu par Daniel Pauly, original de Rachel Atanaceo).....	21
Figure 9. Modifications à long terme dans les captures de poisson dans les eaux helléniques rassemblant quatre classes de niveaux trophiques (Stergiou et Koulouris, 2000).....	21
Figure 10. Zone D'étude et d'échantillonnages (Oran, Mostaganem) (google map, 2016)....	34
Figure 11 : Port de pêche de Mostaganem	35
Figure 12. Le port de Mostaganem (Google Maps, 2016).....	36
Figure 13. Baie d'Oran (Google Maps, 2016).....	37
Figure 14. Le port de pêche d'Oran.....	38
Figure 15. Photos montrant la morphologie externe de l'oursin <i>Paracentrotus lividus</i>	40
Figure 16 . Schéma d'une coupe transversale du test d'un oursin régulier (Echinoidea), Tortonese(1965).....	42
Figure 17. Section transversale du test de l'oursin <i>Paracentrotus lividus</i> , montrant la disposition pentaradiaire des gonades.....	44
Figure 18. <i>Holothuria tubulosa</i>	48
Figure 19. Echantillonnage de l'oursin <i>Parcentrotus lividus</i> , photo prise par BELBACHIR N., 2016.....	55
Figure 20. Balance de pesée de la chair de l'oursin.....	56
Figure 21. Agitateur (Stomatcher).....	56
Figure 22. Différentes étapes à réaliser pour le dénombrement des Coliformes dans l'eau de mer.....	60
Figure 23. Différentes étapes à établir pour le dénombrement des Coliformes dans les oursins.....	62
Figure 24. Différentes étapes à établir pour le dénombrement des Streptocoques fécaux.....	65

Figure 25. Principe de recherche des Salmonelles.....	69
Figure 26. Principe de recherche des <i>Staphylococcus aureus</i>	71
Figure 27. Protocole de minéralisation et de dosage en Spectrophotométrie d’Absorption Atomique (Amiard et al ; 1987).....	74
Figure 28. (a) Lampe de type HCL pour le Cd, le Zn le Cu le Fr et le Pb, (b) Spectrophotomètre d’Absorption Atomique A.ANALYSTE 100.....	74
Figure 29. Etude comparative des Coliformes totaux dans l’eau de mer des trois sites étudiés durant six mois (NPP/100ml d’eau de mer).....	76
Figure 30. Etude comparative des <i>Staphylococcus aureus</i> dans l’eau de mer des trois sites étudiés durant six mois (NPP/100ml d’eau de mer).....	77
Figure 31. Etude comparative des Streptocoques fécaux dans l’eau de mer des trois sites étudiés durant six mois (NPP/100ml d’eau de mer).....	77
Figure 32. Dénombrements mensuels des indicateurs de contamination dans l’eau de mer des trois sites étudiés.....	79
Figure33. Etude comparative des différents Germes chez l’oursin <i>Paracentrotus lividus</i> des trois sites étudiés du mois de janvier (NPP/100g.....)	82
Figure34. Etude comparative des différents Germes chez l’oursin <i>Paracentrotus lividus</i> des trois sites étudiés du mois de fevrier (NPP/100g).....	83
Figure 35. Etude comparative des différents Germes chez l’oursin <i>Paracentrotus lividus</i> des trois sites étudiés du mois de mars (NPP/100g).....	83
Figure 36. Etude comparative des différents Germes chez l’oursin <i>Paracentrotus lividus</i> des trois sites étudiés du mois d’avril (NPP/100g).....	84
Figure 37. Etude comparative des différents Germes chez l’oursin <i>Paracentrotus lividus</i> des trois sites étudiés du mois de mai (NPP/100g).....	84
Figure 38. Etude comparative des différents Germes chez l’oursin <i>Paracentrotus lividus</i> des trois sites étudiés du mois de juin (NPP/100g de chair).....	85
Figure 39. Teneurs moyennes saisonnière des métaux lourds au niveau de l’eau de mer des trois sites d’étude, Stidia, Salamandre, Ain franin.....	91
Figure 40. Plan factoriel engendré par les deux premiers axes de l’ACP calculés à partir des teneurs métalliques des différentes régions d’étude.....	93
Figure 41. : Plan factoriel engendré par les deux premiers axes de l’ACP calculés à partir des teneurs métalliques et Matières organique, des différentes régions d’étude (avec moyennes).....	94
Figure 42. Plan factoriel engendré par les deux premiers axes de l’ACP calculés à partir des teneurs métalliques et Matières organique, des individus Holothurie, Oursins, et Eau de mer.....	94
Figure 43. Plan factoriel engendré par les deux premiers axes de l’ACP calculés à partir des teneurs métalliques et Matière organique, des saisons.....	95

Liste des tableaux

Tableau 1. Statistiques de la mer Méditerranée (AEE, 2002).....	4
Tableau 2. Température moyenne à la surface (hiver–été) dans les couches superficielles et intermédiaires (200–1 000 m) de la mer Méditerranée (AEE, 2002).....	4
Tableau 3. Concentrations d’hydrocarbures pétroliers totaux (HPT) dans les sédiments portuaires en Algérie (BDN, 2003).....	14
Tableau 4. Les projets de l’initiative EUROHAB (pays méditerranéens) (http://www.cordis.lu/eesd/ka3/cluster5.htm).....	18
Tableau 5. Liste des instruments communautaires se rapportant à la Convention de Barcelone pour la protection de la mer Méditerranée.....	30
Tableau 6. Sources industrielles et agricoles des métaux présents dans l’environnement.....	33
Tableau 7. Concentrations moyennes de métaux dissous dans les eaux intérieures et côtières (ng/ml).....	73
Tableau 8. Moyennes des teneurs métalliques ($\pm$ l’écart type) (ppm pf) au niveau des gonades chez <i>Paracentrotus lividus</i> de la Stidia, la Salamandre et Ain Franin.....	88
Tableau 9. Moyennes des teneurs métalliques ($\pm$ l’écart type) (ppm pf) au niveau de l’ <i>Holothuria tubulosa</i> de la Stidia, la Salamandre et Ain Franin.....	89

INTRODUCTION

INTRODUCTION

La pollution marine a été définie par la Commission Océanographique Internationale de l'UNESCO comme étant : "...l'introduction par l'homme, directement ou indirectement, de substances ou d'énergie dans l'environnement marin pouvant entraîner des effets délétères, tels que dommages aux ressources biologiques, dangers pour la santé humaine, entraves aux activités maritimes, y compris les pêcheries, détérioration des qualités de l'eau de mer pour son utilisation et réduction des possibilités dans le domaine des loisirs." (Le direach, 2013).

Selon le PNUE, 80 % environ des pollutions marines sont d'origine terrestre et anthropique (produites par les activités humaines). Une grande part des substances toxiques émises ou présentes dans un bassin versant finissent par rejoindre le milieu marin, via les fleuves, canaux ou lagunes. Les toxiques sont d'origine industrielle (hydrocarbures, métaux lourds, substances chimiques, radionucléides, etc.), agricole (nutriments, engrais, pesticides, etc.), ou tout simplement produits par les habitants ou usagers du bassin versant (déchets solides ou liquides, résidus d'installations de traitement des eaux usées, polluants contenus dans les eaux de ruissellement, etc.).

Des substances *a priori* non-nocives peuvent constituer des pollutions, dès lors que les quantités introduites dans le milieu marin dépassent la capacité d'absorption de ce milieu.

- C'est le cas des particules d'argiles ou autres minéraux en suspension, qui augmentent anormalement la turbidité de l'eau dans les zones d'érosion, et colmatent parfois les fonds, coraux, flore, etc.
- C'est aussi le cas des nutriments (nitrates et phosphates, par exemple), massivement perdus par l'agriculture intensive ou par les stations d'épuration (STEP) ; ces substances peuvent être à l'origine de phénomènes d'eutrophisation, qui se traduisent par exemple par l'apparition d'algues vertes ou de micro algues (phytoplancton) dont quelques espèces sécrètent des toxines, conduisant localement à la mort de la plupart des organismes marins (OMS, 2005).

Par ailleurs, la contamination de l'eau de mer par les eaux usées pose un grave problème. Les bactéries et virus qu'elles contiennent peuvent subsister dans la mer pendant les mois, faisant courir de grands risques aux baigneurs et aux consommateurs de fruits de mer : diarrhées, vomissements, maladies cutanées et respiratoires, gastro-entérites (selon l'OMS, 250 millions de cas par an, dus à la baignade dans des mers polluées), dysenteries, hépatites. La Méditerranée, la mer noire et la Baltique sont particulièrement touchées. L'OMS a noté que même dans des eaux dites "acceptables" selon les normes européennes, il existe une chance sur vingt d'être atteint d'une maladie après une seule baignade (OMS, 2005).

Notre plan de travail été d'évaluer la contamination microbiologique et métallique de l'oursin *Paracentrotus lividus* et de l'*Holothuria tubulosa* et de l'eau de mer dans différents sites de l'ouest Algériens tels la baie d'Oran (Ain Franin), la baie de Mostaganem (Salamandre et Stidia). Dans ce cadre on a effectué plusieurs échantillonnage qui ont débuté mars de l'année 2015, ainsi on a lancé les examens microbiologiques et les analyses métalliques qui ont suivie automatiquement l'échantillonnage.

Notre étude consiste à étudier de près :

- La contamination des échinodermes tels les Oursins (*Paracentrotus lividus*) et les Holothuries (*Holothuria tubulosa*). Ces organismes vivant donc en étroite relation avec les sédiments, lesquels contiennent la plus grande partie des métaux lourds présents dans le milieu marin. Ce qui nous a laissé s'intéresser à ce sujet et de l'étudier de près.
- L'évaluation de la contamination du substrat ambiant (l'eau de mer) et qui vont nous révéler ainsi le taux de contamination par les polluants présent dans le milieu marin et de leur effet sur les organismes, les écosystèmes et la santé humaine.
- Notre objectif était surtout de trouver des propositions et des solutions au problème de pollution qui s'aggrave d'une année à l'autre selon les résultats.
- D'essayer aussi de diminuer l'effet nocif de la contamination qui menace les écosystèmes et l'avenir de l'Homme.

I.1. Etat des connaissances sur la mer méditerranée.

La surveillance de la pollution de la Méditerranée et la lutte contre ses effets sont déjà une histoire ancienne. La convention de Barcelone sur la protection de la Méditerranée a été initiée en 1975 et amendée en 1995 ; elle a été complétée par huit protocoles depuis sa signature. Cependant, ces plusieurs décennies d'action ne doivent pas faire oublier que la connaissance de la contamination des milieux marins est encore très incomplète. Le fait que la pression démographique est toujours en essor et qu'on estime qu'elle passera à entre 520–570 millions en 2030 (AEE, 1999) ; le suivi, le contrôle des contaminants dans la mer ainsi que l'utilisation des bioindicateurs pour la biosurveillance de la qualité des eaux de mer restent toujours d'actualité.

Dans le cadre du Programme d'actions stratégiques (PAS) du PNUE, 131 «points chauds de pollution» ont été identifiés le long du littoral méditerranéen (PNUE/OMS, 2003). Ces «points chauds» sont des sources de pollution ponctuelles ou des zones côtières polluées qui peuvent affecter la santé humaine, les écosystèmes, la biodiversité, la durabilité ou l'économie. Sur ces «points chauds» 26 % sont urbains, 18 % sont industriels et 56 % sont mixtes (urbains et industriels) (PNUE/PAM, 2003). Par ailleurs, 59 zones sensibles (zones marines menacées de devenir des «points chauds») ont également été identifiées le long du littoral méditerranéen. Toutes ces pressions ont conduit à la dégradation de la qualité de l'environnement dans certaines zones côtières. L'effet sur l'environnement en haute mer Méditerranée demeure, toutefois, incertain.

I.1.1. Les Caractéristique de la mer Méditerranée

En mer méditerranée, les caractéristiques qui y règnent diffèrent fortement de celles d'autres mers européennes. Ces caractéristiques déterminent d'une manière unique le devenir des cycles physico-chimiques et biologiques qui affectent tous les aspects des processus écologiques au niveau des écosystèmes marins méditerranéens.

I.1.1.1. Environnement physique

La mer Méditerranée est la plus grande mer européenne semi-fermée caractérisée par l'étroitesse de son plateau continental et de sa zone littorale et un bassin hydrographique restreint, particulièrement dans la partie nord. Le canal de Sicile (large de 150 km, profond de 400 m) sépare deux bassins distincts, le bassin occidental et le bassin oriental, et joue le rôle de frontière géographique et hydrologique entre ces bassins.

I.1.1.2. Hydrographie

Le régime des courants et la géomorphologie générale de la Méditerranée sont complexes et illustrés schématiquement dans la (figure 1) ; Les niveaux d'oxygène sont presque saturés dans la couche.

I.1.1.3. Caractéristiques principales de la mer Méditerranée

La mer méditerranée est caractérisée par une surface de 2,5million de km² et une longueur côtière de 46000 km. Sa profondeur moyenne est de 1500 m et est caractérisée par une salinité et une température moyenne variant respectivement de 36,2 à 39 ‰ et 15à 21 °C (Tableau 1).

Tableau 1. Statistiques de la mer Méditerranée (AEE, 2002).

Surface km ²	Longueur côtière km	Profondeur moyenne m	Température moyenne °C (O- E)	Salinité moyenne ‰ (O-E)
2.5 Million	46 000	1 500	15–21	36.2–39

(O= Ouest et E= Est)

Cependant, la mer méditerranée est caractérisée durant l'année par des températures élevées : (minimum annuel de 12 °C, s'élevant à 25 °C en été) ce qui produit des taux métaboliques élevés. Par ailleurs, les fortes salinités sont retrouvées principalement au niveau des mers européennes. Aussi, étant donné que l'évaporation est plus importante que les précipitations et les déversements fluviaux, la mer méditerranée présente un déficit en eau douce d'environ 2 500 km³/an (AEE, 1999). Cette dernière présente un régime microtidal présentant un marnage typiquement inférieur à 50 cm. Ce qui réduit donc les possibilités de dilution et de dispersion des déchets dissous et des matières particulières.

En mer méditerranée, l'oligotrophie augmente de l'ouest vers l'est. La production primaire en haute mer est considérée comme limitée en phosphore par contraste avec la limitation en azote de la plupart des océans du monde.

Quant à la biodiversité : la faune et la flore comptent parmi les plus riches au monde notamment dans la zone côtière. Elles présentent une forte diversité et un degré d'endémisme élevé.

Par ailleurs, les invasions biologiques en mer méditerranée ne peuvent pas être négligées, un grand nombre d'espèces allogènes introduites s'accroissent dans les ports et les lagunes. Le transport via le canal de Suez est important d'où la quantité plus importante d'espèces allogènes dans le bassin oriental superficielle (6 ml/l en hiver et 4,8 ml/l en été). Dans les eaux profondes, la concentration en oxygène se situe aux environs de 4,5 ml/l dans le bassin occidental et de 4,2 ml/l dans le bassin oriental. Les principaux fleuves sont l'Èbre, le Rhône, le Pô et le Nil. La température annuelle moyenne des eaux de surface et des eaux profondes est donnée au (Tableau 2).

Tableau 2. Température moyenne à la surface (hiver-été) dans les couches superficielles et intermédiaires (200–1 000 m) de la mer Méditerranée (AEE, 2002).

Zone maritime	Température °C	
	Surface	Couche de 200 à 1 000 m
Gibraltar	15–20	13.5
Détroit de Sicile	14–23	13.8
Détroits de Crète et de l'Égée du Sud	16–24	14.9
Mer du Levant	16–26	14.9

I.1.2. Problèmes prioritaires pour l'environnement méditerranéen

I.1.2.1. Productivité de l'écosystème

L'oligotrophie de la mer méditerranée caractérisée par une production primaire faible et une biomasse phytoplanctonique peu élevée qui se traduit par une grande transparence de l'eau et une pénétration en profondeur de la lumière dans la colonne d'eau (Ignatiades, 1998). A cet effet, la photosynthèse se produit à une plus grande profondeur. La production primaire est considérée comme limitée en phosphore (P) par opposition à la limitation en azote (N) dans la plupart des océans du monde. Dans ce contexte, on ne pourrait s'attendre à une production primaire accrue que lors d'une augmentation de la quantité de phosphore. Cependant, des expériences de recherche récentes visant à augmenter la charge de phosphore dans l'est de la Méditerranée n'ont pu confirmer cette explication (projet de recherche CYCLOPS financé par l'UE). L'hypothèse de travail s'est modifiée en une hypothèse selon laquelle l'est de la Méditerranée est sans équivoque limité la prolifération hivernale de phytoplancton. Il évolue ensuite vers un système estival où le N et le P sont proches d'être des facteurs colimitants. La Méditerranée présente un fort gradient ouest-est en concentrations de chlorophylle et d'éléments nutritifs. La principale exception à la nature oligotrophe générale de la Méditerranée orientale est le système fortement eutrophe du nord de la mer Adriatique causé par des rejets d'éléments nutritifs par les rivières du nord et principalement par le Pô.

I.1.2.2. Faune et flore : état de la biodiversité

La faune et la flore méditerranéennes ont évolué depuis des millions d'années en une combinaison exceptionnelle d'éléments tempérés et subtropicaux, avec une proportion importante (28 %) d'espèces endémiques (Fredj *et al.*, 1992). La variété actuelle des situations climatiques et hydrologiques et des biotopes spécifiques à la Méditerranée explique une grande diversité des espèces due en partie à l'histoire géologique de la région. 10 000 à 12 000 espèces marines ont été recensées au total (dont 8 500 espèces de faune macroscopique et plus de 1 300 espèces de végétaux) (Figure 1). Cette riche biodiversité représente 8 à 9 % du nombre total d'espèces des mers du monde et de nouvelles espèces sont toujours enregistrées, tout particulièrement à des profondeurs ou dans des zones jusqu'ici inexplorées. Le profil général de la richesse en espèces dans la mer Méditerranée s'apparente à celui de la production primaire et de la concentration en chlorophylle.



Figure 1 : La géomorphologie de la mer Méditerranée (http://www.observatoire-marin.com/med_carte.htm)

I.1.2.3. Les Pressions des activités humaines exercées sur mer méditerranée et leurs impacts

Le nombre d'activités humaines représente et est une source d'importantes dégradations de l'écosystème marin méditerranéen. La pollution n'est qu'un des problèmes qui menacent la viabilité de la Méditerranée en tant qu'écosystème. L'altération et la destruction d'habitats marins et côtiers par des pratiques de développement inadéquates et une gestion médiocre constituent également des problèmes très importants (AEE, 2002). Le stress anthropique sur le milieu marin méditerranéen peut être classé selon les rubriques suivantes:

I.1.2.3.1. Sources de pollution situées à terre

- Eaux usées et ruissellement urbain ;
- Déchets solides urbains ;
- Polluants organiques persistants (POP) ;
- Métaux lourds ;
- Composés organohalogénés ;
- Substances radioactives ;
- Eléments nutritifs ;
- Matières en suspension ;
- Déchets dangereux.

I.1.2.3.2. Destruction et altération physique des habitats :

- Construction et altération du littoral ;
- Altération des zones humides et des marais salants ;
- Altération des eaux maritimes et du bassin versant côtier.

I.1.2.3.3. Pollution au large et d'origine maritime :

- Hydrocarbures de pétrole provenant du trafic maritime ;
- Détritus marins.

1.2.3.4. Problèmes émergents :

- Invasions biologiques ;
- Surexploitation des ressources halieutiques ;
- Expansion de l'aquaculture ;
- Apparition croissante de proliférations d'algues nuisibles.

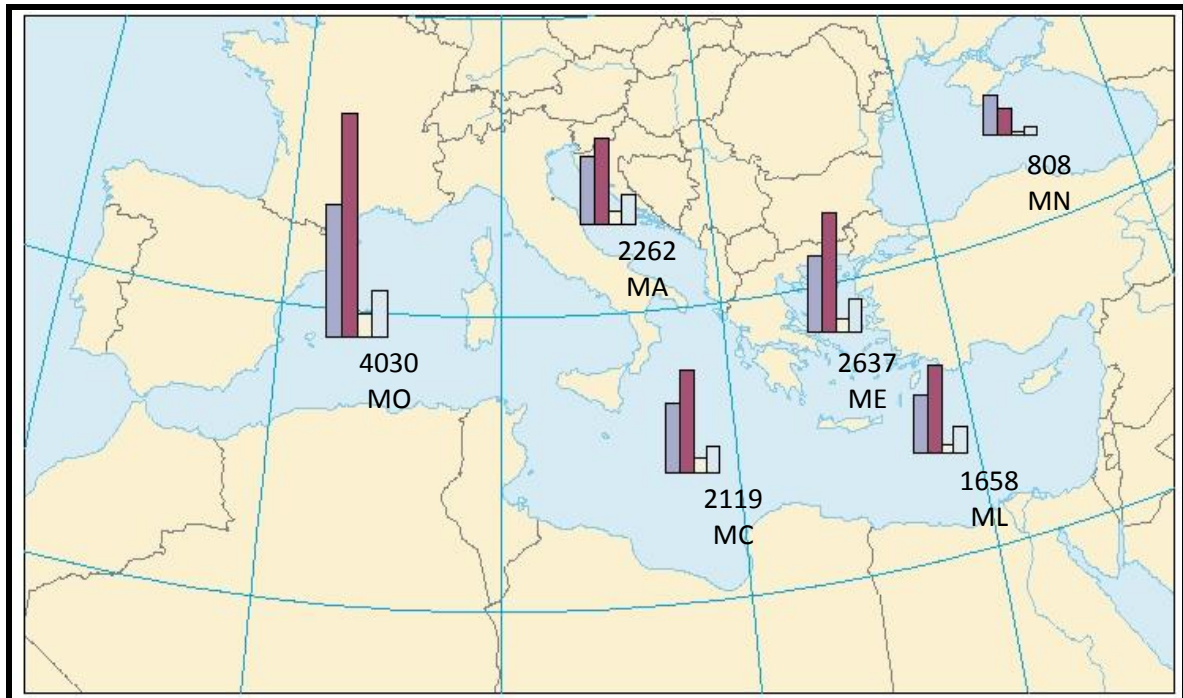


Figure 2. Profils de diversité spécifique d'invertébrés benthiques en Méditerranée (Zenetos *et al.*, 2003).

Panorama marin des profils de biodiversité des invertébrés benthiques

MO = Méditerranée occidentale

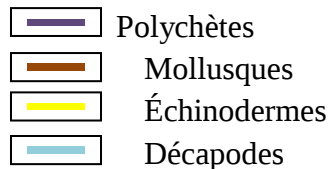
MC = Méditerranée centrale

MA = mer Adriatique

ME = mer Égée

ML = mer du Levant

MN = mer Noire



I.1.2.4. Problèmes émergents menaçant les écosystèmes

Les problèmes suivants ont été soulignés comme constituant les principales menaces pour les écosystèmes marins en Méditerranée (AEE, 1999 ; AEE, 2002):

I.1.2.4.1. Invasions biologiques.

L'introduction d'espèces allogènes via les eaux de ballast, l'accumulation d'organismes sur les coques des navires (salissures), les phénomènes d'importation et d'invasion, s'est accompagnée de l'établissement de populations allogènes denses d'espèces, avec des effets parfois catastrophiques sur l'environnement naturel (Figure 3).

I.1.2.4.2. Surexploitation des ressources halieutiques. Des pratiques de pêche non durables ont mené à la surexploitation de plusieurs stocks halieutiques en Méditerranée.

I.1.2.4.3. Expansion de l'aquaculture : L'aquaculture est pratiquée principalement dans la zone côtière où la biodiversité est élevée et où les pressions humaines s'intensifient (par ex. le tourisme, le développement urbain, le transport et l'agriculture). Elle renforce donc les effets des impacts potentiels. Il se produit une dégradation des habitats à proximité des cages, et des conflits naissent avec l'industrie du tourisme quant à l'utilisation de criques naturelles. Parmi les effets éventuels de l'aquaculture sur le milieu marin côtier figurent également les maladies des

poissons cultivés qui pourraient toucher la population de poissons sauvages, ainsi que la dégradation de la communauté benthique sous les cages.

I.1.2.4.4. Apparition croissante de proliférations d'algues nuisibles : Leur expansion à travers la Méditerranée est un problème qui cause non seulement des modifications écosystémiques, mais affecte également la santé humaine en raison de la consommation de produits de la mer contaminés, ce qui constitue un impact socio-économique.

I.1.2.4.5. Risques naturels. Bien que n'étant pas d'origine anthropique, la sismicité accrue de certaines régions méditerranéennes et l'activité tsunamique qui s'ensuit appellent à une meilleure protection côtière.



Figure 3. «Points chauds» de pollution le long du littoral méditerranéen (PNUE/OMS, 2003).

● «Point chaud» de Pollution

I.1.3. Analyse des problèmes

Les populations méditerranéennes sont en constante et rapide évolution, il est difficile d'obtenir des informations fiables sur les populations de la Méditerranée. En 2000, la population totale des 22 pays qui bordent la Méditerranée était de 427 millions d'habitants (soit 7% de la population mondiale). Selon les statistiques du Plan Bleu, cette population, en très forte expansion, atteindra 524 millions d'habitants à l'horizon 2025. Sur les côtes, la densité de population (96 habitants par km²) est beaucoup plus forte qu'à l'intérieur des terres. Le nombre d'habitants côtiers pourrait toutefois doubler pendant la période estivale étant donné que la région est l'une des destinations touristiques les plus fréquentées du monde. Le long du littoral méditerranéen, 601 villes comptant une population de plus de 10 000 habitants ont été recensées dans 19 pays, portant le nombre de résidents à 58,7 millions de personnes (PNUE/PAM/MED POL/OMS, 2004).

Soixante neuf pour cent de ces villes exploitent une station d'épuration des eaux usées (SEEU), 21 % n'en possèdent pas, tandis que 6 % ont actuellement une SEEU en voie de construction et que 4 % en ont une hors service pour différentes raisons.

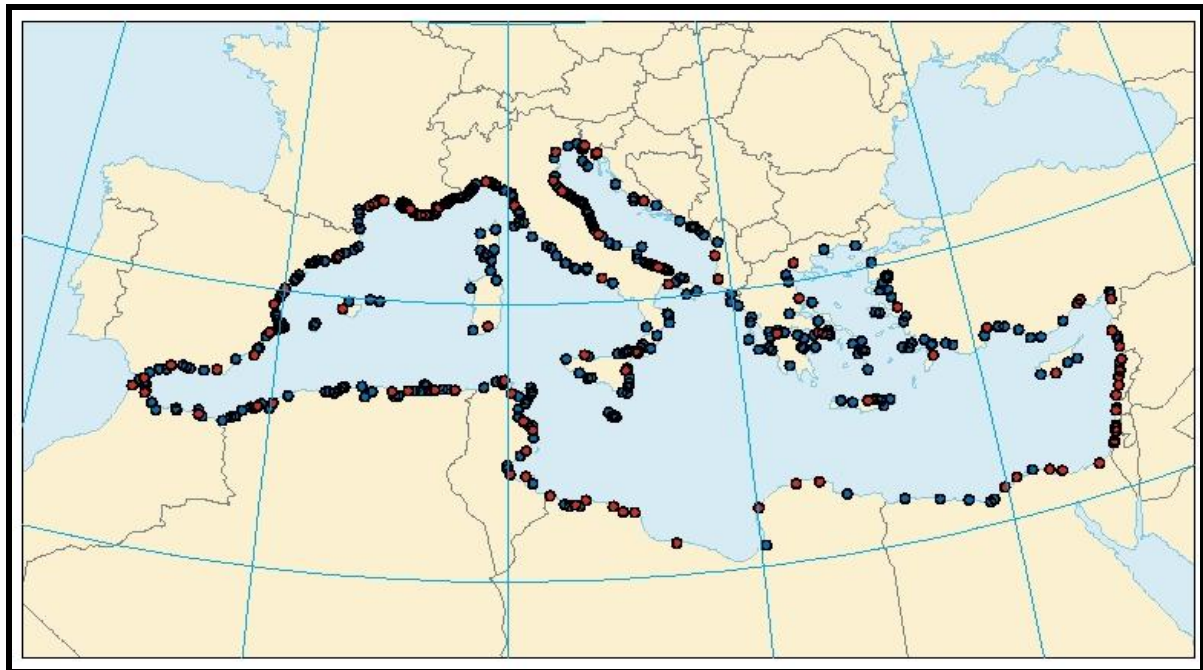
La plupart des SEEU méditerranéennes utilisent un traitement secondaire (55 %), alors que 18 % n'offrent qu'un traitement primaire.

I.1.3.1. Sources de pollution situées à terre

I.1.3.1.1. Eaux usées et ruissellement urbain (eaux usées d'origine urbaine)

La génération d'eaux usées par les villes côtières constitue l'un des principaux problèmes de pollution de la côte méditerranéenne. Son influence sur le milieu côtier marin affecte directement ou indirectement la santé humaine, la stabilité de l'écosystème marin et l'économie du littoral (impact sur le tourisme et la pêche).

Le problème est exacerbé par la croissance rapide de nombreuses villes et agglomérations côtières, en particulier sur la côte sud de la Méditerranée (Figure 4). Souvent les réseaux d'évacuation des eaux usées ne sont que partiellement raccordés aux segments de la population urbaine, d'où le déversement direct d'effluents non traités dans la mer par d'autres émissaires. Les principaux polluants des eaux usées municipales sont : les matières organiques (mesurées en DBO5 et en DCO), les matières en suspension, les éléments nutritifs (azote et phosphore) et les micro-organismes pathogènes. D'autres polluants, tels que les métaux lourds, le pétrole et les hydrocarbures chlorés sont également présents dans les eaux usées (Figure 5).



Villes côtières méditerranéennes Population

- Supérieure à 100 000 hts
- Inférieure à 100 000 hts

Figure 4. Villes côtières méditerranéennes (PNUE/PAM/MED POL/OMS, 2004).

a: SEEU dans les villes côtières

b: Degré de traitement des eaux usées

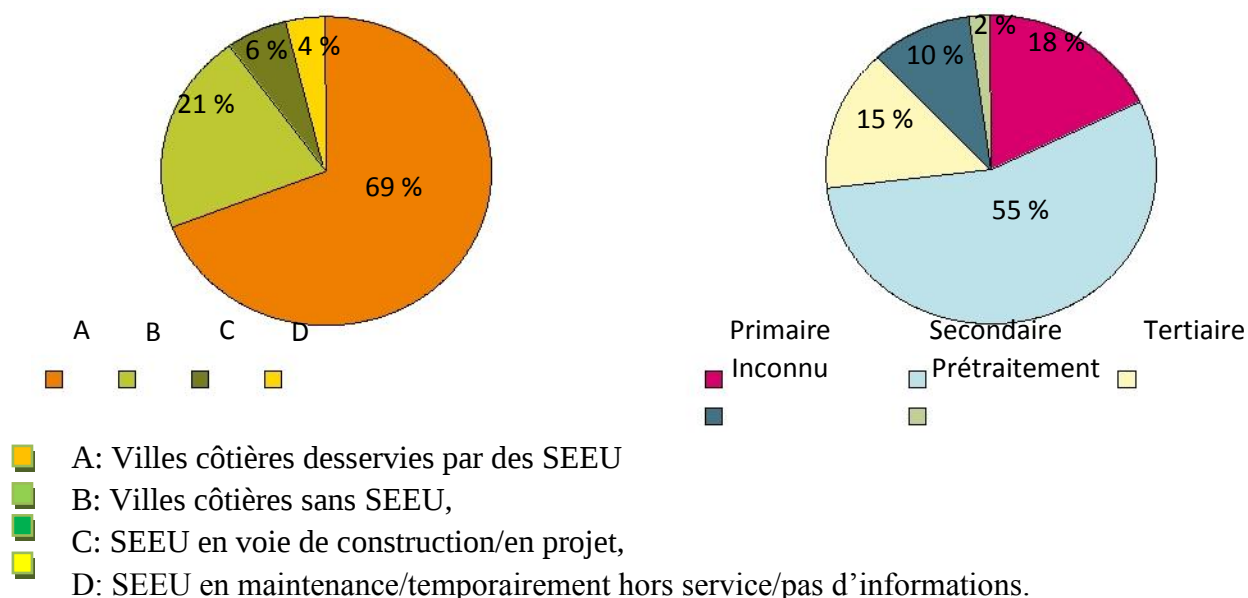


Figure 5. Traitement des eaux usées dans 601 villes côtières méditerranéennes de plus de 10 000 habitants (PNUE/PAM/MED POL/OMS, 2004).

Les déchets solides produits dans les centres urbains le long du littoral méditerranéen constituent une menace sérieuse à la fois pour la santé humaine et pour le milieu marin côtier. Outre l'élimination sauvage de déchets sous la forme de détrit, les déchets solides sont, dans la plupart des pays, déposés dans des décharges après un traitement sanitaire minimal, voire sans traitement du tout. Par ailleurs, ces décharges sauvages se trouvent souvent en banlieue des villes ou littéralement sur le front de mer et constituent des sources de maladies et de détrit pour les régions environnantes.

Dans de nombreux cas, aucune mesure n'a été prise pour maîtriser et traiter les lixiviats provenant des sites de décharge qui polluent la nappe phréatique et/ou le milieu marin côtier avec des polluants organiques et des métaux lourds. En outre, des incendies accidentels émettent des particules de fumée, des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) et des dioxines qui affectent sérieusement les conditions sanitaires des agglomérations avoisinantes.

1.1.3.1.2. Polluants organiques persistants — POP

Les polluants organiques persistants comprennent certains pesticides interdits et produits chimiques industriels dont la fabrication est également interdite, comme, par exemple, les polychlorobiphényles (PCB) ainsi que des contaminants nocifs (hexachlorobenzène, dioxines et furanes). Parmi les objectifs proposés par les parties contractantes à la Convention de Barcelone dans le cadre du PAS figurent :

- l'élimination progressive des pesticides suivants à l'horizon 2010 (DDT, aldrine, dieldrine, endrine, chlordane, heptachlore, mirex, toxaphène et hexachlorobenzène). Des exceptions ont été prévues pour les pesticides utilisés pour la sauvegarde de la vie humaine ou lorsqu'une analyse risques/profits est très concluante selon les recommandations de l'OMS ;
- l'interdiction de tous les usages existants de PCB d'ici à 2010 ;
- la réduction des émissions d'hexachlorobenzène, de dioxines et de furanes.

Pour beaucoup de pays méditerranéens, il n'existe pas d'informations détaillées sur les émissions de POP provenant de sources ponctuelles (centres urbains et entreprises industrielles). Un nombre limité d'études ont été réalisées sur la bioaccumulation de certains POP dans les biotes méditerranéens. Sur la façade méditerranéenne espagnole, la répartition de concentrations en POP mesurées dans *Mytilus galloprovincialis* révèle les concentrations les plus fortes dans la région de Barcelone, tant pour les PCB que pour les DDT (projet BIOMEJIMED). En général, les autorités locales ou nationales ne suivent pas régulièrement de près la plupart des POP. Selon des estimations, la principale source de POP — depuis que la plupart de ceux-ci ont été interdits dans la majorité des pays de la région — se trouverait dans les quantités accumulées et stocks dus à la production et/ou aux importations antérieures (notamment les PCB des transformateurs) ainsi que dans les rejets secondaires provenant de réservoirs environnementaux (autrement dit les sédiments contaminés) dus à un usage antérieur et à des déversements accidentels.

I.1.3.1.3. Métaux lourds (arsenic, cadmium, chrome, cuivre, nickel, plomb et mercure)

Les eaux usées urbaines et industrielles et le ruissellement provenant de sites contaminés par des métaux (par ex. les mines) constituent des sources terrestres majeures de métaux toxiques. Des concentrations de métaux dans la géologie locale peuvent également influencer le contenu en métaux des sédiments (par ex. une concentration en mercure due à l'anomalie géochimique en mercure du mont Amiata).

Quelle que soit l'origine de la source terrestre en métaux, les sédiments côtiers contaminés constituent une importante source secondaire diffuse de pollution parce qu'ils libèrent des métaux dans l'eau sus-jacente. Étant donné que les métaux ont tendance à précipiter après leur introduction dans le milieu marin côtier, ils s'accumulent dans les sédiments et les biotes. Ceci se produit surtout dans les zones confinées telles que les ports et les baies semi-fermées à proximité de sources terrestres de métaux. Des concentrations accrues de métaux ont été relevées dans plusieurs zones côtières le long de la mer Méditerranée, telles que la côte de la Toscane (mer Tyrrhénienne), la baie de Kastella (mer Adriatique), la baie d'Haïfa et la côte d'Alexandrie (Méditerranée orientale), la baie d'Izmir et la baie d'Eleusis (mer Égée) (AEE, 1999).

Le mercure est une source particulièrement préoccupante parce qu'il est facilement libéré par les sédiments dans l'eau sus-jacente et réintègre par conséquent la chaîne alimentaire. Il a été démontré qu'une grande consommation de poisson contaminé par du mercure s'accompagne d'effets neurologiques. Pour la plupart des habitants d'Europe centrale et septentrionale, l'apport hebdomadaire est inférieur à l'apport hebdomadaire tolérable international provisoire de méthylmercure (1,6 µg/kg de poids corporel/semaine) et à la dose de référence américaine plus réduite (US RID = 0,7 µg/kg de poids corporel/semaine). En revanche, pour la majorité des habitants des zones côtières des pays méditerranéens et pour 1 à 5 % environ de la population d'Europe centrale et septentrionale (c.-à-d. environ 3 à 15 millions de personnes dans l'UE), ces valeurs avoisinent à peu près l'US RID. De surcroît, pour une partie des communautés de pêcheurs de la Méditerranée, la «Benchmark Dose Limit» (BMDL) américaine égale à 10 fois la RID, le niveau auquel il est reconnu qu'il y a des effets neurologiques manifestes est même dépassée (CE, 2005).

Une libération de polluants provenant de sédiments a été signalée dans le golf de Trieste, au nord de la mer Adriatique à l'embouchure du Pô, où l'on a enregistré dans l'eau sus-jacente un flux net de Cd (cadmium) et de Cu (cuivre) provenant de sédiments contaminés (Zago *et al.*, 2000).

I.1.3.1.4. Composés organohalogénés

Les hexachlorocyclohexanes (HCH) sont omniprésents le long de la côte méditerranéenne vu leur persistance dans l'environnement bien qu'ils ne soient plus utilisés. Les principales sources de HCH (et notamment de lindane) sont constituées par les stocks et le sol contaminé aux «points chauds». C'est là la conséquence des anciennes activités de fabrication et des stocks antérieurs. Ces composés étaient abondamment utilisés contre les nuisibles dans beaucoup de pays méditerranéens. En France 1 600 tonnes/an de lindane étaient utilisées au milieu des années 90, en Égypte plus de 11 300 tonnes entre 1952 et 1981, tandis qu'en Turquie, l'utilisation du lindane s'élevait en 1976 à 96,6 tonnes (PNUE Produits chimiques, 2002).

I.1.3.1.5. Substances radioactives

La radioactivité n'est pas un problème majeur de pollution en mer Méditerranée. Les retombées atmosphériques (résultant des tests d'armes nucléaires au début des années 1960 pour l'ensemble de la région méditerranéenne et de l'accident de Tchernobyl en 1986 pour les bassins septentrional et oriental) ont constitué la principale source de ^{137}Cs (césium) et de $^{239,240}\text{Pu}$ (plutonium) dans le milieu marin méditerranéen.

D'autres sources (apports fluviaux, industrie nucléaire, échanges par les détroits) ne représentent pas plus de 10 % de la charge totale provenant des retombées. Les contributions de l'industrie nucléaire et d'accidents (autres que celui de Tchernobyl) sont négligeables lorsqu'elles sont examinées en termes de contribution au bilan total. Il n'en demeure pas moins qu'elles pourraient mener à un renforcement local des niveaux de radioactivité (AEE, 1999).

I.1.3.2. Pollution au large et d'origine maritime

Hydrocarbures de pétrole provenant des activités de navigation

Le transport maritime est l'une des principales sources de pollution par les hydrocarbures de pétrole (hydrocarbures) et les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) en mer Méditerranée.

I.1.3.2.1. Navigation et marées noires

On estime qu'environ 220 000 navires de plus de 100 tonnes croisent en Méditerranée chaque année, déversant 250 000 tonnes d'hydrocarbures. Ce déversement est le résultat d'opérations de navigation (telles que le déballastage, le lavage des citernes, la mise en cale sèche, les fiouls et huiles de vidange, etc.) et se produit dans une zone qui a été déclarée depuis 1973, par la Convention MARPOL 73/78, comme «zone marine spéciale» c'est à dire. Une zone dans laquelle les rejets d'hydrocarbures sont virtuellement interdits. Les rejets de HAP varient selon le type d'hydrocarbure déversé et l'on estime que leur quantité se situe entre 0,3 et 1 000 tonnes par an (PNUE Produits chimiques, 2002).

Les rejets illicites par les navires peuvent être détectés au moyen de l'interprétation d'images satellite ERS SAR (Synthetic Aperture Radar). Dans un travail complètement nouveau réalisé en Méditerranée par Pavlakis *et al.* (2001), 1 600 images ERS SAR acquises au cours de l'année 1999 ont été interprétées, révélant pour la première fois l'ampleur du problème des déversements délibérés d'hydrocarbures en mer Méditerranée.

I.1.3.2.2. Marées noires

De surcroît, environ 80 000 tonnes d'hydrocarbures ont été déversées accidentellement dans la mer Méditerranée et dans ses parages durant la période 1990–2005 en raison d'accidents de la navigation (prise en compte des accidents ayant occasionné des déversements de plus de 700

tonnes). Les quatre principaux sont responsables de 77 % de la quantité déversée accidentellement. Selon les statistiques du Centre régional méditerranéen pour l'intervention d'urgence contre la pollution marine accidentelle (REMPEC), 82 accidents impliquant des déversements d'hydrocarbures ont été enregistrés entre janvier 1990 et janvier 1999 et la quantité de pétrole déversée s'élevait à 22 150 tonnes (REMPEC, 2001). Les accidents aux terminaux pétroliers et les déversements de routine provenant d'installations terrestres (estimés à 120 000 tonnes/an (PNUE/PAM/OMS, 1999), contribuent à des concentrations élevées d'hydrocarbures dans leur voisinage.

I.1.3.2.3. Détritus marins

Les côtes méditerranéennes se couvrent de débris, principalement de débris de plastique. L'importance de leur impact n'a cependant pas encore été quantifiée (Figure 6). De plus en plus de signes indiquent que lorsqu'ils sont immergés, perdus ou abandonnés dans le milieu marin, les débris de plastique ont un effet néfaste sur l'environnement.

Ils deviennent non seulement une gêne esthétique mais nécessitent aussi des procédures de nettoyage coûteuses.

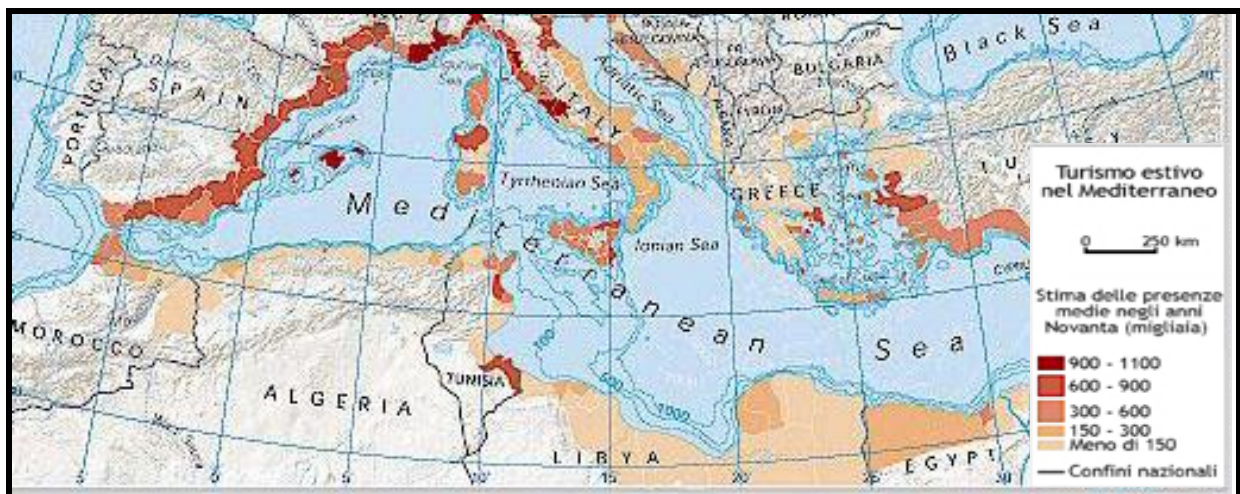


Figure 6 : Estimation de la présence touristique de la période estival d'ici 2025 (235-353 million de touriste en méditerranée) (UNEP-RAC, 1995).

I.1.4. Étude de cas — Algérie

Les voies du trafic maritime pétrolier passent près de la côte algérienne. 150 millions de tonnes d'hydrocarbures y sont transportées chaque année (sur les 500 millions de tonnes/an d'hydrocarbures transportées au total en mer Méditerranée), ce qui correspond au transit de 1 800 pétroliers par an. En outre, plus de 50 millions de tonnes d'hydrocarbures empruntent chaque année les terminaux pétroliers des principaux ports algériens (Arzew, Bethioua, Bejaia et Skikda), avec d'importantes fuites d'exploitation en mer (10 000 tonnes/an). Les opérations de déballastage sont également responsables du déversement de quelque 12 000 tonnes supplémentaires d'hydrocarbures par an dans les eaux côtières du fait que les installations de réception disponibles ne peuvent pas répondre aux quantités de ballast. De plus, une pollution par les hydrocarbures est imputable aux rejets d'eaux usées industrielles et urbaines, de boues toxiques provenant de raffineries de pétrole à Alger, Oran et Skikda et de la production de gaz

naturel. En raison de la présence d'activités pétrolières en Algérie, les sédiments portuaires et côtiers présentent de fortes concentrations en hydrocarbures pétroliers totaux ainsi qu'en HAP (tableau 3). Des 250–300 km de plages sablonneuses en Algérie, 85 % reculent et perdent du sable à raison de 0,30 à 10,4 m/an (BDN Algérie 2004). À la plage de Bejaia, la mer a avancé de 345 m entre 1959 et 1995. Des problèmes semblables se posent à Boumerdes, Bou Ismail, Macta et Beni Saf. Peu de plages sablonneuses sont restées stables (10 %) et 5 % seulement des plages ont accumulé peu à peu plus de sable au cours des dernières décennies. Voici les principales causes de cette érosion: l'apport de sédiments à la zone du littoral a beaucoup diminué récemment du fait que le matériel sédimentaire est retenu derrière les barrages qui ont été construits pour l'irrigation ou à d'autres fins le long des fleuves et cours d'eau. On a calculé qu'environ 219 millions de m³ de sédiments ont été retenus en 1992 par les 39 barrages principaux en Algérie à raison de 9 millions de m³/an (ou 16,4 millions de tonnes/an); il y a moins de matériel sédimentaire transporté le long du littoral parce que l'infrastructure portuaire a souvent conduit au piégeage des sédiments. Le volume total de sédiments retenus dans les ports algériens est estimé à plus de 20 millions de m³. Ce piégeage se situe principalement dans les ports d'Oran, Arzew, Bethioua, Alger, Bejaia, Skikda et Annaba (78 % du volume sédimentaire total). Aussi, vu l'accumulation sédimentaire, les ports doivent faire l'objet de dragages fréquents en vue de maintenir la profondeur nécessaire à la navigation ; l'extraction de sable pour la construction a lieu en de nombreux endroits le long du littoral : dépôts alluvionnaires de courants côtiers (oueds), zones de dépôts récents occasionnés par le vent, parties supérieures des plages et même parties de plages sous le niveau de l'eau. Bien que l'extraction de sable à partir des dépôts côtiers soit souvent un processus légal, l'extraction excessive de sable détruit l'écosystème côtier. En plus, les opérations illégales font encore augmenter les taux d'extraction de sable.

Tableau 3. Concentrations d'hydrocarbures pétroliers totaux (HPT) dans les sédiments portuaires en Algérie (BDN, 2003).

Ports	HPT en mg/kg p.s.
Oran	1500 – 17000
Arzew	930 – 8600
Bethioua	67 – 940
Mostaganem	1600 – 8800
Ténès	680 – 990
Alger	1900 – 31000
Bejaia	140 – 260
Jijel	180 – 430
Ancien port de Skikda	450 – 2000
Nouveau port de Skikda	79 – 120
Annaba	130 – 6200

I.1.4.1. Problèmes de pollution en Algérie

La côte algérienne accueille environ 12,5 millions d'habitants (1998), représentant 45 % de la population nationale. Pendant les mois d'été, les touristes s'ajoutent à la population fixe. Alger, Oran, Annaba, Ghazaouet, Mostaganem, Arzew, Bejaia et Skikda sont les villes côtières les plus importantes (BDN Algérie, 2003).

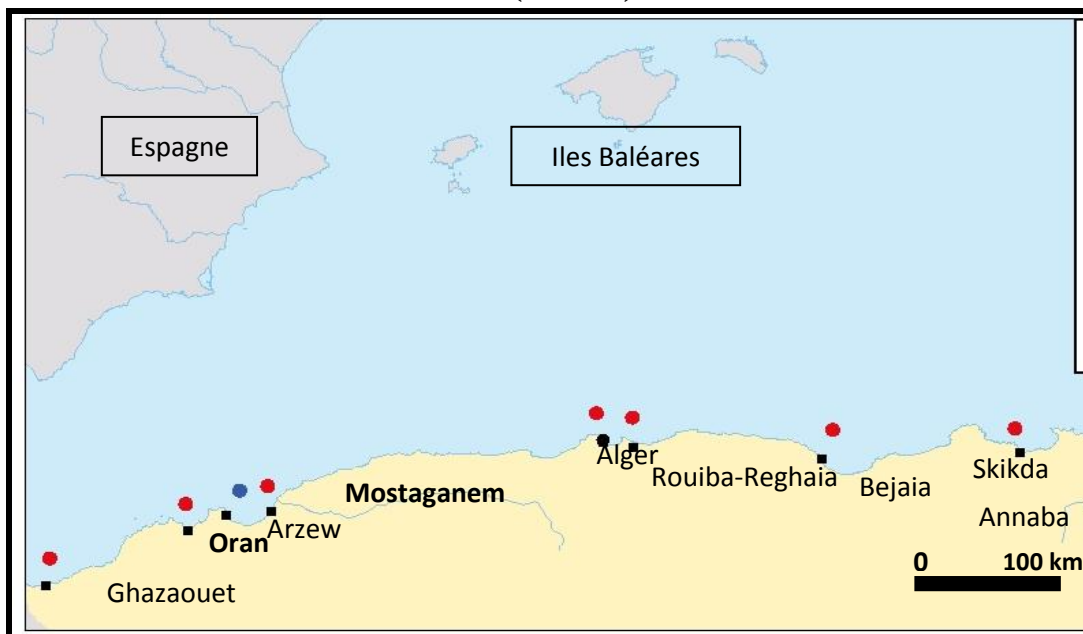
Les principaux problèmes de pollution incluent les eaux usées urbaines et industrielles non traitées, les nappes d'hydrocarbure de pétrole et l'érosion côtière (Figure 7).

La plupart des eaux usées urbaines sont directement rejetées en mer sans traitement. Bien que 17 stations d'épuration des eaux usées urbaines aient été construites dans la zone côtière algérienne, cinq seulement fonctionnent normalement, ce qui représente environ 25 % de la capacité de traitement totale. On rencontre des micro-organismes fécaux sur la plupart des plages de baignade algériennes, qui ne sont pas conformes aux normes sanitaires requises. De même, la pollution par les hydrocarbures de pétrole est très courante le long du littoral algérien, compte tenu des voies du trafic maritime pétrolier qui passent à proximité. L'érosion constitue également un gros problème.

Sur les 250–300 km de plages de sable que possède l'Algérie, 85 % sont en recul, perdant du sable à raison de 0,30 à 10,4 m/an.

Les zones préoccupantes sont :

- la baie d'Alger : eaux usées urbaines et industrielles, cadmium, cuivre, mercure, plomb et zinc dans les sédiments ;
- Oran : eaux usées urbaines et industrielles (terminal et raffinerie pétroliers, tanneries) ;
- Skikda : eaux usées urbaines et industrielles (gaz naturel, production de mercure, terminal et raffinerie pétroliers, industrie chimique), métaux lourds ;
- Annaba : eaux usées urbaines et industrielles (engrais, chrome) ;
- Ghazaouet : eaux usées urbaines et industrielles (zinc et acide sulfurique) ;
- Mostaganem : eaux usées urbaines et industrielles, plomb, mercure ;
- Arzew : eaux usées urbaines et industrielles, gaz liquéfié, déversements d'hydrocarbures, engrais ;
- Bejaia : eaux usées urbaines et industrielles (oléoduc).



Côte algérienne

- «Point chaud» de pollution
- Capitale
- Zone de préoccupation Environnementale majeure
- Villes côtières

Figure 7. Côte algérienne avec les zones de préoccupation environnementale majeure et les «points chauds» de pollution (BDN Algérie, 2003).

I.1.5. Problèmes prioritaires pour l'environnement méditerranéen

I.1.5.1. Problème clé : risques naturels

I.1.5.1.1. Sismicité

La forme actuelle de la mer Méditerranée est le résultat d'une interaction continue entre des processus géodynamiques complexes intervenus au cours des 50 à 70 derniers millions d'années (AEE, 1999).

L'activité sismique dans la région méditerranéenne est étroitement liée aux processus géodynamiques actifs.

En méditerranée orientale, les épicentres des tremblements de terre se concentrent le long des arcs helléniques et chypriotes actifs ainsi que derrière ceux-ci, au sein des régions à déformation de l'Égée et de l'Asie Mineure occidentale. Des zones spécifiques dans cette région, telles que les îles Ioniennes, le golfe de Corinthe, la zone qui longe la Faille Nord Anatolienne et d'autres sont renommées pour leurs très fortes sismicités. La péninsule italienne toute entière constitue la deuxième région à sismicité accrue. L'activité sismique est liée à la subduction en cours du bassin Ionien sous l'arc calabrais et à la déformation qui en résulte de la microplaque Adriatique sus-jacente.

Des tremblements de terre d'une magnitude supérieure de 6 à 7 sur l'échelle de Richter se produisent fréquemment, causant la mort de milliers de personnes et d'énormes dommages aux bâtiments.

I.1.5.1.2. Mouvements de masses — tsunami

Des affaissements de pentes sous-marines et des mouvements de masses par gravité d'origines diverses se produisent fréquemment dans la région méditerranéenne et ont occasionné de nombreux tsunamis destructeurs.

Les processus géotectoniques actifs dans la région méditerranéenne favorisent la création des conditions morphologiques et géologiques appropriées susceptibles d'engendrer des tsunamis. Environ 200 phénomènes tsunamigènes se sont produits au cours des 500 dernières années (1500–1990) autour de la Méditerranée (Soloviev *et al.*, 1997). La plupart des tsunamis qui ont été signalés se sont produits dans les régions tectoniquement et volcaniquement les plus actives comme la mer Égée, la mer Ionienne, la mer Tyrrhénienne, la mer de Marmara et, par la suite, le long de la marge algérienne et de l'arc chypriote, ou au large des zones de deltas.

Les tremblements de terre sont le mécanisme le plus fréquent pour déclencher la déstabilisation de masses sédimentaires déposées sur les pentes sous-marines, ou des effondrements côtiers. Un affaissement de pente peut survenir directement après un tremblement de terre ou peut être différé de plusieurs jours, semaines, voire mois. Les tremblements de terre les plus récents qui ont généré des tsunamis sont ceux d'Izmit, Boumerdes et Aigeon. Le 31 décembre 1995, environ 6 mois après le tremblement de terre meurtrier d'Aigeon, un tsunami de trois mètres inonda de nombreux km² de zones côtières le long de la côte méridionale du golfe de Corinthe. Les tsunamis générés ou induits par des processus volcaniques constituent une menace considérable pour les zones côtières autour des mers Égée et Tyrrhénienne. Le 30 décembre 2002, une forte instabilité s'est produite sur la pente de la «Sciara del Fuoco» (chemin de feu) sur le flanc occidental de l'île volcanique de Stromboli (Bosman *et al.*, 2004). Le volume total de la masse rocheuse impliquée dans le glissement sous-marin subaérien a été estimé à plus de 28,5 millions de m³. La faille qui en résulta s'étendit jusqu'à une profondeur de 700 m. Le tsunami provoqué par le glissement de terrain s'est propagé autour de l'île et de l'archipel Éolien environnant et a

été ressenti jusqu'à la côte de la Sicile. Néanmoins, des phénomènes générateurs de tsunamis se produisent aussi dans des zones sans activité ou à faible activité sismique/volcanique et sont liés à des instabilités de sédiments déposés sur le plateau ou le talus continental au large des embouchures de grands fleuves.

L'exemple le plus frappant a eu lieu le 16 octobre 1979 en Méditerranée occidentale. Un important glissement, impliquant au moins 8 millions de m³, s'est produit dans les eaux peu profondes pendant les opérations de remblayage effectuées lors de l'agrandissement de l'aéroport de Nice, à l'embouchure du Var. Du sable fin à moyen a été transporté de la zone côtière jusqu'à plus de 200 km du site de la faille (Migeon *et al.*, 2004).

Le tsunami qui suivit l'effondrement inonda la zone côtière de Nice, tuant plusieurs personnes.

I.1.5.1.3. Proliférations d'algues nuisibles (HAB) dans la mer Méditerranée

Les algues microscopiques (phytoplancton) sont des composants normaux de tous les milieux aquatiques. Des explosions brusques de la population de certaines espèces, appelées également proliférations ou efflorescences algales (Figure 9), se produisent dans des conditions naturelles. Il existe toutefois des éléments probants selon lesquels nombre de ces proliférations sont causées par l'eutrophisation (en particulier par un enrichissement en azote et en phosphore) provenant de sources terrestres (par ex. eaux de ruissellement agricoles, eaux usées urbaines et industrielles). Une étude (EMEP/MSW, 2000) a révélé que le trafic maritime contribuait pour plus de 50 % au dépassement des charges critiques en azote nutritif dans des parties du littoral de la Grèce, de l'Italie, de la Croatie et de l'Espagne.

Lorsque des algues marines apparaissent en grands nombres et produisent des biotoxines, on parle de proliférations d'algues nuisibles (**HAB**, «**Harmful Algal Blooms**»). Les HAB sont un véritable phénomène mondial et il y a de plus en plus de preuves que la nature et l'ampleur du problème se sont aggravées aux cours des 10–20 dernières années. Cette expansion mondiale des HAB a également gagné la mer Méditerranée (Smayda, 1990).

Plusieurs programmes de recherche ont été lancés pour étudier l'accroissement des HAB. En 1999 s'est engagée une initiative européenne sur les proliférations d'algues nuisibles (EUROHAB). Des pays méditerranéens comme l'Espagne, la Grèce et l'Italie y ont participé. EUROHAB était censé générer et coordonner la recherche nécessaire pour mieux gérer les effets des algues microscopiques et des cyanobactéries marines toxiques/nuisibles dans les eaux marines et les eaux saumâtres de l'UE (tableau 4).

Un réseau de scientifiques a été créé pour promouvoir la recherche scientifique et la coopération entre les pays d'Afrique du Nord en vue du contrôle et de la gestion des HAB.

Les phénomènes de HAB revêtent toute une série de formes et exercent des effets multiples qui peuvent se distinguer selon les principales catégories d'impact suivantes :

1. effets toxiques sur les populations humaines ;
2. mortalité du poisson et contamination des produits de la mer ;
3. modifications éco systémiques ;
4. effets socio-économiques.

Tableau 4. Les projets de l'initiative EUROHAB (pays méditerranéens)
(<http://www.cordis.lu/eesd/ka3/cluster5.htm>)

BIOHAB : (Contrôle biologique des proliférations d'algues nuisibles dans les eaux côtières européennes : le rôle de l'eutrophisation).

(France, Espagne) <http://www.nioz.nl/projects/biohab/index.html>

HABES (Système d'expertise pour les proliférations d'algues nuisibles), Introductions nuisibles par les navires (Systèmes de

contrôle par tests pour l'évaluation des risques liés à une introduction nuisible par les navires dans les eaux européennes) (Espagne) <http://www.habes.net/>

STRATEGY (Nouvelle stratégie de contrôle et de gestion des HAB dans la mer Méditerranée) — négociations en cours

(France, Grèce, Italie, Espagne) <http://www.icm.csic.es/bio/projects/strategy/>

ALIENS (Introductions d'algues sur les rivages européens)

(France, Italie, Espagne) <http://www.uniovi.es/bos/Aliens/E-aliens.htm>

FATE (Transfert et devenir des toxines liées aux proliférations d'algues nuisibles dans les eaux marines européennes)

(Grèce) <http://www.bom.hik.se/~fate/>

I.1.5.2. Effets toxiques sur les populations humaines

Les humains sont particulièrement vulnérables et contractent des maladies lorsqu'ils consomment des aliments qui ont accumulé biologiquement des toxines microalgales (poissons et mollusques filtreurs). Les problèmes de santé publique les plus importants causés par la consommation de produits de la mer contaminés par des HAB sont appelés «proliférations toxiques dans les fruits de mer» (**STB** — *Seafood Toxin Blooms*). En Méditerranée, les trois principaux syndromes de STB sont l'intoxication diarrhéique par les fruits de mer ou **DSP** (*Diarrhetic Shellfish Poisoning*), l'intoxication paralysante par les fruits de mer ou **PSP** (*Paralytic Shellfish Poisoning*) et l'intoxication amnésiante par les fruits de mer ou **ASP** (*Amnesic Shellfish Poisoning*).

I.1.5.3. Mortalité du poisson et contamination des produits de la mer

Un des principaux effets est la mortalité massive du poisson qui se produit lorsque des HAB présentent un degré élevé de toxicité. L'accumulation de toxines dans les biotes marins filtreurs menace les êtres humains, les oiseaux et les mammifères marins qui s'en nourrissent.

En 2001, il n'y a pas eu de contrôles de HAB pour les exploitations piscicoles en Espagne, Grèce et Italie (Anderson *et al.*, 2001). Bien que le rôle éventuel de l'aquaculture dans le développement des HAB soit de plus en plus souvent évoqué, il n'existe que quelques rares études soulignant la relation entre la fréquence des HAB et les activités humaines. Le transport international, la multiplication des échanges commerciaux de produits de la mer et les voyages

internationaux de consommateurs de ces produits font que pratiquement personne n'est entièrement à l'abri des risques provenant de biotoxines qui émanent d'algues marines microscopiques.

I.1.5.4. Modifications écosystémiques

À ce jour, l'impact des espèces à HAB sur l'écosystème est l'un des impacts les moins bien compris. Alors que les effets négatifs sont évidents, les causes sont subtiles et difficiles à cerner. Parmi ces effets on trouve :

- les mortalités massives de poissons ou mammifères marins ;
- l'accumulation sur la côte d'une écume et d'un mucilage désagréables ;
- la décoloration de l'eau ; de faibles niveaux d'oxygène dans les eaux de fond causés par la dégradation des HAB. Afin de comprendre ces effets, des chercheurs essaient de décrire les facteurs qui régulent la dynamique d'espèces individuelles à HAB et de comprendre les caractéristiques physiologiques, comportementales et morphologiques des HAB ainsi que la manière dont elles interagissent avec les conditions environnementales. Parallèlement, une recherche en cours traite du transport de cystes résistants par les eaux de ballast ou de leur introduction/invasion par les canaux (par ex. canal de Suez) — voir également les espèces allogènes. La menace croissante que font peser ces organismes est inscrite au programme de travail de l'Organisation maritime internationale (OMI) depuis 1973.

I.1.5.5. Effets socio-économiques des HAB

Todd (1993) considère que les dépenses totales liées au traitement médical, au transport et au manque à gagner dus à des maladies causées par des HAB constituent un impact de santé publique. Il estime que chaque cas de DSP signalé coûte 1 462 euros et chaque cas signalé de PSP 1 154 euros. Des études de cas réalisées par ECOHARM durant l'été 2003 ainsi que des données relatives à l'aquaculture de moules collectées par la FAO de 1984 à 2001 ont été utilisées pour évaluer l'impact socioéconomique des HAB. Les résultats pour trois pays méditerranéens qui ont été évalués (Grèce, Italie et Espagne) montrent que l'impact socio-économique total des HAB se situe aux alentours de 329 millions d'euros par an, en se fondant sur des informations disponibles concernant les phénomènes de HAB et les cas de maladie signalés entre 1989 et 1998. (ECOHARM, <http://www.bom.hik.se/ECOHARM/>).

I.1.6. Problème clé : modifications éco systémiques dues à la pêche non durable

I.1.6.1. L'approche éco systémique de la pêche

Le vaste intérêt porté à l'impact environnemental de la pêche et à ses effets sur l'écosystème a stimulé une recherche intensive ces quinze dernières années.

Il ne faut pas seulement protéger les populations halieutiques, mais également l'environnement qui les soutient. Plusieurs études récentes ont établi qu'une pêche intensive a des effets très marqués à tous les niveaux de l'organisation biologique de la vie marine, à savoir la population, les communautés et l'écosystème.

La pêche a augmenté en Méditerranée à raison de 48 % environ depuis 1970 avec une forte exploitation des stocks vivant dans les fonds (poissons démersaux) et des stocks de gros poissons pélagiques, par ex. les thons et les espadons (figure 10).

Les tendances globales à l'augmentation des captures pour beaucoup d'espèces enregistrées jusqu'à il y a une dizaine d'années donnent à penser que le recrutement de jeunes poissons a été maintenu involontairement malgré une pêche intensive de poissons démersaux et un manque de contrôle des quotas. Toutefois, les tendances à court terme au cours de la dernière décennie reflètent maintenant un tableau général d'exploitation totale, voire de surexploitation de la plupart des populations démersales et de mollusques/ crustacés. Sur la base des résultats du programme MEDITS (1),

Bertrand *et al.* (2002) ont conclu que la surexploitation a conduit à une diminution drastique de beaucoup de stocks halieutiques.

I.1.6.2. Modifications dans la structure des populations halieutiques

Les stocks de poissons démersaux en Méditerranée sont dominés par des juvéniles, ce qui peut être l'indice d'une forte pression de pêche

Voici quelques analyses relatives à ce phénomène :

- une étude sur la dynamique des populations de merlu (*Merluccius merluccius*) exploitées au moyen de deux filets de chalutage différents (c.-à-d. le filet italien traditionnel et le filet dit «français») au nord de la mer Tyrrhénienne a révélé que les distributions de longueur et de fréquence des débarquements consistaient principalement, pour les deux dispositifs, en classes de taille inférieure à celle des poissons qui fraient pour la première fois (Reale *et al.*, 1995);
- la dominance de jeunes poissons dans les échantillons MEDITS de rougets barbets (*Mullus barbatus*) et de rougets de roche (*Mullus surmuletus*) rend les stocks très vulnérables aux changements de recrutement. C'est pourquoi la protection des zones de frai et d'alevinage semble être essentielle pour leur protection (Tserpes *et al.*, 2002);
- la structure d'âge des populations de la cardine à quatre taches *Lepidorhombus boscii* et de la feuille *Citharus linguatula* indiquait que les populations échantillonnées étaient principalement composées de juvéniles (Sartor *et al.*, 2002).

Le PNUE note que les populations de poissons démersaux font par conséquent l'objet d'une surpêche. Les zones peu profondes (dans la limite côtière de

3 miles ou sur les fonds dont la profondeur est inférieure à 50 m, selon le pays) subissent une pêche au chalut illégale, et de petits maillages illégaux sont utilisés. L'utilisation de petits maillages illégaux pour la poche des chaluts est sans aucun doute une pratique courante pour beaucoup de pêcheries artisanales, mais est très peu mentionnée dans la littérature.

Vu l'étendue de l'intérêt traditionnel pour les petits poissons, des captures massives de poissons de trop petite taille sont réalisées saisonnièrement dans certaines pêches au chalut de fond. Par exemple, la récolte massive bien connue du rouget de trop petite taille, qui est capturé dans les zones peu profondes en automne dans le golfe du Lion ou dans la mer Adriatique.

I.1.6.2.1. Réduction du niveau trophique marin par la pêche

Étant donné que la surpêche réduit les populations de grands poissons à grande valeur qui se situent à des niveaux trophiques plus élevés, tels que les piscivores (poissons qui se nourrissent d'autres poissons), les débarquements de poissons se trouvant à un niveau inférieur de la chaîne alimentaire, tels que les zooplanctivores (poissons qui se nourrissent de zooplancton), représentent une plus grande partie de la capture totale. Ceci indique généralement qu'il y a un impact négatif sur l'ensemble de l'écosystème causé par la pêche et le phénomène a été appelé «*fishing down marine food web*» [réduction par la pêche du niveau trophique marin]. Ce phénomène a été démontré pour la première fois par Pauly *et al.* (1998) et il est manifeste dans beaucoup de zones de pêche dans le monde (Figure 8).

- Selon les statistiques de pêche de la FAO, le niveau trophique moyen des captures en Méditerranée a diminué d'environ un niveau trophique au cours des 50 dernières années (Pauly *et al.*, 1998). Par exemple, le niveau trophique moyen des captures dans les eaux helléniques a diminué dès la fin des années 1990.

Un indicateur simple qui peut être tiré des statistiques commerciales comme une mesure de l'état de la communauté halieutique, est le ratio entre les captures de poissons pélagiques et les captures de poissons démersaux (ratio P/D). Le ratio P/D pour les mers européennes semi-fermées se situe juste au-delà de 1:1 pour les bassins oligotrophes ou pauvres en éléments nutritifs comme la Méditerranée. En mer du Nord, le ratio se situe entre 2:1 et 5:1 et il est supérieur à 10:1 pour les bassins fermés (De Leiva Moreno *et al.*, 2000). Lorsqu'on a examiné l'impact sur les ressources halieutiques ces 30 dernières années, on a constaté une nette répartition spatiale depuis la Méditerranée orientale oligotrophe (mers du Levant, Ionienne et Égée) jusqu'au bassin occidental avec des niveaux moyens de éléments nutritifs (golfe du Lion et îles Baléares) (Figure 9).

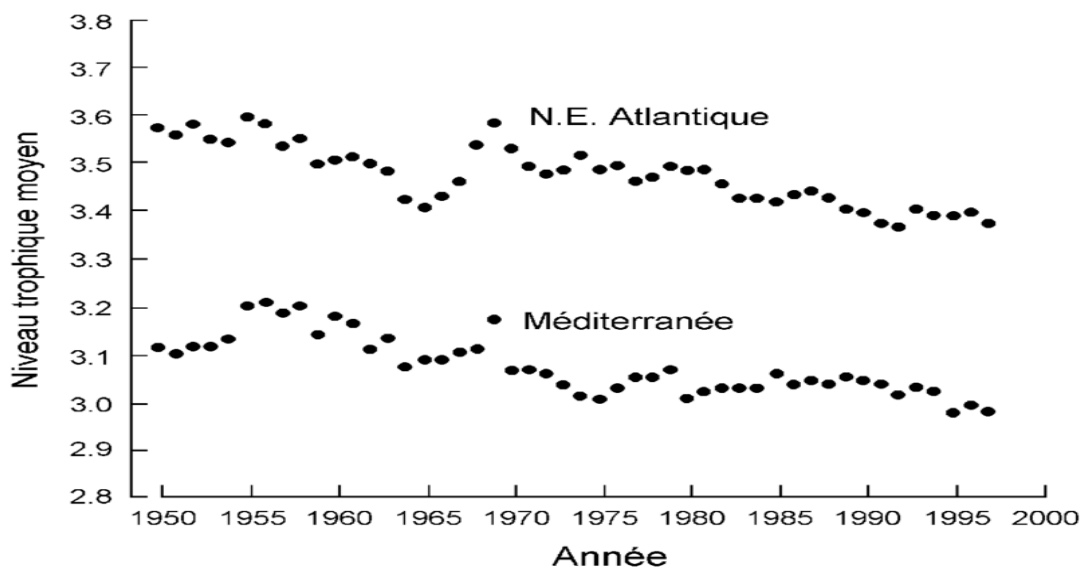


Figure 08 : Réduction du niveau trophique marin par la pêche (Conçu par Daniel Pauly, original de Rachel Atanaceo).

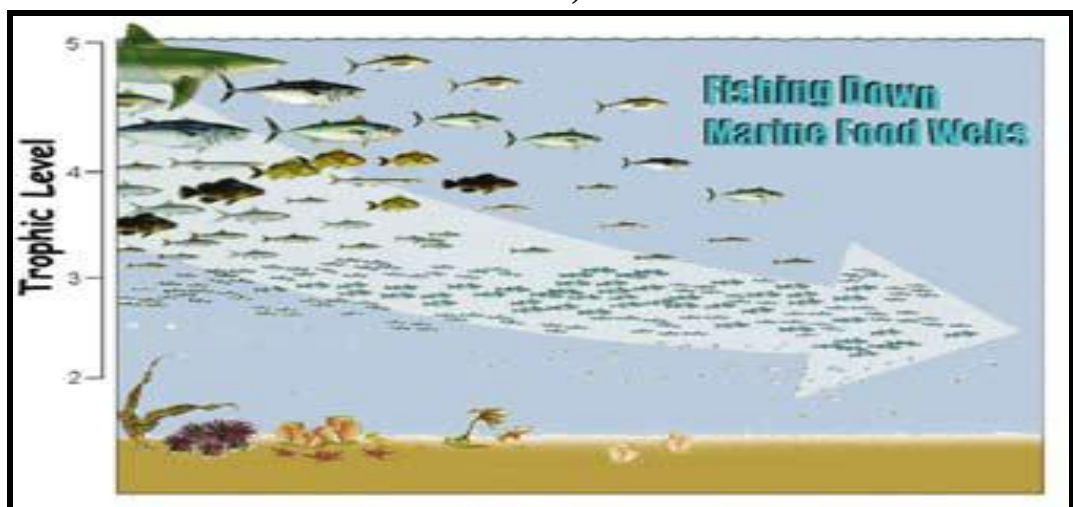


Figure 09 : Modifications à long terme dans les captures de poisson dans les eaux helléniques rassemblant quatre classes de niveaux trophiques (Stergiou et Koulouris, 2000).

I.1.7. Principaux constats

La grande priorité en matière de gestion environnementale dans la région consiste à mettre en application la législation environnementale nationale et internationale. Toutefois, cette mise en application s'opère de façon très différente dans les pays méditerranéens, ce qui traduit la disparité de leurs conditions socio-économiques. Outre l'application effective de la législation existante, le besoin d'adopter des approches écosystémiques intégrées pour la protection de l'environnement méditerranéen, qui subit actuellement diverses pressions affectant ses habitats côtiers et marins, se fait de plus en plus ressentir. Les problèmes les plus importants sont :

- la pollution liée à l'urbanisation et aux activités industrielles ;
- l'exploitation non durable des ressources halieutiques et de l'aquaculture ;
- des mécanismes réglementaires inappropriés (principalement l'absence d'application effective de la législation) ;
- le manque de connaissances et d'appréciation concernant la valeur biologique et culturelle des habitats existants.

Sur l'ensemble du pourtour méditerranéen, **l'urbanisation côtière** implique la production de déchets (eaux usées peu ou pas traitées, ruissellement urbain et déchets solides), l'accroissement de la demande en eau, et la pollution. Dans de nombreux cas, **la destruction et l'altération physique des habitats** ont conduit à des pertes de biodiversité et de zones humides ainsi qu'à une dégradation environnementale faisant peser une sérieuse menace sur nombre d'espèces aquatiques. La plupart des zones côtières méditerranéennes accueillent des industries chimiques et extractives qui produisent de grandes quantités de **déchets industriels** (métaux lourds, substances dangereuses et POP) susceptibles d'atteindre la Méditerranée directement ou indirectement (par les cours d'eau et les eaux de ruissellement). En outre, des stocks de **produits chimiques obsolètes** (tels que des POP et des pesticides) sont considérés comme une source importante de polluants gagnant le milieu marin. D'autre part, le rejet de solides sous forme de poussières fines par les installations industrielles côtières a également un effet néfaste considérable sur l'écosystème marin.

La surexploitation des ressources halieutiques a affecté le réseau trophique marin, et le chalutage en particulier a eu des incidences sur l'écosystème dans des habitats sensibles comme, par exemple, les herbiers de posidonies et les coraux des profondeurs. Parallèlement, une expansion excessive du secteur de l'aquaculture a aggravé la dégradation du milieu marin et côtier (par ex. en Croatie, au sud-est de la Turquie).

Les changements climatiques, conjugués à la dégradation des écosystèmes près des ports et des lagunes, se sont accompagné d'importants **changements dans la biodiversité** dus à l'introduction et à l'**établissement d'espèces allogènes**. La pollution par les éléments nutritifs (azote et phosphore notamment) a été favorable à certaines des espèces d'algues marines microscopiques introduites qui sont toxiques et a ainsi entraîné des **proliférations d'algues nuisibles** avec les problèmes qui y sont associés.

Dans les pays méditerranéens du sud et de l'est, les principaux problèmes qui se posent tiennent à un traitement des déchets urbains et une gestion des produits chimiques bien moins performants que dans les pays du nord, où un effort considérable a été consenti pour maîtriser les répercussions de la pollution due aux eaux usées et à l'utilisation de produits chimiques ainsi que leurs effets sur l'environnement. En général, dans les pays méditerranéens du sud,

l'inapplication de la législation empêche de gérer comme il conviendrait les questions environnementales. Dans ces pays font défaut les ressources techniques, financières et humaines nécessaires pour faire appliquer effectivement les réglementations nationales et régionales (par ex. stocks de substances dangereuses).

Par ailleurs, la région méditerranéenne septentrionale, la plus industrialisée et, par conséquent, celle qui apporte le plus de polluants dans le système, dispose en principe des mécanismes de prévention nécessaires, des technologies correctrices et du cadre juridique approprié. Il existe, en revanche, un manque de volonté politique de ces pays à faire réellement appliquer les réglementations environnementales. L'on peut néanmoins espérer que cette partie de la région Méditerranéenne applique un système de maîtrise volontaire de la pollution industrielle. Il n'en demeure pas moins que la partie méridionale de la région méditerranéenne se développe dans une large mesure aux dépens de l'environnement, du fait qu'elle ne dispose ni des conditions financières, ni des technologies requises.

Compte tenu des problèmes environnementaux, politiques et socio-économiques susmentionnés et recensés tout au long du présent rapport, le besoin d'une approche éco systémique intégrée de la protection de l'environnement méditerranéen devient évident. Les éléments essentiels relatifs à la mise en application d'une telle approche holistique ont déjà été pris en considération par les différentes composantes du Plan d'action pour la Méditerranée, tels que l'évaluation et la maîtrise de la pollution, la GIZC, l'environnement développement, la biodiversité, les indicateurs de pollution marine, l'état de qualité écologique (EQE) etc. Il y a donc une nécessité d'adapter et d'intégrer ces éléments dans une approche éco systémique appropriée.

I.1.7.1. Dispositions en vue d'une meilleure gestion environnementale

Pour élaborer une approche éco systémique intégrée visant à mieux protéger l'environnement méditerranéen, il faudrait aborder les problèmes suivants :

- nécessité de combler les lacunes actuelles dans les connaissances ;
- améliorer les dispositifs de surveillance/évaluation, permettant ainsi une prise de décision solidement étayée ;
- amélioration des pratiques de gestion ;
- renforcement de la capacité socio-économique à gérer l'environnement ;
- renforcement de la gestion intégrée des zones côtières (GIZC) ;
- décentralisation des actions pour les ajuster aux contextes, pressions, impacts et besoins propres à chaque pays.

I.1.7.2. Déficits de connaissances et travaux supplémentaires requis

La définition des problèmes du milieu marin de la mer Méditerranée et l'identification des lacunes sont des conditions préalables à toute prise de décision solidement étayée. À cet égard, comme on l'a déjà indiqué, la région méditerranéenne présente d'importantes lacunes de connaissances concernant des données plus fiables sur les niveaux et les charges de polluants, les statistiques sur des questions d'intérêt transfrontalier, les inventaires d'écosystèmes spécifiques, les «points chauds» et la coopération régionale. Même si les informations sont collectées à partir des Bilans diagnostiques nationaux, elles proviennent, le plus souvent, d'études de cas et de programmes de recherche plutôt que de programmes nationaux de surveillance très complets. D'une manière générale, les informations concernant l'état de l'environnement, les tendances et les pressions sont plutôt pauvres en Méditerranée par comparaison avec la mer du Nord et la mer Baltique.

En particulier, les informations sur le sud et l'est de la Méditerranée sont obtenues dans le cadre de programmes d'étude dispersés, peu concordants et parfois non fiables.

I.1.7.2.1. Données relatives aux charges

Les données relatives au transfert de charges via l'interaction air-mer ne sont pas bien couvertes et, lorsqu'elles le sont, la couverture spatiale en est très hétérogène. Ainsi existe-t-il, depuis la fin des années 80, des données sur les substances dangereuses et les éléments nutritifs dans les aérosols et l'eau de pluie pour la Méditerranée du nord-ouest et peu de données de ce type pour la Méditerranée du sud-ouest.

Les informations sur les rejets fluviaux sont très rares. La plupart des cours d'eau, même s'ils sont très importants, ne sont pas suffisamment surveillés quant aux charges de polluants organiques et inorganiques qu'ils transportent.

En ce qui concerne les rejets urbains-industriels, les informations recueillies jusqu'à présent sont le résultat d'un programme d'estimation basé sur des coefficients d'émissions dans le cadre de la préparation des BDN sur les effets des sources de pollution situées à terre et des Bilans de base nationaux des rejets/émissions provenant de sources ponctuelles situées à terre, d'où un manque de séries de données chronologiques de longue durée. Néanmoins, la collecte de données concernant les apports à partir de sources ponctuelles est considérée comme un grand succès par les pays méditerranéens.

I.1.7.2.2. Données relatives aux questions de la biodiversité

inventaires et surveillance des écosystèmes Pour bien veiller à ce que soient prises les meilleures décisions de gestion sur la base des meilleures données scientifiques existantes, il faut mesurer les changements se produisant dans les processus fonctionnels d'un écosystème aux niveaux physique, biologique et chimique en utilisant divers indicateurs.

À cette fin, il est nécessaire de disposer d'études de base accompagnées d'un archivage des données sous la forme d'inventaires et de banques de données. Les types d'habitat côtier les plus sensibles en Méditerranée sont définis et en partie cartographiés (Espagne, France, Italie et Grèce). Ceci pourrait être accompli pour tous les pays méditerranéens si un protocole d'évaluation rapide était mis au point et agréé. Sur la base des changements intervenus dans la répartition des habitats de quelques «espèces clés», un signe de dégradation environnementale sera clairement perçu et quantifié.

Les techniques d'évaluation rapide (par ex. l'évaluation écologique rapide ou l'examen sommaire de la diversité paysagère) et, en particulier, des études spécifiques d'espèces considérées comme «espèces clés» pour la biodiversité marine suscitent un intérêt croissant.

- Les pays devront s'accorder sur des critères communs ou une métrique commune pour obtenir des évaluations comparables entre eux. Il est essentiel que le processus soit lancé pour arriver à des critères communs pour l'interprétation de définitions normatives des limites de classes très bon/bon et bon/moyen. Cela ne sera pas réalisable tant que les pays n'auront pas mis au point des schémas de classification compatibles avec les exigences du Plan Bleu, de l'AEE, du CIS/ONUDI ou de la directive-cadre sur l'eau.

- Il est donc recommandé de développer des flux de données entre les pays et le PNUE/PAM afin que des indicateurs avancés puissent être élaborés dans l'esprit des travaux réalisés au niveau européen. Ces indicateurs pourraient alors être progressivement mis au point et modifiés à mesure que les informations requises pour atteindre un meilleur niveau de comparaison deviendraient disponibles avec la mise en application progressive de la directive-cadre sur l'eau. Il faudrait accorder une plus grande attention au concept des écorégions tel que proposé par la

Stratégie marine de l'UE, étant donné que les écorégions à haut risque nécessiteront normalement plus d'attention pour leur conservation (les aires protégées n'étant qu'un des instruments à disposition) en vue de maintenir leur biodiversité. En ce sens, les scientifiques et gestionnaires devraient tirer profit de la méthodologie et des résultats des programmes internationaux appliqués dans les sous régions. Cet effort d'intégration réalisé par un réseau de groupes scientifiques interdisciplinaires constituerait une excellente occasion d'apporter une contribution scientifique judicieuse au processus de gestion.

I.1.8. Prévention de la pollution et amélioration des pratiques de gestion

L'altération et la destruction des habitats marins et côtiers attribuables à des pratiques de développement inadéquates et à une gestion médiocre menacent la viabilité de la Méditerranée en tant qu'écosystème. Les deux problèmes doivent être abordés comme il convient lors de l'établissement d'une stratégie de réduction des pressions, et en particulier de celles qui suscitent une préoccupation transfrontalière. Le premier problème requiert avant tout une combinaison de prévention de la pollution à la source et de meilleur traitement des eaux usées. Le deuxième problème appelle de meilleures pratiques de gestion.

I.1.8.1. Prévention de la pollution

Des investissements dans la technologie pourraient aider à réduire les pressions sur l'environnement ainsi qu'à éviter des effets spécifiques. Une action fondamentale recommandée pour éviter des rejets côtiers directs urbains et industriels devrait passer par l'intégration dans la politique environnementale nationale des concepts de production plus propre et de prévention de la pollution. La prévention de la pollution (4) encourage une amélioration continue par le biais de changements opérationnels et comportementaux, c'est-à-dire un partage des responsabilités entre les gouvernements, les particuliers et les secteurs industriel, commercial, institutionnel et communautaire. Le PNUE pourrait, à cet égard, jouer un rôle catalyseur en vue de permettre le transfert technologique approprié en tenant compte des conditions socio-économiques existantes et d'empêcher de nouvelles dégradations environnementales du bassin méditerranéen aux dépens de l'industrialisation des pays du sud.

I.1.8.2. Amélioration des pratiques de gestion

De meilleures pratiques de gestion sont requises dans la région. À cet égard, une approche écosystémique intégrée, telle que privilégiée dans la toute prochaine Stratégie marine de l'UE, est nécessaire pour protéger et restaurer les écosystèmes tout en renforçant et en améliorant la gestion intégrée des zones côtières (GIZC, traitée au point 11.2.4). Dans la même optique, il faudrait encourager une coopération régionale et multilatérale pour renforcer l'efficacité d'une telle approche. Cette coopération est d'une importance capitale notamment pour les pays de la rive sud de la région qui sont confrontés à des problèmes majeurs quant aux capacités de gestion de la pollution en termes financiers. La création d'aires marines protégées à des fins de conservation est un pas vers de meilleures pratiques de gestion. Toutefois, elle ne suffit pas toujours comme mesure de limitation des impacts vu qu'une grande partie de ceux-ci provient de pressions qui n'ont pas nécessairement une origine locale. La protection de la biodiversité de la Méditerranée, tant en ce qui concerne les espèces que les habitats, ne devrait pas être fondée sur un nombre de mesures isolées orientées vers la protection de certaines espèces ou de certains habitats.

Elle devrait plutôt revêtir la forme d'une approche éco systémique intégrée. (4) La prévention de la pollution est définie comme l'utilisation de matériaux, procédés ou pratiques réduisant ou éliminant la production de polluants ou de déchets à la source.

La mise en place d'un Conseil consultatif régional méditerranéen (5) est un bon exemple de coopération multilatérale. Le rôle renforcé de tous les acteurs, tel que prévu dans le Conseil consultatif, peut assurer l'élaboration et la mise en application d'un nouveau cadre législatif en faveur d'une gestion plus efficace et plus durable de la pêche dans la région. De plus, une nouvelle association, la Medisamak (6), a été instituée en Méditerranée en mai 2004. La Medisamak, qui compte également des pays qui ne sont pas des États membres de l'UE, prévoit de travailler avec la CGPM et la CICTA pour accroître l'engagement des acteurs au titre de la dernière décision prise par les ministres de la pêche des États méditerranéens pour réactiver la CGPM en vue d'encourager la coopération multilatérale.

Les Programmes d'aménagement côtier (PAC) sont aussi de bons exemples de meilleures pratiques de gestion et de coopération régionale. Ils constituent des initiatives concrètes du PAM durant en moyenne entre 3 et 4 ans, visant à introduire une gestion intégrée des zones côtières au niveau local ou national, à permettre un renforcement des institutions et des capacités en vue de réhabiliter les zones qui présentent les problèmes environnementaux les plus lourds. D'une manière plus générale, l'amélioration des capacités institutionnelles des pays méditerranéens dans le cadre de la gestion durable de leur environnement et de l'intégration rationnelle de celle-ci dans les politiques de développement constitue un défi majeur pour la région.

I.1.8.3. Capacité socio-économiques en vue d'une gestion environnementale

Les conditions socio-économiques prévalant dans chaque pays jouent un rôle important dans la capacité dont celui-ci dispose pour appliquer effectivement la gestion environnementale appropriée, particulièrement lorsqu'il s'agit de remédier aux effets de la pollution urbaine et industrielle. L'aide financière dans le cadre de la coopération régionale et multilatérale en fait partie intégrante pour renforcer la capacité et le potentiel socioéconomiques, particulièrement des pays européens du sud.

Il est évident que la mise en œuvre des plans d'action nationaux (PAN) visant à combattre la pollution due aux activités menées à terre dans le cadre du Programme d'actions stratégiques (PAS) ne peut pas avoir lieu selon les mêmes conditions dans tous les pays.

Plusieurs pays méditerranéens du sud, de l'est et de l'Adriatique rencontreraient d'importants problèmes économiques quant aux moyens de gestion de la pollution et nécessitent donc une coopération externe. Les technologies de traitement qui impliquent des coûts ne peuvent pas être développées aussi longtemps qu'elles ne sont pas économiquement intégrées dans les coûts de production, et les technologies pour la gestion des déchets urbains et tout spécialement des déchets industriels, qui pourraient être développées, devraient générer une activité économique locale basée uniquement sur l'offre et la demande. C'est pourquoi les plans d'actions nationaux et régionaux devraient tenir compte des aspects suivants :

- développement d'une approche systémique pour la gestion globale de la pollution au niveau national ;
- extension des registres aux flux de production ;
- question de la gestion écologiquement rationnelle des déchets industriels dangereux. Toutes les conventions en matière d'environnement ont soulevé le problème du traitement des eaux usées industrielles générées par des producteurs ou utilisateurs de substances dangereuses. Cependant, elles ont été mises en œuvre selon un modèle qui ne tient pas compte de la corrélation étroite entre le processus de lutte contre la pollution et les conditions socio-économiques prévalant dans

différents pays. C'est pourquoi il est de toute première importance d'encourager dans chaque pays l'adoption d'une approche intégrée qui pourrait couvrir :

- la capacité financière ;
- la capacité technologique ;
- l'harmonisation des législations.

La Stratégie marine de l'UE fournit le cadre pour favoriser un tel renforcement de la coopération entre les pays méditerranéens du nord et du sud dans le cadre de la Convention de Barcelone. Dans ce contexte, et notamment grâce à sa mise en œuvre régionale, la coopération visant à protéger le milieu marin méditerranéen en prenant en considération les différentes capacités socio-économiques de la région est déjà en bonne voie.

Le Partenariat euro-méditerranéen et la politique européenne de voisinage forment une bonne base politique nécessaire au développement de la coopération multilatérale requise. La Stratégie méditerranéenne de développement durable (SMDD) vise à accroître les synergies entre les différentes instances régionales, le Partenariat euro-méditerranéen et le PAM (parallèlement au renforcement de la coopération régionale en vue du renforcement des capacités et de la mobilisation de fonds).

(5) Décision 2004/585/CE du Conseil du 19 juillet 2004 instituant des conseils consultatifs régionaux dans le cadre de la politique commune de la pêche.

(6) Dans le cadre du plan d'actions de l'UE pour une pêche durable en Méditerranée. Le MED POL, avec la mise en œuvre du PAS/PAN, continue à élaborer des instruments et outils financiers nationaux pour permettre aux pays méditerranéens de concrétiser leurs PAN. À cet égard, il faudrait tenir compte des responsabilités financières nord/sud pour une mise en œuvre efficace, dans les pays du sud, des conventions environnementales.

I.1.8.4. Besoins et interventions futures pour une gestion intégrée des zones côtières (GIZC)

Pour atténuer les tendances négatives causées par les pressions précitées affectant la Méditerranée, les interventions proposées doivent répondre à des besoins précis tels que :

- l'harmonisation et le renforcement de la mise en œuvre de la GIZC aux niveaux régional, national et local ;
- assurer et améliorer l'application de la GIZC lorsqu'on traite de problèmes transfrontières ;
- valoriser des éléments spécifiques de la GIZC (maîtrise de l'urbanisation et de l'exposition aux risques naturels, y compris les effets dus aux changements climatiques) ;
- valoriser les capacités humaines et institutionnelles pour la mise en œuvre de projets transfrontières annexes ;
- compatibilité et cohérence avec les obligations, priorités et relations extérieures grâce à des politiques telles que la Politique européenne de voisinage et le processus de Partenariat euro-méditerranéen ;
- durabilité des mesures proposées (notamment si un concours financier est recherché).

Avant de décrire la nature des interventions nécessaires en matière de gestion de la zone côtière ou de formuler des propositions d'action, il faut tenir compte des points suivants et les respecter :

- nécessité d'une approche réaliste, formulation de propositions viables applicables à court et moyen terme, mais fournissant des fondements à de nouvelles initiatives plus vastes/plus étendues ;
- contexte proactif, notamment les futures ou éventuelles incidences et questions transfrontières ;
- harmonisation à tous les niveaux avec les initiatives passées et en cours pertinentes ;

- cohérence avec les objectifs, stratégies et programmes mondiaux/ nationaux/ régionaux/ locaux ;
- dispositions formulées dans l'Agenda 21, le programme action MED 21, le PAM, le GPA, le FEM et les programmes de démonstration de l'UE ;
- exigence selon laquelle les activités proposées doivent être spécifiques, orientées vers le problème et l'objectif, fournissant des données et résultats concrets, destinées à réduire/contrôler/éviter les sources et problèmes transfrontières présents et à venir ;
- adoption d'un cadre commun de politiques générales ou spécifiques à un type particulier de zone côtière ;
- renforcement de l'adhésion politique.

I.1.9. La contamination par les métaux lourds

Dans les écosystèmes aquatiques naturels, les métaux se trouvent à de faibles concentrations, généralement de l'ordre du nano gramme ou du microgramme par litre. Ces derniers temps, la présence de métaux lourds à des concentrations supérieures aux charges naturelles, est devenue un problème de plus en plus préoccupant. Il faut l'imputer à la rapide croissance démographique, à une urbanisation accrue, l'expansion des activités industrielles, de la prospection et de l'exploitation des ressources naturelles, l'extension de l'irrigation et la propagation d'autres pratiques agricoles modernes, ainsi que l'absence de réglementations concernant l'environnement.

Dans le monde entier, la communauté scientifique a étudié certains de ces problèmes et les résultats de ces travaux ont été publiés dans diverses revues et ouvrages (Nriagu, 1989 ; Salomons et Förstner, 1986). La plupart des matériaux utilisés pour la présente introduction proviennent de ces sources.

Contrairement à d'autres polluants, comme les hydrocarbures dérivés du pétrole, et aux déchets qui envahissent l'environnement au vu de tout le monde, les métaux lourds s'accumulent, pour finir par atteindre des seuils toxiques. Les problèmes associés à la contamination par les métaux lourds ont été tout d'abord mis en évidence dans les pays industriellement avancés en raison de leurs déversements industriels plus importants, et spécialement à la suite d'accidents dus à une pollution par le mercure et le cadmium en Suède et au Japon (Goldberg, 1975). Bien que le niveau des activités industrielles soit relativement moins élevé dans des régions moins développées comme l'Afrique, on y observe néanmoins une prise de conscience croissante de la nécessité de gérer rationnellement les ressources aquatiques et notamment de maîtriser les déversements de déchets dans l'environnement. Comme il est à prévoir que les activités industrielles et urbaines s'intensifieront dans toutes les régions du continent, cette question revêt désormais une importance encore plus grande.

La documentation disponible concernant divers problèmes écologiques a été examinée par Dejoux (1988) dans une monographie consacrée à la pollution des eaux intérieures africaines, et par Phillips (1991) dans une étude des écosystèmes marins tropicaux à l'échelle mondiale. Ces travaux ont fait apparaître que les renseignements disponibles concernant l'Afrique sont rares et disséminés et, par conséquent, ont montré la nécessité d'étudier de manière plus précise et plus concrète la présence des métaux lourds dans divers compartiments du milieu aquatique du continent.

Pour gérer rationnellement et maîtriser la pollution des eaux, il faut arriver à étudier tout ce qui concerne les apports (charges), la distribution et le sort des contaminants, y compris les métaux lourds d'origine terrestre qui se déversent dans les écosystèmes aquatiques. Il faut en particulier en étudier les quantités et les caractéristiques qualitatives, ainsi que les itinéraires qu'ils empruntent quand ils se dispersent, leur destinée et leurs effets sur le biote.

Pour pouvoir évaluer le niveau de contamination de l'environnement africain par les métaux lourds, il a fallu entreprendre plusieurs programmes de suivi de la pollution et travaux de recherche au sein de diverses universités et instituts scientifiques de la région. Les programmes les plus pertinents sont les programmes de surveillance continue de la pollution en Méditerranée (MEDPOL) qui englobent également l'Afrique du Nord, le Programme de recherche sur la pollution marine en Afrique occidentale et centrale (WACAF/2) et le Programme de recherche sur la pollution marine en Afrique orientale (EAF/6).

Ces dix dernières années, les techniques d'échantillonnage et d'analyse appliquées aux métaux lourds se sont également considérablement améliorées. Ces progrès, joints à la réalisation d'opérations internationales d'inter étalonnage ont permis de réunir des données plus fiables. On s'est efforcé, dans le présent document, de rassembler et d'analyser les renseignements disponibles concernant la présence de métaux lourds dans les écosystèmes tant des eaux douces que des eaux marines de l'Afrique, de manière à contribuer à l'élaboration de politiques rationnelles de gestion des ressources aquatiques du continent.

La décision d'examiner les données concernant les eaux douces et les eaux marines provient de la nécessité d'adopter une approche holistique dont puissent s'inspirer les futures stratégies de lutte.

I.1.9.1. Sources de métaux lourds

Les métaux lourds qui entrent dans l'environnement aquatique proviennent de sources naturelles et de sources anthropogènes. Leur entrée peut être le résultat soit de déversements effectués directement dans les écosystèmes marins et dans les eaux douces, soit d'un cheminement indirect comme dans le cas des décharges sèches et humides et du ruissellement agricole. Parmi les importantes sources naturelles, citons l'activité volcanique, l'altération des continents et les incendies de forêts. La contribution des volcans peut se présenter sous forme d'émissions volumineuses mais sporadiques dues à une activité explosive, ou d'émissions continues de faible volume, résultant notamment de l'activité géothermique et du dégazage du magma.

Les principales sources de mercure atmosphérique, par exemple, proviennent du dégazage des terres et des océans (GESAMP, 1989). Compte tenu de la toxicité des métaux lourds, il importe d'en connaître la source et de savoir ce qu'ils deviennent dans l'environnement. Les sources anthropogènes sont les suivantes :

- a) Effluents d'extractions minières
- b) Effluents industriels
- c) Effluents domestiques et ruissellements orageux urbains
- d) Lessivage de métaux provenant de décharges d'ordures ménagères et de résidus solides
- e) Apports de métaux provenant de zones rurales, par exemple métaux contenus dans les pesticides

- f) Sources atmosphériques, par exemple combustion de carburants fossiles, incinération des déchets et émissions industrielles
- g) Activités pétrochimiques

Dans quelques pays africains, les activités minières sont à l'origine d'importants apports de métaux lourds dans l'environnement ; citons par exemple le mercure en Algérie, l'arsenic en Namibie et en Afrique du Sud, l'étain au Nigéria et au Zaïre, et le cuivre en Zambie.

Le tableau 5 présente quelques exemples de sources industrielles et agricoles d'où peuvent provenir les métaux présents dans l'environnement.

Tableau 5. Sources industrielles et agricoles des métaux présents dans l'environnement

Utilisations	Métaux
Batteries et autres appareils électriques	Cd, Hg, Pb, Zn, Mn, Ni,
Pigments et peintures	Ti, Cd, Hg, Pb, Zn, Mn, Sn, Cr, Al, As, Cu, Fe
Alliages et soudures	Cd, As, Pb, Zn, Mn, Sn, Ni, Cu
Biocides (pesticides, herbicides, conservateurs)	As, Hg, Pb, Cu, Sn, Zn, Mn
Agents de catalyse	Ni, Hg, Pb, Cu, Sn
Verre	As, Sn, Mn
Engrais	Cd, Hg, Pb, Al, As, Cr, Cu, Mn, Ni, Zn
Matières plastiques	Cd, Sn, Pb
Produits dentaires et cosmétiques	Sn, Hg
Textiles	Cr, Fe, Al
Raffineries	Ni, V, Pb, Fe, Mn, Zn
Carburants	Ni, Hg, Cu, Fe, Mn, Pb, Cd

Pour la plupart des métaux lourds, les émissions anthropogènes sont égales ou supérieures aux émissions naturelles. La combustion d'essence au plomb dans les automobiles, par exemple, est responsable de la vaste diffusion du plomb dans le monde. Pour le mercure, par contre, plusieurs rapports (GESAMP, 1989) semblent indiquer que les émissions naturelles sont quantitativement plus importantes que les apports d'origine anthropogène.

I.1.9.2. Répartition, itinéraires et devenir des métaux lourds dans l'environnement aquatique

Une fois arrivés dans l'environnement aquatique, les métaux se répartissent entre les différents compartiments de l'environnement aquatique (l'eau, les solides en suspension, les sédiments et le biote). Les métaux présents dans l'environnement aquatique peuvent exister sous forme de complexes, de particules ou en solutions.

Les principaux processus qui gouvernent la distribution et la répartition des métaux lourds sont la dilution, l'advection, la dispersion, la sédimentation et l'adsorption/désorption. Certains

processus chimiques peuvent néanmoins intervenir également. C'est ainsi que la spéciation selon les diverses formes solubles est régie par les constantes d'instabilité des différents complexes, et par les propriétés physico-chimiques de l'eau (pH, ions dissous, Eh et température).

L'adsorption pourrait être la première étape du processus d'élimination définitive des métaux de l'eau. Au cours de leur distribution dans le milieu, le stockage permanent ou temporaire des métaux se fait dans les sédiments, aussi bien dans les environnements marins que dans les eaux douces. L'activité microbienne et les processus de réduction par oxydation peuvent modifier les propriétés des sédiments et influencer sur la composition de l'eau interstitielle. Après quoi, les oxydes de fer et de manganèse peuvent être transformés en carbonates ou en sulfures, ce qui entraîne une diminution de la capacité d'adsorption des sédiments. Le retravaillage des sédiments par des organismes ramènera aussi des sédiments en surface, où une fraction appréciable du métal sera libérée.

Dans l'environnement aquatique, les métaux lourds subissent de nombreuses transformations : réduction par processus biochimique interposé, méthylation, déméthylation et oxydation d'espèces de métaux isolées. Des réactions redox peuvent aussi faciliter certaines transformations. Les processus biochimiques sont effectués par des micro-organismes et par des algues.

La méthylation du mercure se produit quand des micro-organismes arrivent en contact avec des ions mercure alors qu'ils consomment des substances organiques. Cela vaut peut-être aussi pour As, Sn et Pb.

Les métaux lourds sont absorbés tant par la faune que par la flore. Cette absorption pourrait provoquer une augmentation de la concentration du métal dans l'organisme. Si la phase d'excrétion est lente, il peut en résulter un phénomène d'accumulation biologique. Il a été démontré que quelques métaux, comme le mercure, subissent une amplification biologique au cours de leur progression dans la chaîne alimentaire.

I.1.9.3. Effets des métaux et critères de qualité des eaux marins

Quelques métaux lourds, comme Zn, Cu, Mn et Fe, sont indispensables à la croissance et au bien-être des organismes vivants, y compris de l'homme. On peut néanmoins s'attendre à ce qu'ils aient des effets toxiques quand les organismes sont exposés à des niveaux de concentration supérieurs à ceux qu'ils requièrent normalement. D'autres éléments, comme Pb, Hg et Cd, ne sont pas indispensables aux activités métaboliques et manifestent des propriétés toxiques.

La contamination de l'environnement aquatique par des métaux de provenance localisée, peut avoir des effets délétères, c'est-à-dire des effets toxiques aigus ou chroniques, sur la vie aquatique à l'intérieur de la zone concernée. La plupart des données publiées jusqu'ici concernant les effets des métaux sur les organismes aquatiques indiquent cependant que ces effets nocifs se produisent à des concentrations supérieures à celles que l'on trouve généralement dans l'environnement (GESAMP, 1989).

Les métaux peuvent être absorbés sous la forme inorganique ou sous la forme organique. Pour certains éléments, comme l'arsenic et le cuivre, la forme inorganique est la plus toxique. Pour d'autres, comme Hg, Sn et Pb, les formes organiques sont les plus toxiques. A de faibles concentrations, beaucoup de métaux lourds, dont Hg, Cd, Pb, As et Cu inhibent la photosynthèse

et la croissance du phytoplancton. Les effets observés à des niveaux trophiques supérieurs se manifestent notamment par un retard du développement des embryons, des malformations et une moins bonne croissance des adultes chez les poissons, les mollusques et les crustacés.

Ces vingt dernières années, de nombreuses études ont été consacrées à la toxicité des métaux ; sur la base de ces résultats, plusieurs organisations internationales et nationales ont élaboré des critères de qualité des eaux pour la vie aquatique.

Par exemple, la Commission européenne consultative des pêches dans les eaux intérieures (CECPI) de l'Organisation pour l'alimentation et l'agriculture, a défini comme suit les critères de qualité des eaux qui s'appliquent à la protection des pêches :

“Les critères de qualité des eaux pour les poissons d'eau douce doivent permettre le déroulement complet de tous les cycles de vie. En plus, ils ne doivent pas provoquer dans l'eau des cours d'eau des conditions telles que la chair des poissons prenne une odeur et un goût étrangers ou que ces poissons soient amenés à désertir une partie de cours d'eau qu'ils fréquenteraient autrement, ou donner lieu à l'accumulation de substances nocives chez les poissons à un degré tel qu'il y aurait danger à les consommer. Les facteurs indirects tels que ceux qui affectent les organismes servant de nourriture aux poissons doivent aussi être considérés si ces organismes jouent un rôle important”. Un certain nombre de critères de qualité ont été établis par le CECPI.

Les principales voies d'absorption des métaux lourds par l'homme sont les aliments, l'eau et l'air. Par exemple, la faune aquatique et le poisson tout spécialement sont, pour les humains, les plus importantes sources de mercure et d'arsenic. Il existe de nombreuses publications qui traitent des effets des métaux lourds chez l'homme ; le Programme international sur la sécurité des substances chimiques, de l'Organisation mondiale de la santé (PISSC/OMS) a également établi, sur ces questions, des monographies qui ont été diffusées dans le cadre de la collection des “Critères écologiques de la santé”.

L'OMS a également élaboré des critères de qualité des eaux potables pour plusieurs substances chimiques, dont la plupart des métaux lourds ; la FAO, de son côté, a fait une compilation des teneurs limites de substances dangereuses, et notamment de métaux lourds, légalement admises dans les poissons et les produits de la pêche (FAO, 1987).

Le Tableau ci-dessous montre les concentrations moyennes de métaux dissous dans les eaux intérieures et côtières en ng/ml, en méditerranée.

Tableau 6. Concentrations moyennes de métaux dissous dans les eaux intérieures et côtières (ng/ml)

Emplacement	Hg	Cd	Pb	As	Cu	Zn	Mn	Fe	Référence
EAUX COTIERES									
Méditerranée Sud-Ouest	0,024								Bernhard, 1988
Mer Rouge, Egypte					5,1		0,83	16,2	Saad et Kandeel, 1988
Accra, Ghana	<0,002								Portmann <i>et al.</i> , 1989
Lagune de Lagos, Nigéria		2	9,0		3,0	15	21	86	Okoye, 1991a
MILIEU									
Cours d'eau		0,02	3	1,7	7	20	7	40	Burton, 1976;
Eaux côtières		0,01	0,03	1,5	1	2,5	0,4	2	Martin et Whitfield, 1983

* Fourchette de valeurs

Les concentrations en métaux lourds des sédiments marins et côtiers africains se situent dans la fourchette de valeurs données par le GESAMP (1989) pour Hg, Cd, Pb et As, mais accusent des valeurs supérieures dans certains endroits. Par exemple, des sédiments provenant de la lagune de Lagos au Nigéria contiennent de fortes concentrations de plomb et de fer, tandis que ceux de la lagune Ebrié en Côte d'Ivoire ont de fortes concentrations de mercure, de zinc et de fer. Les résultats font apparaître un enrichissement en métaux lourds qui est en grande partie d'origine anthropogène, et mettent en cause le déversement par ruissellement d'effluents urbains et industriels dans les lagunes côtières où la circulation d'eau se fait mal. En revanche, les données concernant l'Egypte (Saad *et al.*, 1981) et la côte atlantique du Nigéria ne font pas apparaître une forte contamination des sédiments côtiers.

I.7. Caractérisation de la zone

Choix des sites

Durant cette étude, nous avons choisi deux sites d'échantillonnage éloignés l'un de l'autre d'une distance de 100 Km et correspondant à deux importants ports de pêche du point de vue débarquement ; la baie d'Oran et la baie de Mostaganem (Fig. 10).

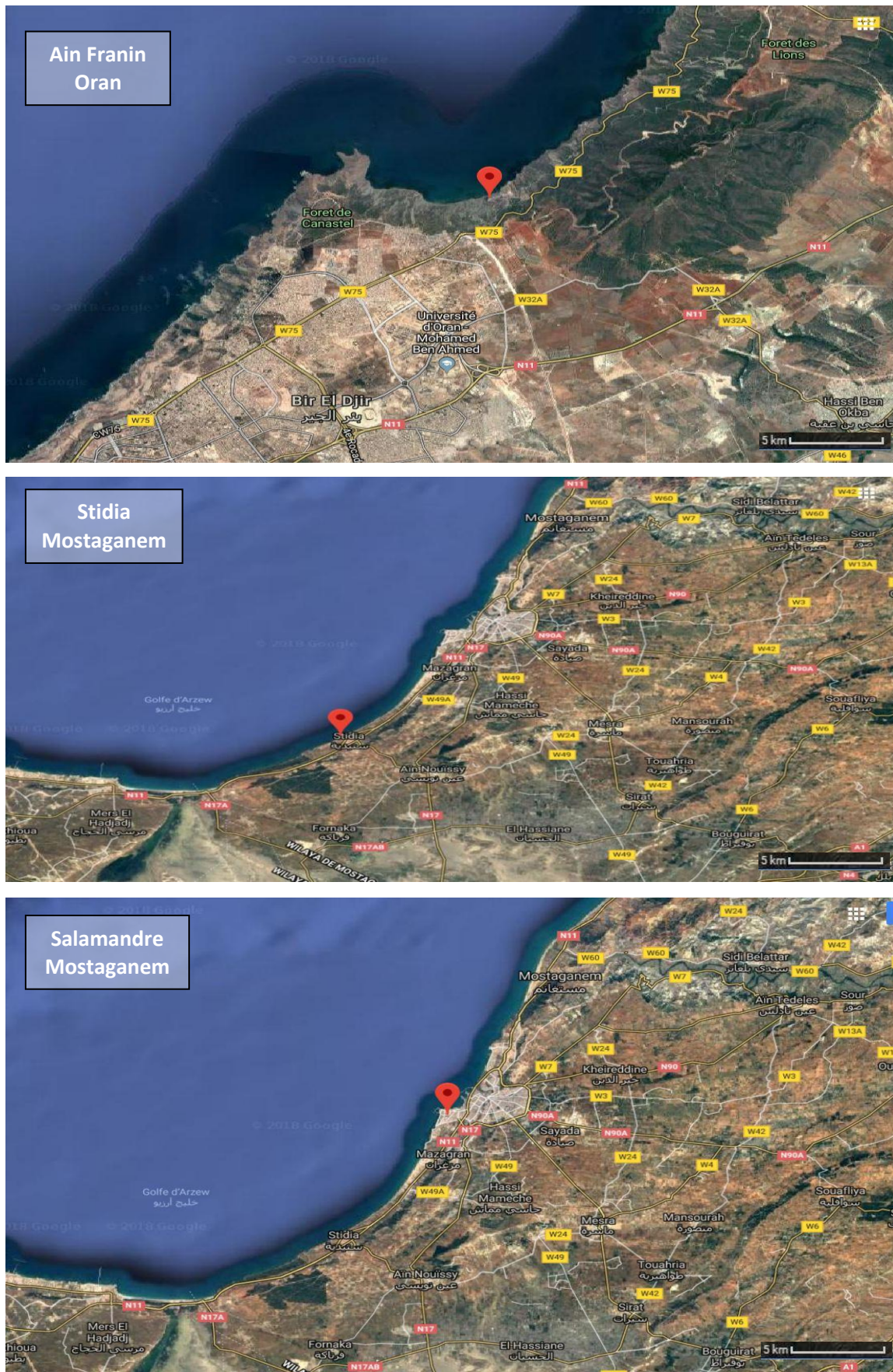


Figure 10 : Zone D'étude et d'échantillonnages (Oran, Mostaganem) (Google maps, 2016).

I.7.1. Côte de Mostaganem

Mostaganem est une ville de 140 000 habitants, située à 104 mètres d'altitude sur le rebord d'un plateau côtier. La ville contemple à l'ouest la large baie d'Arzew que termine le Djebel Orousse ; elle est assise sur les rives de l'Aïn Sefra dont, à plusieurs reprises et notamment en 1927, elle a eu à redouter les crues ; elle se compose d'une ville neuve, très étendue, et d'une vieille ville, plus compacte, accrochées de part et d'autre d'un profond ravin creusé par l'Aïn Sefra, qui arrose des jardins. La localité est bien située au débouché des plaines du Chélif et de la Macta, Bien qu'elle ait depuis longtemps cédé le pas à la métropole de l'Algérie occidentale, Mostaganem est une ville aimablement grouillante. Elle a gardé un caractère ancien, mais s'est également ouverte à une économie moderne avec la création d'une sucrerie produisant de 70 à 80 000 tonnes de sucre raffiné par an, ainsi qu'une usine de pâte à papier traitant 180 000 tonnes d'alfa par an et la présence d'un port de pêche (Figure 11).



Figure 11 : Port de pêche de Mostaganem.

I.7.1.1. Port de Mostaganem

Le port est situé dans le golfe d'Arzew (Figure 11) représenté par les coordonnées satellitaires suivantes :

Longitude 00° 05' Est

Latitude 35° 56' Nord

Le port est représenté par une jetée de 1830m de long et des caractéristiques physiques suivantes :

- Superficie totale : 68 ha dont 60 ha terre-plein et 2 ha couverts
- Nombre de bassins : 2
 - 1^{er} bassin : superficie 14 ha, profondeur de 6,77 à 8,17 m
 - 2^e bassin : 16 ha, profondeur : 6,95 à 8,22 m.
- Linéaire totale de quai : 1955 ml
- 1 Passe Nord-Ouest : largeur 100 m - Profondeur 12 mètre

Au niveau de ce port on retrouve les éléments suivants :

- Station de bitume capacité 4.700 Tonnes
- Silo à céréales : capacité 30.000 T

- Cale de halage de 1 BER de 250 et 2 BER de 100 tonnes
- 1 pont bascule
- 2 postes de servitude
- 1 quai de pêche 130 m de longueur
- 1 estacade de pêche : 120 m de longueur
- 2 appontements de pêche : 90 m chacun.
- Réseau voie ferrée

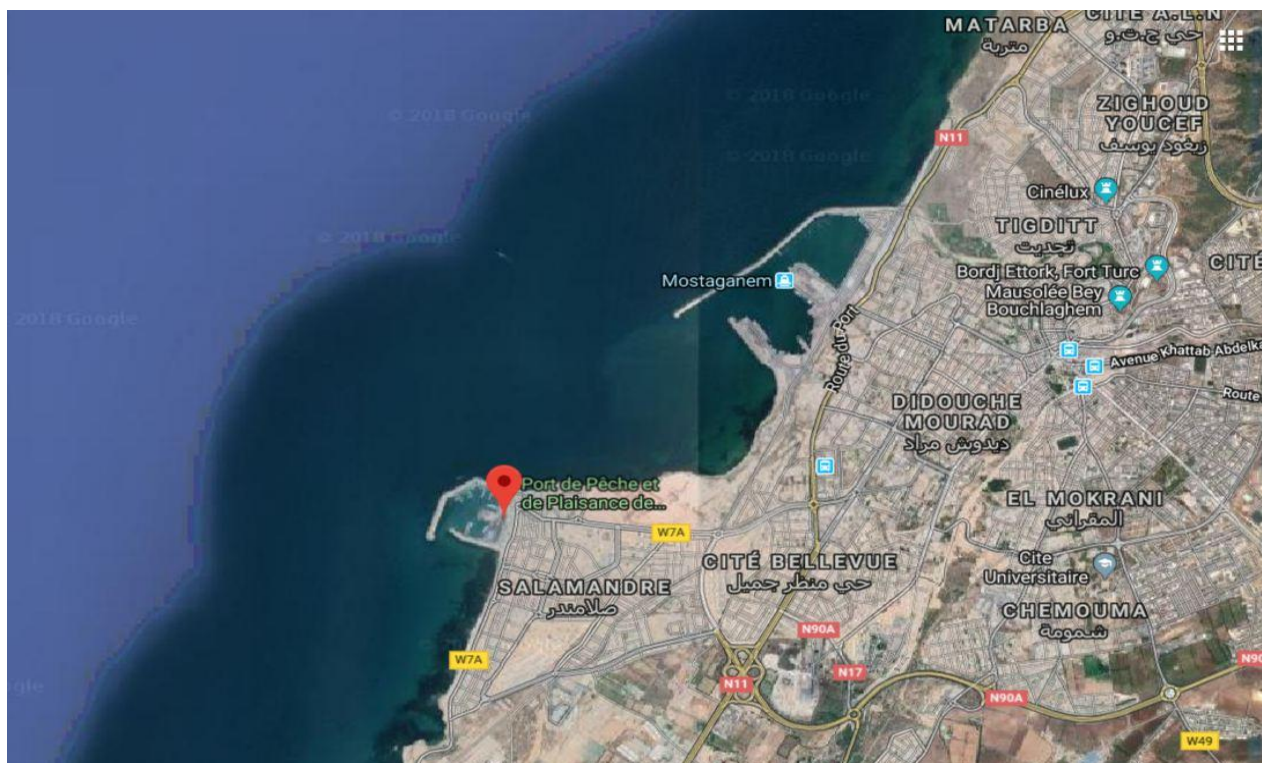


Figure 12 : Port de Mostaganem (Google Maps, 2016).

I.7.1.2. Risques de pollution marine à Mostaganem

Les plages situées dans la baie de Mostaganem notamment celles de Sidi Mansour, El Mactâa, Stidia, Oureah et Les Sablettes sont quotidiennement exposées au phénomène du dégazage et du déballastage provoqués par les navires en rade, principalement les tankers, provoquant une réelle menace pour la faune, la flore et même pour l'être humain, et ce, face au silence des autorités compétentes. Plusieurs flaques d'huiles et de détritiques s'approchaient de plus en plus de la plage de Stidia, encouragés par des vents d'Est de faible intensité. La petite plage de cette localité balnéaire est entièrement recouverte de grandes plaques de couleur blanchâtre dégageant une odeur nauséabonde couplée d'huile et de pétrole. Devant ce genre de spectacle désolant qui prend d'année en année de l'ampleur, plusieurs baigneurs se sont résignés à se mettre à l'eau. Par ailleurs, un pêcheur de la région de Mostaganem, nous a souligné que le poisson reste la première victime de cette pollution marine provoquée par les rejets des navires. Des dizaines d'individus sont régulièrement capturés morts dans les filets, dégageant une forte odeur d'huile. Selon un expert marin, ce phénomène de pollution marine est dû, en premier lieu, au déballastage provoqué par les pétroliers qui, en évitant de naviguer à vide, procède au remplissage des cuves avec l'eau de mer dans le but de fortifier le tirant d'eau et alléger le tirant d'air.

En accostant dans leurs ports d'attache, ces derniers vident leurs cuves de leurs contenus chargés de résidus de pétrole, ce qui provoque des marées polluantes sur nos côtes. L'autre problème,

selon cet expert, consiste en des rejets d'huiles légères par les méthaniers et autres navires en contradiction avec la convention de navigation marine 77/78 obligeant tous les navires à effectuer leurs vidanges d'huile à l'intérieur des ports qui sont tous équipés d'installation pour la circonstance. Mais nombreux commandants de bord vidangent leurs navires en pleine mer, encouragés par l'inertie des autorités. La convention 77/78 autorise, cependant, les navires à vider 6 tonnes d'huiles représentant 15 P.M.M. mais uniquement dans les mers ouvertes, tels les océans. Nous avons appris, également, qu'il est même interdit de jeter en mer tout plastique, fardage et détritiques qui devront, par contre, être déchargés au niveau du port récepteur pendant l'amarrage du navire. Seule la nourriture est autorisée à être jetée en mer. En plus du déballastage, le dégazage qui consiste à diminuer les quantités de gaz dans les soutes des navires est le phénomène le plus dangereux venant de nos mers. Les plus hautes autorités sont vivement interpellées pour mettre fin à ce phénomène qui agresse, de jour en jour, nos côtes.

I.7.2. Baie d'Oran

I.7.2.1. Situation géographique de la baie d'Oran

La baie d'Oran est située dans la partie Nord occidentale de l'Algérie, la baie est bordée sur 30Km de terre élevée, elle dessine une demi circonférence à peu près régulière qui s'étend du Cap Falcon à l'ouest au cap de l'Aiguille à l'est (Merbouh, 1998) (Figure 13). Les deux djebels rocheux du sahel d'Oran se trouvent entre la pointe de Mers EL Kebir à celle et le fort Lamoune, le santon au nord et le pic de l'Aidour à l'est.

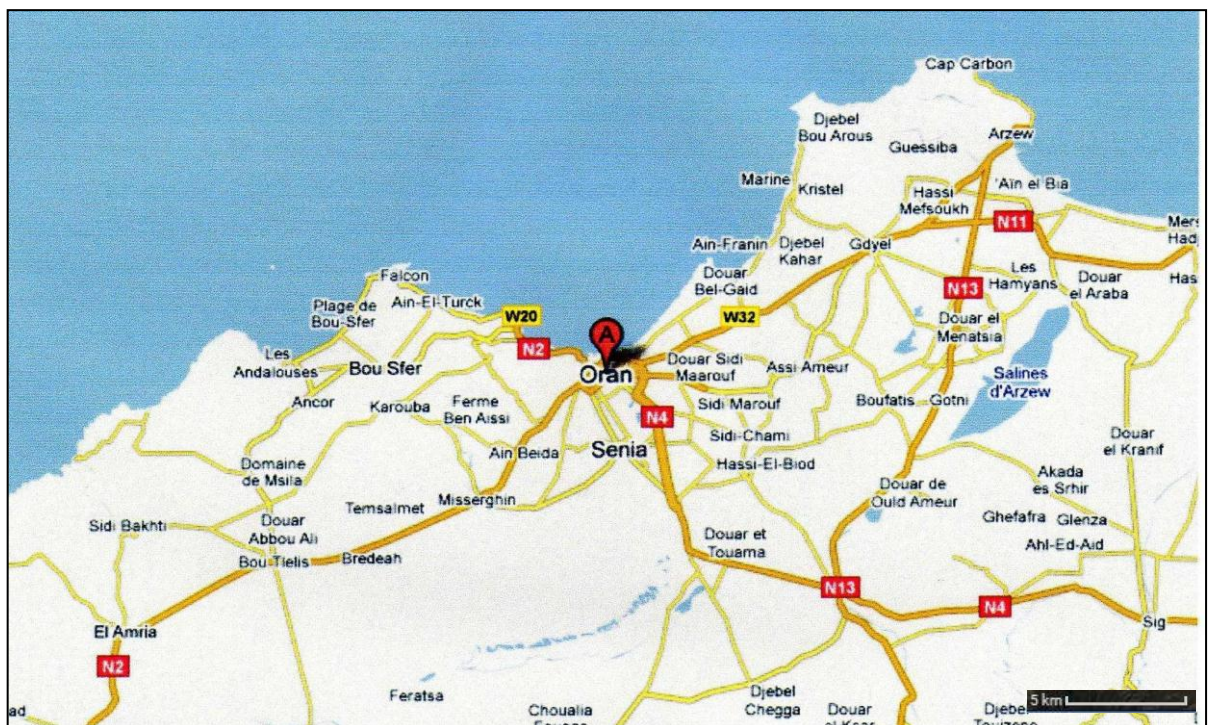


Figure 13 : Baie d'Oran (Google Maps, 2016).

I.7.2.2. Plateau continental et sédiment

Le plateau continental de la baie d'Oran s'étend jusqu'à 5 à 6 milles est caractérisé par la présence de sable et de petites fractions rocheuses parsemées. Les dépôts, de graviers et de coquilles tapissent toute la bande côtière qui s'étend jusqu'à 20 à 30 m. La partie qui vient après est caractérisée par un substrat vaseux mous et grisâtre, puis un mélange de sable grossier et de vase suit cette zone ; et celle qui vient après et qui clôture le plateau continental est caractérisée

par de la vase noire. Le plateau est représenté par une variabilité de substrats et de largeurs, du cap Falcon au Cap de l'aiguille on rencontre deux types de sables : les sables de la plate-forme continentale et les sables de rebord, ces sables sont formés de débris d'algues, le plateau continental ouest algérien est considéré comme le plus étroit de la Méditerranée qui fait 7Km en moyenne (Leclaire, 1972). Des îles Habibas au Cap Falcon, les fonds sont de nature sablonneux, vaseux par endroits et parsemés par de nombreuses roches.

I.7.2.3. Port de pêche

Le port d'Oran (Figure 14) est situé au fond du golf oranais, il se trouve entre la pointe de Canastel et la Cap Falcon au nord-ouest d'Ain El Turck (Grimes et Boudjekdji, 1996). Le port est exposé au vent dominant de l'ouest, Sa protection est essentiellement assurée par les constructions de terres pleines ; près de trois Kilomètres, parallèles à la rive ou et les bassins. Le port d'Oran offre un plan d'eau de plus de 122 hectares, reparté en huit bassins. Les terres pleines occupent une superficie de 200 000m² et les magasins d'entreposage 20 332m² (Grimes et Boudjekdji, 1996).



Le port d'Oran est caractérisé par des infrastructures caractéristiques par :

- Un bâtiment administratif et un bloc sanitaire.
- Cases pêcheurs et halle de vente de poisson.
- Entrepôt frigorifique et fabriques de glace.
- Atelier de réparation et maintenance et magasin de vente (matériels de pêche, pièces de rechange).
- Chantiers navals et station gazoil.

Le port est caractérisé par une flotte diversifiée et une capacité d'accueil assez importante

II.1. Données générales sur les Echinodermes.

Les Echinodermes, animaux exclusivement marins, abondants, présentent une grande diversité et constituent un phylum important et fort ancien. Les Echinodermes vivant actuellement (Crinoïdes, Holothuries, Etoile de mer, Ophiures, Oursins) ont été précédés par beaucoup d'autres représentants, aujourd'hui fossiles ; des classes entières qui avaient connu leur apogée au début de l'aire primaire sont totalement éteintes. Le terme «Echinodermes», créé par Klein (1734), s'applique plus particulièrement à la classe des Oursins. De nombreux naturalistes ont étudié les Echinodermes au XVIII^e siècle et dans la moitié du XIX^e. Les recherches de J. Muller (1840-1850) marquent l'aurore des travaux réellement scientifiques (Encyclopédie Universalis, 2004).

Les Echinodermes sont des Métazoaires rangés dans les coelomates (animaux possédant un cœlome, ou cavité générale), les deutérostomiens (bouche, néo-formation bien différente du blastopore qui donnera l'anus), les épineuriens (système nerveux placé dorsalement au-dessus du tube digestif) (Encyclopédie Universalis, 2004).

Cet embranchement contient 23 classes : 17 ont disparu et ne sont connues qu'à l'état fossiles, 5 se répartissent les 6500 espèces actuelles.

II.2. Choix et intérêt des espèces

L'intérêt et le choix des espèces animales comme espèces bioindicatrices reposent aussi bien sur leur validation dans des programmes internationaux de surveillance de l'environnement marin que sur leurs disponibilités au niveau de notre zone d'étude. Les oursins sont des Echinodermes sans bras, enfermés dans un test généralement rigide, parmi elle l'oursin *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816), L'oursin comestible est une espèce atlantico-méditerranéenne qui habite généralement les fonds marins entre 0 et 30 mètres de profondeur (Mortensen, 1927), et plus particulièrement les peuplements photophiles sur substrats rocheux (Kempe, 1962 ; Peres et picard, 1964), et l'herbier à *Posidonia oceanica* (Régis, 1978a ; Boudouresque, Nedelec et al, 1980). Et aussi les Holothuries attribué par ARISTOTE signifie, tout à fait impudique. Les « concombres de mer » ont la forme d'un cylindre plus ou moins allongé à section circulaire ou pentagonale. Puisqu'elles représentent la composante majeure du compartiment benthique de l'écosystème à *Posidonia oceanica* de la Méditerranée.

II.2.1. L'oursin comestible *Paracentrotus lividus*

Au niveau écologique, les Echinodermes occupent le statut d'herbivores par excellence dans la chaîne trophique. Quelques espèces ont un rôle clef dans le système, et sont sensibles aux changements du milieu. Ces organismes sont aussi de bons indicateurs de la stabilité du système, et leur présence est synonyme de milieu aquatique sain (Verlaque, 1987).

Les oursins, et particulièrement *Paracentrotus lividus*, sont considérées comme les herbivores les plus importants de Méditerranée, parce que des densités élevées provoquent des phénomènes de surpâturage (Kempe, 1962 ; Nedelec, 1982 ; Verlaque, 1987). De plus, ils sont consommés par des poissons ou d'autres espèces carnivores, une forte densité de

poissons pourrait maintenir les populations d'oursins dans des densités moyennes. Ainsi, les Echinodermes pourraient servir d'indicateurs des changements provoqués par espèces introduites au niveau de toute la chaîne trophique, et ils pourraient signaler par leur absence totale une perturbation du milieu aquatique. En plus de l'intérêt des propriétés écologiques, ce groupe zoologique présente des avantages méthodologiques remarquables. Les Echinodermes permettent un échantillonnage *in situ* relativement facile, bon marché, rapide, non destructif et fiable, puisqu'ils sont bien visibles, faciles à identifier, peu mobiles et sont suffisamment abondants pour pouvoir les tester statiquement (Verlaque, 1987).

II.2.2. Systématique

Les oursins ou Echinides apparaissent il y a 450 millions d'années et vont coloniser toutes les mers du globe. Les oursins irréguliers dotés d'une symétrie bilatérale masquant la symétrie pentaradiée, sont plus tardifs que les oursins réguliers que l'on observe à partir du jurassique, il y a 180 millions d'années. Environ 900 espèces qui vivent de nos jours se rencontrent dans les environnements les plus variés, de l'équateur aux pôles. Même si quelques espèces arrivent à subsister dans les grandes profondeurs, la plupart des oursins se développent dans les eaux chaudes ou tempérées, proches de la surface (Mottet, 1976).

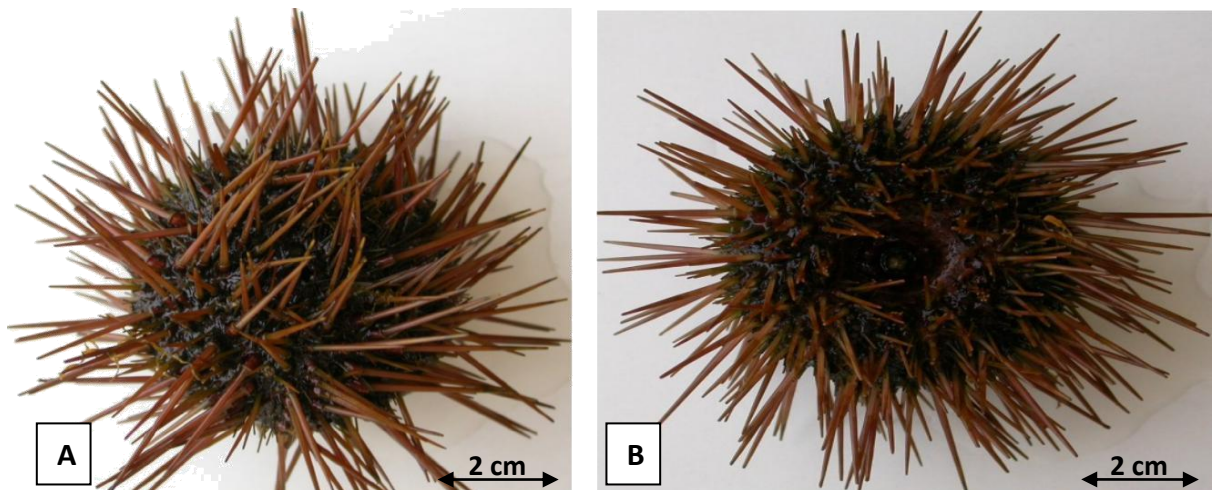


Figure 15 : Photos montrant la morphologie externe de l'oursin *Paracentrotus lividus*.
A : Face aborale et B : Face orale.

II.2.3. Caractéristiques

Les oursins possèdent un pôle distal au centre duquel s'ouvrent la bouche, et un pôle apical au centre duquel s'ouvre l'anus. Par l'axe reliant ces deux pôles, passent cinq plans, qui tous partagent l'animal en deux parties égales. Ces cinq plans déterminent dix secteurs : cinq zones portant des podia, ou pieds ambulacraires (éléments caractéristiques des Echinodermes, qui permettent aux oursins de se déplacer lentement sur le fond), alternent avec cinq zones sans podia. La coquille, appelée test, est solide ; elle est composée de grandes plaques calcaires imbriquées les unes dans les autres et elle est ornée de piquants mobiles (Allain, 1973).

La forme de test est variable : Subsphérique, subconique, cordiforme, aplatie ou discoïdale (Koehler, 1927).

- Position systématique

D'après Mortensen (1927) et Tortonese (1965) ; in Benghali (2006) et selon Fisher (1987), la position systématique de l'espèce est comme suit :

Embranchement	Echinodermata = Echinodermes
Classe	Echinoidea = Echinides
Sous classe	Regularia = Oursins réguliers
Ordre	Echinoida = Echinoides
Famille	Echinidae = Echinidés
Genre	<i>Parcentrotus</i>
Espèce	<i>Lividus</i>

II.2.4. Biologie et anatomie

II.2.5. Morphologie externe

Corps légèrement déprimé, membrane peristoméale avec un petit nombre de plaques éparses ; incisions péristoméales peu marquées ; un seul tubercule et un seul piquant primaire sur chaque plaque ambulacraire et interambulacraire ; plaques ambulacraires à cinq paires exceptionnellement quatre ou six. Piquant robustes et pointus ; mâchoires de pédicellaires globuleux munies de dents latérales et d'une seule glande, pédoncule sans glandes ; pédicellaires tridactyles a mors longs et étroites, au bord crénelé, la coloration des piquants et violets verts, olives, rougeâtres au bruns ; test nu vert, à périprocte violet (Allain, 1972b).

II.2.6. Anatomie

Ils peuvent se déplacer préférentiellement la nuit, grâce à des pieds à ventouse ou pieds ambulacraires, sur des distances allant jusqu'à 3 mètres. Les plaques ambulacraires du squelette interne de l'oursin sont percées de 2 rangées de pores qui permettent le passage des 2 canaux qui relient le pied locomoteur à une vésicule interne. Une plaque squelettique calcaire particulière, la plaque madréporique qui se trouve sur la face supérieure ou dorsale et qui est criblée de trous, permet l'entrée et la sortie de l'eau de mer rendant les pieds ambulacraires flasques ou turgides par modification de la pression interne (Benghali, 2006).

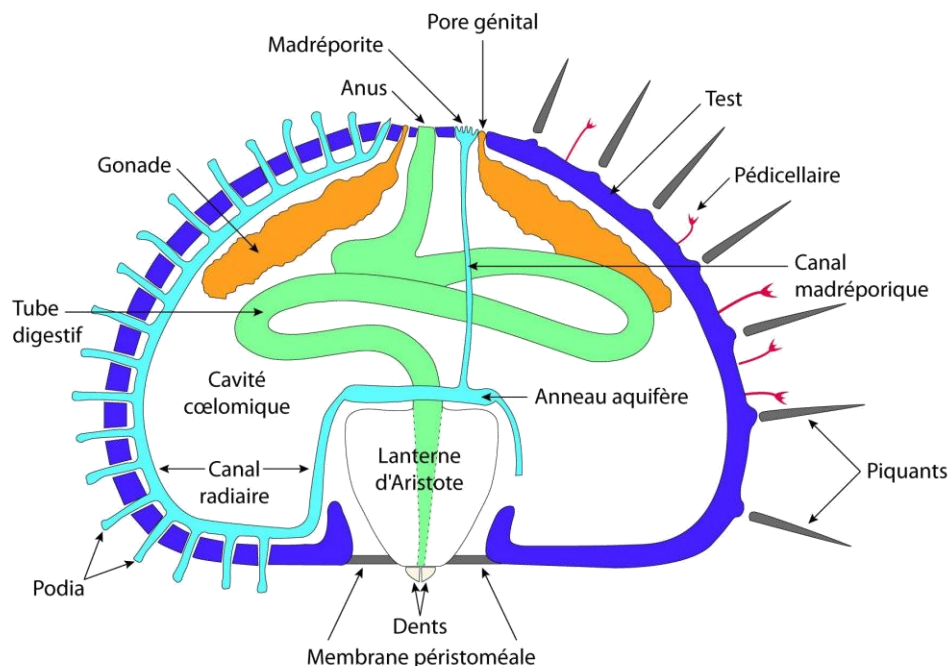


Figure 16 : Schéma d'une coupe transversale du test d'un oursin régulier (Echinoidea), Tortonese (1965).

II.2.7. Nutrition

En Méditerranée, *Paracentrotus lividus* se rencontre surtout dans l'étage infralittoral entre 0 et 30 m de profondeur (Mortensen, 1927), mais il a été signalé jusqu'à 80 m (Tortonese, 1965 ; Fenaux, 1968 ; Munar et Moreno, 1987). Toutefois, la plupart des auteurs indiquent que le maximum de densité d'oursins se trouve dans les premiers mètres d'eau (Kempf, 1962 ; Gamble, 1965 ; Neill et Larkum, 1965 ; Harmelin *et al.*, 1980, 1981; Verlaque, 1987a; Semroud, 1993).

Il se retrouve surtout dans des habitats de substrat dur (roche ou gravier avec peuplement d'algues photophiles) et dans l'herbier à *Posidonia oceanica* (Linnaeus) Delile, mais il a été signalé aussi sur des substrats meubles tels que le sable et les fonds détritiques (Zavodnik, 1987), ou de maerl, (algues corallinacées) (Grall et Glémarec, 1997 et Guillou *et al.*, 2002).

Dans l'herbier à *Posidonia oceanica*, *P. lividus* se tient généralement entre les rhizomes (Kempf, 1962 ; Semroud, 1993 ; Guettaf, 1997) ; il monte sur les feuilles la nuit (Kempf, 1962) et parfois le jour au printemps (Azzolina, 1988) ; en Méditerranée, cet oursin est beaucoup plus actif la nuit que le jour (Shepherd et Boudouresque, 1979 ; Dance, 1987). C'est un animal brouteur à régime généraliste mais essentiellement herbivore dans son milieu naturel.

Il peut cependant dans certaines conditions, être omnivore (Niell et Pastor, 1973 ; Régis, 1978), ce qui fait qu'en plus de la fraction végétale, on peut retrouver dans son contenu digestif une fraction animale, constituée de Foraminifères, de Spongiaires et de Bryozoaires (Traer, 1980 ; Verlaque, 1987b) ainsi que de Crustacés (Niell et Pastor, 1973). L'analyse des contenus digestifs de cet oursin suggère que c'est un brouteur opportuniste comme le sont de nombreux Echinoides réguliers (De Ridder et Lawrence, 1982).

En présence d'une ressource algale abondante, *P. lividus* fait preuve d'une certaine sélectivité (Verlaque, 1987b). Dans l'herbier à *Posidonia oceanica*, cette sélectivité dans l'alimentation varie avec la taille. Ainsi, il passe de la consommation d'organismes de la strate encroûtante épiphyte des rhizomes et des feuilles (*Peyssonnelia*, Corallinaceae, faune sessile) chez les juvéniles, aux feuilles et à leurs épiphytes chez les individus de plus de 20

mm de diamètre sans les radioles (Verlaque, 1987a), pour enfin consommer préférentiellement la partie la plus épiphytée de la feuille (Traer, 1980 ; Nédélec et Verlaque, 1984). La collecte des végétaux en épave, un autre mode de nutrition, tient une place importante dans les activités trophiques de *P. lividus*, (Verlaque, 1987b). Ainsi, Verlaque et Nédélec (1983a) ont remarqué que les fragments de feuilles de *Posidonia oceanica* peuvent représenter 40 % du contenu digestif d'individus vivant sur un substrat rocheux où la phanérogame *P. oceanica* est absente. Cependant, *P. lividus* peut utiliser, comme source d'énergie, le matériel dissous dans l'eau, notamment le matériel particulaire récolté grâce à la microstructure de ses piquants (Régis, 1981) ; ce mode de nutrition serait important lorsque les macrophytes deviennent rares, mais resterait de toute façon complémentaire à l'activité d'alimentation "normale".

Cet oursin est considéré comme l'herbivore le plus important en Méditerranée. Ses densités élevées provoquent des phénomènes de surpâturage (Kempf, 1962 ; Lawrence, 1975 ; Nédélec, 1982 ; Verlaque et Nédélec, 1983 ; Verlaque, 1987b ; Semroud, 1993). Son abondance entraîne un broutage intensif qui provoque une chute importante de la biomasse foliaire et de la production de l'herbier à *P. oceanica* (Nédélec et Verlaque, 1984) et la destruction des vastes peuplements de Fucophyceae en Méditerranée dans les phytocénoses algales arbustives et arborescentes (Verlaque, 1983) ; il peut ainsi former des clairières ou «jardins» à *P. lividus* (Nédélec, 1982) où les macroalgues dressées laissent place à des algues calcaires encroûtantes. Quand le broutage est trop intense, les «jardins» se rejoignent et on assiste à la formation de zones de surpâturage.

P. lividus présente une alternance de phases de nutrition et de phases de repos alimentaire (Nédélec *et al.*, 1983; Semroud et Kada, 1987). La variabilité du cycle de nutrition dépend en général de la quantité de nourriture disponible dans le milieu, qui elle-même peut être liée à d'autres paramètres naturels tels que l'hydrodynamisme. Les variations du cycle de nutrition peuvent également être corrélées à celle du cycle de reproduction.

Cet oursin est capable d'éliminer des peuplements denses de végétaux dressés (Verlaque, 1984), il broute n'importe quoi y compris la roche (Martinnell, 1981 ; Verlaque et Nédélec, 1983).

D'après Régis (1978 ; 1986), il a la faculté d'absorber à travers les piquants et le test les matières organiques dissoutes et particulières (sestonologie) ; et les cadavres des poissons rejetés au fond (Verlaque, 1987), donc *Paracentrotus lividus* utilise comme source d'énergies le matériel dissout dans l'eau récoltée grâce à la microstructure de ses piquants (Régis, 1981).

II.2.8. Reproduction

L'oursin est un ovipare à sexes séparés (gonochoriques), la libération des cellules mâles et des cellules femelles a lieu dans l'eau ; la fécondation (union des gamètes) est donc externe.

Chez tous les Echinodermes, l'œuf petit, pauvre en vitellus (réserves) se segmente, donne une larve ciliée nageuse et pélagique à symétrie bilatérale la dipleurula, excepté chez les Crinoïdes et certaines Holothuries (larve en tonnelet) (Verlaque, 1987).

Le développement des organes reproducteurs chez *Paracentrotus lividus* est influencé par la profondeur, la température hivernale (Byrne, 1990) la qualité et l'abondance de la nourriture (Crapp et Williss, 1975 ; Régis, 1979 ; San Martin, 1990).

L'action conjointe de tous ces facteurs fait que les pontes peuvent ne pas intervenir à la même période, d'une année à l'autre, pour un même site ou d'un site à l'autre (Byrne, 1990).

Chez l'oursin la larve plutéus, métamorphose donne un jeune oursin qui vit sur le fond. La reproduction s'effectue toute l'année mais elle est optimale de septembre à mars (Tifour et Bahoussi, 2005).

Les mâles possèdent glandes génitales jaunâtres qui sécrètent une laitance blanche, alors que les femelles ont une laitance rougeâtre (Benghaali, 2006).

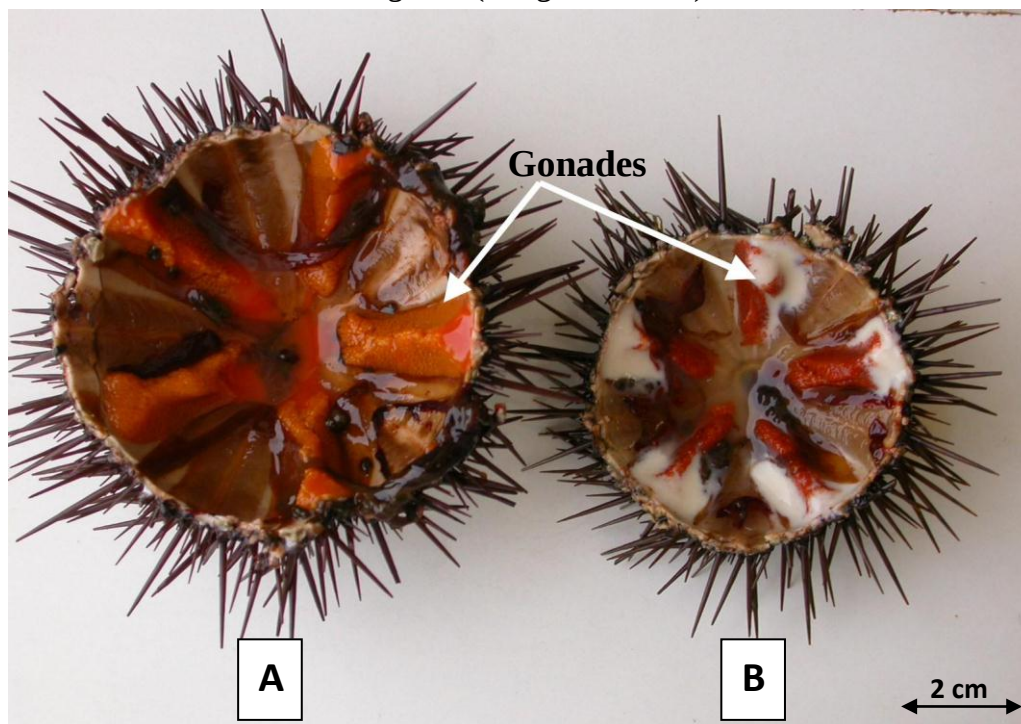


Figure 17 : Section transversale du test de l'oursin *Paracentrotus lividus*, montrant la disposition pentaradiaire des gonades (A: Femelle) et (B: Mâle).

II.2.9. Écologie

II.2.9.1. Répartition biogéographique

Paracentrotus lividus est une espèce Atlantico-Méditerranéenne ; son aire de répartition s'étend en Atlantique, les côtes de l'Islande jusqu'au Maroc et englobe toute la Méditerranée. Il est retrouvé surtout dans l'étage infralittoral de 0 à 30m de profondeur (Mortensen, 1927), où il fréquente les niveaux supérieurs (0 à 15m), et plus rarement jusqu'à 80m (Nedlec et Verlaque, 1983).

Libre, grégaire, il vit en peuplements denses, formant des oursinières dans des cavités creusées par des mouvements de rotation dans les roches éclairés de l'étage infralittoral en mode calme : c'est un animal benthique foreur. Incapable de supporter une sécheresse prolongée, il est toujours immergé. En effet sa peau qui recouvre le test est sans protection. Il peut supporter une agitation hydrodynamique non négligeable (mode semi battu) (Benghali, 2006).

II.2.9.2. Rôle de *Paracentrotus lividus* dans les écosystèmes benthiques de Méditerranée

Paracentrotus lividus (Lamarck, 1816) est un animal brouteur, à régime généraliste, mais essentiellement herbivore dans la nature ; sur substrat rocheux, il se nourrit surtout d'algues ; lorsqu'il vit dans l'herbier à *Posidonia oceanica*, il se nourrit des feuilles de posidonies et de leurs épibiontes (Verlaque, 1987).

L'importance de sa ration alimentaire et la sélectivité de son alimentation font de *Paracentrotus lividus* un facteur déterminant de l'abondance et de la répartition des algues (Verlaque, 1987).

II.2.9.3. Prédateurs de l'oursin

Les prédateurs des oursins constituant un facteur de contrôle des populations, leur rôle n'est pas à négliger dans une étude de dynamique. Ces prédateurs sont variés, sur la côte atlantique, ils sont principalement représentés par les crustacés décapodes et l'étoile de mer *Marthasterias glacialis* (Savy, 1987).

En Méditerranée, l'essentiel de la prédation de *Paracentrotus lividus* est attribué aux poissons Labridae et Sparidae, mais aussi à l'étoile de mer : *Marthasterias glacialis* (Savy, 1987).

On peut distinguer trois principales techniques de prédation :

- Consommation de l'oursin en entier, test et piquants compris (Labridae, Spariade, Crustacé : *Palinnurus vulgaris*).
- Consommation des parties molles après cassure du test (Crustacés, décapodes : *Cancer pagurus*, *Portunus puber*).
- Consommation des parties molles sans cassure du test (Astérides : *Marthasterias glacialis*).

II.2.9.4. Déplacement et migration

Les mouvements des oursins sont très lents, mais leurs permettent d'aller rechercher leur nourriture, avec une meilleur position vis-à-vis des conditions de leur environnement. Ces mouvements sont le résultat de la combinaison de mouvements élémentaires des podias (extension et raccourcissement), sur lesquels l'oursin se hale (Tifour et Bahoussi, 2005).

Les piquants de la face inférieure servent aussi au cours des déplacements. Chaque piquant est articulé sur le test par l'intermédiaire d'un tubercule rond et de muscles rayonnants tout autour de la base du piquant, par la contraction de ces muscles. De ce fait, le mouvement de chaque piquant qui peut être transmis à l'animal dans certains cas. Les oursins peuvent se déplacer passivement. Ils cessent d'adhérer au substrat et se laissent entraîner par les courants en roulant sur l'extrémité de leurs piquants (Khoury, 1987 ; Fernandez, 1996).

II.2.9.5. Relation oursin-substrat

Chaque oursin régulier adhère au support sur lequel il se trouve grâce à un système complexe appelé « appareil ambulacraire ». Les pieds ambulacraires sont formés d'un tube souple terminé par une petite ventouse pouvant adhérer sur des surfaces variées, mais obligatoirement rigide et propre. Il est évident que ce dispositif anatomique est très important pour l'oursin, il doit donc être respecté dans son intégrité. La destruction des podias est synonyme de diminution de l'efficacité des mécanismes de fixation, d'alimentation, mais aussi correspond à des blessures par où pourront pénétrer divers éléments étrangers tels que des germes pathogènes (Fernandez, 1996).

II.2.9.6. Production mondiale

Dans les annuaires statistique de la F.A.O (1994), en ce qui concerne la méditerranée, la pêche de ces Echinoderme se fait a des quantités trop faibles, vu que certain pays ne figurant pas dans ces annuaires et sachant, par ailleurs, que les oursins ont maintenant leur propre rubrique dans les statistiques des pêches maritime (F.A.O, 1994).

En 1983, l'oursin entre dans la catégorie des « produits de luxe » en France, et en 1985 il occupe la 20ème place en valeur pondérale (0.83%) et la 23ème place en valeur économique (0.90%) sur une liste de 33 espèces (Campillo et *al.*, 1986).

D'après les annuaires de la F.A.O (1994), les Etats-Unis se situent en première place dans la production mondiale d'oursins pour les années 1991 et 1992 avec, respectivement 32700 et 29800 tonnes (San Martin, 1995).

II.2.2. Holothuries

Parmi les 1200 holothuries recensées jusqu'ici 49 espèces appartiennent à 36 genres distincts (Morgan et Jangoux, 2002).

II.2.2.1. Historique

Jusqu'à récemment six genres nominaux d'Holothurides ont été généralement acceptés. Ce sont : *Holothuria* (LINNAEUS, 1767) ; *Bohadschia* (JAEGER, 1833) ; *Microthele* (BRANDT, 1835) ; *Actinopyga* (BRONN, 1860) ; *Labidoderma* (SELENKA, 1867) ; et *Halodeima* (PEARSON, 1914).

En 1924, le nom générique *Holothuria* est donné par (LINNAEUS, 1767) au Holothurides avec l'espèce type *Holothuria tubulosa*. Ce nom a été placé sur la liste officielle de noms génériques en Zoologie (MEZALI, 1998).

II.2.2.2. Généralités sur les holothuries

Le mot Holothuries attribué par ARISTOTE signifie, tout à fait impudique. Les « concombres de mer » ont la forme d'un cylindre plus ou moins allongé à section circulaire ou pentagonale.

Elles se déplacent en rampant sur le substrat, à l'aide des pieds ambulacraires .Ce sont des organismes détritivores, A l'une des extrémités de leur corps se trouvent la bouche entourée de tentacules.

Certaines espèces d'holothuries rejettent de longs filaments blancs et collants pour se défendre, appelés tubes de Cuvier. Pour se reproduire, les mâles et les femelles se redressent et libèrent leurs gamètes en pleine eau.

Certaines espèces se ressemblant beaucoup, seule une étude des spicules permet de les différencier (KERR et al, 1993).

II.2.2.3. Définition des holothuries

Une holothurie est un invertébré, au corps mou, à symétrie radiale, à la peau rugueuse, possédant un cercle de tentacules autour de la bouche. Elle est aussi appelée « **concombre de mer** » ou « **bêche de mer** » pour le produit commercialisé pour la consommation humaine. Son nom en portugais, "bicho do mar.", serait à l'origine du nom de la langue parlée au Vanuatu : « le bichelamar ».

II.2.2.4. Classification des holothuries

Embranchement	Echinodermata = Echinodermes
Classe	Holothuroidea
Sous classe	Aspidochirotacea
Ordre	Aspidochirotes = aspidochirotida
Famille	Holothuroidea
Genre	<i>Holothuria</i>

II.2.2.5. Identification des holothuries

L'identification est basées sur la forme de leur structure endosquelettiques ; la forme l'anneau calcaire ; l'arrangement des pieds ambulacraires ; le nombre et l'arrangement des tentacules (PAWSON ,1965) ; le nombre de vésicules de Poli ; la présence ou l'absence d'organe de Cuvier.

II.2.2.6. Ecologie des holothuries

II.2.2.6.1. Habitat

Les holothuries sont présentes dans tous les milieux marins. Elles peuvent occuper des biotopes variés. Elles se répartissent sur des profondeurs de 180m en méditerranée (Massin, 1980). Elles constituent la biomasse dominante des milieux benthiques, leur densité et biomasse sont importantes dans l'écosystème à Posidonie océanique (Mezali ,2001).

II.2.2.6.2. Biologie

II.2.2.6.3. Morphologie externe

Le corps est mou, peut être vermiciforme ou en forme de concombre .Il s'allonge entre la bouche et l'anus. Leur taille est très variable.

Ces holothuries sont caractérisées par une symétrie pentaradiée (Massin et Van Den Spigel, 1990).

L'aspect du corps des holothuries varie du molle a l'état de relâchement au rigide et dure à l'état de contraction, cette forme varie selon la contractilité du corps des holothuries (Fisher ,1987).

L'extrémité antérieure peu aplatie du Corp. constitue la membrane buccale au centre de laquelle se trouve la bouche qui entoure d'un nombre variable de tentacule, Le Corps est constitué de cinq pièce ambulacraire séparées par cinq pièces inter-ambulacraires orientées de l'abouche a l'anus (Mezali, 1998).

Le derme constitue la partie la plus importante du Corps des holothuries, la paroi du corps est dure, épaisse et cuirassée (Mezali ,1998).

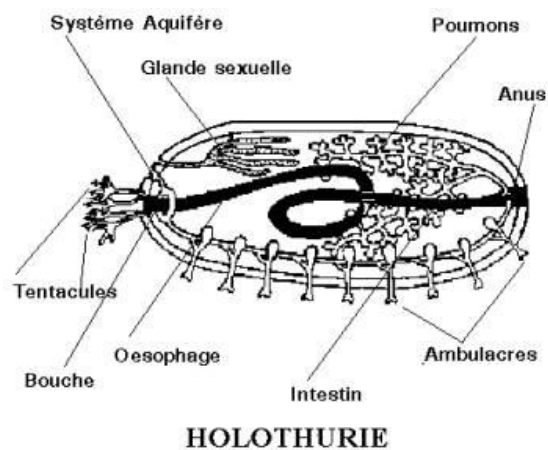


Figure 18 : *Holothuria tubulosa*

II.2.2.6.3.4. Organisation internes

L'anatomie interne d'une holothurie est relativement simple. Elle se caractérise par un tractus digestif, un système hémal, un organe arborescent (appelé improprement poumon) et un appareil reproducteur (Massin, 1980).

- **Cavité cœlomique :**

Représente la majorité du poids d'une holothurie. Elle contient le liquide cœlomique (Mezali ; 1998).

- **Organes arborescents :**

Ce sont les poumons, ils sont localisés au niveau de la partie antérieure de la cavité cœlomique et débouchent sur le coaque. Les arbres respiratoires peuvent se remplir de l'eau de mer qui pénètre par l'anus, elles fonctionnent dans la régulation de l'oxygène.

- **Organes génitaux :**

Ils se localisés dans la partie antérieure de la cavité cœlomique. Les sexes sont séparés, mais il existe dans certains cas des espèces hermaphrodites. La couleur des gonades se diffère selon le sexe (Mezali ,1998).

- **Appareil ambulacraire :**

C'est l'appareil de locomotion des holothuries. Il est composé d'un cercle aquifère ayant pour appendice la vésicule de poli .Celle-ci forme une partie du système vasculaire et se situe sur la face ventrale (Mezali, 1998).

- **Systèmes digestifs :**

Il débute par une bouche entourée généralement de 10 tentacules buccaux ramifiés. Il est fondamentalement caractérisée par une conduite tubulaire longue (Grasse, 1998 ; Feral et Massin, 1982b).

Cette conduite est ouverte par une bouche ventral plus ou moins ronde dans le centre de la membrane buccale, elle se termine par un anus terminal.

L'intestin montre une grande variation interspécifique. Le tractus digestif peut avoir des fonctions autres que la digestion et l'absorption. Il accumule les lipides et les protéines. Il est donc considéré comme un organe de stockage (Massin, 1980).

- **Anneau calcaire**

Formé d'articles solides dont les particularités de structure, de position, de mode d'insertion, de rapports entre eux, fournissent de bons caractères de classification.

- **Endosquelette :**

On reconnaît les holothuries par l'existence d'un squelette dermique ou endosquelette qui conserve chez l'adulte un état embryonnaire (Mezali, 1998 ; Mezali et al., 2003) . Leur squelette est formé d'ossicules à l'intérieur du derme appelés sclérotés. Ces sclérotés ont formes variées, utilisées dans la classification des différentes espèces.

- **Tentacules :**

La bouche est entourée de tentacules ramifié. Les tentacules buccaux correspondant à une modification des pieds ambulacraires « podia » hautement contractile. Chaque tentacule est selon les pièces digitées, pelletée, Pelton-digitée ou pennée : Ces tentacules servant à collecter la nourriture sur le fond (Koehler, 1921).

- **Bouche :**

C'est un organe très puissant et précis, qui occupe la face inférieure peut être entaillé par dix scissure buccales.

II.2.2.7. Rôle écologique, biologique et pharmaceutique des Holothuries Aspidochirotes

II.2.2.7.1. Rôle écologique :

Les concombres de mer sont des espèces importantes dans la chaîne alimentaire des écosystèmes tempérés et des récifs coralliens à différents niveaux trophiques (Mezali, 2004).

Elles jouent un rôle important :

- Dans le « détritus FOOD WEB » ;
- Dans l'oxygénation du sédiment du fond marin ;
- Elle participe activement au recyclage de la matière organique par ingestion de sédiment (Francour, 1990) ;
- On les a considérées comme des vers marins ;
- Elles déterminent la structure de l'habitat d'autres espèces ;
- Elles sont également suspensivores et capturent des particules en suspension grâce à leurs tentacules labiaux ;
- Elles consomment les détritus et participent à la biodégradation de la matière organique (Mezali et al., 2003) ;
- Elles représentent la composante majeure du compartiment benthique de l'écosystème à *Posidonia oceanica* de la Méditerranée (Charbonnier, 1958 ; Harmeleur et al., 1980 ; Francour, 1984 ; Coulon et Jangoux, 1993).

II.2.2.7.2. Rôle pharmaceutique

Elles sont considérées comme aphrodisiaque dans la médecine chinoise. « Antibactériennes, anti-inflammatoires et certains composés issus des holothuries peuvent être utilisés comme un traitement de certaines formes de cancer ».

II.2.2.7.3. Rôle biologique

Les Holothuries Aspidochirotes constituent un biotope pour des petites crustacées, des gastéropodes et même une petite espèce de poisson (*Carapus acus*). Certaines Holothuries Méditerranéennes accueillent le poisson *Carapus acus*. Ces poissons sont à demi parasites car leurs embryons mangent les gonades des Holothuries.

Dans l'Océan indien, *Fierasfer bermudiensis* est un poisson qui vit sur l'holothurie *Actinopyga agassizii*, qui l'empêche de rentrer dans son corps en relâchant des sécrétions toxiques qui peuvent même le tuer.

II.2.2.7.4. Moyens de défense

Les Holothuries lâchant des tubes de Cuvier pour se défendre d'une éventuelle attaque.

II.2.2.7.5. Toxines

Les holothuries ont la particularité de dégager en permanence des toxines appelées saponines. Ces toxines sont cytotoxiques et hémolytiques, donc dangereuses pour la plupart des poissons,

ces toxines sont présentes en plus ou moins grande quantité et plus ou moins efficaces (DOIGNON et al ,2003).

II.2.2.8. Alimentation

Les holothuries connaissent trois sources de nourriture :

- Plancton (Suspensivorie)
- Détritus (Détritivorie)
- Matériel organique des sédiments de fond (dépositivorie)

La forme des tentacules est généralement adaptée au régime et au calibre des particules à ingérer. Les espèces suspensivores ont ainsi le plus souvent de grands tentacules arborescents, destinés à maximiser la surface de filtrage, alors que les espèces se nourrissant dans des substrats grossiers auront plus souvent besoin de tentacules digités pour trier le matériel nutritif ; les espèces détritivores de substrats fins auront quant à elle souvent des tentacules plus courts, souvent peltés. Un seul spécimen peut avaler plus de 45 kg de sédiments par an, et leurs excellentes capacités digestives leur permettent de rejeter un sédiment fin, pur et homogène.

III.1. Prélèvement, transport et conservation des échantillons

Un examen bactériologique ne peut être valablement interprété que s'il est effectué sur un échantillon correctement prélevé dans un récipient stérilisé, selon un mode opératoire au laboratoire et analysé sans délai ou après une courte durée de conservation dans des conditions satisfaisantes (Rodier, 1997).

III.1.1. Prélèvement

L'étape d'échantillonnage influence directement la qualité des résultats analytiques obtenus. Des précautions élémentaires doivent être prises pour obtenir un échantillon représentatif afin de minimiser les risques associés à la contamination de l'échantillon par le préleveur et permettre le maintien de l'intégrité des échantillons. Les échantillons peuvent être contaminés par un manque de soins dans l'application des techniques d'échantillonnage. Ainsi, il incombe au préleveur de s'assurer de la qualité du prélèvement, de la conservation et du transport adéquat des échantillons avant qu'ils ne soient soumis à un laboratoire (C.E.A, 2006).

L'échantillonnage était mensuel et s'est étalé sur une période de plus d'une année, une dizaine d'holothuries sont récoltées mensuellement et une vingtaine d'oursins. Notre étude a porté sur 182 spécimens d'holothuries et 323 oursins au niveau des trois biotopes différents du point de vue position géographique et composante en faune et flore qui ont servi à la fois les analyses bactériologiques et les analyses métalliques des 3 sites étudiés.

III.1.2. Transport

Emballer soigneusement les échantillons pour éviter les bris ou déversement et utiliser des contenants d'expédition identifiés et adéquats pour le transport des échantillons.

S'assurer d'utiliser un service de transport fiable afin de maintenir les échantillons en bon état à l'intérieur des délais analytiques prescrits (C.E.A, 2006).

III.1.3. Conservation des échantillons

Tous les échantillons doivent être conservés à environ 4°C, ou être maintenus dans un environnement d'environ 4°C entre le moment du prélèvement et la réception au laboratoire (utiliser des glacières et des agents réfrigérants ou de la glace). Les glacières utilisées doivent être propres et réservées si possible à l'analyse de l'eau de baignade (C.E.A, 2006).

La conservation et le transport sont sous la responsabilité du préleveur et il est essentiel de travailler en étroite collaboration avec le laboratoire (C.E.A, 2006).

Finalement, la prise d'échantillons servant à l'analyse microbiologique doit être faite en portant une attention très particulière à la contamination par les mains, même si le préleveur s'est nettoyé les mains préalables. En effet, s'il faut prélever plus d'un échantillon, il faut toujours recueillir en premier lieu celui qui est destiné à l'analyse microbiologique et poursuivre avec celui destiné à l'analyse chimique afin d'éviter de plonger un récipient pour l'analyse microbiologique dans une eau contaminée prélevée (C.E.A, 2006).

III.1.4. Lieux de réalisation des analyses

Les analyses microbiologiques de l'eau de mer et des échantillons d'oursins ont été effectuées au niveau du laboratoire d'analyse de la qualité **AFAK** Control d'Oran.

III. 1.5. Objectif de l'analyse bactériologique

L'objectif de l'analyse bactériologique d'une eau n'est pas d'effectuer un inventaire de toutes les espèces présentes, mais de rechercher soit celles qui sont susceptibles d'être pathogènes, soit celles qui les accompagnent et qui sont en plus nombre, en particulier dans l'intestin de l'homme et sont par leur présence indicatrices d'une contamination fécale, a donc des maladies de l'homme et sont par leur présence indicatrices d'une contamination fécale, a donc des maladies associées au péril fécal (Bourahla et Diffalah, 2007).

L'analyse bactériologique de l'eau de mer est importante du point de vue du chimiste où il est intéressant de connaître la composition chimique exacte de l'eau de mer.

La recherche des espèces pathogènes tels que les Salmonelles conduit à la connaissance des zones de pollution dangereuse d'une part ; et permet d'évaluer la valeur du traitement d'une station d'épuration d'eaux d'égouts dont l'effluent tels les voisinages de plages de baignade doit pouvoir être débarrassé de tout germe pathogène avant son rejet dans le milieu naturel, d'autre part (Mouffok, 2001)

III.2. Echantillonnage

Chaque échantillon est accompagné des renseignements suivants :

- la date de prélèvement ;
- le numéro de l'échantillon ;
- l'origine de l'échantillon.

Transportés dans une glacière ; en vue de stabiliser qualitativement et quantitativement la flore microbienne présente au moment du prélèvement, les prélèvements sont acheminés dans les plus brefs délais au laboratoire où sont traités immédiatement.

III.2.1. Analyses

La norme NF EN ISO 6887 relatives à la suspension mère et dilutions décimales est utilisée pour la réparation des dilutions. Ainsi 25 g sont prélevés puis broyés avec 225 ml de TSE (Tryptone Sel Eau) pendant environ 2 minutes ce qui permet d'homogénéiser l'échantillon et de détacher les microorganismes. Cette suspension constitue la dilution mère (DM) qui correspond à la dilution 10^{-1} . A partir de cette solution, des séries de dilutions décimales sont réalisées. En effet, 1 ml de la DM à 10^{-1} est transvasée dans un tube à essai contenant 9 ml de TSE pour obtenir la dilution 10^{-2} et ainsi de suite jusqu'à la dilution 10^{-6} .

III.2.1.1. Recherche et dénombrement de la flore aérobie mésophile totale (FAMT)

Selon la norme NF 08-051, 1 ml de la DM et de chaque dilution décimale est prélevé et est introduite dans une boîte de Pétri. Puis La gélose Plate Count Agar (PCA) préalablement fondue et refroidie est coulée dans la boîte.

Après homogénéisation et solidification, les boîtes sont incubées à 30°C pendant 72 heures. Les colonies blanchâtres ayant poussées en profondeur sont dénombrées.

III.2.1.2. Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux

Selon la norme NF ISO 4831, A partir de la DM et de chaque dilution porter aseptiquement 2 fois 1 ml dans deux boîtes de Pétri vides préparées à cet usage et numérotées. Compléter ensuite chaque boîte avec environ 20 ml de gélose au Désoxycholate à 1⁰/₀₀, fondue puis refroidie à 45±1°C.

Après homogénéisation et solidification une série de boîtes sera incubée à 37°C, pendant 24 à 48 h et servira à la recherche de Coliformes totaux, l'autre série sera incubée à 44°C pendant 24 à 48 h et servira à la recherche de Coliformes fécaux. Les colonies rouges roses ayant poussé en masse mais fluorescentes sont dénombrées.

III.2.1.3. Recherche et dénombrement de *Streptocoque fécaux* (la norme T 90- 411)

Des tubes de milieu Rothe sont ensemencés par 1 ml de la DM et les dilutions décimales à raison de trois tubes par dilution. Ces tubes sont incubés à 37 °C pendant 24 à 48 heures, les tubes présentant un trouble microbien sont considérées comme positifs et sont soumis au test de confirmation.

Après incubation les tubes positifs feront l'objet d'un repiquage dans des tubes de milieu EVA Litsky. L'incubation se fait à 37 °C pendant 24 heures et sont considérés comme positifs les tubes présentant à la fois un trouble microbien et une pastille blanchâtre ou violette au fond de tube. Les résultats obtenus sur l'ensemble des tubes sont converties en un nombre à trois chiffres ce qui permet de donner le NPP à l'aide de la table de Mac Grady.

III.2.1.4. Recherche et dénombrement des entérobactéries totales (norme NF ISO 7402)

1 ml de la DM et de chaque dilution décimale est ensemencé en masse dans 15 ml de milieu VRBG. L'incubation se fait à 37 °C pendant 24 à 48 heures. Les colonies des entérobactéries sont rouges ou roses violacées ayant un diamètre de 0.5 mm ou plus.

III.2.1.5. Recherche et dénombrement de *Staphylococcus aureus* (norme NF V 08- 014)

Pour la recherche de *Staphylococcus aureus* on utilise la méthode d'enrichissement sur milieu Chapman. Elle consiste à réaliser des ensemencements par 1 ml de chaque dilution et compris la DM dans des tubes contenant 10 ml de bouillon Chapman.

Après incubation à 37 °C pendant 24 à 48 heures les tubes positifs feront l'objet d'une confirmation par isolement sur gélose Chapman préalablement fondue et coulée en boîtes de Pétri. Ces boîtes seront incubées à 37 °C pendant 24 à 48 heures.

Les colonies caractéristiques de *Staphylococcus aureus* sont de tailles moyennes, lisses, brillantes et pigmentées en jaune.

III.2.1.6. Recherche de *Salmonella* (la norme AFNOR V 08-052)

La recherche de *Salmonella* nécessite plusieurs phases successives :

- le pré enrichissement s'effectue par ensemencement de 25 g de viande dans 225 ml d'eau peptonée tamponnée. Après homogénéisation, l'incubation à 37 °C pendant 16 à 20 heures.

- l'enrichissement se fait par repiquage de 0.1 ml dans le milieu Rappaport-Vassiliadis. L'incubation se fait à 37 °C pendant 24 heures.

- l'isolement consiste à semer des milieux sélectifs qui sont la gélose Hektoen et la gélose SS à partir des tubes Rappaport-Vassiliadis positifs puis incubé à 24 heures à 37°C.

III.2.2. Méthode d'interprétation

Les critères utilisés pour l'interprétation des résultats obtenus sont selon les normes Algériennes relatives à la qualité de l'eau de consommation humaine (décret exécutif n° 11-125 Journal Officiel N°18 du 23 mars 2011). Aussi Selon les valeurs guides de l'OMS, 2005. Et la norme AFNOR (Associations Française de Normalisation).

Selon le Journal Officiel de la République Algérienne N° 18 correspondant au 23 mars 2011, l'interprétation des résultats dérive d'un plan à 3 classes et s'effectue de la façon suivante :

➤ Satisfaisant : les valeurs déterminées sont inférieures à la norme ou inférieures à 3 fois la norme lors de la numération en milieu solide ou à 10 fois la norme (voir tableau annexe IV), lors de l'emploi d'un milieu liquide.

➤ Acceptable : les valeurs déterminées sont comprises entre 3 fois la norme et 10 fois la norme en milieu solide ou entre 10 fois la norme et 30 fois la norme en milieu liquide.

➤ Non satisfaisant : les valeurs sont supérieures à 10 fois la norme en milieu solide et 30 fois la norme (voir tableau annexe IV), en milieu liquide ou présence de Salmonelle.

Un échantillon est considéré satisfaisant, lorsque tous les résultats soient satisfaisants. Et un échantillon est non satisfaisant lorsqu'au moins un seul des résultats de l'échantillon est non satisfaisant ou la somme des résultats est satisfaisant avec 3 résultats acceptables. Pour la mention acceptable il faut qu'au moins un résultat soit acceptable et la somme des autres satisfaisants.

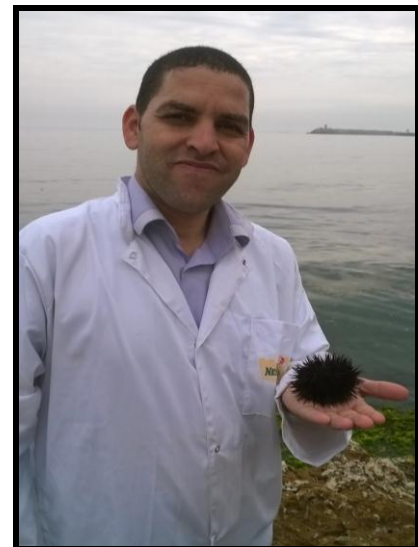


Figure 19 : Echantillonnage de l'oursin *Paracentrotus lividus*, photo prise par BELBACHIR N., 2016

III.2.3. Eau de mer

Les principaux aspects dont il faut tenir compte pour obtenir un échantillon d'eau représentatif sont les suivant (OMS, 1995).

- La sélection du point convenable pour l'échantillonnage (zone proche des rejets d'eau usée),
- Le strict respect des procédures d'échantillonnage ;

- L'identification complète de l'échantillon (le nombre d'échantillons d'eau de mer qui ont servi à la fois l'analyse microbiologique et métallique est de 12 échantillons de 1000 ml pour chaque site étudié).
- La conservation de l'échantillon vers le laboratoire.

III.2.3.1. Point d'échantillonnage

Les méthodes de références pour l'étude de la pollution marine préparées par la PNUE en 1975, la directive 76/160 de la CEE (1976), et d'autres guides régionaux de surveillance comme le REMPAC en 1985, recommandent que les échantillons soient prélevés de 20 à 30 cm en dessous du niveau de l'eau.

III.2.3.2. Modes et méthodes de prélèvement

Nous avons utilisé la méthode la plus simple qui consiste à tenir la bouteille stérile près de sa base, de l'introduire sous la surface de l'eau et de retirer son bouchon afin de pouvoir la remplir d'eau à la profondeur désirée. La bouteille est poussée doucement dans l'eau pendant le remplissage pour éviter toute contamination de la main. Une fois la bouteille pleine, elle est fermée immédiatement, conservée à l'abri de la lumière et de la chaleur (in Khelil, 2007).

Les bactéries se fixent par adsorption aux particules et aux parois internes de la bouteille d'échantillon. Un espace suffisant doit donc être laissé dans la bouteille d'échantillon lors du prélèvement afin de permettre le mélange avant l'analyse. Il est recommandé d'obtenir un échantillon d'un volume de 1000 ml. La bouteille a été convenablement identifiée, conservée à l'abri de la lumière et de la chaleur de préférence dans une glacière (température proche de 4 °C pendant le transport). Les échantillons sont analysés dans les deux heures qui suivent leur réception au laboratoire afin d'assurer la qualité et la validité des résultats (in Khelil, 2007).

Une fois le prélèvement effectué, il est important de la diriger le plus rapidement possible au laboratoire, normalement en moins de 4 heures (in Khelil, 2007).

III.2.4. Oursin

III.2.4.1. Préparation des échantillons (homogénat d'oursin)

Peser deux fois 25 g de chair et liquide intervalvaire dans une boîte de pétri avec une balance à précision.

Introduire aseptiquement les 25 g de chair plus le liquide intervalvaire des oursins à analyser dans un sachet stérile de type stomacher contenant au préalable 225 ml de diluant soit le TSE (Tryptone Sel Eau) (Mouffok, 2001).



Figure 20 : Balance de pesée de la chair de l'oursin



Figure 21 : Agitateur (Stomacher)

Cette suspension constitue la dilution mère (DM) qui correspond donc à la dilution 1/10.

Introduire ensuite aseptiquement à l'aide d'une pipette en verre graduée et stérile, 1 ml de la DM dans un tube à vis contenant au préalable 9 ml du même diluant, cette dilution est alors au 1/100 et de la même façon introduire 1 ml de la dilution 1/100 dans un tube à vis contenant au préalable 9 ml du même diluant, pour obtenir la dilution 1/1000.

En général, on prélève deux fois 25 grammes :

- Les premiers serviront à l'analyse bactériologique courante ;
- Les seconds serviront à la recherche de *Salmonelles*.

III.3. Analyses bactériologiques

Les analyses bactériologiques de ce travail ont consisté à la recherche de germes-tests et pathogènes suivants :

- Germes aérobies mésophiles totaux (G.A.M.T) ;
- Coliformes totaux ;
- Coliformes fécaux ;
- Streptocoques fécaux ;
- Staphylococcus aureus ;
- Salmonella.

La technique du NPP (Nombre le plus probable) en milieu liquide fait appel à deux tests consécutifs à savoir :

- Le test de présomption : réservé à la recherche des Coliformes totaux.

- Le test de confirmation : appelé encore test de Mac Kenzie est réservé à la recherche des Coliformes fécaux à partir des réactions positives du test de présomption.

III.3.1. Recherche et dénombrement des germes aérobies mésophiles totaux (GAMT)

A partir des dilutions décimales allant de 1/100.000 à 1/10 voire 1, porter aseptiquement 1 ml dans une boîte de pétri vide préparée à cet usage et numérotée.

Compléter ensuite avec environ 20 ml de gélose PCA ou TDYM fondue puis refroidie à 45 °C + ou – 1°C : le choix des milieux dépend de la nature des denrées à analyser. On utilise généralement la gélose PCA pour les laits et produits laitiers et la gélose TDYM pour les autres denrées.

Faire ensuite des mouvements circulaires en forme de « 8 » pour permettre à l'inoculum de se mélanger à la gélose utilisée.

Laisser solidifier sur paillasse, puis rajouter une deuxième fine couche de la même gélose ou de gélose blanche. Cette double couche a un rôle protecteur contre les contaminations diverses.

- **Incubation**

Les boîtes seront incubées couvercle en bas à 30°C pendant 72 heures avec : première lecture à 24 heures, deuxième lecture à 48 heures, et troisième lecture à 72 heures.

- **Lecture**

Les colonies de G.A.M.T se présentent sous forme lenticulaire en masse.

- **Dénombrement**

Il s'agit de compter toutes les colonies ayant poussé sur les boîtes en tenant compte des facteurs suivants :

- Ne dénombrer que les boîtes contenant entre 15 et 300 colonies,
- Multiplier toujours le nombre trouvé par l'inverse de sa dilution,
- Faire ensuite la moyenne arithmétique des colonies entre les différentes dilutions.

III.3.2. Recherche et dénombrement des coliformes

III.3.2.1. Coliformes totaux

Le terme Coliforme correspond à des organismes en bâtonnets, non sporogènes, à coloration de Gram négatif, oxydase négative, aérobies ou facultativement anaérobies, capables de croître en présence de sels biliaires, et capables de fermenter le lactose avec production d'acide et d'aldéhyde en 48 heures, à des températures de 35°C à 37°C (Rodier, 1996).

- **Principe**

Les Coliformes totaux sont utilisés depuis très longtemps comme indicateurs de la qualité microbienne de l'eau parce qu'ils peuvent être indirectement associés à une pollution d'origine fécale. Les principaux genres inclus dans le groupe sont :

Citrobacter, Enterobacter, Escherichia, Klabsiella et Serratia. La presque totalité de espèces sont non pathogènes et ne représentent pas risque direct pour la santé (OMS, 2000) à l'exception de certaines souches d'*Escherichia coli*, ainsi que de rares bactéries pathogènes opportunistes (OMS, 2000).

- **Mode opératoire**

La technique du NPP (Nombre le Plus Probable) en milieu liquide fait appel à deux tests consécutifs à savoir :

- Le test de présomption : réservé à la recherche des coliformes totaux.
- Le test de confirmation : appelé encore test de Mac Kenzie est réservé à la recherche des Coliformes fécaux à partir des réactions positives du test de présomption.

- **Test présomptif**

Ce test est effectué en utilisant le bouillon lactosé au pourpre de bromocrésol (bouillon BCPL) pour l'analyse de l'eau et le bouillon lactosé bilié au vert brillant (bouillon VBL) pour l'analyse des oursins, tous les tubes sont munis de cloches de Durham pour déceler le dégagement éventuel de gaz dans le milieu (plus de 1/10 du volume de la cloche).

III.3.2.1.1. Eau de mer

En utilisant des pipettes stériles, on ensemence :

- 1 flacon de 50 ml de bouillon BCPL., à double concentration (D/C), avec 50 ml d'eau de mer.
- 5 tubes de 10 ml de bouillon BCPL., à double concentration (D/C), avec 10 ml d'eau de mer.
- 5 tubes de 10 ml de bouillon BCPL., à simple concentration (S/C), avec 1 ml d'eau de mer.
- 5 tubes de 10 ml de bouillon BCPL., à simple concentration (S/C), avec 0.1 ml d'eau de mer.
- Incubation : l'incubation se fait à 37°C pendant 48 heures.
- Lecture : sont considérés comme positifs, les tubes présentant à la fois :
 - Un dégagement gazeux (supérieur au 1/10 de la cloche).
 - Un trouble microbien accompagné d'un virage du milieu au jaune.

Ces deux caractères étant témoins de la fermentation du lactose présent dans le milieu.

Noter le nombre de tubes positifs dans chaque série et reporter aux tables de NPP pour obtenir le nombre de Coliformes totaux présents dans 100 ml de l'eau de mer.

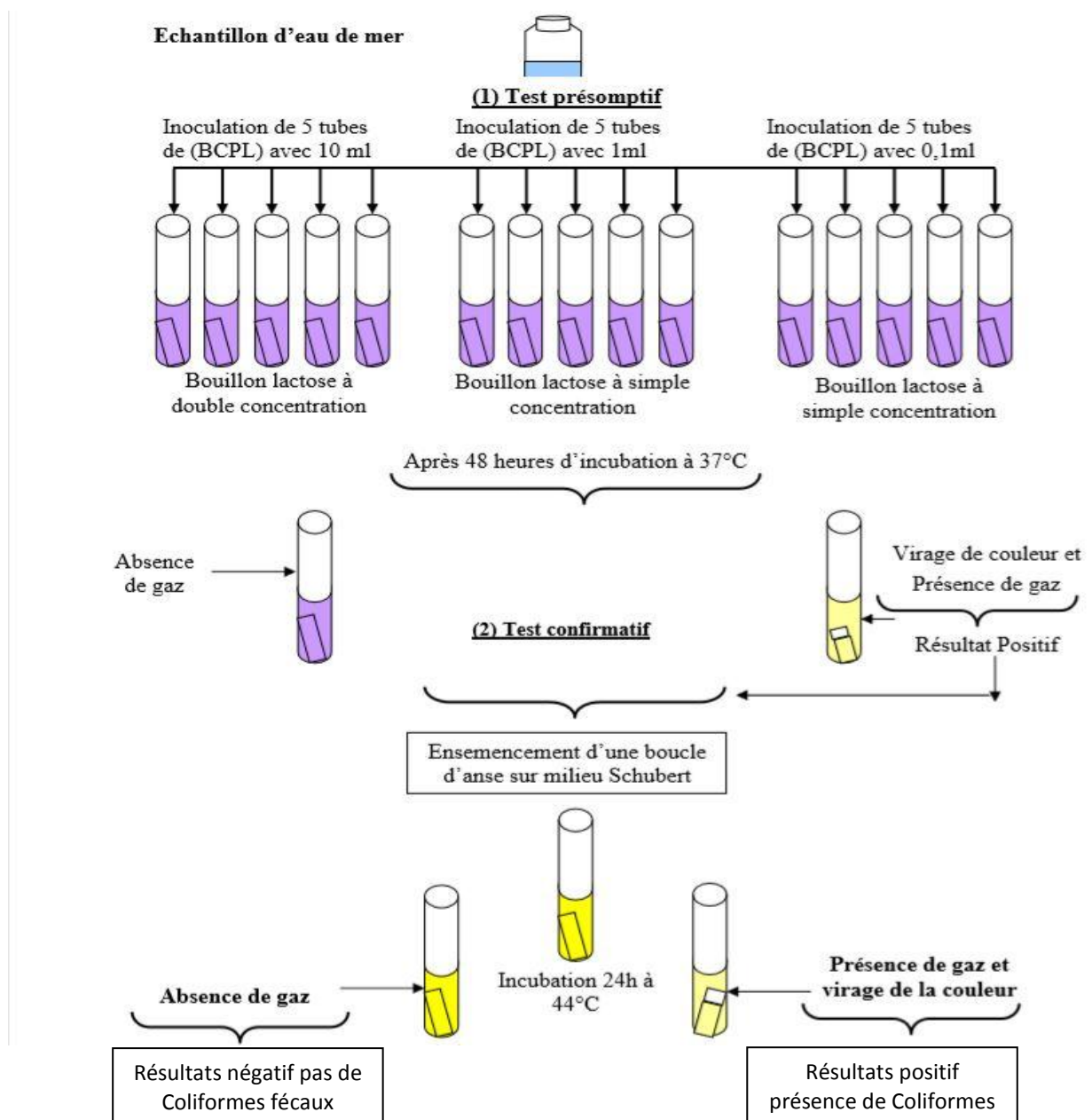


Figure 22 : Différente étapes à réaliser pour le dénombrement des Coliformes dans l'eau de mer.

III.3.2.1.2. Homogénat des oursins

Préparer dans un portoir une série de tubes contenant le milieu sélectif VBL (bouillon lactosé bilié au vert brillant) à raison de trois par dilution.

A partir des dilutions décimales 1/1000 à 1/10 voire 1, porter aseptiquement 1 ml dans chacun des trois tubes correspondant à une dilution donnée.

Chassez le gaz présent éventuellement dans les cloches de Durham et bien mélangé le milieu et l'inoculum.

- Incubation : l'incubation se fait à 37°C pendant 24 à 48 heures.
- Lecture : sont considérés comme positifs les tubes présentant à la fois :
 - Un dégagement gazeux (supérieur au 1/10 de la hauteur de cloche).
 - Un trouble microbien accompagné d'un virage du milieu au jaune (ce qui constitue le témoin de la fermentation du lactose dans les tables de Mac Grady).

III.3.2.2. Recherche des Coliformes fécaux (test confirmatif)

Les Coliformes fécaux ou Coliformes thermotolérants, sont un sous-groupe des Coliformes totaux capables de fermenter le lactose à une température de lactose à une température de 44,5°C.

L'espèce la plus fréquemment associée à ce groupe bactérien est *Escherichia coli* (*E.coli*) et dans une moindre mesure, certaines espèces des genres *Citrobacter*, *Enterobacter* et *Klasiella*. La bactérie *E.coli* représente toutefois 80 à 90% des Coliformes thermotolérants détectés. Bien que la présence de Coliforme fécaux témoigne habituellement d'une contamination d'origine fécale. Plusieurs Coliformes fécaux ne sont pas d'origine fécale, provenant plutôt d'eaux enrichies en matières organiques tels les effluents industriels du secteur des pâtes et papier, ou de la transformation alimentaire (OMS, 2000). C'est pourquoi, il serait plus approprié d'utiliser le terme générique Coliformes thermotolérants plutôt que celui de Coliformes fécaux. L'intérêt de la détection de ces Coliforme, à titre d'organismes indicateurs, réside dans le fait que leur survie dans l'environnement est généralement proportionnelle au degré de pollution produite par les matières fécales.

III.3.2.2.1. Eau de mer

A partir de chaque tube positif de bouillon lactosé (BCPL) pour la recherche des Coliformes fécaux, nous avons ensemencé 2 à 3 gouttes dans un milieu de Schubert muni d'une cloche de Durham, les placer dans une étuve à 44°C pendant 24 heures. Les tubes qui présentent un trouble bactérien et un dégagement de gaz dans la cloche de Durham confirment la présence de Coliformes fécaux.

Les tubes positifs de bouillon de Schubert, additionnés au réactif de KOVACS, donnant un anneau rouge cerise témoignent de la production d'indole, donc de la présence d'*Escherichia coli*.

Noter le nombre de tubes positifs dans chaque série et reporter aux tables de NPP pour obtenir le nombre de Coliformes fécaux présent dans 100 ml de l'échantillon.

III.3.2.2.2. Homogénat des oursins

Les tubes de VBL trouvé positifs lors du dénombrement des Coliformes totaux feront l'objet d'un repiquage à l'aide d'une pipette pasteur :

- Un autre tube de VBL muni d'une cloche et ;
- Un tube d'eau peptonée exempte d'indole.

Chasser le gaz présent éventuellement dans les cloches de Durham et bien mélanger le milieu et l'inoculum.

- L'incubation se fait à 44°C pendant 24 heures, sont considérés comme positifs, les tubes présentant à la fois :
 - Un dégagement gazeux dans les tubes de VBL ;
 - Un anneau rouge en surface, témoin de production d'indole par *Escherichia coli* après adjonction de 2 à 3 gouttes du réactif du Kovacs dans le tube d'eau peptoné exempt d'indole.
- Lecture : la lecture finale s'effectue également selon les prescriptions de la table de Mac Grady en tenant compte du fait qu'*Escherichia coli* est à la fois producteur de gaz et d'indole à 44°C.

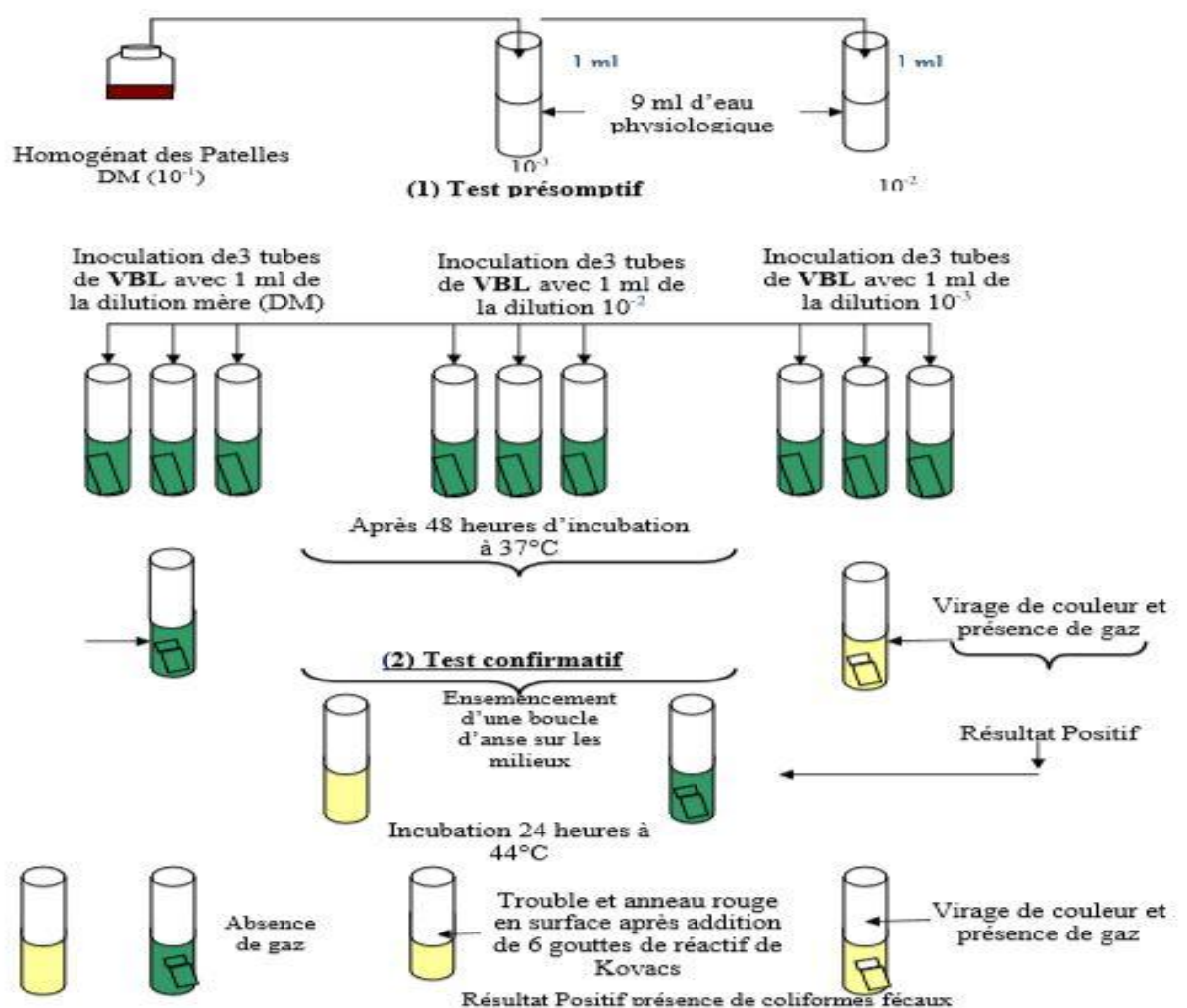


Figure 23 : Différentes étapes à établir pour le dénombrement des Coliformes dans les oursins.

III.3.3. Le dénombrement des Streptocoques fécaux

Les Streptocoques fécaux sont des cocci Gram positif groupés typiquement en chaînettes plus au moins longues. Ce sont des germes anaérobies facultatifs, généralement micro aérophiles et très exigeants au point de vue nutritionnel. Ils se développent bien à 37°C.

- Principe

Le dénombrement des Streptocoques fécaux présumés et rarement effectué indépendamment des dénombrements des Coliformes fécaux présumés. Leur recherche associée à celle des Coliformes fécaux. Constitue un bon indice de contamination fécale. Ils témoignent d'une contamination d'origine fécale récente. Les Streptocoques fécaux possèdent la substance (acide teichoïque) antigénique caractéristique du groupe D de LANCEFIELD ; c'est-à-dire essentiellement : *Enterococcus faecalis*, *Enterococcus faecium*, *Enterococcus durans*, *Streptococcus bovis* (Rodier, 1996).

- Mode opératoire

La recherche des Streptocoques fécaux ou Streptocoques du Groupe D, se fait en milieu liquide par la technique du NPP. Cette technique fait appel à deux tests consécutivement à savoir :

- Le test de présomption : qui se réalise sur un milieu de Rothe.
- Le test de confirmation : qui se fait sur un milieu Eva Lytski.

- Le test de présomption

III.3.3.1. Eau de mer

La recherche se fait en bouillon à l'azide de sodium (bouillon de Rothe). En utilisant des pipettes stériles, on ensemence :

- 1 flacon de 50 ml de bouillon Rothe à double concentration (D/C), avec 50 ml d'eau de mer.
- 5 tubes de 10 ml de bouillon Rothe à double concentration (D /C), avec 10 ml d'eau de mer.
- 5 tubes de 10 ml de bouillon Rothe à simple concentration (S /C), avec 1 ml d'eau de mer.
- 5 tubes de 10 ml de bouillon Rothe à simple concentration (S /C), avec 0,1 ml d'eau de mer.

On incube les tubes à 37° C et les examiner après 48 heures. Les tubes présentant un trouble microbien pendant cette phase sont présumés contenir un Streptocoque fécal et sont soumis au test confirmatif.

III.3.3.2. Homogénat des oursins

Préparer dans un portoir une série de tubes contenant le milieu sélectif de Roth S/C à raison de trois tubes par dilution.

A partir de la dilution décimale 1/1000 à 1/10 voire 1, porter aseptiquement 1 ml dans chacun des trois tubes correspondant a une dilution donnée. Bien mélanger l'inoculum dans le milieu.

- **Incubation** : l'incubation se fait à 37 ° C pendant 24 heures.
- **Lecture** : sont considérés comme positifs, les tubes présentant un trouble microbien. Aucun dénombrement ne se fait à ce stade, les tubes positifs feront l'objet d'un repiquage.
- **Test de confirmation**
- **Eau de mer**

Après agitation des tubes positifs, prélever de chacun successivement quelques gouttes avec pipette pasteur, et les reporter dans des tubes de Litsky à l'éthyl violet et acide de sodium. Après incubation à 37°C pendant 24 heures, tous les tubes présentant une culture et un jaunissement seront considérés comme positifs. On note généralement la présence dans le fond des tubes d'une pastille blanche.

Noter le nombre de tubes positifs dans chaque série et se reporter aux tables de NPP pour connaître le nombre de Streptocoques fécaux présent dans 100 ml de l'échantillon.

- **Homogénat des oursins**

Chaque tube de Rothe positif fera donc l'objet d'un repiquage à l'aide d'une anse bouclée sue tube contenant le milieu Eva Lytski.

Bien mélanger l'inoculum dans le milieu. Incuber à 37°C pendant 24 heures.

Sont considérés comme positifs les tubes d'Eva présentant à la fois :

- Un trouble microbien.
- Une pastille blanchâtre.
- Le nombre de Streptocoques fécaux est exprimé par le NPP selon la table de Mac Grady.

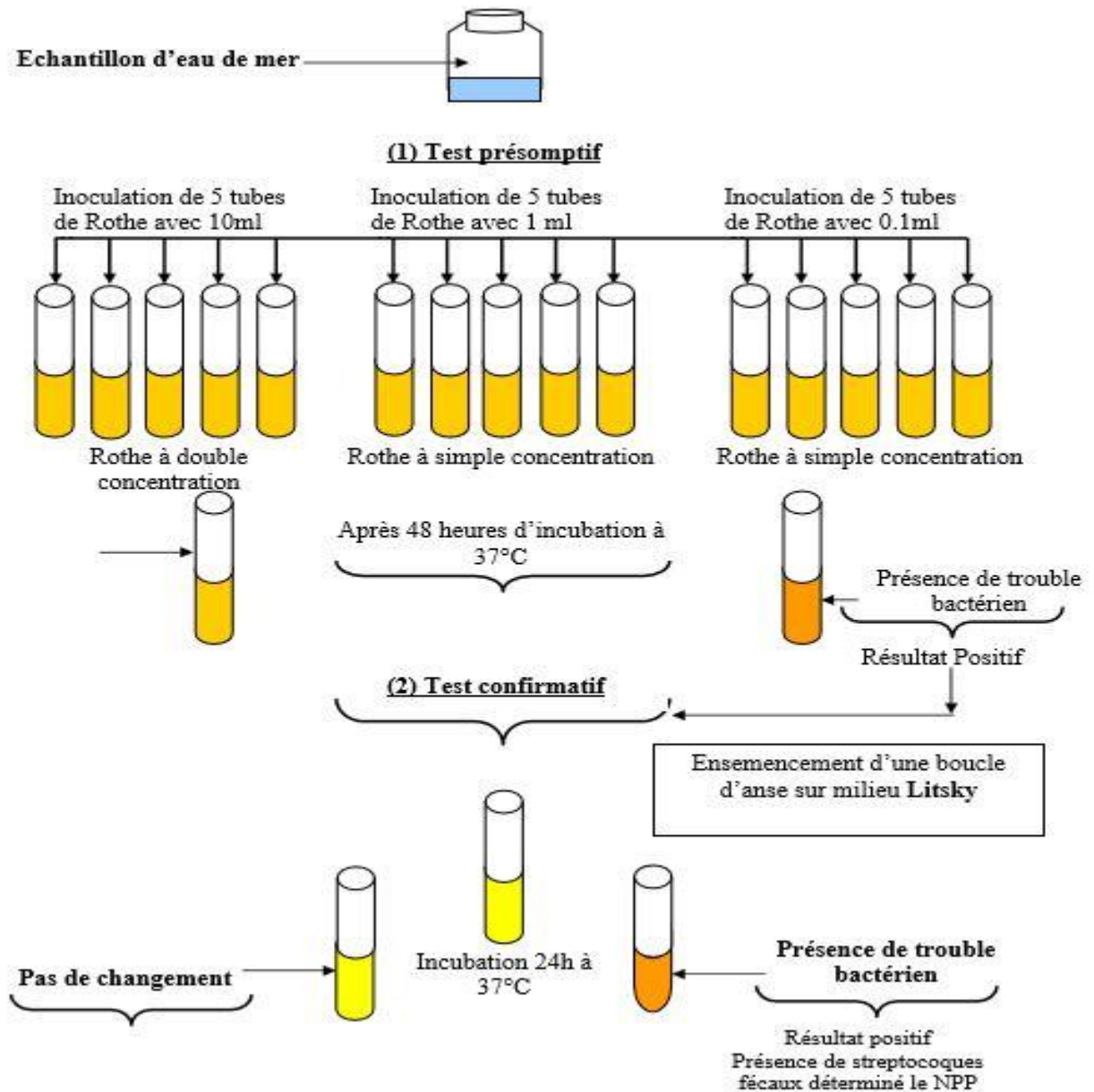


Figure 24 : Différentes étapes à établir pour le dénombrement des Streptocoques fécaux.

III.3.4. Recherche de *Salmonella*

Les Salmonelles appartiennent à la famille des Enterobacteriaceae, se présentent sous la forme de bâtonnets gram négatifs, lactose négatif et oxydase négatif mais catalase positif. Les Salmonelles vivent dans les excréments, l'air humide, les eaux d'égouts et les eaux superficielles.

III.3.4.1. Eau de mer

La recherche de *Salmonella* comporte plusieurs étapes :

- **Enrichissement** : On prend deux flacons de milieu liquide de SFB (sélénite de sodium) à double concentration et on ensemence chacun des flacons avec 100 ml d'eau de mer à analyser puis les incubent à 37°C pendant 24 heures.

- **Isolement** : Deux séries d'isolement de chaque flacon SFB chacune sur deux boîtes de deux milieux différents gélose *Salmonelle-Shigella* et gélose Héktoen, ces boîtes sont incubées à 37°C pendant 24 à 48 heures.
- **Lecture** : / sur gélose Héktoen :
 - Des colonies jaune saumon : *E.coli*, *Citrobacter*, *Klebsiella*, *Enterobacter*, *Serratia* et *Arizona* ;
 - Des colonies jaune saumon à centre noir : *Citrobacter freundii*, *Proteus vulgaris* ;
 - Des colonies bleues ou verte à centre noir : *Proteus mirabilis* et *Salmonella*
 - Des colonies bleuâtre ou vertes : *Schigella* et *Salmonella* à H₂S négatif. /Des petites colonies bleu brunâtres ou vertes : *Pseudomonas putrefaciens* ;
 - Des colonies jaune rosé : *Vibrio cholérique*.
- / sur gélose *Salomella-Schigella*
 - Des colonies rouges : *Enterobacter*, *Klebsiella* et autres Coliformes tels que *E.coli* ;
 - Des colonies incolores à centre noir : *Salmonella* à H₂S positif, *Proteus vulgarise* *Proteus mirabilis* ;
 - Des colonies incolores transparentes : *Salmonella* à H₂S négatif, *Schigella* et *Serrtia* ;
 - Des colonies à centre orangé : *Proteus rettgeri*, *Providencia* ;
 - Des colonies rouge à centre noir : *Citrobacter freundii*, *Arizona* (Rodier, 1996).
- **Identification biochimique** : Toutes les colonies caractéristiques feront l'objet d'une identification biochimique qui se déroule comme suit :
- **Coloration de Gram** : Gram (-) apparaissent en rouge.
- **Ensemencement d'un TSI** : Prélever au fil droit une colonie à partir de la gélose d'isolement. Ensemencer la surface du milieu de TSI par une série, et le culot par une piquûre centrale. Incuber à 24°C, le culot du milieu de TSI doit être jaune (fermentation du glucose) et la pente rouge (absence de fermentation du lactose ou du saccharose). Un noircissement partiel ou total (gênant parfois les lectures tardives) témoigne de formation d'hydrogène sulfuré ; l'apparition de bulles dans le culot montre la formation de gaz à partir du glucose.
- **Recherche de l'oxydase** qui doit etre negative. Meme principe que pour la recherche de l'oxydase sauf d'on doit introduire un disque imprégné d'orthonitrophényl B-D-galactosidase (O.N.P.G). incuber à 37 °C pendant 20 min à 24 heures.une reaction positive se traduit par l'aparition d'une coloration jaune correspondant à l'hydrolyse de l'O.N.P.G donnant du galactose.

- **Recherche de l'uréase, du tryptophane désaminase (TDA) et de l'indole**

Le milieu urée indole Fergusson permet d'étudier simultanément ces trois caractères.

Ce milieu liquide est réparti en tubes à hémolyse et ensemencé à partir d'une culture sur milieu de TSI. Après incubation à 37° C pendant 24 heures, localisation du milieu qui vire au rouge traduit la présence d'une uréase.

La présence de tryptophane désaminase se recherche en ajoutant a quelques gouttes du milieu de Fergusson une goutte de perchlorure de fer 1/ 3. La désamination se traduit par une coloration rouge brun ;

La présence d'indole se recherche en ajoutant au milieu de Fergusson 5 à 6 gouttes de réactif d'Erlich- Kovacs : la formation d'un anneau rouge témoigne la présence d'indole.

- **Recherche de l'ornithine décarboxylase (ODC), lysine décarboxylase (LDC), et l'arginine dihydrolase (ADD)**

Ensemencer avec la culture pure & étudier le milieu de Muller à l'ornithine, à la lysine, à l'arginine et la base du milieu servant de témoin. Introduire 1 ml d'huile de paraffine stérile pour réaliser une anaérobiose relative. Incuber à 37°C pendant 24 heures (il est préférable que l'incubation dure jusqu'à 4 jours). La réaction est positive lorsqu'il y a alcalinisation et virage au violet de l'indicateur de pH alors que le milieu témoin demeure jaune.

- **Recherche de la mobilité**

Ensemencer le milieu (manitol-mobilité) en pure centrale. Incuber à 37°C pendant 24 heures. Si elles sont mobiles, les bactéries diffusent à partir de la ligne d'ensemencement. La dégradation du manitol aboutit à la formation d'acide acétique et acide formique et se traduit par un virage au jaune.

- **Recherche de l'utilisation du citrate**

Elle est testée par culture sur les milieux gélosés au citrate de Simmons inclinés contenant un indicateur coloré (bleu de bromothymol). Ce milieu est ensemencé en stries et incubé à 37°C. Toute multiplication cellulaire implique l'utilisation du citrate (la seule source de carbone). Cette croissance s'accompagne fréquemment d'une alcalinisation qui se traduit par le virage au bleu de l'indicateur.

- **Réaction RM-VP (Rouge de Méthyle et Voges-Proskauer)**

- **La réaction au rouge de méthyle** : Prélever 1 ml du milieu incubé, ajouter 2 gouttes d'une solution de rouge de méthyle à 0,5% dans l'alcool à 60°. Une teinte rouge correspond à une réaction positive, une teinte jaune à une réaction négative.

- **Recherche de l'acétoïne** : Ajouter à 1 ml du milieu incubé (Clarks et Lubs) 0,5 d'une solution de alpha naphthol à 6% et 1 ml de solution d'hydroxyde de sodium à 16% dans l'eau distillée ; agiter énergiquement, l'acétoïne entraîne l'apparition au bout de 10 minutes une coloration rose.

- **Recherche de transformation de la phénylalanine en acide phénylpyruvique (APP)**
Introduire dans un tube à hémolyse, 4 gouttes de la solution de L-phénylalanine à 0,5% et 4 gouttes de solution tampon. Réaliser dans ce mélange une suspension épaisse d'une culture sur gélose nutritive. Agiter 10 minutes au moyen d'un agitateur mécanique. Ajouter une goutte de perchlorure de fer 1/3. Une réaction positive se traduit par une coloration verte.
- **Identification antigénique**
Cette dernière repose sur l'agglutination sur lame de verre, à partir des mêmes colonies pure repiquées sur gélose nutritive, à l'aide des sérums de groupes d'abord OMA, OMB.

III.3.4.2. Homogénat des oursins

Comme convenu dans la méthode de préparation de 1 homogénat des oursins, la recherche des *Salmonelles* nécessite une prise d'essai à part.

- Jour 1 : Pré-enrichissement

Prélever 25 g de produit à analyser dans un sachet stérile de type Stomacher contenant 225 ml d'eau peptonée.

Broyer cette suspension dans un broyeur de type Stomacher, la transporter dans un flacon stérile puis l'incuber à 37°C pendant 18 heures.

- Jour 2 : Enrichissement

L'enrichissement doit s'effectuer sur un milieu sélectif (milieu de sélénite SFB-Cystéine) à partir du milieu de pré-enrichissement puis incubation à «37°C pendant 24 heures.

- Jour 3 : Isolement

A partir du bouillon d'enrichissement, effectuer des isollements sur deux milieux différents. Incuber toutes les boîtes isolées à 37°C pendant 24 heures.

▪ **Lecture** : La salmonelle se présente, en général de la façon suivante :

- Colonies roses entourées d'une zone rouge sur gélose *Salmonelle-Shigella*.
- Colonies le plus souvent grise bleue à centre noir sur gélose Héktoen.

▪ **Identification** : Chaque colonie dont l'aspect est douteux ou suspecte doit être soumis à une confirmation par la microscopie photonique en réalisant la coloration de Gram, d'une part et par l'identification biochimique, d'autre part. La confirmation par l'identification sérologique.

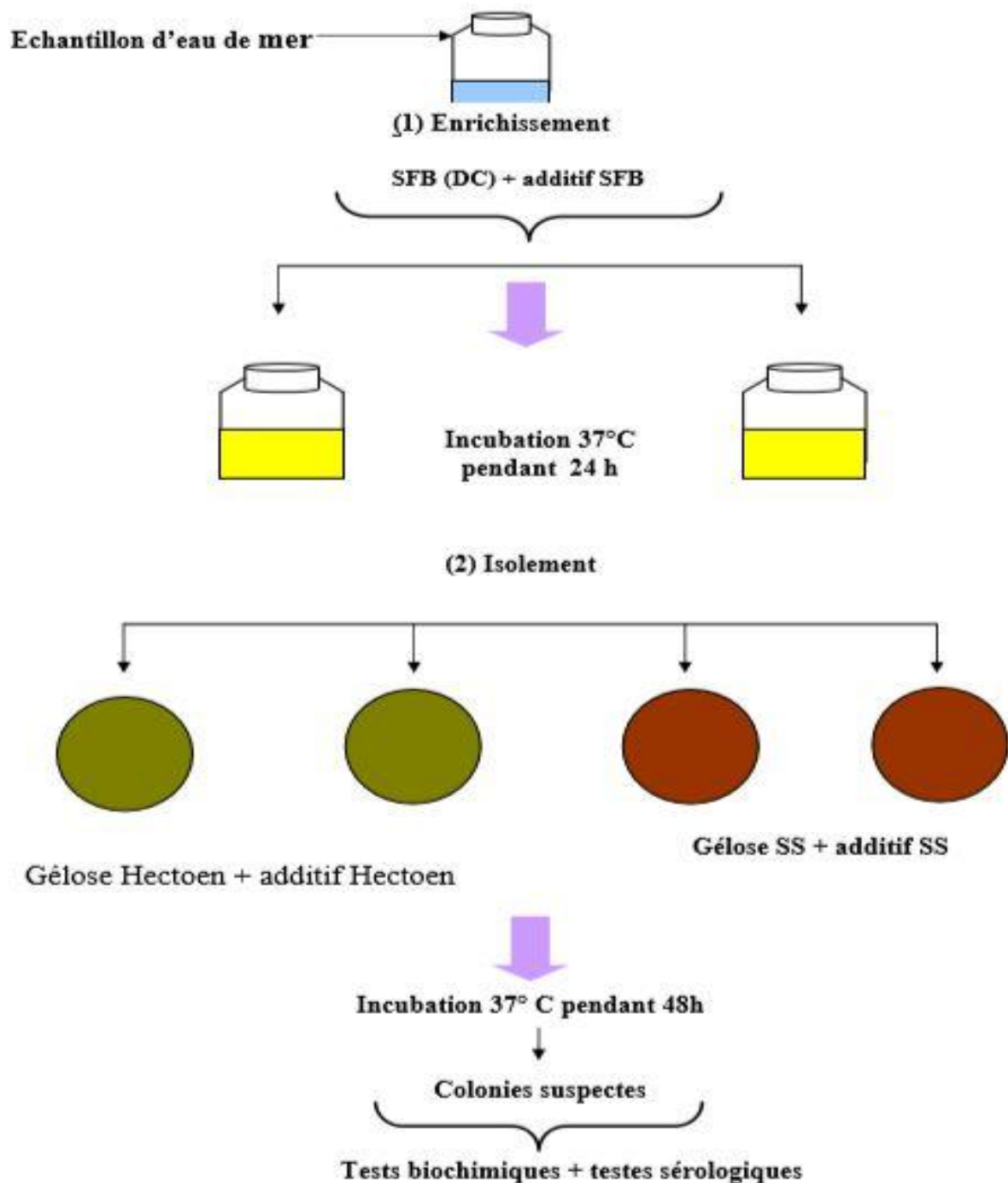


Figure 25 : Principe de recherche des Salmonelles

III.3.5. La recherche de *Staphylococcus aureus*

Les *Staphylococcus aureus* sont des bactéries Gram positives, non mobiles, aérobies, aérobies facultatifs. Elles se présentent sous forme de sphère d'un diamètre de 0.5 – 1 μ , et elles sont coagulase et catalase positives et résistent au sel et à plusieurs facteurs bactéricides (OMS/ PNUD, 1995).

➤ Principe

Selon la disponibilité des milieux de culture, trois techniques différentes sont recommandées pour la recherche de *Staphylococcus aureus* à savoir :

- Méthode de Baird Parke.
- Méthode d'enrichissement sur milieu Giolitti Cantonii.
- Méthode d'enrichissement sur milieu de chapman.

La méthode utilisée est celle d'enrichissement au milieu de Giolitti Cantonii ; la sélectivité de ce milieu est particulièrement élevée. Les conditions de croissance sont optimales pour les Staphylocoques alors que la flore d'accompagnement est presque inhibée.

Mode opératoire

- Préparation du milieu d'enrichissement

Au moment de l'emploi, ouvrir aseptiquement le flacon contenant le milieu Giolitti Cantonii pour y ajouter 15ml d'une solution de tellurite de potassium. Mélanger soigneusement le milieu est alors prêt à l'emploi, Ensemencement, Homogénat des oursins, Ensemencement.

A partir des solutions décimales retenues, porter aseptiquement 1ml par dilution dans un tube à vis stérile.

Ajouter par la suite environ 15ml du milieu d'enrichissement comme l'indique le schéma, bien mélanger le milieu et l'inoculum.

- Incubation : l'incubation se fait à 37 °C pendant 24 à 48 heures.
- Lecture : seront considérés comme positifs, les tubes ayant virés au noir.

Pour s'assurer qu'il s'agit d'un développement de *Staphylococcus aureus* ; ces tubes feront l'objet d'un isolement sur gélose Chapman préalablement fondue, coulée en boîtes de pétri et bien séchées.

Les boîtes de Chapman ainsi ensemencées seront incubées à leur tour à 37 °C pendant 24 à 48 heures.

Après ce délai, repérer les colonies suspectes à savoir les colonies de taille moyenne, lisses, brillantes, pigmentées en jaune et pourvues d'une catalase et d'une coagulase.

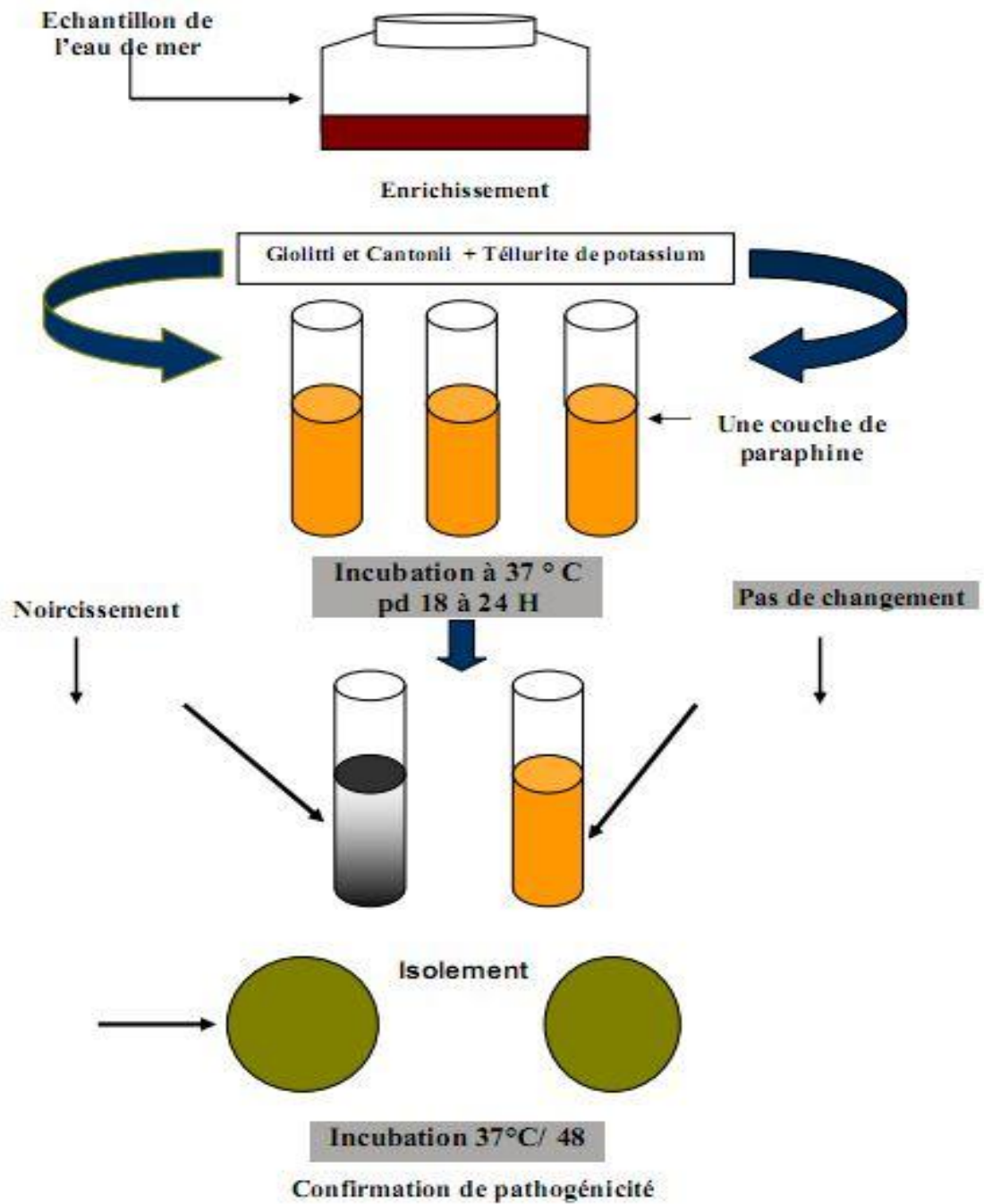


Figure 26 : Principe de recherche des *Staphylococcus aureus*

III.4. Analyses de dosage en métaux lourds

Le dosage des métaux est réalisé par la spectrophotométrie d'absorption atomique avec flamme (SAA). Cette méthode est appliquée pour les sédiments et pour le matériel biologique (Pinta *et al*, 1980).

Une solution contenant l'élément métallique à doser est injectée dans une flamme dans laquelle les éléments tendent à rester à l'état fondamental. Une radiation de longueur d'onde caractéristique de l'élément à doser provenant d'une lampe à cathode creuse est émise à travers la flamme. En absorbant cette énergie, les atomes passent à l'état excité. La baisse de l'intensité de la radiation due à l'absorption d'énergie est mesurée par un spectrophotomètre, et elle est fonction du nombre d'atomes présents sur le chemin de la radiation à tout moment (Delval, 1984). L'intensité de l'absorption dépend directement du nombre de particules absorbant la lumière selon la loi de Beer Lambert selon laquelle l'absorbance est proportionnelle au coefficient d'absorption spécifique a , au trajet optique b et à la concentration c .

$$A = abc$$

$$\text{Ou } A = \log I_0/I$$

I = intensité après absorption par les atomes

I_0 = intensité initiale de la source lumineuse

Cependant en pratique, cette relation n'est pas toujours vérifiée. On n'obtient pas toujours une droite d'étalonnage. C'est le cas si la concentration devient trop élevée. La gamme de dosage est le domaine dans lequel la droite d'étalonnage est pratiquement une droite. Il est limité pour les faibles concentrations par la limite de détection et pour les fortes concentrations par l'erreur sur la fidélité : à une très forte variation de la concentration correspond une faible variation de l'absorbance. La gamme de dosage est généralement donnée par le constructeur. Elle dépend de la raie de dosage utilisée. (Daniel, 2009)

En mode flamme, la limite de détection est de l'ordre du ppm. La sensibilité des dosages en mode flamme est limitée par des réactions secondaires (évaporation) et par le temps très court de passage dans la flamme. Un certain nombre de perturbations (interférences) peuvent entacher d'erreurs les résultats obtenus. Ces interférences sont d'ordre : spectrales, physiques, chimiques, d'absorption non spécifique :

- Les perturbations spectrales : une raie d'absorption d'un composant de la matrice coïncide avec la raie d'émission de résonance de la source

- Les perturbations physiques : concernent les phénomènes de viscosité et de tension superficielle. Une faible viscosité et une faible tension conduiront pour une même concentration à des valeurs de l'absorbance plus élevées.

- Les perturbations chimiques : les atomes présents dans la flamme n'absorbent que s'ils sont à l'état fondamental. A l'état excités ou ionisés, ils n'absorberont pas.

- Les perturbations d'absorption non spécifiques : elles sont dues à la présence dans la flamme de molécules qui absorbent l'énergie de la lampe. Cette absorption moléculaire s'ajoute à l'absorption atomique et donne une réponse par excès (Vandegans *et al*, 1997).

L'appareil de mesure utilisé est de type A.ANALYSTE 100. Les raies d'émission et les limites de détection de l'appareil sont regroupées dans le tableau 7.

Tableau 7 : Raies d'émission et limites de détection des différents métaux dosés au spectrophotomètre d'absorption atomique à flamme

Eléments	Longueur d'onde (nm)	Limites de détection (ppm)
Cadmium	228.8	0.03
Cuivre	324.7	0.05
Plomb	283.3	0.10
Zinc	213.9	0.05
Fer	248.3	0.20

La concentration du métal dans l'échantillon est calculée selon la formule :

$$C = \frac{C1 \times V}{P}$$

C : Concentration du métal de l'échantillon en mg/kg

C1 : Concentration de la solution échantillon en mg/l

V : Volume final de la solution de minéralisation en ml

P : Masse de l'échantillon en g

Concernant les oursins et eau de mer ainsi les holothurie, qui a était réaliser par tout d'abord une minéralisation: on dépose 1g de poids frais de chaque échantillon (Homogénat d'oursin, eau de mer) avec 1ml d'acide nitrique (HNO₃) à 95% de pureté, on porte la température à 95°C pendant une heure, après refroidissement, on complète jusqu'à 4ml d'eau bidistillée, cette solution est prête au dosage à la spectrophotométrie d'absorption atomique S.A.A (BOUTIBA Z., 2003). Le traitement statistique des résultats a été effectué par le logiciel de Microsoft Excel ® version 2016, pour comparer les moyennes concentrations en métaux traces entre les déférents sites de prélèvement.

A raison de deux prélèvements par mois, durant une année plusieurs échantillons d'oursin et de l'eau de mer ainsi d'holothurie et du substrat ambiant de différentes plages de l'ouest algérien (Salamandre, et Stidia pour Mostaganem, Ain Franin pour Oran), après les analyses bactériologiques pour l'oursin et l'eau de mer, on procède à l'analyse du dosage en métaux lourds pour l'oursin, l'holothurie et l'eau de mer.

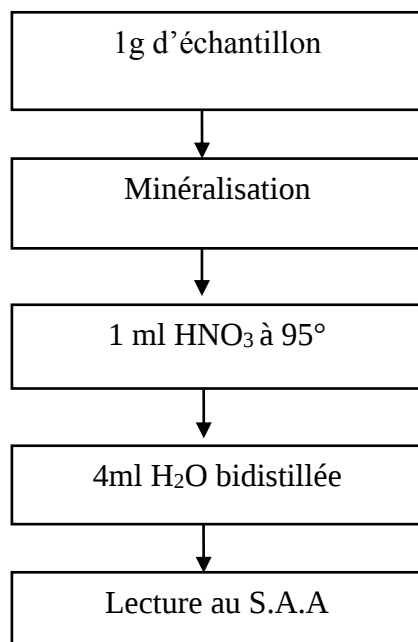


Figure 27 : Protocole de minéralisation et de dosage en Spectrophotométrie d'Absorption Atomique (Amiard et al ; 1987).



Figure 28 : (a) Lampe de type HCL pour le Cd, le Zn le Cu le Fe et le Pb, (b) Spectrophotomètre d'Absorption Atomique A.ANALYSTE 100 photo prise par BENADDA h., 2016.

III.5. Analyse en composantes principales (ACP)

Des analyses en composantes principales (ACP) ont permis de traiter de façon plus synthétique des fichiers comprenant différents échantillons (individus) affectés de plusieurs paramètres (variables quantitatives).

L'analyse en composantes principales est un ensemble de méthodes permettant de procéder à des transformations linéaires d'un grand nombre de variables intercorrélées de manière à obtenir un nombre relativement limité de composantes non corrélées. Cette approche facilite l'analyse en regroupant les données en des ensembles plus petits et en permettant d'éliminer les problèmes de multicolinéarité entre les variables. (Vogt, 1993).

Un ensemble de n individus, associé à un ensemble p variables peut être représenté sous la forme d'un nuage de points dans un espace de dimension p . Le nuage de points représentant les individus est « centré-réduit » ce qui permet de donner la même « importance » à chaque variable dans le calcul des distances entre individus (Volle, 1985).

Le but de l'ACP est de représenter ce nuage dans un espace de dimension réduite.

Ces études statistiques simples et multidimensionnelles ont été effectuées à l'aide du logiciel **RStudio®** et **XLSTAT Trial®**.

IV.1. Résultats et discussion

Le principal danger de pollution bactériologique auquel peut être exposé l'eau de mer est celui d'une contamination récente par le déversement direct des eaux usées riche en matières fécales.

L'analyse bactériologique normale d'une eau de mer consisterait logiquement à rechercher les germes pathogènes qu'elle pourrait contenir. Les techniques nécessaires pour la réalisation de ce type d'analyses sont trop longues, difficiles à réaliser et trop onéreuses pour de simple analyses de routine. On préfère généralement rechercher les germes fécaux. Ces derniers, comme les germes pathogènes, sont éliminés par les matières fécales (eaux usées). De ce fait, leur mise en évidence dans l'eau permet d'estimer la possibilité de la présence de germes pathogènes.

IV.1.1. Résultats bactériologique

Nous avons élaboré notre travail qui consiste à tester l'efficacité de d'un Echinoderme : l'oursin *Paracentrotus lividus* pour évaluer le degré de la contamination bactérienne de l'eau de mer, de ce fait, leur mise en évidence permet d'estimer la possibilité de la présence de germes pathogènes.

Pour cela, on a effectué une étude comparative entre trois sites (Ain Franin, Stidia et Salamandre), au niveau du littoral ouest Algérien, pendant une période de six mois, à raison de deux prélèvements par mois.

- **Eau de mer** Les histogrammes ci-après récapitulent les niveaux de concentrations des germes de contaminations fécale : les coliformes totaux, les streptocoques fécaux, ainsi que les germes pathogènes : *Staphylococcus aureus*, recherchés dans l'eau de mer et au niveau d'échantillons d'organes d'oursins communs *Paracentrotus lividus*, vivant au niveau des trois sites Ain Franin Stidia et Salamandre.

IV.1.1.1. Etude comparative des différents Germes de l'Eau de mer des trois sites étudiés :

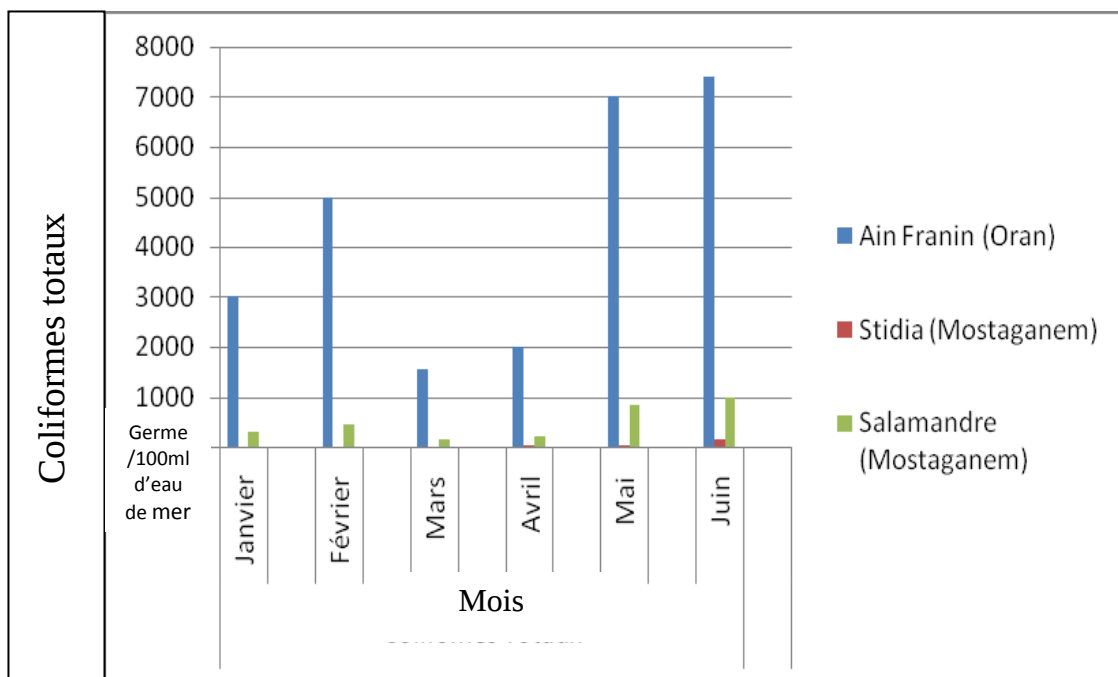


Figure 29 : Etude comparative des Coliformes totaux dans l'eau de mer des trois sites étudiés durant six mois (NPP/100ml d'eau de mer).

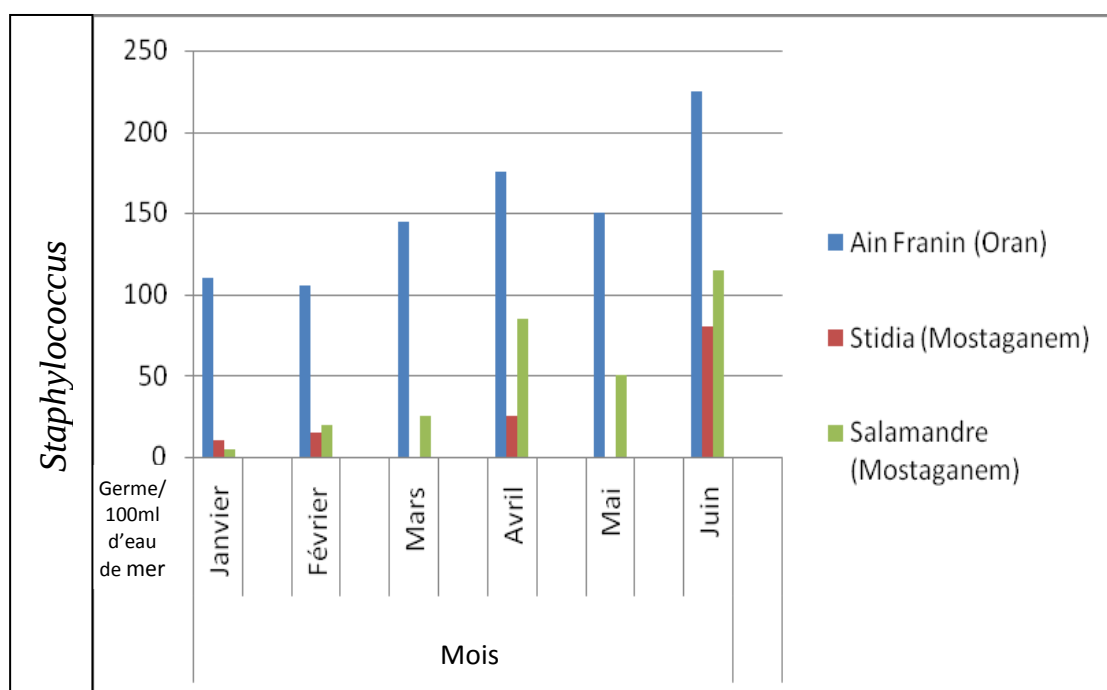


Figure 30 : Etude comparative des *Staphylococcus aureus* dans l'eau de mer des trois sites étudiés durant six mois.

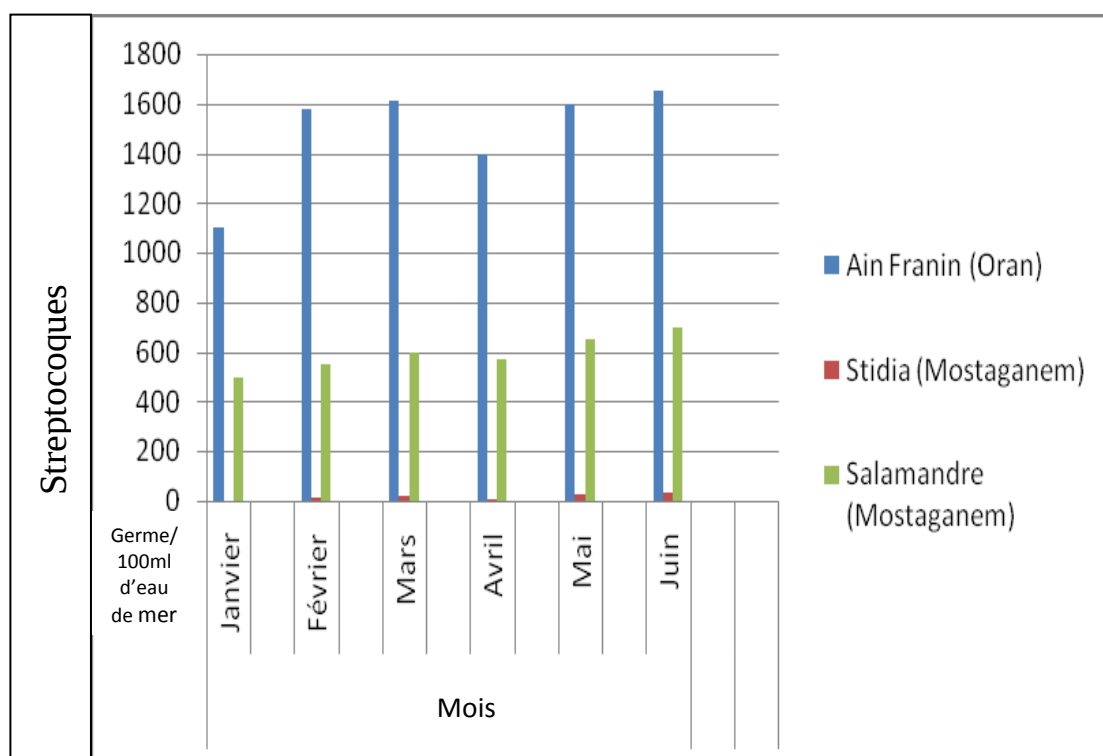


Figure 31 : Etude comparative des Streptocoques fécaux dans l'eau de mer des trois sites étudiés durant six mois (NPP/100ml d'eau de mer).

Concernant le dénombrement mensuels des indicateurs de contamination dans l'eau de mer du site Stidia, en premier lieu, on observe l'absence totale dans les échantillons d'eau de mer du site Stidia des bactéries pathogènes telles que les *Staphylococcus aureus* et les salmonella, *par* contre la présence des germes d'origine fécale tels que les Coliformes totaux, les Coliformes fécaux et les Streptocoques fécaux dans ce site (fig. 31).

A partir de ces résultats, on note que les concentrations bactériennes fluctuent pour le même type de germes recherchés durant la période d'analyse.

Concernant le dénombrement mensuel des indicateurs de contamination dans l'eau de mer du site Ain Franin au niveau de ce secteur côtier, nous avons observé des concentrations importantes des différents germes de contamination bactérienne : les germes aérobies, *Coliformes totaux* et Streptocoques fécaux représentent les groupes bactériens les plus répandus.

En revanche, les Streptocoques fécaux ont été trouvés d'une façon plus au moins constante, et à des concentrations supérieures à celle des coliformes fécaux, le maximum étant de 1650 germes/100 ml enregistré le mois de juin.

Concernant le dénombrement mensuel des indicateurs de contamination dans l'eau de mer du site Salamandre au niveau de ce secteur côtier, nous avons observé des concentrations importantes des différents germes de contamination bactérienne : les germes aérobies, Coliformes totaux et Streptocoques fécaux, aussi le *Staphylococcus* représentent les groupes bactériens les plus répandus. En revanche, les Staphylocoques fécaux ont été trouvés à des concentrations de 225 germes/100 ml, alors que les Streptocoques 700 germes/100 ml, le maximum étant de 1650 germes/100 ml enregistré le mois de juin.

Il y'a une nette différence de concentration entre le site de Stidia et Salamandre qui prouve à la fois la contamination du site salamandre par rapport au site Stidia.

La figure 32 permet de comparer la Concentrations bactériennes dans l'eau de mer des trois sites étudiés durant la période d'analyse.

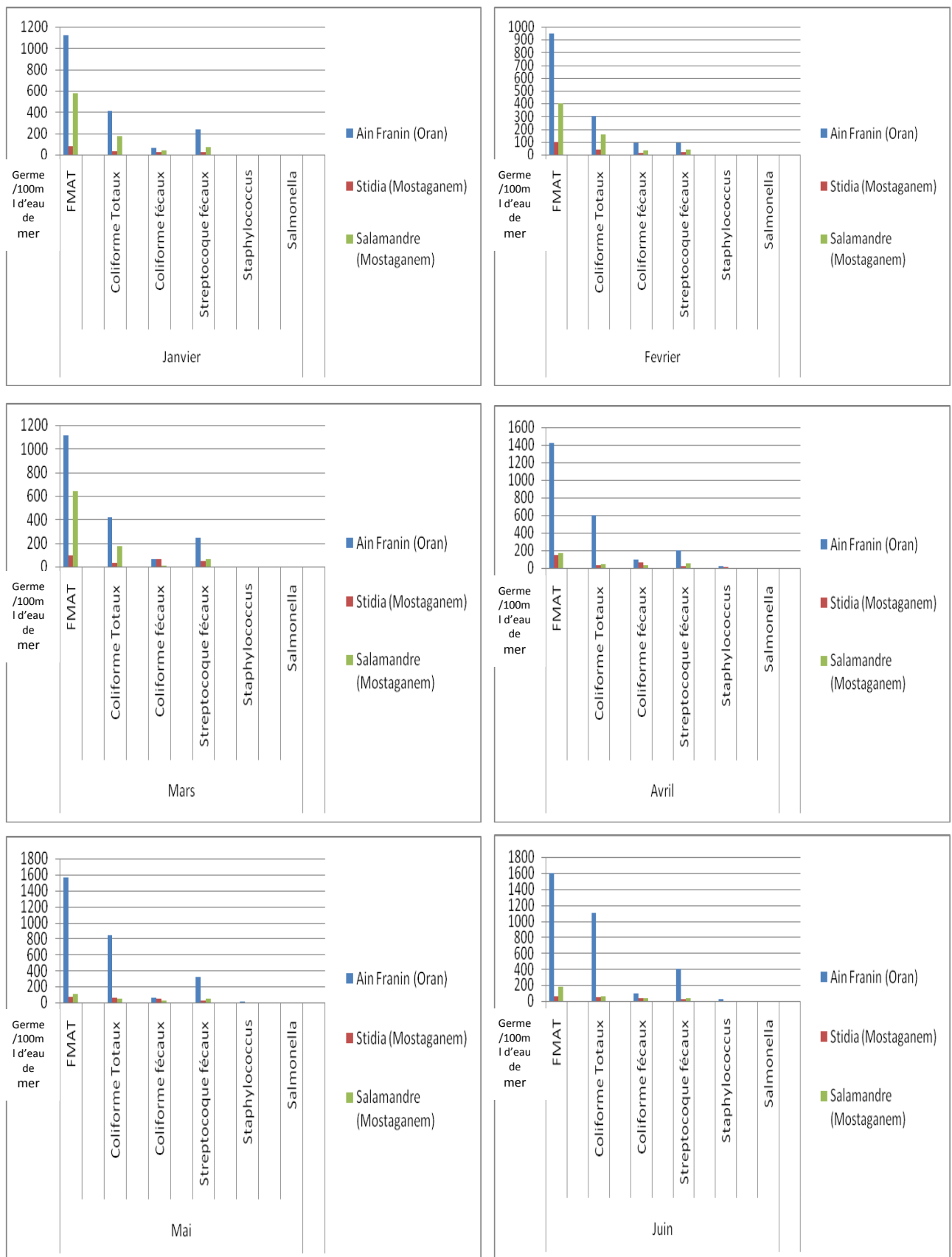


Figure 32 : Dénombrements mensuels des indicateurs de contamination dans l'eau de mer des trois sites étudiés.

Si nous observons l'allure des courbes des différents germes dans l'eau de mer au niveau des trois sites, nous remarquons, en premier lieu, que la concentration bactérienne des différents indicateurs de contamination de l'eau de mer du site Ain Franin est très importante si elle est comparée à celle de l'eau de mer du site Stidia.

La présence massive des germes aérobies mésophiles totaux, les Coliformes totaux et les Streptocoques fécaux dans le site Ain Franin indique une forte contamination bactérienne d'origine fécale jouant le rôle d'un signal d'alarme de déstabilisation du milieu marin ; ce qui attire l'attention sur les risques sanitaires que peuvent rencontrer faunes et la flore au niveau de ce site côtier.

Les résultats de l'analyse des différents germes dans l'eau de mer des trois sites durant la période d'échantillonnage montrent que la contamination bactérienne de l'eau de mer du site Ain franin est nettement supérieure par rapport à celle accumulée dans le site Stidia.

Les résultats montrent que les concentrations bactériennes enregistrées à partir de l'analyse bactériologique de l'eau de mer prélevée du site Ain-Franin fluctuent pour les groupes bactériens recherchés, avec un faible taux de Coliformes fécaux et Streptocoques fécaux et l'absence totale des germes pathogènes durant tout la période d'analyse.

Les germes aérobies mésophiles totaux fluctuent entre 80 et 195 germes par 100 ml d'eau de mer.

Pour les concentrations en Coliformes totaux enregistrés à partir de la chair d'oursins, celle-ci fluctuent entre des valeurs 30 et 85 germes /100 ml d'eau de mer.

Les résultats de dénombrements des Coliformes fécaux révèlent leur présence avec un faible taux variant entre 2 et 8 germes /100 ml d'eau de mer.

Pour ce qui est des Streptocoques fécaux, les valeurs obtenues sont supérieures à celle des Coliformes fécaux, et atteignent un maximum en juin, avec un taux de 50 germes /100 ml d'eau de mer.

Le dénombrement mensuel des indicateurs de contamination dans la chair d'oursins révèle des concentrations importantes en différents germes.

Les germes aérobies mésophiles totaux varient de 950 à 1610 germes/100 ml d'eau de mer.

Les Coliformes totaux représentent le groupe bactérien le plus répandu, ce taux varie aux cours des différents mois de prélèvement de 300 germes/100 ml d'eau de mer au mois de janvier à 1100 germes/100 ml d'eau de mer au mois de juin.

Concernant Les Coliformes fécaux leurs concentrations varient entre un taux de 90 germes /100ml enregistré le mois de janvier et 185 germes /100 ml le mois de juin.

Pour les Streptocoques fécaux, ils sont présents dans tous les prélèvements du mois de décembre au mois de juin avec un taux qui varie entre 100 et 450 germes/100 ml d'eau de mer.

Pour les germes pathogènes, nous notons l'absence totale des *Salmonella* durant toute la durée expérimentale, par contre des *Staphylococcus aureus* est présent durant les quatre derniers mois avec un taux très faible.

IV.1.1.2. Analyse bactériologique de l'oursin *Paracentrotus lividus*

Les histogrammes illustrés par les figures 32, 33 et 34 ci-après montrent les niveaux de concentrations des germes de contaminations fécales : les coliformes totaux, les streptocoques fécaux, ainsi que les germes pathogènes : *Staphylococcus aureus*, obtenus dans l'analyse de *Paracentrotus lividus*, vivant dans les trois sites Ain Franin, Stidia et Salamandre

L'analyse bactériologique des oursins prélevés au niveau du site Stidia, montrent des concentrations bactériennes, qui fluctuent pour les groupes bactériens recherchés, marquées par un faible taux de Coliformes fécaux et Streptocoques fécaux.

Par contre l'absence totale des germes pathogènes durant tout la période d'analyse.

Au niveau du site Ain Franin, le dénombrement mensuel des indicateurs de contamination chez l'oursin *Paracentrotus lividus*, révèle des concentrations importantes en différents germes. Les germes aérobies mésophiles totaux varient de 950 à 1590 germes/100 g de chair. Les Coliformes totaux représentent le groupe bactérien le plus répandu. Ce taux varie au cours des différents mois de prélèvement de 300 germes/100 g au mois de février à 1050 germes/100 g de chair au mois de juin. Pour les germes pathogènes, nous notons l'absence totale des *Salmonella* durant toute la durée expérimentale. Par contre, des *Staphylococcus aureus* sont présents durant les mois d'avril, mai et juin avec un taux très faible.

Au niveau du site de Salamandre, l'analyse bactériologique des oursins montre un taux plus au moins élevés des germes aérobies mésophiles totaux, présentant un taux qui varie entre 100 et 620 germes/100 g de chair, et entre 50 et 180 germes/100 g de chair pour les Coliformes totaux. Cependant, on note l'absence totale des germes pathogènes durant toute la période d'analyse.

Les concentrations bactériennes enregistrées à partir de l'analyse bactériologique d'oursins prélevés du site Stidia fluctuent pour les groupes bactériens recherchés, avec un faible taux de Coliformes fécaux et Streptocoques fécaux et l'absence totale des germes pathogènes durant tout la période d'analyse.

Au site Ain Franin, Le dénombrement mensuel des indicateurs de contamination chez l'oursin révèle des concentrations importantes en différents germes. Les germes aérobies mésophiles totaux varient de 950 à 1590 germes/100 g de chair. Les Coliformes totaux

représente le groupe bactérien le plus répandu, ce taux varie aux cours des différents mois de prélèvement de 300 germes/100 g au mois de février à 1050 germes/100 g de chair au mois de juin. Pour les germes pathogènes, nous notons l'absence totale des *Salmonella* durant toute la durée expérimentale, par contre des *Staphylococcus aureus* est présent durant les mois d'avril, mai et juin avec un taux très faible.

Au site de Salamandre les concentrations bactériennes enregistrées à partir de l'analyse bactériologique d'oursins prélevés, montre un taux plus au moins élevés des germes aérobie mésophiles totaux qui varie entre 100 et 620 germes/100 g de chair, et des Coliformes totaux qui varient entre 50 et 180 germes/100 g de chair et l'absence totale des germes pathogènes durant toute la période d'analyse.

IV.1.1.2.1 Etude comparative mensuel des différents Germes chez l'oursin *Paracentrotus lividus* des trois sites étudiés :

Concentrations bactériennes mensuelles dans les oursins *Paracentrotus lividus* des trois sites étudiés durant six mois

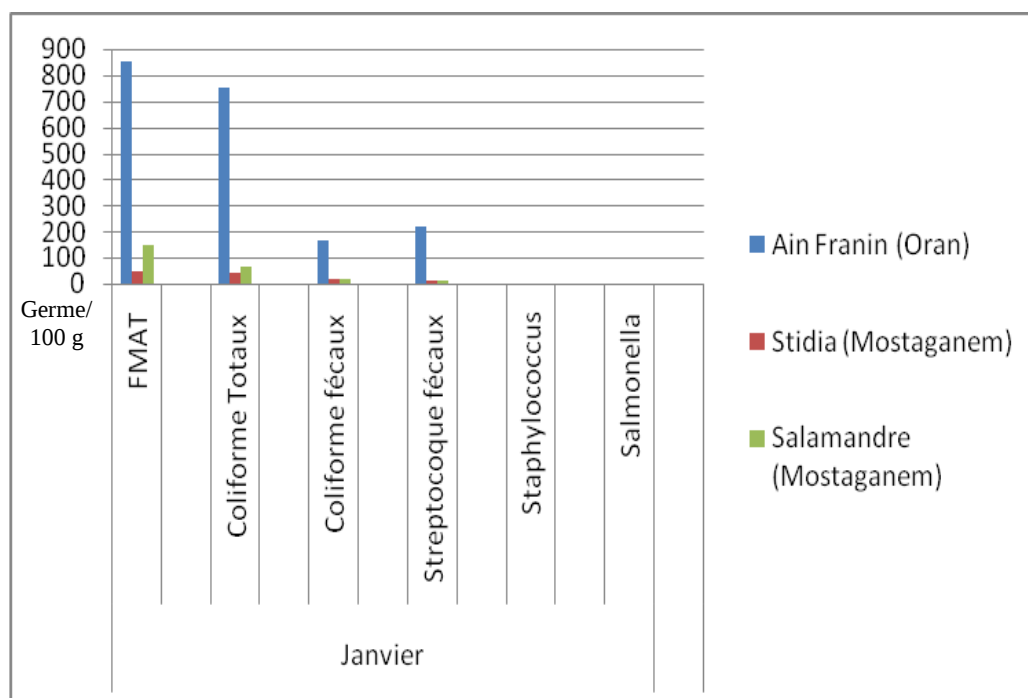


Figure 33 : Etude comparative des différents Germes chez l'oursin *Paracentrotus lividus* des trois sites étudiés du mois de janvier (NPP/100 g).

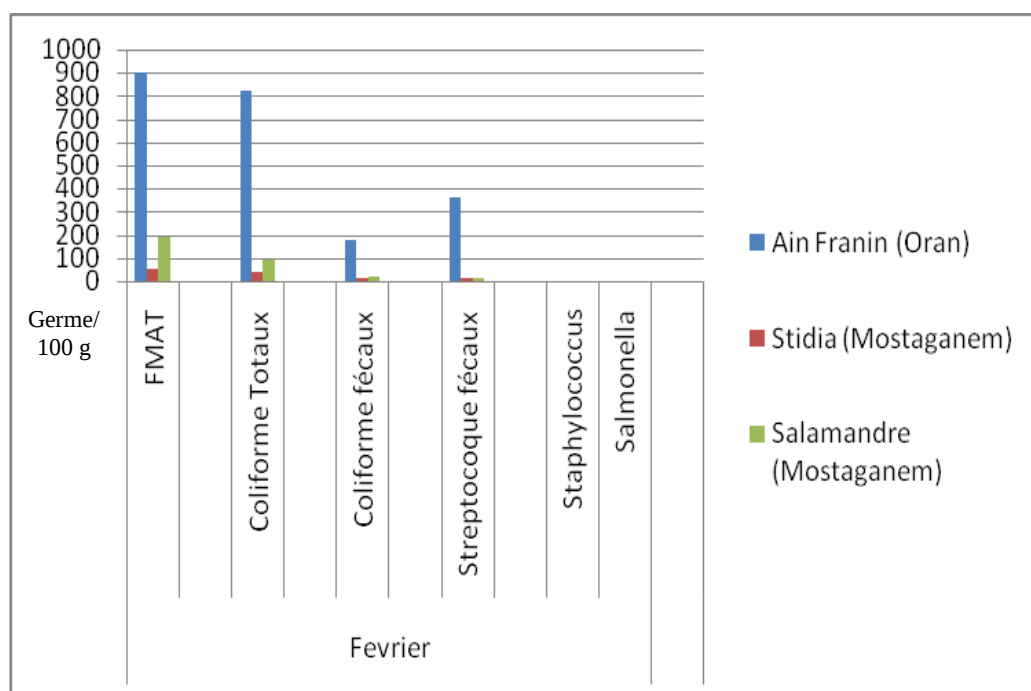


Figure 34 : Etude comparative des différents Germes chez l'oursin *Paracentrotus lividus* des trois sites étudiés du mois de février (NPP/100 g).

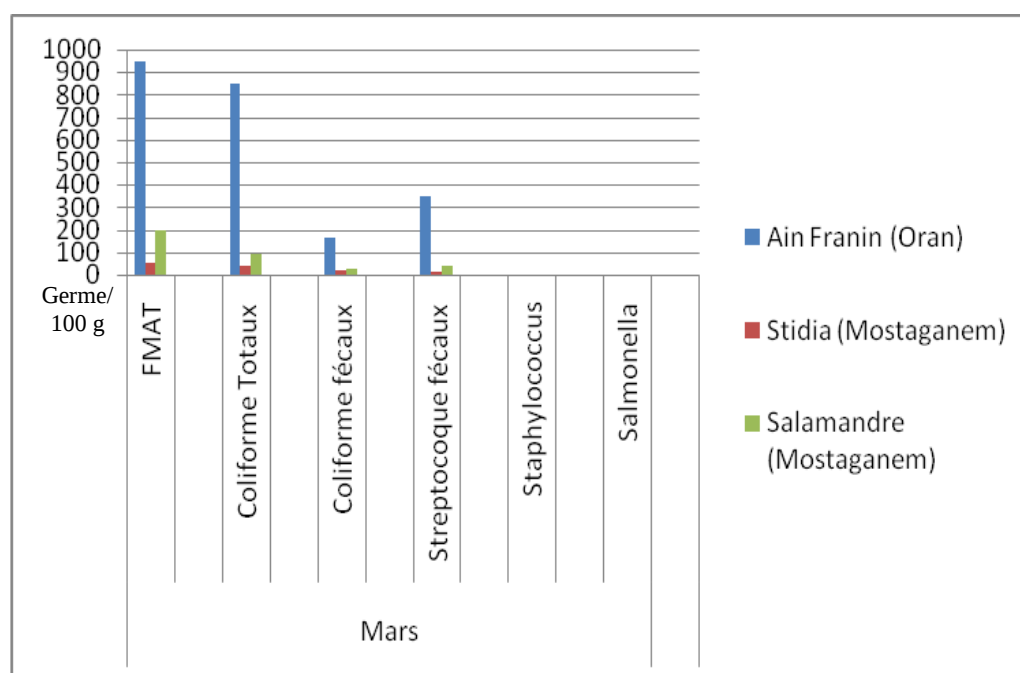


Figure 35 : Etude comparative des différents Germes chez l'oursin *Paracentrotus lividus* des trois sites étudiier du mois de mars (NPP/100 g).

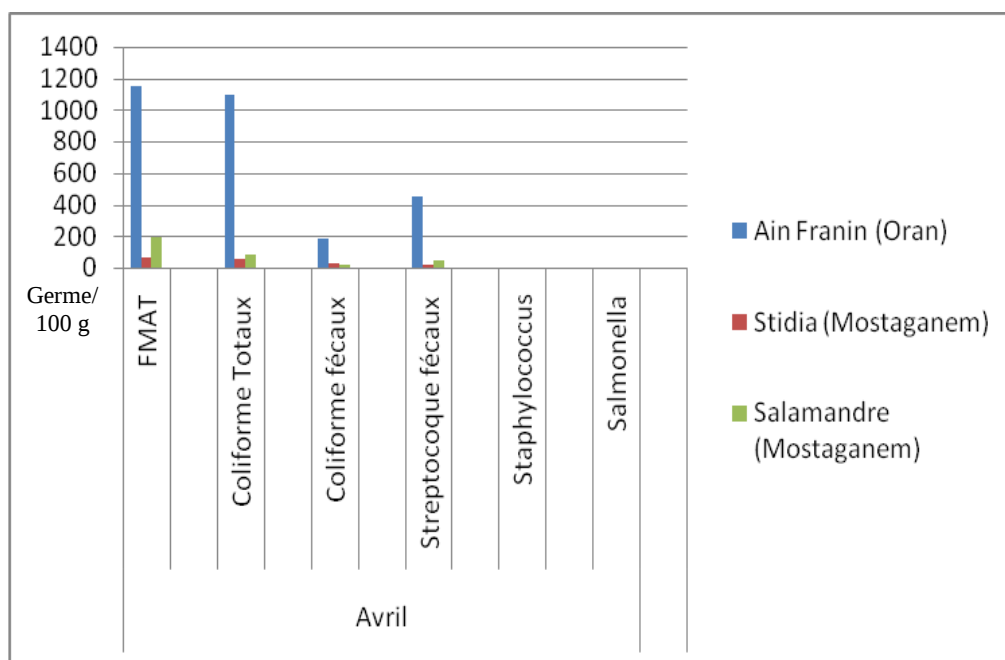


Figure 36 : Etude comparative des différents Germes chez l'oursin *Paracentrotus lividus* des trois sites étudiés du mois d'avril (NPP/100 g).

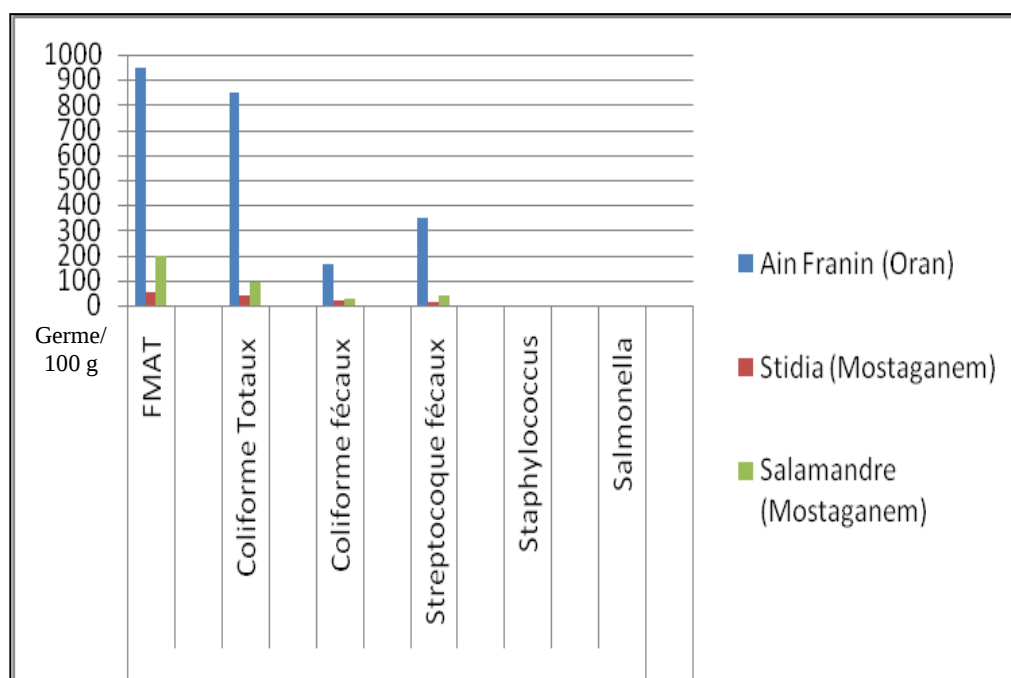


Figure 37 : Etude comparative des différents Germes chez l'oursin *Paracentrotus lividus* des trois sites étudiés du mois de mai (NPP/100 g).

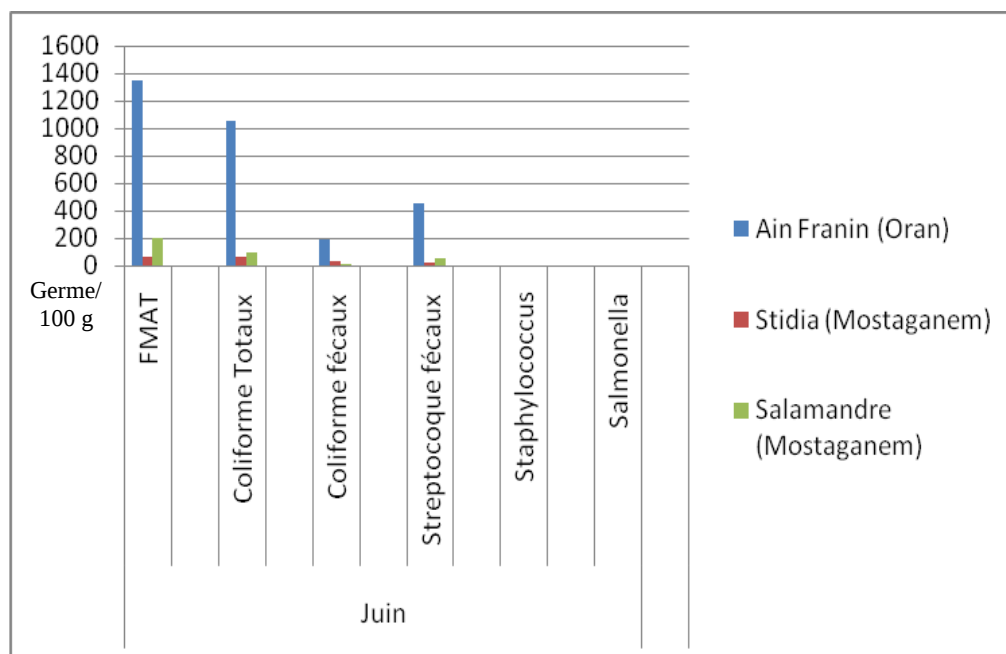


Figure 38 : Etude comparative des différents Germes chez l'oursin *Paracentrotus lividus* des trois sites étudiés du mois de juin (NPP/100 g de chair).

Concentrations bactériennes mensuelles dans les oursins *Paracentrotus lividus* des trois sites étudiés durant six mois (NPP/100 g de chair).

En premier lieu, on observe l'absence totale dans des échantillons du *Paracentrotus lividus* du site Ain Franin des bactéries pathogènes telles que les *Staphylococcus aureus* et les *salmonella*, par contre la présence des germes d'origine fécale tels que les Coliformes totaux, les Coliformes fécaux et les Streptocoques fécaux dans ce site.

A partir de ces résultats, on note que les concentrations bactériennes fluctuent pour le même type de germes recherchés durant la période d'analyse.

Concernant le dénombrement mensuel des indicateurs de contamination dans *Paracentrotus lividus* du site Stidia, en premier lieu, on observe l'absence totale dans les échantillons d'eau de mer du site Stidia des bactéries pathogènes telles que les *Staphylococcus aureus* et les *salmonella*, par contre la présence des germes d'origine fécale tels que les Coliformes totaux, les Coliformes fécaux et les Streptocoques fécaux dans ce site.

A partir de ces résultats, on note que les concentrations bactériennes fluctuent pour le même type de germes recherchés durant la période d'analyse.

La flore totale aérobie, encore appelée flore aérobie mésophile, est l'ensemble des microorganismes capables de se multiplier en présence d'oxygène à une température située entre 25° et 40 °C. Cette microflore peut comprendre des microorganismes pathogènes pour l'Homme.

Concernant le dénombrement mensuel des indicateurs de contamination dans *Paracentrotus lividus* du site Ain Franin au niveau de ce secteur côtier, nous avons observé des concentrations importantes des différents germes de contamination bactérienne : les germes aérobies, *Coliformes totaux* et Streptocoques fécaux représentent les groupes bactériens les plus répandus.

En revanche, les Streptocoques fécaux ont été trouvés d'une façon plus ou moins constante, et à des concentrations supérieures à celle des coliformes fécaux, le maximum étant de 1650 germes/100 ml enregistré le mois de juin.

Les résultats montrent aussi que les concentrations bactériennes enregistrées à partir de l'analyse bactériologique d'oursins prélevés du site Stidia fluctuent pour les groupes bactériens recherchés, avec un faible taux de Coliformes fécaux et Streptocoques fécaux et l'absence totale des germes pathogènes durant toute la période d'analyse.

Au site Ain Franin, Le dénombrement mensuel des indicateurs de contamination chez l'oursin révèle des concentrations importantes en différents germes. Les germes aérobies mésophiles totaux varient de 950 à 1590 germes/100 g de chair. Les Coliformes totaux représentent le groupe bactérien le plus répandu, ce taux varie au cours des différents mois de prélèvement de 300 germes/100 g au mois de février à 1050 germes/100 g de chair au mois de juin. Pour les germes pathogènes, nous notons l'absence totale des *Salmonella* durant toute la durée expérimentale, par contre des *Staphylococcus aureus* est présent durant les mois d'avril, mai et juin avec un taux très faible.

Au site de Salamandre les concentrations bactériennes enregistrées à partir de l'analyse bactériologique d'oursins prélevés, montre un taux plus ou moins élevé des germes aérobies mésophiles totaux qui varient entre 100 et 620 germes/100 g de chair, et des Coliformes totaux qui varient entre 50 et 180 germes/100 g de chair et l'absence totale des germes pathogènes durant toute la période d'analyse.

IV.1.2 Résultats dosage métaux lourds :

Une étude du suivi des concentrations concernant quatre polluants métalliques étalée sur un an, nous a permis d'évaluer le niveau de contamination de l'oursin commun adulte *Paracentrotus lividus* et de son habitat naturel l'eau de mer ainsi *Holothuria tubulosa*.

Pour plus de clarté dans l'élaboration de nos résultats, nous avons calculé les différentes concentrations moyennes $\pm$ l'écart type de ces métaux lourds, et pour obtenir un reflet le plus fiable possible de la variation des niveaux de contamination, nous avons complété nos observations par une étude statistique. Ces bioindicateurs, les polluants suivants, sont systématiquement recherchés : Cuivre, Zinc, Fer, et le Cadmium, dont les taux ont été déterminés par Spectrophotométrie d'Absorption Atomique.

Pour chaque polluant étudié, nous avons comparé nos résultats et ceux issus de la littérature faisant référence à la contamination par les métaux lourds de ces Echinoderme provenant de différentes régions méditerranéennes.

Les résultats d'analyses des Métaux lourds ainsi Chaque série de minéralisation de nos échantillons est automatiquement accompagnée par un blanc et un échantillon de référence provenant de l'Agence Internationale de l'Énergie Atomique (A.I.E.A) le (*Fucus sp*), dont les résultats sont regroupés dans le Tableau 8.

Ont révélé la présence de teneurs en métaux lourds très hétérogènes, et montrent que les concentrations les plus importantes concernant relativement le zinc et le fer. Ces deux derniers (Zn et Fe) ne sont pas des métaux toxiques, néanmoins, une forte concentration peut engendrer des dérèglements physiologiques de l'organisme.

IV.1.2.1. Résultats dosage métaux lourds chez l'oursin et l'holothurie :

Une étude du suivi des concentrations concernant quatre polluants métalliques étalée sur un an, nous a permis d'évaluer le niveau de contamination de l'oursin commun adulte *Paracentrotus lividus* et de son habitat naturel l'eau de mer ainsi *Holothuria tubulosa*.

Pour plus de clarté dans l'élaboration de nos résultats, nous avons calculé les différentes concentrations moyennes $\pm$ l'écart type de ces métaux lourds, et pour obtenir un reflet le plus fiable possible de la variation des niveaux de contamination, nous avons compléter nos observations par une étude statistique. Dans les gonades mâles et femelles de ce bioindicateur, les polluants suivants, sont systématiquement recherchés : Cuivre, Zinc, Fer, et le Cadmium, dont les taux ont été déterminés par Spectrophotométrie d'Absorption Atomique.

Pour chaque polluant étudié, nous avons comparé nos résultats et ceux issus de la littérature faisant référence à la contamination par les métaux lourds de cet Echinoderme provenant de différentes régions méditerranéennes.

Les résultats et analyses regroupés dans le tableau 1 ont révélé la présence de teneurs en métaux lourds très hétérogènes, et montrent que les concentrations les plus importantes concernant relativement le zinc et le fer. Ces deux derniers (Zn et Fe) ne sont pas des métaux toxiques, néanmoins, une forte concentration peut engendrer des dérèglements physiologiques de l'organisme.

Résultats d'analyses des Métaux lourds de l'eau de mer, ainsi Chaque série de minéralisation de nos échantillons est automatiquement accompagnée par un blanc et un échantillon de référence provenant de l'Agence Internationale de l'Énergie Atomique (A.I.E.A), (*Fucus sp*), dont les résultats sont regroupés dans le Tableau 8.

Tableau 8 : Moyennes des teneurs métalliques ($\pm$ l'écart type) (ppm pf) au niveau des gonades chez *Paracentrotus lividus* de la Stidia, la Salamandre et Ain Franin.

<i>Eléments</i>	Valeur référence (A.I.E.A) (Vr) <i>Thon Fucus sp</i>	Valeur trouvée (^{Vt}) (Salamandre, Mostaganem)	Valeur trouvée (^{Vt}) (Stidia, Mostaganem)	Valeur trouvée (^{Vt}) (Ain Franin, Oran)
Cuivre	4,02 (3,69 - 4,35)	4,43 (4,1- 4,76)	2,85 (2,52 - 3,18)	12,39 (12,04 - 12,74)
Zinc	137 (124 - 150)	144 (129 - 159)	45,5 (37,5 - 52,5)	259,2 (240,2 - 278,4)
Cadmium	0,82 (0,66 - 0,98)	1,12 (0,99 - 1,25)	0,49 (0,39 - 0,59)	1,39 (1,24 - 1,54)
Fer	171 (166,1 - 175,9)	63,36 (57,32 - 69,4)	44,2 (37,7 - 50,7)	174,3 (168,8 - 179,8)

Les chiffres en rouge dépassent la DMS (dose minimales admissible), Les résultats illustrés au tableau 8 montre que L'ordre de grandeur des concentrations moyennes en Zinc et le fer est bien évident dans les 3 sites puisque les valeurs moyennes en Zinc sont presque 2 fois plus élevées dans le site de Ain franin que celui dans le site de salamandre et beaucoup plus faible au site de Stidia. En ce qui concerne le cuivre, il est présent au site Ain franin avec une concentration moyenne de 12,39 mg/kg de P.F. Pour le Cadmium, il est légèrement plus élevé à Ain franin chez *Paracentrotus lividus* avec (1,39 mg/kg de P.F).

Les traitements statistiques des résultats montrent que les concentrations des quatre métaux se présentent sous l'ordre décroissant : Zn > Fe > Cd > Cu, Ces polluant sont mieux bioaccumulée chez *Paracentrotus lividus*, ceci est peut-être dû aux transferts de ces polluants lors de l'apport alimentaire. La qualité et la quantité de la nourriture influent de manière significative sur la croissance gonadique, qui détermine ainsi la maturation des gonades, donc l'augmentation du taux des métaux est dû au faite que l'oursin assimile plus d'aliment, pour préparer la maturité des gonades (FENAUX L., 1981).

Ainsi le taux de polluants élever caractérise la période de ponte de l'oursin commun *P.lividus* où l'accumulation des éléments environnante toxiques ou non s'élèvent de façon importante est peuvent nuire au développement de l'espèce (FENAUX L., 1981).

Tableau 9 : Moyennes des teneurs métalliques ($\pm$ l'écart type) (ppm pf) au niveau de l'*Holothuria tubulosa* de la Stidia, la Salamandre et Ain Franin.

Les chiffres en rouge dépassent la DMS (dose minimales admissible), Les résultats illustrés au tableau 9 concernant les moyennes des teneurs métalliques chez l'*Holothuria tubulosa*.

<i>Eléments</i>	Valeur référence (A.I.E.A) (Vr) <i>Thon Fucus sp</i>	Valeur trouvée (^{Vt}) (Salamandre, Mostaganem)	Valeur trouvée (^{Vt}) (Stidia, Mostaganem)	Valeur trouvée (^{Vt}) (Ain Franin, Oran)
Cuivre	4,02 (3,69 - 4,35)	3,85 (3,58 - 4,12)	3,99 (3,8 - 4,18)	9,56 (9,24 - 9,88)
Zinc	137 (124 - 150)	188 (177 - 199)	66,2 (55,7 - 76,7)	184,1 (177 - 191,2)
Cadmium	0,82 (0,66 - 0,98)	0,97 (0,86 - 1,08)	0,55 (0,45 - 0, 65)	1,28 (1,15 - 1,41)
Fer	171 (166,1 - 175,9)	123,63 (114,36 - 132,9)	62,3 (50,1 - 74,5)	177,7 (165,8 - 189,6)

Les résultats illustrés au tableau 9 montre que L'ordre de grandeur des concentrations moyennes en Zinc et le fer est bien évident dans les 3 sites puisque les valeurs moyennes en Zinc sont presque 2 fois plus élevées dans le site de Ain franin que celui dans le site de salamandre et beaucoup plus faible au site de Stidia, En ce qui concerne le cuivre, il est présent au site Ain franin avec une concentration moyenne de 9,56 mg/kg de P.F.

Pour le Cadmium, il est plus élevé à Ain franin chez *Holothuria tubulosa* avec (1,28 mg/kg de P.F).

Les traitements statistiques des résultats montrent que les concentrations des quatre métaux se présentent sous l'ordre décroissant : Zn > Fe > Cd > Cu

IV.1.2.2. Résultats des Teneurs moyennes durant une année des métaux lourds au niveau de l'eau de mer des trois sites d'étude

Ce tableau englobe les résultats obtenu durant une année à titre comparatif des quatre saisons.

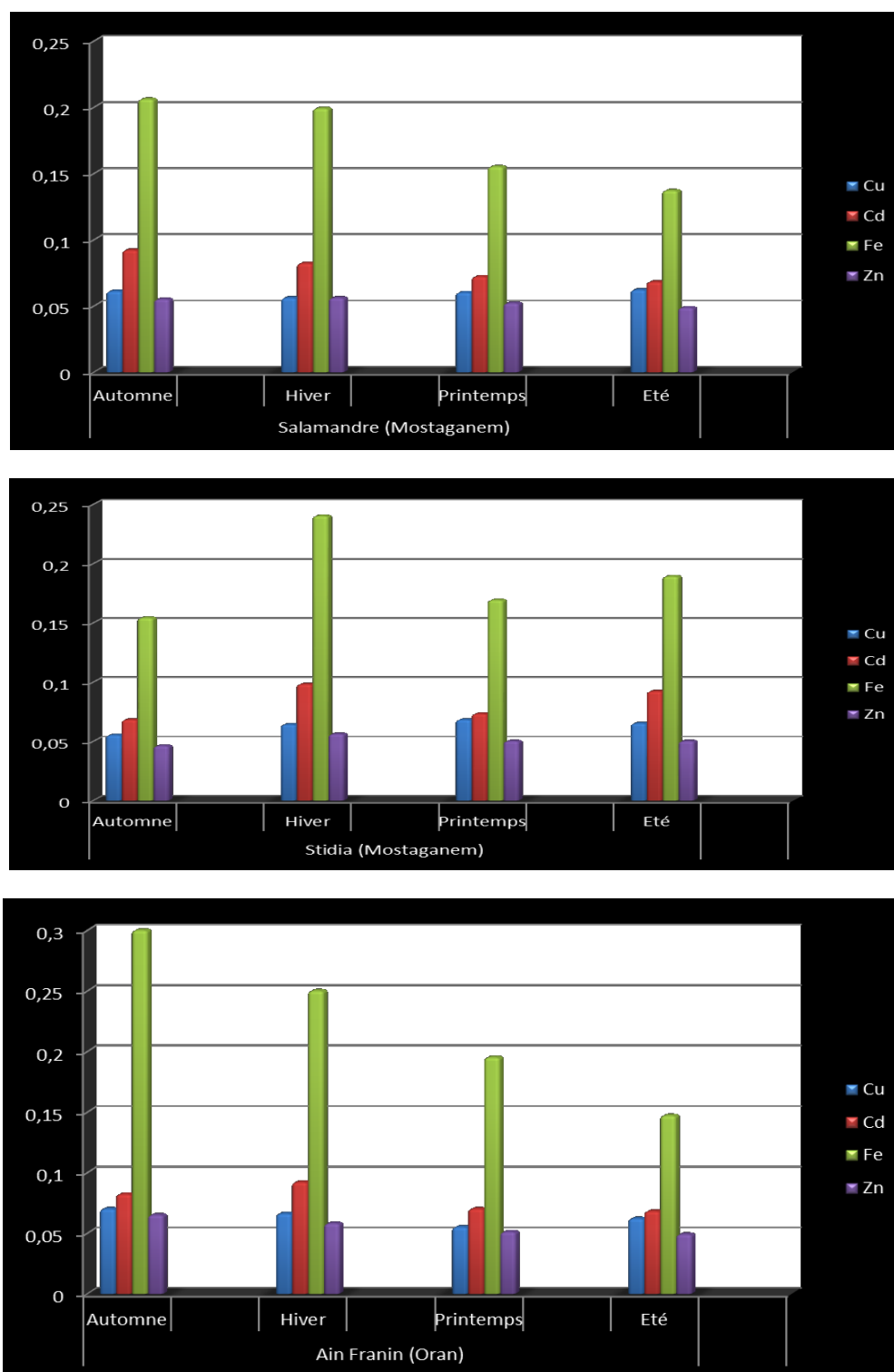


Figure 39 : Teneurs moyennes saisonnière des métaux lourds au niveau de l'eau de mer des trois sites d'étude, Stidia, Salamandre, Ain Franin.

Selon les résultats trouvés illustré à la figure 43, les teneurs en métaux lourds sont dans les deux sites ain franin et salamandre supérieurs à la norme, avec une légère augmentation dans le site de Stidia.

Ces variations visibles caractérisent la période de flue des oueds et des pluies, ainsi que des vents plus ou moins forts, qui provoquent l'augmentation de ces éléments qui sont lessivés des sédiments, et déversées au niveau des côtes incitantes ainsi à leurs présences en grande quantités (BOUTIBA Z ; et *al.* 2003).

IV.1.2.3. Résultats des teneurs moyennes en métaux lourds au niveau de l'Eau de mer, de *Holothuria Tubulosa* et du *Paracentrotus lividus* des trois sites d'étude.

Tableau 10 : comparaison des Teneurs moyennes en métaux lourds au niveau de l'eau de mer des trois sites d'étude.

Eau de Mer	Cuivre	Zinc	Cadmium	Fer
Salamandre (Mostaganem)	0,07	0,05	0,87	0,21
Stidia (Mostaganem)	0,07	0,06	0,8	0,18
Ain Franin (Oran)	0,06	0,05	0,75	0,22

Tableau 11 : comparaison des Teneurs moyennes en métaux lourds au niveau de *Holothuria Tubulosa* des trois sites d'étude.

<i>Holothuria Tubulosa</i>	Cuivre	Zinc	Cadmium	Fer
Salamandre, (Mostaganem)	5,8	146,1	0,93	121,21
Stidia, (Mostaganem)	3,99	66,2	0,55	62,3
Ain Franin (Oran)	9,56	184,1	1,28	177,7

Tableau 12 : comparaison des Teneurs moyennes en métaux lourds au niveau de *Paracentrotus lividus* des trois sites d'étude.

<i>Paracentrotus lividus</i>	Cuivre	Zinc	Cadmium	Fer
Salamandre (Mostaganem)	6,55	149,56	1	93,95
Stidia (Mostaganem)	2,85	45,5	0,49	44,2
Ain Franin (Oran)	12,39	259,2	1,39	174,3

L'analyse du tableau 10 montre des valeurs moyennes en zinc plus élevées chez l'holothurie vivant dans le site de Ain Franin que celle vivant dans le site de Salamandre et plus faible chez l'holothurie vivant dans le site de Stidia, en ce qui concerne le cuivre, il est présent du site Ain Franin avec une concentration moyenne de 9,56 mg/kg de P.F.

Pour le cadmium, il est plus élevé à Ain Franin chez *Holothuria tubulosa* avec (1,28 mg/kg de P.F).

Les traitements statistiques des résultats montrent que les concentrations des quatre métaux se présentent sous l'ordre décroissant : Zn > Fe > Cu > Cd

L'analyse du tableau 11 la concentration la plus élevée est celle enregistrée chez *Paracentrotus lividus* du site Ain Franin en contamination du zinc avec une valeur de 259,2.

Tableau 13 : comparaison des germes *Staphylococcus aureus* (germe/100 g) au niveau du l'*Holothuria tubulosa* , *Paracentrotus lividus* et l'eau de Mer des trois sites d'étude.

<i>Staphylococcus aureus</i>	L'Eau de Mer	<i>H. Tubulosa</i>	<i>P. Lividus</i>
Ain Franin	45	150	30
Salamandre	40	55	25
Stidia	15	30	15

IV.2. ANALYSE EN COMPOSANTES PRINCIPALES (ACP)

Dans notre étude, les individus correspondent aux différentes matrices d'étude utilisées sont représentées par les mesures bactériologiques (taux de staphylocoques dorés et des métaux lourds (zinc, cuivre, cadmium, et fer) obtenues au niveau du compartiment biotiques (Oursins, les Holothuries) et abiotiques (Eau de mer) des trois sites étudiés.

L'intérêt de cette Analyse en Composantes Principales est de

- Visualiser un maximum d'informations synthétiques.
- Séparer et hiérarchiser les différentes sources de variabilité.

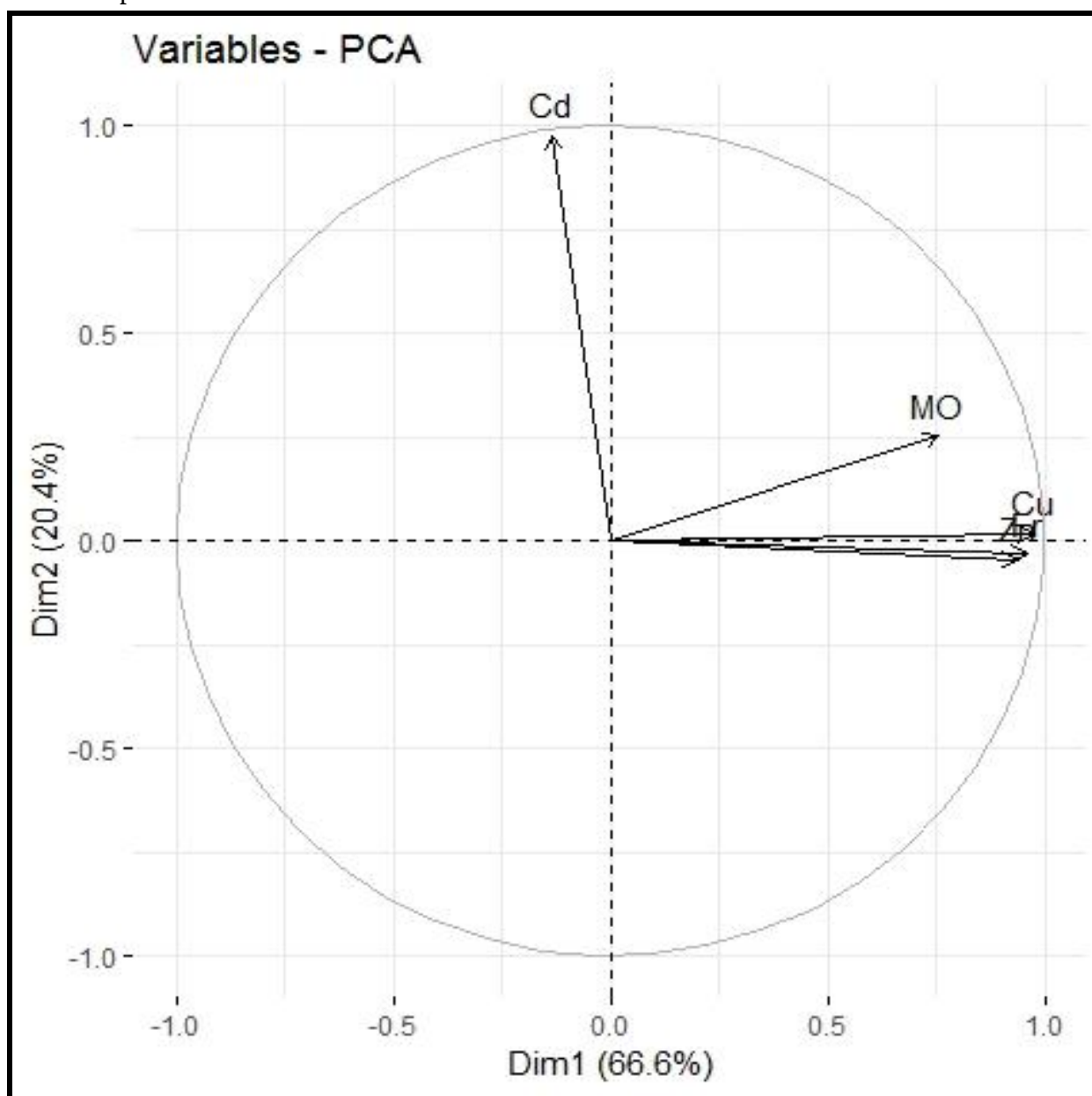


Figure 40 : Plan factoriel engendré par les deux premiers axes de l'ACP calculés à partir des teneurs métalliques des différentes régions d'étude.

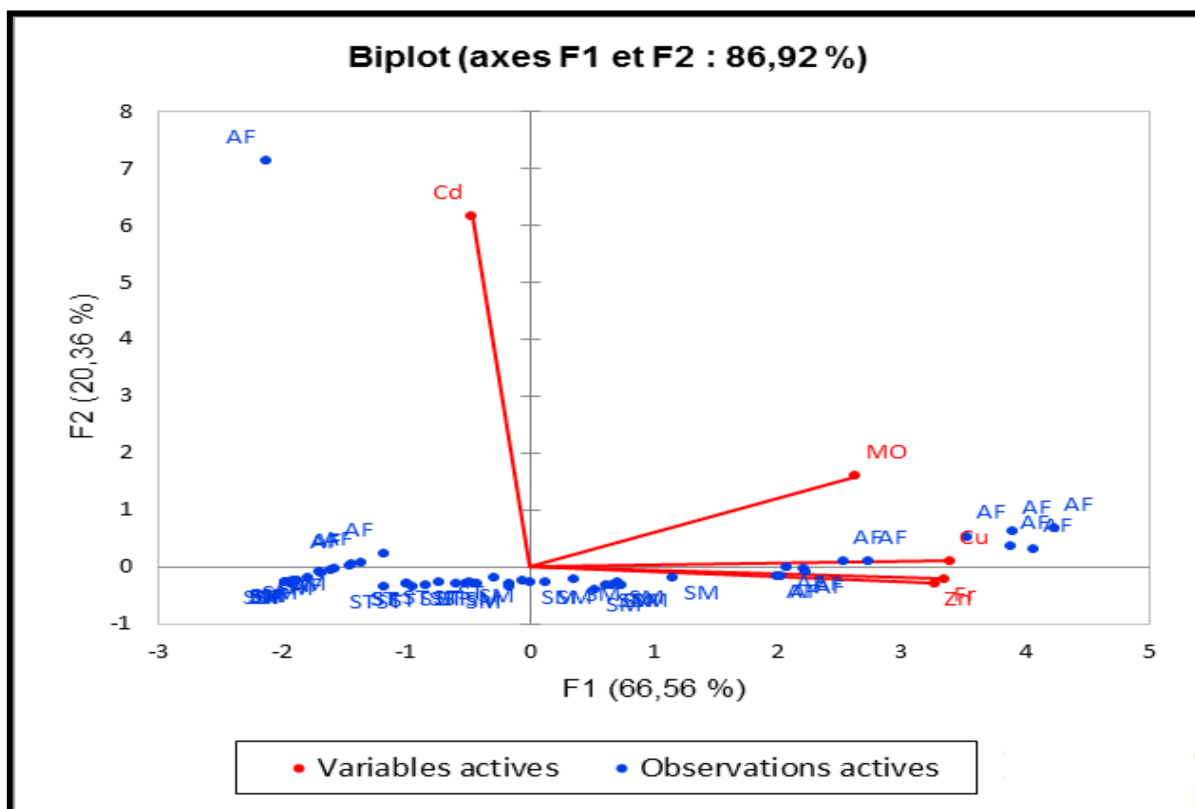


Figure 41 : Plan factoriel engendré par les deux premiers axes de l'ACP calculés à partir des teneurs métalliques et matières organique, des différentes régions d'étude (avec moyennes)

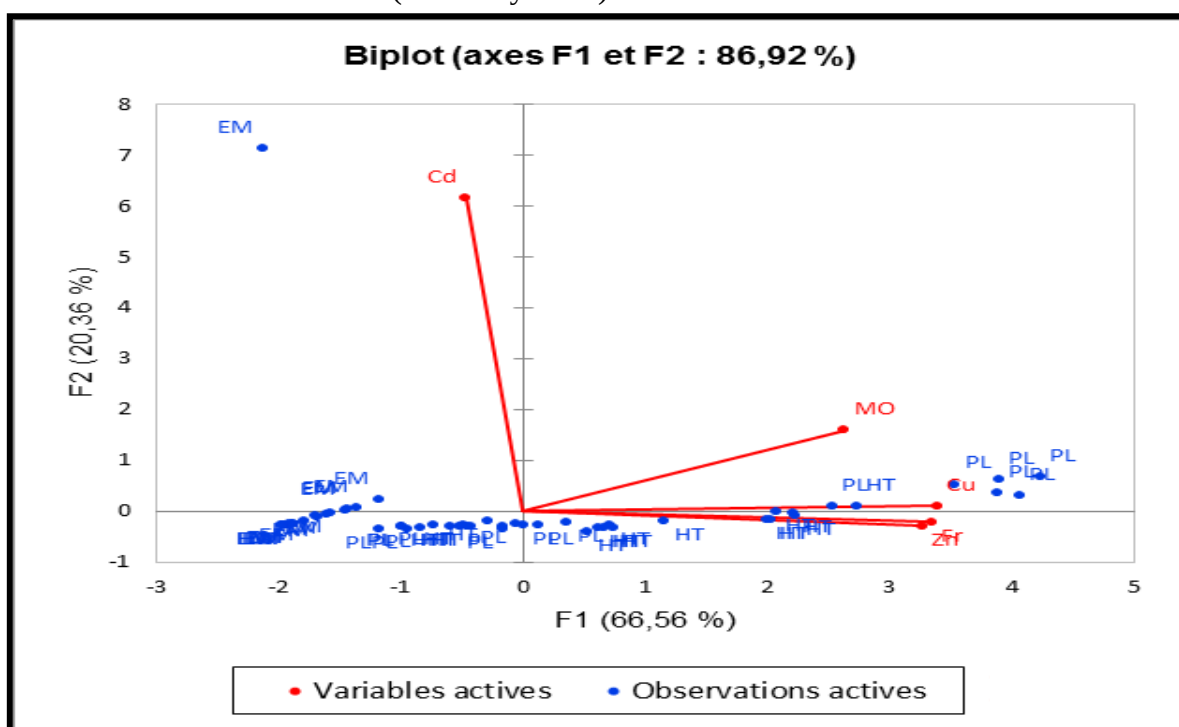


Figure 42 : Plan factoriel engendré par les deux premiers axes de l'ACP calculés à partir des teneurs métalliques et matières organique, des individus Holothurie, Oursins, et Eau de mer.

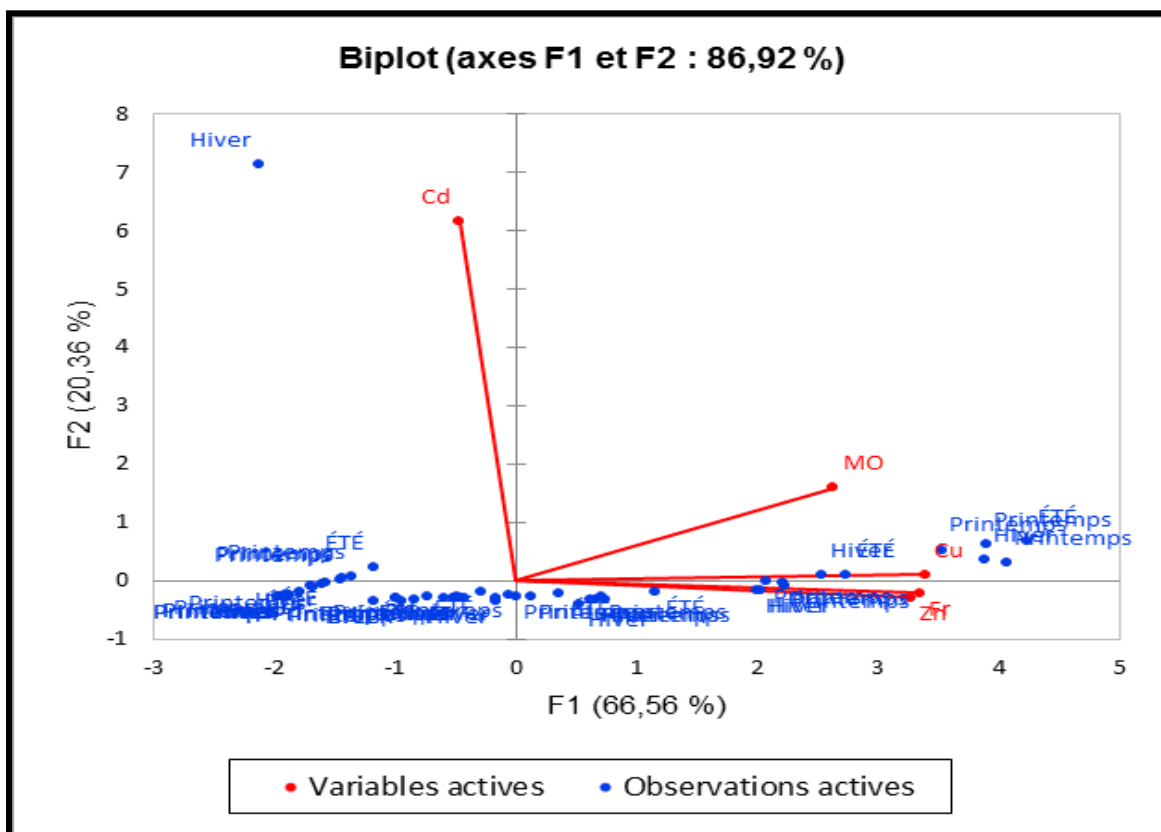


Figure 43 : Plan factoriel engendré par les deux premiers axes de l'ACP calculés à partir des teneurs métalliques et matière organique, des saisons.

Les Figures 40-43, montrent une corrélation positive entre les taux de concentrations des différents métaux lourds mis à part le cd avec le taux de matières organiques. De plus, le milieu est chargé en matière organique plus le site est pollué. Dans l'ensemble la bioaccumulation et les taux élevés des polluants Cu, Zn et Fe sont retrouvés chez les oursins d'Ain Franin, ensuite viennent les oursins de Salamandre et en dernier le site de Stidia. Par ailleurs les taux élevés ont été mesurés au printemps et chez les oursins *Paracentrotus lividus*

Quant au taux de Cd, ce dernier n'est pas lié à la saison, ni au taux de matière organique, ni à la bioaccumulation dans les gonades des oursins. Cependant, il apparait lié à une pollution due à la contamination de l'eau de mer.

IV.3. Discussion:

Le but de cette étude était d'évaluer la qualité des eaux de la côte ouest algérienne à partir de l'analyse des métaux à travers l'oursin *P. lividus*, et *Holothuria tubulosa* deux espèces clé de l'écosystème reconnue comme indicatrice de la qualité de l'environnement. Aux analyses chimiques classiques des métaux dans l'eau de mer et la faune, ont été associées des analyses bactériologiques l'oursin et l'eau de mer, dans les différents sites (Ain Franin d'Oran, Salamandre et Stidia à Mostaganem).

L'eau de mer, comme tout autre milieu aquatique, est un environnement vivant soumis à des conditions variables (température, pH, courants, ensoleillement, etc...) et potentiellement, à des rejets liés aux activités anthropiques (in Terbeche, 2006).

A Oran, comme dans la majorité des villes côtières, la mer constitue un exutoire privilégié en l'absence de nombre suffisant des stations d'épuration des eaux usées urbaines et industrielles, plusieurs émissaires des eaux usées (urbaines et industrielles) issues de l'agglomération oranaise sont installés le long du site Ain Franin, et qui reçoivent tous les affluents domestiques, les ruissellements pluviaux et affluents d'activité industrielle (artisanales) de la région est de la ville d'Oran, ainsi le cas du site Stidia.

Nos inspections du lieu révèlent que le débit est considérable, et le déversement de quelques émissaires est périodique alors que pour d'autres rejets, il est continu, le nombre d'émissaires est élevées, et sont tous actifs, ce qui révèle que les eaux usées déversées dans le site n'ont pas été minimisées durant les dernières années.

L'éloignement du site d'Ain-Franin des pressions démographiques, des exploitations agricoles et en absence d'activités industrielles à sa proximité, et le fort hydrodynamisme le caractérisant, font de ce site marin une zone de référence.

Pour l'évaluation de la qualité des eaux de mer et du niveau de la contamination bactérienne chez l'Echinoderme *Paracentrotus lividus* du littoral oriental oranais, l'accent est mis traditionnellement sur la pollution bactériologique engendrée essentiellement par les rejets d'eaux usées domestiques. La surveillance porte ainsi sur les germes indicateurs de contamination fécale (Coliformes, Streptocoques). Ces contaminations peuvent, en effet, disséminer des germes pathogènes (causes de maladies) dont la détection directe dans l'eau de mer est difficile.

Les bactéries sont rejetées en mer sous différentes formes, libres, adsorbées sur du matériel organique ou minéral, alors qu'il est généralement admis que le temps de survie d'une bactérie libre est moins long ($T_{90}=2$ heures) que celui d'une bactérie fixée ($T_{90}=14$ jours) qui sur son support, trouve les nutriments nécessaires à son métabolisme. Pour cela, on peut voir les différentes fluctuations des concentrations trouvées durant les six mois d'étude.

Cette adhésion bactérienne au niveau des particules en suspension est plus importante en période hivernale (post estivale) où les phénomènes climatiques et hydroclimatiques jouent un rôle important tel que les phénomènes de houles (Rodier, 1997).

Dans notre étude, les résultats obtenus montrent que le dénombrement de la flore bactérienne fluctue pour l'ensemble des échantillons prélevés durant la période d'étude.

La stabilité des valeurs relevées au niveau de notre espèce indicatrice *Paracentrotus lividus* et l'évolution du nombre de bactéries qui suit celle de la population bactérienne du site Stidia où elle évolue peut-être un bon signe de bonne santé du milieu. Et on peut rajouter que le dénombrement ne dépasse pas les normes guides requises pour les eaux de mer.

Il n'existe pas d'indicateurs spécifiques d'un type de pollution autre que celui d'origine fécale, susceptible de contenir également des pathogènes, telle que la pollution urinaire, la pollution par des suppurations cutanées. En pratique d'ailleurs : l'intérêt d'indicateurs de ce type serait limité. Toutefois, il peut être fait état d'un type d'indicateurs beaucoup plus général, vis-à-vis de toute pollution microbiologique : c'est le dénombrement des germes aérobies totaux (Rodier, 1997).

Une grande différence observée dans le site de Stidia par rapport au site d'Ain Franin de l'ensemble des groupes bactériens tels que les Coliformes, les Streptocoques fécaux, avec un taux de pollution microbienne important. Notons ainsi la présence des germes pathogènes dans nos échantillons tels que les *Salmonella* et les *Staphylococcus aureus*.

Les teneurs en Coliformes totaux dans le site des d'Ain Franin sont largement supérieures à celles enregistrées pour le site de Stidia, Ce groupe bactérien est capable de survivre à des températures élevées. Ces bactéries peuvent exister en abondance dans les matières fécales de l'homme, mais certaines sont des hôtes habituels des sols et des eaux. En premier lieu, leur dénombrement peut souvent être une première étape de la mise en évidence de bactéries d'origine fécale, car elles résistent bien dans le milieu extérieur et peuvent être témoin d'une contamination plus ou moins ancienne. Elles peuvent être aussi témoins d'une contamination par des Coliformes d'origine non fécale, provenant de l'environnement et démontrant de mauvaises conditions d'hygiène. (Bonnefoy et al., 2002).

Les Coliformes fécaux et Streptocoques fécaux, hôte habituels des intestins de l'homme sont des germes témoins de contamination fécale, leur présence dans une eau de mer est l'indication formelle d'une contamination récente (Seddik, 2008).

La présence de *Salmonella* au niveau de site d'Ain Franin attire l'attention sur les risques qui pèsent sur la santé publique, puisque certaines espèces comme *Salmonella typhi* sont responsables de la typhoïde, et également d'intoxications accompagnées de vomissements et de diarrhées (Sartory, 1980).

L'utilisation de l'oursin *Paracentrotus lividus* comme bioindicateur de

contamination bactérienne a révélé une détection des germes pathogènes dans la chair de ces Oursins : des germes aérobies, des Coliformes totaux, des Coliformes fécaux, et Streptocoques fécaux et même qu'il a été signalé la présence de quelques germes pathogènes au niveau du site d'Ain Franin.

Ces concentrations des germes au sein de l'organisme de l'oursin traduit celle des germes dans l'eau de mer. L'Echinoderme est en contact perpétuel avec l'eau de mer, ce qui permet de conclure que l'accumulation de la pollution bactérienne dans la chair de l'espèce augmente en fonction de la concentration des germes dans l'eau de mer.

Les résultats de l'analyse bactériologique de l'eau de mer du site Stidia durant la période qui s'étale du mois de janvier jusqu'au mois de juin, ont révélés que la concentration des germes-tests Coliformes totaux, Coliformes fécaux et Streptocoques fécaux ne dépasse jamais les normes. Il est, par conséquent important de noter l'absence quasi totale des germes pathogènes dans ce site.

Les faibles concentrations en terme fécale s'expliquent par le fait que l'emplacement de ce site est loin de toute agglomération urbaine et industrielle, et par sa position géographique très éloignée de toute forme de pollution anthropique d'une part, et par la période qui est caractérisée par une baisse notable de la température et des fortes précipitations, d'autre part durant la période de notre échantillonnage.

Un autre facteur environnemental très important à signaler est la salinité ; en effet, les bactéries lorsqu'elles sont déversées en eau de mer, sont soumises à un choc osmotique immédiat. Ainsi stressées, les entérobactéries gram- sont capables d'entrer en dormance (Ghoul et *al.*, 1990). Cet état viable, mais non cultivable, est un moyen de survivre au choc osmotique, dans l'attente de meilleures conditions pour le réveil bactérien.

Le pH, traduisant la concentration en ions hydrogène, est indicatif de l'acidité ou de l'alcalinité de l'eau. Le pH de l'eau de mer, relativement constant, est naturellement basique, tournant autour de 8.2 ; il peut varier énormément dans une flaque d'eau selon sa teneur en gaz carbonique (CO₂). Si la flaque d'eau abrite beaucoup de petits organismes (microorganismes, Crustacés, Mollusques, Echinodermes, petits Poissons, etc...), leur respiration produit du CO₂ et le pH devient acide (<7). S'il existe aussi des algues dans les flaques d'eau, celles-ci vont, à la lumière du jour, consommer du CO₂ pour leur photosynthèse et permettre une remontée du pH (> 8). Ces valeurs pouvant changer suivant la température, la salinité, la pression et les actions photosynthétiques et respiratoires des micro-organismes). Par exemple, *E. Coli* est favorisée par un environnement plutôt acide lorsqu'elle est cultivée en milieu marin ou salé. Le pH marin représente donc un facteur limitant de croissance bactérienne.

Les travaux de Bourabaine (2001) sur la *Sardina pilchardus*, Ait Tayeb (2002) sur la moule *Mytilus galloprovincialis*, Terbeche (2006) sur la Crevette rouge *Aristeus antennatus*, Khelil (2007) sur la moule *Mytilus galloprovincialis*, Seddik (2008) sur la

Patella caerulea, rapportent que les taux les plus élevées de bactéries dans les tissus de ces espèces marines étaient recensés durant les mois les plus chauds de l'année.

En général, l'évolution du nombre de bactéries dans la chair de l'organisme marin semble suivre celle de la population bactérienne du milieu où ils évoluent (Elliot, 1946 ; Bourgois et *al.*, 1988).

D'une manière globale, nos données montrent que la qualité de l'eau de mer passe de mauvaise au site des Stidia à bonne au site d'Ain Franin et à moyenne à Salamandre. En effet, les CT et CF sont des bactéries fortement inhibées par l'eau de mer, ceci grâce à de nombreux facteurs physico- chimiques et biologiques (Bonnetfont et *al.*, 1990).

L'auto-épuration de la mer qui, en grande partie, s'effectue par le rayonnement solaire. En effet, il suffit de quelques heures d'exposition pour qu'une suspension bactérienne en eau de mer ne puisse plus être cultivable, en plus du brassage des eaux, l'activité des houles, courants et vagues, la basse température et la pression hydrostatique élevées qui inhibent les activités métaboliques des bactéries (Deming, 1986 ; Schneider et *al.*, 1991).

Enfin, les résultats de notre travail sur les trois sites Stidia, Salamandre et Ain Franin durant la période d'étude montrent une forte pollution au niveau du premier site et qui a tendance à augmenter avec la température et l'accroissement de la pression humaine particulièrement importante en mois de juin, et que l'accumulation de la pollution bactérienne dans l'oursin et l'holothurie augmente en fonction de la concentration des germes dans l'eau de mer.

Pour le site de Stidia, considéré comme zone de référence, les résultats confirment que leurs eaux marines sont de très bonne qualité, et par conséquent l'organisme marin, tel que l'oursin *Paracentrotus lividus* est en bonne santé.

Concernant les Teneurs métalliques chez l'oursin : *Paracentrotus lividus*

Le Fer (Fe) est essentiel pour la respiration cellulaire chez les animaux. C'est aussi un puissant catalyseur de certaines réactions biochimiques, cependant il est toxique à des doses élevées. Cependant, le Plomb (Pb) est classé parmi les métaux les plus toxiques pour l'homme et les animaux, Il peut être bio-amplifié dans les systèmes biologiques devenant un potentiel contaminant pour les différents maillons trophiques (Amiard et *al.*, 1979). Mais il n'a aucun rôle connu dans les systèmes biologiques. Quant au zinc (Zn), ce dernier est un nutriment essentiel pour les organismes aquatiques, mais s'il est en excès, il peut devenir un contaminant environnemental.

Le cadmium (Cd) est un élément non essentiel à la vie qui provoque des effets toxiques graves dans les organismes aquatiques à des concentrations très basses.

Les traitements statistiques des résultats montrent que les concentrations des quatre métaux se présentent sous l'ordre décroissant : $Zn > Fe > Cd > Cu$

Une étude du suivi des concentrations concernant quatre polluants métalliques étalée sur un an, nous a permis d'évaluer le niveau de contamination de l'oursin commun adulte *Paracentrotus lividus* et de son habitat naturel l'eau de mer ainsi *Holothuria tubulosa*.

Pour plus de clarté dans l'élaboration de nos résultats, nous avons calculé les différentes concentrations moyennes $\pm$ l'écart type de ces métaux lourds, et pour obtenir un reflet le plus fiable possible de la variation des niveaux de contamination, nous avons complété nos observations par une étude statistique. Dans les gonades mâles et femelles de ce bioindicateur, les polluants suivants, sont systématiquement recherchés : Cuivre, Zinc, Fer, et le Cadmium, dont les taux ont été déterminés par Spectrophotométrie d'Absorption Atomique.

Pour chaque polluant étudié, nous avons comparé nos résultats et ceux issus de la littérature faisant référence à la contamination par les métaux lourds de cet Echinoderme provenant de différentes régions méditerranéennes.

Les résultats et analyses regroupés dans le tableau 1 ont révélé la présence de teneurs en métaux lourds très hétérogènes, et montrent que les concentrations les plus importantes concernant relativement le zinc et le fer. Ces deux derniers (Zn et Fe) ne sont pas des métaux toxiques, néanmoins, une forte concentration peut engendrer des dérèglements physiologiques de l'organisme.

Les résultats montrent un degré élevé de contamination en métaux chez l'oursin *Paracentrotus lividus*, le fer étant l'élément le plus abondant dans les tissus de l'organisme suivi par le plomb et le zinc. En effet, le fer est un constituant du pigment respiratoire des mollusques et crustacés : hémocyanine et hémoglobine. En ce qui concerne la distribution du Zn, il intervient probablement dans les phénomènes de calcification (Delmas, 1992), de même que dans la maladie dite de "l'oursin chauve" : "Le zinc s'accumule dans les zones nécrosées du test", ce qui laisse penser à une fonction physiologique de ce métal. Selon Augier et al, chez les oursins, les organes cibles sont principalement les intestins, puis les gonades qui présentent les meilleures caractéristiques d'indicateur biologique. Mais certaines parties dures telles que les piquants et la lanterne d'Aristote peuvent aussi accumuler de façon importante les métaux lourds, dans quelques cas particuliers. (Augier et al., 1988).

Concernant les Teneurs métalliques chez *Holothuria tubulosa* :

Les résultats illustrés auparavant montre que L'ordre de grandeur des concentrations moyennes en Zinc et le Fer est bien évident dans les 3 sites puisque les valeurs moyennes en Zinc sont presque 2 fois plus élevées dans le site d'Ain Franin que celui dans le site de salamandre et beaucoup plus faible à Stidia, En ce qui concerne le cuivre, il est présent au site d'Ain Franin avec une concentration moyenne de 9,56 mg/kg de Poids Frais.

Pour le Cadmium, il est plus élevé à Ain Franin chez *Holothuria tubulosa* avec (1,28 mg/kg).

Les traitements statistiques des résultats montrent que les concentrations des quatre métaux se présentent selon un ordre décroissant : Zn > Fe > Cd > Cu

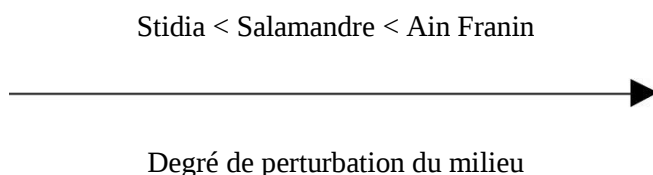
Concernant les Teneurs métalliques chez l'Eau de Mer

Selon les résultats trouvés illustré à la figure 43, les teneurs en métaux lourds sont dans les deux sites Ain Franin et Salamandre supérieurs à la norme, avec une légère augmentation dans le site de Stidia.

Ces variations visibles caractérisent la période de flue des oueds et des pluies, ainsi que des vents plus ou moins forts, qui provoquent l'augmentation de ces éléments qui sont lessivés des sédiments, et déversées au niveau des côtes incitantes ainsi à leurs présences en grande quantités (Boutiba et *al.*, 2003).

Il est à noter que la toxicité des différents métaux varie en fonction de l'espèce concernée et de ses stades de développement, des synergies et antagonismes avec d'autres métaux ou d'autres éléments polluants, des conditions physico-chimiques du milieu, de la présence de matière organique et d'argile en suspension (Deslous-Paoli, 1982).

On peut donc proposé un gradient de degré de perturbation des trois sites de la côte ouest algérienne, comme suit :



Les objectifs principaux de cette étude étaient d'évaluer la présence des contaminants métalliques et microbiologique dans différents sites côtiers de l'Ouest Algérien, Stidia et Salamandre pour Mostaganem, Ain Franin pour Oran. Différentes méthodes pour déterminer la toxicité de ces contaminants sur la faune à travers deux bioindicateurs l'oursin *Paracentrotus lividus* et l'*Holothuria tubulosa* ainsi que l'eau de mer où ils vivent.

A l'issue de cette étude, nous nous sommes fixés des objectifs tels que évaluer la présence des contaminants métalliques chez les spécimens d'oursins, d'Holothurie et du milieu environnant (eau de mer) et des contaminants microbiologiques chez les oursins et provenant de différents sites étudiés.

Les résultats de cette étude, ont montré l'existence d'une pollution bactériologique du littoral oranais. La recherche d'une contamination bactérienne d'origine fécale, ont montré chez les oursins, la présence des germes aérobies à 30 °C, des Coliformes totaux et des Streptocoques fécaux à des concentrations qui dépassent les normes pour ceux provenant du site d'Ain Franin, et une absence totale des germes pathogènes tels que les *Salmonella* et *Staphylococcus aureus*.

En revanche, les résultats relevés au niveau du site de Stidia, en plus les concentrations importantes des germes tests pour l'ensemble des échantillons, on a noté que les germes pathogènes *Staphylococcus aureus* ont été décelés au cours de cette étude par contre une absence totale des germes *Salmonella*. Ceci confirme que ces organismes marins sont de bons bioindicateurs de pollution bactérienne.

Sur ces résultats, nous pouvons juger l'état de nos plages et dire que le site le plus pollué est Ain Franin ensuite Salamandre et Stidia.

Ce constat s'avère tout à fait logique étant donné que le site se trouve à proximité de nombreux émissaires d'eaux usées sans cela ne gênerait personne.

Par ailleurs, il nous a été possible de suivre la variation de la concentration des bactéries au cours des six mois d'étude, et ainsi de noter que les concentrations microbiennes les plus élevées sont celles enregistrées durant le mois de juin ; les bactéries les plus communes sont les *Coliformes* totaux.

Après cette description de l'état des eaux du littoral oranais, on doit réagir, une chose est sûre, si on veut préserver une vie diversifiée sur notre vieille planète, il faut dès aujourd'hui changer de mode de vie car l'Homme, apprenti sorcier, est en train de dégrader de façon irréversible son environnement marin.

Il ressort également, de cette étude, une possible contamination du milieu marin par les métaux lourds analysés, dont les concentrations dépassent parfois les seuils recommandés.

Les valeurs moyennes considérées qui peuvent être des indicateurs de pollution des zones côtières. Dans chacun des sites étudiés, les valeurs mesurées montrent des fluctuations très fortes dans le temps. Celles-ci mériteraient bien sûr d'être expliquées, et tout particulièrement pour les concentrations chez *Paracentrotus lividus* du cadmium (1,12 mg/kg de P.F), du zinc (144 mg/kg de P.F), du cuivre (4,43 mg/kg de P.F) et du fer dans le site de Salamandre (Mostaganem). Et les concentrations du zinc (259,2 mg/kg de P.F) du cadmium (1,39 mg/kg de P.F) et du cuivre (12,39 mg/kg de P.F) dans le site d'Ain Franin (Oran). D'autres parts, chez *l'holothuria tubulosa* les concentrations du cadmium (1,28 mg/kg de P.F), du zinc (184,1 mg/kg de P.F), du cuivre (9,56 mg/kg de P.F) et du fer (177,7 mg/kg de P.F) à Ain Franin (Oran), et du zinc (188 mg/kg de P.F) et du cadmium (0,97 mg/kg de P.F) à Salamandre (Mostaganem). A *Stidia* (Mostaganem) les concentrations restent au-dessous des valeurs limites (cu = 4,02 mg/kg, zn=137 mg/kg, cd=0,82 mg/kg et le fe=171 mg/kg).

Si les analyses des effluents ne mettent pas en évidence des situations vraiment préoccupantes, à Mostaganem comme à Oran, des interrogations subsistent en raison, d'une part, du volume important des rejets et, d'autre part, de la bioaccumulation des métaux lourds dans les organismes marins. Dans le cadre d'un contrôle sur le long terme du risque de pollution, il conviendra de poursuivre les investigations sur les rejets, en les complétant par le dosage d'autres métaux, et par le suivi des impacts sur le vivant dans le milieu marin.

Recommandation :

Il est urgent que des travaux d'assainissements doivent être engagés et il est important de s'attaquer aux problèmes de diverses façons :

- Assurer et maintenir la surveillance de la côte pendant toute l'année pour éviter les incidents de pollution et prendre en charge l'intervention rapide en cas de catastrophe.

- Adopter des méthodes adéquates de collecte, de traitement et d'élimination des eaux usées.

L'installation des stations d'épurations au niveau de chaque point de déversement qui reçoit une grande quantité des eaux usées.

- Prendre des mesures pour empêcher la contamination par les eaux de ruissellement provenant de terrains agricoles.

- Adopter une politique axée sur la protection de l'environnement afin d'assurer un développement durable.

- Sensibiliser le grand public aux problèmes environnementaux pouvant affecter la santé de l'homme et de la flore et de la faune.

- Favoriser les changements de comportements pour une pratique respectueuse du milieu marin.

- La propreté des plages et du littoral, et la qualité microbiologique des eaux de mers représentent, actuellement, un enjeu majeur en termes non seulement de santé publique mais aussi d'environnement et constituent, de ce fait, l'objet d'une attention particulière.

Références bibliographiques

A

Aee, 1999 - *Le milieu marin et littoral méditerranéen : état et pressions*. E. Papathanassiou et G. P. Gabrielidis (sous la direction de). Agence européenne pour l'environnement, Environmental assessment series N° 5 (Série d'évaluation environnementale n° 5), pp. 137. (<http://reports.eea.eu.int/ENVSERIES05/en/envissue05.pdf>).

Aee, 2002 - *Europe's biodiversity — biogeographical regions and seas* (La biodiversité en Europe – régions et mers biogéographiques). Rapport sur des problèmes environnementaux publié par l'AEE (Agence européenne pour l'environnement) Copenhague 2002. (http://reports.eea.eu.int/report_2002_0524_154909/en).

Ait Tayeb.L., 2002 - Mesure de la pollution Bactérienne des eaux littorales oranaises par l'utilisation d'un bioindicateur, la moule ; *Mytilus galloprovincialis*, lamark, 1829- pêché dans la baie d'Oran. Mémoire de Magister, Université d'Oran. 178p.

Allain J.Y., 1972b - Structure des populations de *Paracentrotus lividus* (Lamarck), (Echinodermata, Echinoidea) soumises à la pêche sur les côtes du nord de Bretagne. Revue et Travaux de l'Institut des Pêches Maritimes, pp 171-212.

Allain J.Y., 1973 – Les Echinodermes de Bretagne. Répartition et écologie des Crinoides, Echinides et Holothurides. Bulletin du laboratoire Marin de Dinard, Distribution dans le golf normano-breton. Bulletin de la société scientifique de Bretagne, pp. 7-25.

Amiard,J.C., Amiard-Triquet J,C & Metayer, C., 1987 – Application de la Spectrophotométrie d'Absorption Atomique Zeeman au dosage de 8 éléments traces (Hg, Cd, Cr, Mn, Ni, Pb, Se) dans les matières biologiques solides. Waterres. 21(6), 693-697.

Anderson, D.M., Andersen, P., Bricelj, V.M., et al., 2001- *Monitoring and Management Strategies for Harmful Algal Blooms in Coastal Waters*, APEC #201-MR-01.1, Asia Pacific Economic Program, Singapore, and Intergovernmental Oceanographic Commission Technical Series No. 59, Paris.

Augier, H., Ramonda, G & Santimone, M., 1988 – Teneurs en métaux lourds des oursins comestibles *Paracentrotus lividus* dans la zone à grande activité de l'île de port Cros. Acte colloque international sur l'oursin comestible *Paracentrotus lividus*. Carry le Rouet ; France, 271-280.

Azzolina J.F., 1988. Contribution à l'étude de la dynamique de populations de l'oursin comestible *Paracentrotus lividus* (Lmck). Croissance, recrutement, mortalité, migrations. Thèse Doct 3ème cycle, Univ Aix-Marseille II, 225p.

B

BDN Algérie, 2004 - Bilan diagnostique national Algérie, 2003. PNUE/PAM, 114 p.

Benghali. S., 2006 – Biosurveillance de la pollution marine de la côte occidentale algérienne par la mesure de l'activité de acétylcholinestérase chez la moule *Mytilus galloprovincialis*, l'oursin *Paracentrotus lividus* et la *Patella caerulea*, Mémoire de Magister, Université d'Oran, 83p.

Bertrand, J.A., Gil De Sola, L., Papaconstantinou, C., et al. 2002: The general specifications of the MEDITS surveys. In: Mediterranean Marine Demersal Resources: The MEDITS International Trawl Survey (1994–1999). *Scientia Marina*. 66 (Suppl. 2), pp. 9–17.

Bonnefont.J.L, Martin.Y.P, Guinet.B., 1990 - Etude expérimentale de la décroissance de bactéries fécales en milieu marin, quantification, facteurs impliqués. Wat. Research. Vol 24 N°3, pp. 267-273.

Bonnefoy, L., Guillet, M., Leyral, M., 2002 - Microbiologie et qualité dans les industries agroalimentaires, Ed, *Doin*. 265p.

Bosman, A., Chiocci, F.L., Romagnoli, C., et al. 2004. Fast evolution of a submarine volcanic flank experiencing a large-scale landslide : the case of Stromboli, Aeolian islands. In: Rapport du 37e Congrès de la Commission Internationale pour l'Exploration Scientifique de la Mer Méditerranée. CIESM Congress Proceedings, p. 10.

Boudouresque C.F., Nedelec H., Shepherd S.A., 1980- the decline of population of the sea urchin *paracentrotus lividus* in the bay of port-cros trav.sci.parc nation port cros.

Bourabaine, 2001 - Contribution à l'étude de la qualité bactériologique de la Sardine (*Sardina pilchardus*, Walbaum, 1792) pêcher dans la baie d'Oran, Mémoire de Magister en Sciences de l'environnement, Université d'Oran, 182p.

Bourahla et Diffalah, 2007 – la pollution microbiologique de la plage de sablette et oureah au niveau de la wilaya de Mostaganem. Mémoire d'ingénieur, Université de Mostaganem, 145p.

Bourgois C.M., Mescle J.F. & Zucca J., 1988 – Microbiologie alimentaire ; aspect microbiologique de la sécurité et de la qualité alimentaire. Ed. *Tec et Doc*, Paris, 419p.

Boutiba, Z., Taleb, Z., Abi Ayad SMEA, 2003 – Etat de la pollution marine de la côte oranaise. Edit Dar El Gharb, 69p.

Byrne M, 1990 – Annual reproductive cycles of commercial sea-urchin *P. Lividus* from an exposed intertidal and sheltered subtidal habitat on west toast of Island. Mar.Bio. Germ. 104:275-289pp.

C

Campillo A & al., 1986 – Les pêcheries françaises de Méditerranée bilan de croissances, perspectives, IFREMER DRV 8 600 4 /RH/SETE, Fr. : 1-79.

CE., 2005 - Commission européenne (CE), 2005. Document de travail des services de la Commission. Annexe à la communication de la Commission au Conseil et au Parlement européen sur la Stratégie communautaire sur le mercure. Évaluation étendue des conséquences COM (2005) 20 final http://europa.eu.int/comm/environment/chemicals/mercury/pdf/extended_impact_assessment.pdf.

C.E.A.E., 2006 – Centre d'Expertise en Analyse Environnementale. Méthodes de prélèvement, de conservation et d'analyse des échantillons relatifs à l'évaluation de la qualité de l'eau des piscines et autres bassins artificiels. Ministère de développement durable, de l'environnement et des parcs. Québec.

Coulon P., Jangoux M. 1993 - Feeding rate and sediment reworking by the holothuroid *Holothuria tubulosa* (Echinodermata) in a Mediterranean seagrass bed. *Marine Ecology Progress Series* 92:201–204.

D

Dance C., 1987 - Patterns of activity of sea urchin *Paracentrotus lividus* in the Bay of Port-Gros (Var. France. Mediterranean). *Mar. Ecol.*, 8(2): 231-142.

Daniel F., 2009 - La Spectrométrie d'Absorption atomique. ArchéoSciences N°33, 2 Presses Univ.de Rennes : 400p

De Leiva Moreno, J.I., Agostini, V.N., et al, 2000 - Is the pelagic-demersal ratio from fishery landings a useful proxy for nutrient availability A preliminary data exploration for the semi-enclosed seas around Europe. *ICES Journal of Marine Science*, 57, pp. 1090–1102.

De Ridder C., Lawrence J.M., 1982 - Food and feeding mechanisms: Echinoidea. In, Jangoux M., Lawrence J.M., (eds), *Echinoderm nutrition*, Balkema publ., Rotterdam, 57-116.

Deming J.W., 1986 - Ecological strategies of barophil bacteria in the deep ocean, *Microbiological sciences* vol 3, pp7-17.

Delmas P., 1992 - Etude des populations de *Paracentrotus lividus* (Lam.) (Echinodermata : Echinoidea) soumises à une pollution complexe en Provence nord-occidentale : densités, structures, processus de détoxification (Zn, Cu, Pb, Cd, Fe). Thèse Doct, Université Aix-Marseille III.

Delval C., 1984 - Réactions du flet vis-à-vis des pollutions par les métaux (Cu, Zn, Cd et Pb) sur le littoral de la mer du Nord : détoxification, métallothioneines. Thèse 3ème cycle USTL Lille.172p

Dermeche S., Chahrour, F., et Boutiba ,Z., 2007 - Variation géographies de la contamination par les métaux lourds de l'oursin commun *P. lividus* provenant du golf d'arzew. workshop international biodiversité et écosystèmes littoraux (BEL01) univ-oran :27-28-29 nov 2007. p:2

Deslous-Paoli J.M., 1982 - Toxicité des éléments métalliques dissous pour les larves d'organismes marins données bibliographiques. *Rev. Trav. Inst. Pêches Marit.*, 45 (1): 73-83.

Doignon G., Jangoux M., Feral J.P., Eckhaut I., (2003) - Seasonal release of the capsules of *Anoplodium parasita* Schneider, 1858, intracoelomic turbellarian (platyhelminthes, Références bibliographiques 52 Rhabdocoela) symbiotic of the sea cucumber *Holothuria tubulosa* Gmelin, 1788 (Echinodermata, Holothuriida). In : Echinoderm Research 2001 J-P. féral & B.David (eds) ; p : 261-265. Swets & Zeitlinger, Lisse.

E

Elliot, R. P., 1946 – Evaluation of surface pH as a freshness index for fish fillets. *Food. Research.*, 87-98.

Encyclopédie Universalis, 2004.

Emep, MSC-W, 2000 - Effects of international shipping on European pollution levels. Jonson, J.E, Tarasson, L. et J. Bartnicki (sous la direction de). Le rapport de recherche de l'institut météorologique norvégien, 41, p. 24.

F

Fao., 1987 – Fiche d'identification des espèces pour les besoins de la pêche. 1473p.

Fenaux L., 1968 - Maturation des gonades et cycle saisonnier des larves chez *A. lixula*, *P. lividus* et *Psammechinus microtuberculatus* (Echinides) à Villefranche-sur-Mer. *Vie et milieu*, 19(1-A), 1-52.

Fenaux, L., 1981 - Cycles saisonniers de reproduction et de croissance larvaire chez les échinodermes. *oceanis.*, 6:277-307.

Fernandez C., 1996 - Croissance et nutrition de *Paracentrotus lividus* dans le cadre d'un projet aquacole avec alimentation artificielle. Thèse de Doctorat, Université de Corse. 278p.

Fisher, W. 1987- Fiches FAO. Identification des espèces pour les besoins de la pêche (révision 1). Méditerranée et mer Noire. Zone de pêche 37. Vol. I, 760 p.

Francour, P., 1990 - Repartition and abundance of holothurians (*Holothuria polii* and *H. tubulosa*) from *Posidonia oceanica* bed of Port-Cros (Var, France). In International Workshop on *Posidonia*

oceanica Beds, Boudouresque C.F., Meinesz A., Fresi E. & Gravez V. eds., GIS Posidonie publ., Marseille, 2, 231-241.

G

Gamble J.C., 1965 - Some observations on the behaviour of two regular echinoids. *In*, Lythgoe J.N., Woods J.D., (eds), *Symposium of the Underwater Association of Malta*, Malta, 47–50.

Gesamp, 1989 - Groupe mixte d'experts chargé d'étudier les aspects scientifiques de la protection de l'environnement marin, La santé de l'océan : la pollution marine Sommet de la mer, St John's, Terre-Neuve, Canada.

Ghoul M., Bernard T., Cormier M. 1990 -Evidence that *Escherichia coli* Accumulates Glycine Betaine from Marine Sediments. *Applied and Environmental Microbiology*, n°2 vol. 56, pp. 551-554.

Goldberg E D., 1975. The “Mussel Watch” Mar. Pollut. Bull. 6: 111-113

Google Maps, 2016.

Grall J., Glémarec M., 1997 - Bioévaluation des structures benthiques en rade de Brest. *Ann. Inst. Océanogr. Paris*, 73(1): 7-16.

Grimes S & Boudjakdji, M., 1996 – La pollution en milieu portuaire ; notes préliminaires sur l'impacte de la pollution industrielle et domestique sur le macrozoobenthos du port d'Oran 3ème colloque national, climat et environnement, 5p.

Guettaf M., 1997 - Contribution à l'étude de la variabilité du cycle reproductif (indice gonadique et histologie des gonades) chez *Paracentrotus lividus* (*Echinodermata: Echinidae*) en Méditerranée sud occidentale (Algérie). Thèse Doct. Océanologie, Univ Médit. Aix. Marseille II, France, 132p.

Guillou M., Grall J., Connan S., 2002 - Can low sea urchin densities control macro-epiphytic biomass in a north-east Atlantic maerl bed ecosystem (Bay of Brest, France)? *J. Mar. Biol. Ass. U. K.*, 82: 867-876.

H

Harmelin J.G., Bouchon C., Duval C., Hong J.S., 1980 - Les Echinodermes des substrats durs de l'île de Port-Cros, parc national (Méditerranée nord-occidentale). Eléments pour un inventaire quantitatif. *Trav. Sci. Parc Nation. Port-Cros.*, 6: 25-38.

Harmelin J. G., Bouchon C., Hong J.S., 1981 - Impact de la pollution sur la distribution des Echinodermes des substrats durs en Provence (Méditerranée nord-occidentale). *Téthys.*, 10 (1): 13-36.

[Http://www.observatoire.marin.com/med-carte.htm](http://www.observatoire.marin.com/med-carte.htm).

[Http://www.cordis.lu/eesd/ka3/cpluster5.htm](http://www.cordis.lu/eesd/ka3/cpluster5.htm).

[Http://www.bomhik.se/ecoharm.htm](http://www.bomhik.se/ecoharm.htm).

I

Ignatiades, L., 1998 - The productive and optical status of the oligotrophic waters of the Southern Aegean Sea (Cretan Sea), Eastern Mediterranean. *Journal of Plankton Research*, 20, pp. 985–995.

K

Kempf M., 1962 - Recherches d'écologie comparée sur *Paracentrotus lividus* (Lmk.) et *Arbacia lixula* (L.). *Rec. Trav. Stn. mar. Endoume, Marseille*, 25(39): 47-116.

Kerr, A.M., Stoffel, E.M. & Yoon, R.L. 1993 - Abundance distribution of Holothuroids (Echinodermata: Holothuroidea) on a windward and leeward fringing coral reef, Guam, Mariana Islands. *Bulletin of Marine Science* 52: 780-791.

Khelil. F., 2007 - Evaluation de la contamination de l'eau de mer et d'un mollusque la moule, *Mytilus galloprovincialis* (Lmk 1819) Pêché du port d'Oran. Mémoire de Magister, Université d'Oran, 112p.

Khoury C., 1987 - Ichtyofaune des herbiers de posidonies du parc national de Port- Cros : Composition, éthologie alimentaire et rôle dans le réseau trophique. Thèse 3eme cycle océanologie, St. Mar. Endonme, Fr. : 1-229.

Koehler R., 1921 - Faune de France. *In*, Lechevalier P., (ed), *Echinodermes.*, Paris.

Koehler R., 1927 - Les Echinodermes des mers d'Europe. Il. Doin, Paris: 339 p.

L

Lawrence . J. M., 1975 - On the relationships between marine plants and sea urchins. *Ocean. Mar. Biol. Annu. Rev.*, 13/213-286.

Leclaire, L., 1972 – La sédimentation Holocène sur le versant méridional du bassin algérien – Baléares (pré continent algérien). *Mém, Mus, 5at, T, XXV* ; 391p.

Le Direach J.P.E., 2013 - La pêche des oursins en Méditerranée: Historique, techniques, législation, production. *In*, Boudouresque C.F., (ed), *Colloque international sur Paracentrotus lividus et les oursins comestibles. GIS Posidonie publ., Marseille*, 335-362.

M

Martinell, J., 1981- Actividad erosiva de *Paracentrotus lividus* (Lmk) (Echinodermata, Echinoidea) en el litoral gerundense. *Oecol.aquat.* 5 (Act.II Simp.Estud.Bentos mar., I): 219-225.

Massin M., 1980 - The sediment ingested by *Holothuria tubulosa* Gmelin (Holothuridea: Echinodermata). p. 205–208. In: Jangoux M. (ed.). Echinoderms: Pre-sent and Past. Rotterdam, Netherlands: Balkema A.A. Publication.

Massin C., 1982b - Effects of feeding on the environment: Holothuroidea. p. 193–197. In: Jangoux M. and Lawrence J.M. (eds). Echinoderm nutrition. Rotterdam, Netherlands: Balkema A.A. Publication.

Merbouh, N., 1998 – Contribution à l'étude de la contamination par les métaux lourds (Cd, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb, Zn) d'un poisson pélagique, la Sardine (*Sardina pilchardus*, Walbaum, 1792), pêchée dans la baie d'Oran. Thèse de magister. I.S.M.A.L. (Alger) : 139p.

Mezali, K., 1998 - Contribution à la systématique, la biologie, l'écologie et la dynamique de cinq espèces d'holothuries aspidochirotés [*Holothuria (Holothuria) tubulosa*, *Holothuria (Lessonothuria) polii*, *Holothuria (Holothuria) stellati*, *Holothuria (Panningothuria) forskali* et *Holothuria (Platyperona) sanctori*] de l'herbier à *Posidonia oceanica* (L) DELILLE de la Presqu'île de Sidi-Fredj. Thèse Magister, ISMAL, Alger, Algérie, 238 p.

Mezali, K., 2004 - Micro-répartition des holothuries aspidochirotés au sein de l'herbier de Posidonies de la presqu'île de Sidi-Fredj – Algérie. Rapports P.V. *Commission Internationale pour l'Exploration Scientifique de la Mer Méditerranée* Vol. 37. 534 p.

Migeon, S., Sultan, N., Sardou, O., et al., 2004 - The Var turbiditic system: Sediment supplies, slope instabilities and mass wasting. In: Rapport du 37e Congrès de la Commission internationale pour l'exploration scientifique de la mer Méditerranée. Actes du Congrès de la CIESM, p. 58.

Morgan, R., et Jangoux, M., 2002 – Reproductive cycle and spawning induction in the gregarious brittle star *ophiothrix fragilis* (Echinodermata) in the Oosterschelde (Netherlands). *Invertebrate reproduction and development* 42, 145-155.

Mortensen T., 1927 - Handbook of the Echinoderms of the British Isles. Clarendon press, Oxford, U.K, 471p.

Mottet M G., 1976 - The fishery biology of the sea urchins in the family Strongycentrotidae. Wash. Dept. Fish.Rep., U.S.A., pp20 - 66.

Mouffok. F., 2001 - Guide technique d'analyses bactériologiques des eaux de mer. Institut pasteur d'Algérie, 40p.

Munar J., Moreno I., 1987 - Echinodermos de las Islas Baleares (Espana). In, Boudouresque C.F. (ed), *Colloque international sur Paracentrotus lividus et les oursins comestibles*. GIS Posidonie publ., Marseille, 241-253.

N

Nédélec H., 1982 - Ethologie alimentaire de *Paracentrotus lividus* dans la baie de Galeria (Corse) et son impact sur les peuplements de phytobenthoniques. Thèse Doct. 3ème cycle, Univ. Pierre et Marie Curie., Univ. Pris VI . Fr, 175p.

Nédélec H., 1983 - Sur un nouvel indice de éplétion pour les oursins réguliers. Rapp. P. V. Réun. Comm. Internation. Expl. sci. Médit., 28 (3) : 149-151.

Neill S.R.St.J., Larkum H., 1965 - Ecology of some Echinoderms in Maltese waters. Symp. Underwater Assoc. Malta, 51-55.

Niell F.X., Pastor R., 1973 - Relaciones tróficas de *Paracentrotus lividus* (Lmk) en la zona litoral. *Investigacion Pesquera.*, 37(1): 1-7.

Nriagu J O., Pacyna J., 1988 - Quantitative assessment of worldwide contamination of air, water and soils by trace metals. *Nature* 333: 134-139

O

OMS, 2000 - « Directives pour l'eau de boisson : volume 2. Critères d'hygiène et documentation à l'appui ». Organisation mondiale de la santé, 2ème édition. 1050p.

OMS/PNUE, 1995 - Recommandations pour la surveillance sanitaire des zones côtières d'usage récréatif et des zones conchylicoles. Programme à long terme de surveillance continue et de recherche en matière de pollution de la mer Méditerranée (MED/POL phase II), 156p.

P

Pauly, D., Christensen, V., Dalsgaard, J., et al., 1998 - Fishing down marine food webs. *Science*, 279, pp. 860–863.

Pavlakakis et al., 2001- Pavlakakis P., Tarchi D. and Sieber A. J., 2001. On the monitoring of illicit vessel discharges using spaceborne SAR remote sensing — A reconnaissance study in the Mediterranean Sea. *Annals of Telecommunications*, 56, (11/12), pp. 700–718.

Phillips, B.M., Nicely, P.A., Hunt, J.W., Anderson, B.S., Tjeerdema, R.S., Palmer, S.E., Palmer, F.H., et Puckett, H.M., 2003 -Toxicity of cadmium–copper–nickel–zinc mixtures to larval purple sea urchins. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 70, 592–599.

Pinta M., Baudin G., & Boudron R., 1980 - Spectrophotométrie d’Absorption Atomique Tome 1. Problème général 2ème édition Ed .Masson O.R.S.T.O.M: 259p

PNUE/PAM/OMS, 1999 - *Identification des «points chauds» et «zones sensibles» de pollution prioritaire en Méditerranée*. N° 124 de la série des rapports techniques du PAM, 86 p.

PNUE Produits chimiques, 2002 - PNUE Substances chimiques 2002. Mediterranean Regional Report. Regionally based assessment of persistent toxic substances [Rapport régional pour la Méditerranée. Évaluation régionale des substances toxiques persistantes], p. 148.

PNUE/OMS, 2003 - Deuxième rapport sur les points chauds de pollution en Méditerranée : Partie II : Rapports par pays révisés. Réunion des Coordonnateurs nationaux pour le MED POL, Sangemini Italie, 27–30 mai 2003.

PNUE/PAM, 2003 - Riverine transport of water, sediments and pollutants to the Méditerranéen Sea (Transport par les rivières d’eau, de sédiments et de polluants vers la mer Méditerranée). N° 141 de la série des rapports techniques du PAM, 86 p. 111.

PNUE/PAM/MED POL/OMS, 2004 - Les stations d’épuration des eaux usées municipales dans les villes côtières de la Méditerranée (II). N° 157 de la série des rapports techniques du PAM, 86 p. 81.

R

Reale, B., Sbrana M., et De Ranieri, S., 1995 - Population dynamics of *Merluccius merluccius* exploited by two different trawl nets in the northern Tyrrhenian Sea. In: *Rapport du 34e Congrès de la Commission internationale pour l’exploration scientifique de la mer Méditerranée. Actes du Congrès de la CIESM*, p. 254.

Regis M.B, 1978 - Croissance de deux Echinoides du golf de Marseille (*Paracentration lividus*) (LMK) et *arabica lixulal.*) aspects écologiques de la microstructure du squelette et de l’évolution des indices physiologiques thèse doctorat ,univ Aix-marseille III, 221p

Rempec, 2001 - Records and statistics on oil spill alerts and accidents. <http://www.rempec.org/>.

Rodier J., 1997 – l'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mers 8e Edition DUNOD, pp. 661-847.

S

Saad M.A., El-Rayis O.A., El-Nady F.E., 1981 - Occurrence of organic matter and heavy metals in sediments from the Mediterranean. In, Stuckey D., Hamza A. eds., *Management of Industrial Wastewater in Developing Nations*. Pergamon Press, Oxford, 127–139.

Schneider, J., Torun-ski, H., 1990 – Bioston limonstone coasts, morphogenesis and sediment production. *Mar ecol., Deutsch.*, 4,1:45-63.

Schneider S., Schweisfursh R., 1991 – Water, *water sciences* 24: N° 2. 319p

San Martin G.A., 1990 - *Contribution à la gestion des stocks d'oursins : Etude des populations et transplantations de Paracentrotus lividus à Marseille (France, Méditerranée) et production de Loxechinus albus à Chiloe (Chili, Pacifique)*. Thèse Doct, Ecol, Univ. Médit. Aix-Marseille II, 166 p.

San Martin G.A., 1995 - Contribution à la gestion des stocks d'oursins *P. lividus*. Thèse de Doctorat. Faculté des sciences de liminy Aix- Marseille II, 167 p.

Sartor P., Sbrana, M., Ungaro, N., et al., 2002 - Distribution and abundance of *Citharus linguatula*, *Lepidorhombus boscii* and *Solea vulgaris* (Osteichthyes: Pleuronectiformes) in the Mediterranean Sea. In: Mediterranean Marine Demersal Resources: The MEDITS International Trawl Survey (1994–1999). *Scientia Marina*. 66 (suppl. 2), pp. 83–102.

Sartory A., 1980 – Microbiologie pratique. Edition Matoine, Paris, pp 73-74.

Savy S., 1987 - Les prédateurs de *P. lividus* (Echnodermata). Colloque international sur *P. lividus* et les oursins comestibles. BOUDOURESQUE édit., GIS Posidonie publ., Marseille, Fr. : sous presse.

Seddik, 2008 - Evaluation du niveau de la pollution bactériologique chez un Mollusque Gastéropode *Patella caerulea* (Linné, 1758) dans la côte oranaise orientale. Mémoire de Magister, Université d'Oran, 121 p.

Semroud R., 1993 - Contribution à la connaissance de l'écosystème à Posidonia océanica (L.). Delile dans la région d'Alger (Algérie): Etude de quelques compartiment. Thèse Doct, Sciences. Ecol. Mar., U.S.T.H.B., Alger, 129p.

Semroud R., Kadal H., 1987 - Contribution à l'étude de l'oursin *Paracentrotus lividus* (Lamarck) dans la région d'Alger (Algérie): Indice de réplétion et indice gonadique. In, Boudouresque et al., (eds), International workshop *Posidonia oceanica beds.*, GIS Posidonie publ., Marseille, 117-124.

Shepherd S.A., Boudouresque C.F., 1979 - A preliminary note on the mouvement of the sea urchin *Paracentrotus lividus*. *Trav. Sci. Parc nation. Port-Cros.*, 5: 155-158.

Smayda, T., 1990 - Novel and nuisance phytoplankton blooms in the sea: Evidence for a global epidemic. In: *Toxic Marine Phytoplankton*, édité par Graneli E., Sundstrom B., Edler L. et Anderson D.M., Elsevier, New York.

Soloviev, S.L., Go, Ch.N., Kim, Kh.S. et al., 1997 - *Tsunami in the Mediterranean Sea*, 2000 B.C.–1991 A.D., Moscow, National Geophysical Committee, (using data provided by O.N.Solovieva).

Stergiou K.I. et Koulouris M., 2000- Fishing down the marine food webs in the Hellenic seas. pp. 73–78. In: Fishing down the Mediterranean food webs. *CIESM Workshop Series* 12, p. 99.

T

Terbeche M., 2006 - Tendances de la contamination bactériologique et métallique chez la Crevette rouge *Aristeus antennatus* (Risso, 1816) exploitée dans la baie d’Oran. Mémoire de Magister, Université d’Oran, 129p.

Terbeche M., 2007 - Tendances de la contamination bactériologique et métallique chez la Crevette rouge *Aristeus antennatus* (Risso, 1816) exploitée dans la baie d’Oran. Mémoire de Magister, Université d’Oran, 129p.

Tifour et Bahousi, 2005 - Contribution à l’étude des caractères biométrique de l’oursin *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816) dans la baie de Mostaganem. Mémoire d’Ingéniorat, Université de Mostaganem, 82p.

Tserpes, G., Fiorentino, F., Levi, D., et al., 2002- Distribution of *Mullus barbatus* and *M. surmuletus* (Osteichthyes: Perciformes) in the Mediterranean continental shelf: implications for management Dans: Mediterranean Marine Demersal Resources: The Medits International Trawl Survey (1994–1999). Scientia Marina. 66 (suppl. 2), pp. 39–54.

Tortonese E., 1965 - Fauna d'Italia. VI. Echinodermata. Calderini, Bologna.

Traer K., 1980 - The consumption of *Posidonia oceanica* Delile by echinoids at the isle of Ischia. In, Jangoux M., (ed), *Echinoderm: Present and past*. Balkema publ., Rotterdam, 241-244.

U

UNEP-RAC, 1995- Futures for the mediterranean Basin. The Blue Plan.

V

Vandegans J., Hoenig M., Kersabiec A M.1997- Spectrophotométrie d’Absorption Atomique
.http://www.techniques-ingénieur.fr /base-documentaire

Verlaque M., 1987a - Relations entre P.L (LMK) et le phytobenthos de Méditerranée occidentale. Colloque international sur P.L et les oursins comestibles. BOUDOURESQUE. Édit. GIS Posidonie publ, Marseille, France.

Verlaque M., 1987b - Relation entre *Paracentrotus lividus* (Lamarck) et le phytobenthos de Méditerranée Occidentale.

Vogt W P., 1993- Dictionary of statistics and methodology. Kindle edition p177- 201

Volle M., 1985 - Analyse des données, (3eme édition).Collection « économie et statistiques avancées ». Economica, 108- 129.

Z

Zago C., Capodaglio, G., Ceradini, et al., 2000 - Benthic fluxes of cadmium, lead, copper and nitrogen species in the northern Adriatic Sea in front of the river Po outflow, Italy. *The Science of Total Environment*, 246, pp. 121–137.

Zanetos et al., 2003 - Zenetos, A., Todorova, V. et Alexandrov, A., 2003. «Marine biodiversity changes in zoobenthos in the Mediterranean Sea». Conférencier invité à la : Conference on Sustainable Development of the Mediterranean and Black Sea Environment (Conférence sur le développement durable de l’environnement méditerranéen et de la mer Noire), Thessalonique, 28–31/5/2003. (<http://www.iasonnet.gr/program/program.html>).

Zavodnik D., 1987 - Synopsis on the sea urchin *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816) in the Adriatic Sea. In, Boudouresque et al., (eds), *International workshop Posidonia oceanica beds*. GIS Posidonie publ, Marseille, 221-240.

ANNEXES

Annexes I

Publication:

- Evaluation of microbiological contamination, physiochemical and metal of echinoderms and the surrounding substrate in various locations in western Algeria. *Advance in bioresearch* Vol 9 (3) May 2018.
- Evaluation of the metallic contamination (Pb, Zn, Cd, Fe) and microbiological contamination of the sea urchin *Paracentrotus lividus* and *Holothuria tubulosa*, in different coastal sites of western Algeria. (Article soumis à *Regional Studies in Marine Science*).

Communication scientifiques:

- Communication Orale : «Evaluation de la contamination microbiologique, physico-chimique et métallique des échinodermes et du substrat ambiant dans différents sites de l'ouest Algériens». 7^{ème} journées Nationales de la Faculté SNV, Mostaganem (2017).
- Poster : «Evaluation de la contamination microbiologique, physico-chimique et métallique des échinodermes et du substrat ambiant dans différents sites de l'ouest Algériens». 8^{ème} journées Nationales de la Faculté SNV, Mostaganem (2018).

Communication Orale : Evaluation de la contamination microbiologique, physico-chimique et métallique des échinodermes et du substrat ambiant dans différents sites de l'ouest Algériens.

Hocine BENADDA, Dina Lila SOUALILI, Ahmed Mohammed Ali BEKADA

Résumé

Notre travail était d'évaluer la contamination microbiologique, physico-chimique et métallique des échinodermes et du substrat ambiant dans différents sites de l'ouest Algériens, La recherche d'espèces pathogènes telles que *Salmonella* conduit à la connaissance des zones de pollution dangereuse C'est dans ce cadre que nous avons élaboré notre travail qui consiste à tester l'efficacité d'un échinoderme: l'oursin *Paracentrotus lividus* pour évaluer le degré de contamination bactérienne de l'eau de mer, nos analyses ont été effectuées au niveau du Site GNL1 de Sonatrach et le laboratoire AFFAK contrôle d'Oran. Plusieurs campagnes d'échantillonnages ont été réalisées sur les deux sites de Mostaganem (salamandre et Stidia) et le site d'Ain Franin pour Oran, l'échantillonnage était mensuel et s'est étalé sur une période d'une année, une dizaine d'holothurie sont récoltées mensuellement et une vingtaine d'oursin, notre étude a porté sur 182 spécimens d'holothurie et 323 oursins au niveau des trois biotopes différents du point de vue position géographique et composante en faune et flore qui ont servi à la fois les analyses bactériologiques et les analyses métalliques des 3 sites étudiés.

En premier lieu, on a observé l'absence totale dans des échantillons d'eau de mer des trois sites les bactéries pathogènes telles que les *Staphylococcus aureus* et les *salmonella*, par contre la présence des germes d'origine fécale tels que les Coliformes totaux, les Coliformes fécaux et les Streptocoques fécaux sont présents dans ces sites, le taux le plus élevé était enregistré en mois de juin 2016 pour les coliformes fécaux 1650 germes / 100 ml à Ain Franin. Ainsi le taux le plus élevée de contamination par les métaux lourds concernant les gonades de *Paracentrotus lividus* était les valeurs moyennes en Zinc qui sont presque 2 fois plus élevées dans le site d'Ain Franin que dans le site salamandre et plus bas dans le site Stidia. En ce qui concerne le cuivre, il est au site de salamandre avec une concentration moyenne de 1,12 mg / kg de cadmium, et légèrement plus élevé à Ain Franin chez *Paracentrotus lividus* avec (1,39 mg / kg de P.F). Le traitement statistique des résultats montre que les concentrations des quatre métaux sont en ordre décroissant : Zn > Fr > Cd > Cu au niveau des trois sites. L'évaluation de la contamination Microbiologique et métallique de l'eau de mer et des gonades d'oursin *Paracentrotus Lividus* et du concombre de mer *Holothuria tubulosa* ont révélé ainsi des taux élevés de contamination par les polluants présents dans le milieu marin et de leur effets sur les organismes, les écosystèmes et la santé humaine. Nous devons donc réagir de manière significative pour assurer l'avenir des écosystèmes marins et ainsi assurer l'avenir de l'humanité.

Mots clé : Pollution Marine, échinodermes, contamination microbiologique, Métaux lourds, *Paracentrotus Lividus*, *Holothuria tubulosa*, eau de mer.

Annexe II

De la prévention et de la protection contre les pollutions

Art. 43. — Conformément aux dispositions des articles 48 à 51 de la loi n° 03-10 du 19 Joumada El-Oula 1424 correspondant au 19 juillet 2003 relative à la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable, les milieux hydriques et les écosystèmes aquatiques doivent être protégés contre toute forme de pollution susceptible d'altérer la qualité des eaux et de nuire à leurs différents usages.

Art. 44. — Les rejets d'effluents, les déversements ou les dépôts de matières de toute nature ne présentant pas de risques de toxicité ou de nuisance dans le domaine public hydraulique sont soumis à une autorisation dont les conditions et les modalités d'octroi sont fixées par voie réglementaire.

Art. 45. — L'autorisation prévue à l'article 44 ci-dessus est refusée notamment lorsque les effluents ou matières sont de nature à nuire :

- à la capacité de régénération naturelle des eaux ;
- aux exigences de l'utilisation des eaux ;
- à la santé et la salubrité publiques ;
- à la protection des écosystèmes aquatiques ;
- à l'écoulement normal des eaux ;
- aux activités de loisirs nautiques.

Art. 46. — Sont interdits :

- tout déversement ou rejet d'eaux usées de toute nature dans les puits, forages, galeries de captage, fontaines et abreuvoirs publics, oueds à sec et canaux ;
- tout dépôt ou enfouissement de matières insalubres susceptibles de polluer les eaux souterraines par infiltration naturelle ou par recharge artificielle ;

- l'introduction de toutes matières insalubres dans les ouvrages et installations hydrauliques destinés à l'alimentation en eau ;
- le dépôt et/ou l'enfouissement de cadavres d'animaux dans les oueds, lacs, étangs et à proximité des puits, forages, galeries de captage, fontaines et abreuvoirs publics.

Art. 47. — Tout établissement classé, au sens des dispositions de l'article 18 de la loi n° 03-10 du 19 Joumada El Oula 1424 correspondant au 19 juillet 2003 relative à la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable, et notamment toute unité industrielle dont les rejets sont reconnus polluants doit impérativement :

- prévoir des installations d'épuration appropriées ;
- mettre en conformité leurs installations ou les procédés de traitement de leurs eaux résiduaires par rapport aux normes de rejet telles que fixées par voie réglementaire.

Art. 48. — Lorsque la pollution des eaux met en péril la salubrité publique, l'administration chargée des ressources en eau doit prendre toutes mesures exécutoires en vue de faire cesser les déversements d'effluents ou les dépôts de matières nuisibles. Elle doit également décider de l'arrêt du fonctionnement de l'établissement qui en est responsable, jusqu'à la disparition de la pollution (Journal officiel, 2005).

Annexe 3

Principe de Spectrophotomètre d'absorption Atomique (SAA) :

La Spectrophotométrie d'Absorption Atomique est une méthode analytique permettant de déterminer la concentration d'une substance par l'absorption d'une radiation spécifique à l'élément chimique contenu dans la substance.

En l'occurrence, cette technique déterminera les éléments métalliques en traces contenus dans les échantillons à analysés.

Nos dosages ont été effectués à la SO!ATRACH au niveau du laboratoire du complexe GL1/Z – BETHIOUA : gaz naturel liquéfié.

L'appareil mis à notre disposition est un SAA de marque PERKI! ELMER : A!ALYST 100. Aussi des analyses ont été effectuées au laboratoire régional de la Police Scientifique et le même type d'appareil a été mis à notre disposition.

Au cour des analyses de spectrophotométrie d'absorption atomique, une solution contenant des éléments métalliques est introduite dans le brûleur de l'appareil, celle-ci est convertie dans une flamme air – acétylène ou un atomiseur électrothermique sous forme de vapeur constituée maintenant d'atome libres.

Une source lumineuse émise d'une lampe à cathode creuse faite du métal à analyser est dirigée à travers la vapeur absorbent une partie de la radiation, ce qui entraînera une diminution de cette dernière (FAO, 1977).

La loi d'absorption en absorption atomique : l'intensité de l'absorption dépend directement du nombre de particules absorbant la lumière selon la loi de Beer Lambert selon laquelle l'absorbance est proportionnelle au coefficient d'absorption spécifique a , au trajet optique b et à la concentration c .

$$A = abc$$

$$A = \log I_0/I.$$

I : intensité après absorption par les atomes.

I_0 : intensité initiale de la source lumineuse

Appareillage :

Le dispositif expérimentale utilisé en absorption atomique se compose d'une source, la lampe creuse à cathode creuse, d'un brûleur et un nébuliseur, d'un monochromateur et d'un détecteur relié à un amplificateur et un dispositif d'acquisition.

La lampe à cathode creuse :

La lampe à cathode creuse est constituée par une enveloppe de verre scellée et pourvue d'une fenêtre en verre ou en quartz contenant une cathode creuse cylindrique et une anode. La cathode est constituée de l'élément que l'on veut doser. Un vide poussé est réalisé à l'intérieur de l'ampoule qui est ensuite remplie d'un gaz rare (argon ou néon) sous une pression de quelques mm de Hg (Boeck, 2003).

Lorsqu'on applique une différence de potentiel de quelques centaines de volts entre les deux électrodes, une décharge s'établit.

Le gaz rare est alors ionisé et ces ions bombardent alors la cathode, arrachant des atomes à celle-ci ; Ces atomes sont libres et sont excités par chocs : il y a émission atomique de l'élément constituant la cathode creuse (Boeck, 2003).

La particularité du rayonnement ainsi émis est qu'il est constitué de raies très intenses et très fines.

Les lampes que nous avons utilisées sont de type HCL (hollow cathod lampe) de marque PERKIN ELMER spécifique pour chaque métal.

- Pour le Cd : la référence de la lampe est N 305 – 0115.
- Pour le Pb : la référence de la lampe est N305- 0157.
- Pour le Zn : la référence de la lampe est 062901 – 88592.

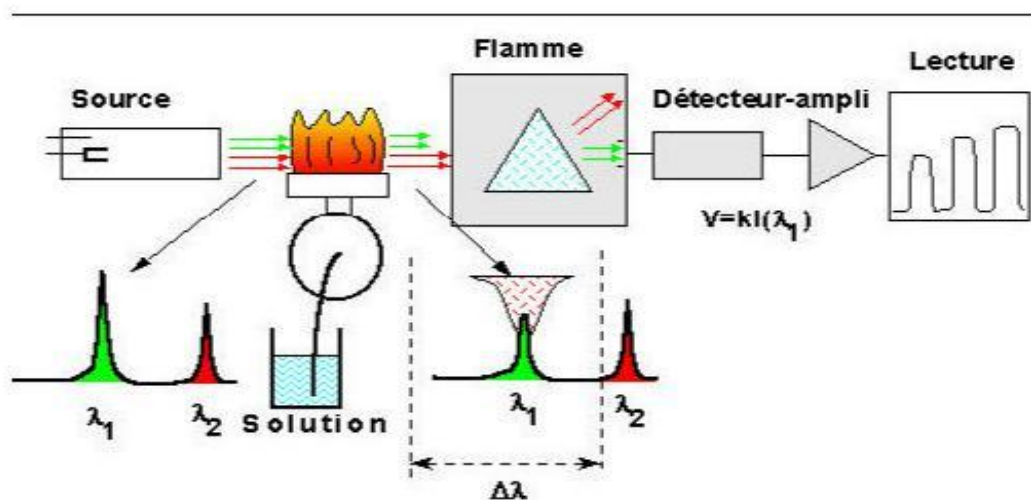
Le nébuliseur :

L'échantillon à analyser est en solution. Celle-ci est aspirée au moyen d'un capillaire par le nébuliseur. A l'orifice du nébuliseur, du fait de l'éjection d'un gaz à grande vitesse, il se crée une dépression. La solution d'analyse est alors aspirée dans le capillaire et à la sortie, elle est pulvérisée en un aérosol constitué de fines gouttelettes. Cet aérosol pénètre alors dans la chambre de nébulisation dont le rôle est de faire éclater les gouttelettes et d'éliminer les plus grosses. Ce brouillard homogène pénètre alors dans le brûleur (Daniel, 1994).

La flamme – atomisation :

L'aérosol pénètre dans le brûleur puis dans la flamme. Au bout d'un certain parcours au seuil de la flamme, le solvant de la gouttelette est éliminé, il reste les sels ou particules solides qui sont alors fondus, vaporisés puis atomisés. La flamme air acétylène est la plus répandue et permet de réaliser le dosage de nombreux éléments. Sa température est de 2500°C environ (Daniel, 1994).

La flamme N₂O/acétylène (protoxyde d'azote) est utilisée pour certains éléments qui forment des oxydes réfractaires particulièrement solides et ne sont pas atomisés par la flamme air/acétylène (Daniel, 1994).



SCHEMA DE PRINCIPE DE LA SPECTROPHOTOMETRIE D'ABSORPTION ATOMIQUE

Tableau d'utilisation de la spectrophotométrie d'absorption atomique.

Paramètres	Description
1- Use lamp position	A analyst 100 permet de choisir une position des six
2- Use element	Positionne l'élément à analyser
3- Use default condition (y/n)	YES pour accepter les paramètres fixe. NO pour changer (longueur d'onde, ampérage, etc)
4- Lamp current	Fixer un courant de la lampe (en cas ou vous choisissiez NO dans le paramètre trois)
5- Slit width and height	Largeur et hauteur de la fente
6- Wavelength	Faire entrer une longueur d'onde
7- Integration time	Durée de lecture
8- Replicates	Nombre de lecture
9- Calibration type	Choix de type de calibration (lin, non-lin, addition)
Mesur mode	Mode de mesure

Annexes IV

Paramètres	Valeurs guides OMS	Interprétation
Coliformes thermotolérants	0/100 ml	Indicateurs de pollution fécale
Streptocoques fécaux	Pas de normes	Indicateurs de pollution fécale
Coliformes totaux	0/100 ml dans 95% des échantillons d'eaux traitées	Indicateurs d'efficacité du traitement (désinfection) ; ne signalent pas nécessairement une pollution fécale

ANNEXE

PARAMETRES DE QUALITE DE L'EAU DE CONSOMMATION HUMAINE

Tableau 1 : PARAMETRES AVEC VALEURS LIMITES

GROUPE DE PARAMETRES	PARAMETRES	UNITES	VALEURS LIMITES
Paramètres chimiques	Aluminium	mg/l	0,2
	Ammonium	mg/l	0,5
	Baryum	mg/l	0,7
	Bore	mg/l	1
	Fer total	mg/l	0,3
	Fluorures	mg/l	1,5
	Manganèse	µg/l	50
	Nitrates	mg/l	50
	Nitrites	mg/l	0,2
	Oxydabilité	mg/l O ₂	5
	Phosphore	mg/l	5
	Acrylamide	µg/l	0,5
	Antimoine	µg/l	20
	Argent	µg/l	100
	Arsenic	µg/l	10
	Cadmium	µg/l	3
	Chrome total	µg/l	50
	Cuivre	mg/l	2
	Cyanure	µg/l	70
	Mercure	µg/l	6
	Nickel	µg/l	70
	Plomb	µg/l	10
	Sélénium	µg/l	10
	Zinc	mg/l	5