

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة مولاي الطاهر، سعيدة

Université MOULAY Tahar, Saïda



كلية العلوم

Faculté des Sciences

قسم البيولوجيا

Département de Biologie

Mémoire pour l'obtention du diplôme de Master

En Sciences biologiques

Spécialité : Microbiologie Appliquée

Etude des paramètres physico-chimiques de l'eau de mer polluée et activité antioxydante de l'extrait du palmier nain envers des souches bactériennes suspectes

Présenté par :

- Mlle : FELLOUS Dalil
- Mlle : BOUFRIDA Imene

Soutenu le : 20 – 06 – 2022

Devant le jury composé de :

Président	Mr. TERRAS Mohamed	Pr	Université de Saïda
Examineur	Mr. HALLA Noureddine	MCA	Université de Saïda
Encadrant	Mr. BERROUKCHE Abdelkrim	Pr	Université de Saïda
Co-encadrant	Mr. BOUDDOU Farouk	Docteur	Université de Saïda

Année universitaire 2021/2022

Remerciements

Avant tout, nous remercions dieu le tout puissant de nous avoir donné le courage et la patience de mener à bien ce travail.

Nous remercions aussi tous ceux qui nous ont aidé ou soutenu de près ou de loin pendant la préparation de notre mémoire.

Nous tenons à exprimer nos remerciements les plus sincères à notre encadreur monsieur le professeur **BERROUKCHE ABDELKRIM** doyen de la faculté des sciences de l'université de Saïda Dr Moulay Taher qui a dirigé ce travail pas à pas avec beaucoup d'attention et d'intérêt et pour sa confiance ses encouragements et ses précieux conseils qu'il a voulu nous donner au cours de la réalisation de ce travail

Nous tenons à exprimer toute notre gratitude à monsieur **Dr. BOUDDOU FAROUK** responsable de laboratoire de biologie et chimie à l'université de Saïda Moulay Taher d'avoir fait l'honneur d'accepter d'être notre Co-encadreur de ce travail et pour nous avoir offert son aide et sa compréhension sa patience et ses précieux conseils et orientation avec persévérance et surtout sa présence avec nous dans tous les instants

Que soient particulièrement remerciés les membres de jury :

Monsieur **TERAŞ MOHAMED** professeur et vice doyen de faculté des sciences de l'université de Saïda Dr Moulay Taher qui nous fait l'honneur d'accepter la présidence de ce jury.

Monsieur **HALLA NOUREDDINE** professeur et vice recteur de l'université de Saïda Dr Moulay Taher pour nous avoir consacré du temps, et accepté d'examiner ce travail.

Nous n'oublions pas de remercier Monsieur **AHMED** responsable de laboratoire de biologie de faculté des sciences de la nature et de la vie.

Nous remercions également tous les professeurs qui nous ont suivis Durant notre cycle d'étude.

Dédicace

Je dédie ce présent travail:

A mon très cher père pour sa confiance, A ma très chère mère pour tous ses sacrifices, son encouragement et son amour.

A mes frères et mes sœurs Wafa et Fatima et Sohayeb et Bilal

et ma tante Rekia et mon oncle Mohamed

- Toute les familles Boufrida et Mahidini

Et a père de mon binome f. Mohamed

mes amis K. Hocine, A. chafia et D. Kawter, A. Chahinez et H. Nour

K. Khawla , B. khadidja .

et mes camarades de promo de BIOLOGIE.

Imane.

Dédicace

Du plus fond du cœur et avec l'intensité de mes émotions, je dédie ce travail :

A mes très chers parents

Mon cher papa, Rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour mon éducation et mon bien être. Votre chaleur paternelle a été et sera toujours pour moi d'un grand réconfort

Ma chère Mama, Tu es l'exemple de dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager et de prier pour moi. Tout mon amour à cette mère exceptionnelle.

J'aimerais vous remercier pour tous les efforts et les sacrifices que vous avez faits pour moi, Puisse Dieu vous préserver à moi en bonne santé et vous accorder bonheur et longue vie.

A ma petite sœur **Farah** que j'aime au profond de mon cœur que dieu te protège .

A mon cher grand-père **Tayeb** que Dieu le garde pour nous.

A la mémoire de mon grand-père Mokhtar , Dieu repose son âme , j'espère qu'il se réjouira en moi dans sa tombe.

A mes chères grands-mères **Aïcha** et **Khadidja** que Dieu les bénisse.

A ma chère tante **Khaira** que j'aime et son mari et ses enfants.

A ma chère tante **Naïma**, Dieu repose son âme et ses enfants que Dieu les protège .

A mes chers oncles **Nabil** et **Ali** et leurs femmes et leurs enfants que Dieu les protège et ma petite cousine **Marwa**.

A ma deuxième famille mes très chères copines (**Amel**, **Chaimaa**, **Souad**, **Asma** ,**Sakina**).

A mes copines de la promotion (**Kawter**, **Chahinaze**).

A mon binôme **Iman** et ses parents.

Dallel

ملخص

تلعب البيئة البحرية دورًا اجتماعيًا واقتصاديًا رئيسيًا في وهران (غرب الجزائر). هذه المنطقة ، التي تعد موطنًا لموارد سمكية مهمة ، لا تُعفى حاليًا من الملوثات الناتجة أثناء التنمية الزراعية والمنزلية والصناعية والسياحية. يتمثل الهدف من هذه الدراسة أولاً وقبل كل شيء في التحليل ، عن طريق التحليلات الفيزيائية والكيميائية والبكتريولوجية ، لمياه البحر من أجل تقييم تأثير أنواع التلوث المختلفة على جودة المياه الساحلية للخليج. بعد ذلك لاختبار القوة المضادة للبكتيريا ، في المختبر ، لمستخلصات الميثانول والأسيتون لأوراق على السلالات البكتيرية المتورطة في التلوث البحري *humilis L.* نبات الكاميروبس (الإشريكية القولونية ، الزائفة الزنجارية والمكورات العنقودية الذهبية). مكن الاستخلاص بالنقع من المستخلصين العضويين من الحصول على عوائد بنسبة 4٪ و 17٪ لمستخلصات الأسيتون والميثانول على التوالي. أتاح التحليل الفيزيائي الكيميائي إمكانية تسجيل درجة حموضة أقل من معايير البحر الأبيض المتوسط بقيم تتراوح من 6.8 إلى 6.9 ، مع معدل ملوحة أعلى من المعيار يتراوح بين 40٪ إلى 42٪. بينما أظهر التحليل الميكروبيولوجي مقاومة قوية للسلالات الثلاثة المختبرة مقابل مستخلصات شاماروبس هوميليس إل. في النهاية ، سمح هذا العمل بملاحظة التلوث البحري القوي في ساحل وهران. وفي ضوء هذه النتائج المثيرة للاهتمام التي تم الحصول عليها، سيكون من الممكن إجراء المزيد من الدراسات المتعمقة حول إنشاء برنامج مراقبة منتظم لتقليل هذا التلوث وضمان جودة بيئية جيدة لهذا النظام البيئي .

الكلمات المفتاحية: تلوث بكتريولوجي ، تلوث بحري ، شاماروبس هوميليس إل ، الإشريكية القولونية، بحر ، وهران ، فيزيائي ، تلوث ، بكتيريا الزائفة الزنجارية ، المكورات العنقودية الذهبية.

Résumé

L'environnement marin joue un rôle socio-économique majeur en oranais (l'Ouest algérien). Cette zone, qui abrite d'importantes ressources halieutiques, n'est actuellement pas épargnée par les polluants produits au cours du développement agricole, domestique, industriel et touristique. L'objectif de cette étude consiste d'abord à analyser, par le biais d'analyses physicochimiques et microbiologie, l'eau de mer afin d'évaluer l'impact de ses différents types de pollutions sur la qualité des eaux côtières de la baie d'Oran, ensuite, à tester le pouvoir antibactérien, in vitro, des extraits méthanoliques et acétoniques des feuilles du *chamaerops humilis L.* sur des souches bactériennes incriminées dans la pollution maritime (*Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* et *Staphylococcus aureus*). L'extraction par macération des deux extraits organiques a permis d'obtenir des rendements de 4% et 17 % pour l'extraits acétonique et méthanolique respectivement. L'analyse physicochimique a permis d'enregistrer un pH inférieur aux normes de la mer méditerranéenne avec des valeurs allant de 6.8 à 6.9, avec un taux de salinité supérieur à la norme variant entre 40‰ à 42‰. Tandis que l'analyse microbiologique a révélé une forte résistance des trois souches testées vis-à-vis des extraits de *chamaerops humilis L.* En conclusion, ce travail a permis la constatation d'une forte pollution maritime dans le littoral oranais. Et à la lumière de ces résultats obtenus forts intéressants, il serait envisageable d'entreprendre des études plus approfondies portant sur la mise en place d'un programme de suivi régulier pour minimiser cette pollution et assurer une bonne qualité environnementale de cet écosystème.

Mots-clés : Bactériologique, pollution marine, *chamaerops humilis L.*, *Escherichia coli*, Mer, Oran, Physicochimique, Pollution, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*.

Table des matières

Liste des abréviations

Liste de figures

Liste des tableaux

Introduction générale 1

Partie I Synthèse bibliographique

Chapitre I: Pollution marine

I- Généralités 3

I.1 Pollution marine 3

I.2 Nature et origine de la pollution marine 4

I.3 Les types de pollutions 4

I.3.1 Pollution chimique 4

I.3.2 Pollutions physiques 4

I.3.3 Pollution biologique 5

I.4 Les sources de pollution 5

I.4.1 La pollution chronique 5

I.4.2 Pollution accidentelle 6

I.5 Conséquences de la pollution 7

I.6 Principales maladies d'origine marine 8

Chapitre II: la plante *Chamaerops humilis* (Arecaceae)

II- La plante *Chamaerops humilis* (Arecaceae) 9

II.1 La famille des Arecaceae 9

II.2 Description botanique de l'espèce 9

II.3 Origine du nom 10

II.4 Classification phylogénétique APG III 10

II.5 Distribution géographique.....	10
II.6 Utilisations et propriétés.....	11
II.6.1 Utilisations médicinales	11
II.6.2 Utilisations non-médicinales	12
II.7 Etudes phytochimique antérieures et principaux métabolites secondaires isolés.....	13
II.7.1 Les métabolites secondaires	14
II.7.1.1 Généralités sur les polyphénols.....	14
II.7.1.2 Les flavonoïdes	15

Chapitre III: Les germes de l'eau de mer polluée étudiés et Les Agents antimicrobiens

III- Les germes d'eau de mer polluée étudiés.....	16
III.1 Bactéries étudiées	16
III.1.1 <i>Escherichia coli</i>	16
III.1.2 <i>Staphylococcus aureus</i>	17
III.1.3 <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	19
III.2 Les agents antimicrobiens d'origine végétale.....	20
III.2.1 Activité antimicrobienne des composés phénoliques	20
III.2.2 Activité antimicrobienne des flavonoïdes.....	20

Matériels et méthodes

1. Objectif du travail.....	21
2. Présentation du site d'étude.....	21
2.1. La ville d'Oran.....	21

2.2. Localisation géographique du port d'Oran	21
2.3. Port de pêche d'Oran	22
3. L'échantillonnage.....	23
3.1 Prélèvement des échantillons.....	23
4. Etude des paramètres physico-chimiques.....	23
4.1 Potentiel d'hydrogène PH.....	24
4.2 La conductivité.....	24
4.3 La salinité.....	25
4.4 Les chlorures.....	26
4.5 La dureté totale ou titre hydrométrique	27
4.6 Le titre alcalimétrique (TA)	29
4.7 Le titre alcalimétrique complet TAC	30
5. Etude phytochimique.....	31
5.1 Préparation de l'extrait des feuilles de plante palmier.....	31
5.2. Dosage des métabolites secondaire.....	32
5.2.1. Dosage de la teneur en polyphénols totaux (TTP)	32
5.2.2. Dosage de la teneur en flavonoïdes totaux (TFT)	33
5.3. Evaluation des activités biologiques.....	33
5.3.1. L'activité de piégeage des radicaux DPPH.....	33
6. Test de l'activité antibactérienne.....	33
6.1. Choix des souches bactériennes.....	33
6.2. Préparation de l'inoculum.....	33
6.3. Activité antibactérienne	34

Résultats et interprétations

1. Caractérisation physico-chimique de l'eau de mer étudiée.....	35
2. Résultats de l'étude phytochimique	36
2.1 Rendement d'extraction.....	36
2.2 Estimation de la teneur totale en polyphénols et flavonoïdes.....	36
2.3 Résultats de l'activité de piégeage des radicaux DPPH.....	37
3. Résultats de l'activité antibactérienne	38
Discussion.....	39
Conclusion et perspective	43
Références bibliographiques.....	45

LISTE DES ABREVIATIONS

%: pourcentage.

°C : degré Celsius.

AgCrO₄ : Le chromate d'argent.

AgNO₃ : Le nitrate d'argent.

APG : l'Angiosperme Phylogénie Groupe.

CaCO₃ : carbonate de calcium.

Cl⁻ : Ion de chlore.

DPPH : 2,2-Diphényl 1-picrylhydrazyl.

EDTA : acide éthylène diamine tétra-acétique.

°F : degrés Français.

HCL : chlorure d'hydrogène.

h : heure.

K₂CrO₄: chromate de potassium.

ml: millilitre.

mm : millimètre.

MH : Mueller-Hinton.

NaOH : l'hydroxyde de sodium.

NET : Noir Eriochrome T.

ppm : partie par million.

PH: Potentiel d'hydrogène.

UFC: unités formant colonie.

Solution tampon: pH=10.

TAC : le titre alcalimétrique.

TA : le titre alcalimétrique.

UFC: Unité Format Colonie.

V : volume de la prise d'essai (ml).

Liste des figures

Figure 01: Les différentes parties du *Chamaerops humilis*.

Figure 02: Répartition du *Chamaerops humilis* L. dans le bassin méditerranéen.

Figure 03: La bactérie *Escherichia coli* vue au microscope.

Figure 04: Bactérie *Staphylococcus aureus* vue en microscopie.

Figure 05: Bactérie *Pseudomonas aeruginosa* vue en microscopie.

Figure 06: Vue globale de la ville et du port d'Oran.

Figure 07: La situation géographique du port d'Oran.

Figure 08: Port de la pêcherie d'Oran.

Figure 09: Prise de mesure du pH par un pH-mètre modèle Hanna.

Figure 10: Prise de mesure de la conductivité électrique par un conductimètre modèle Hanna.

Figure 11: Observation dans l'oculaire du réfractomètre lors de la prise de mesure de la salinité.

Figure 12: Observation du virage de couleur lors du titrage des chlorures par l' AgNO_3 .

Figure 13: Observation du virage de couleur après titrage lors de la mesure de la dureté totale (TH).

Figure 14: Observation du virage de couleur après titrage lors de la mesure du taux de Calcium.

Figure 15: Observation du virage de couleur après titrage lors des mesures du titre alcalimétrique (TA).

Figure 16: Observation du virage de couleur après titrage lors des mesures du titre alcalimétrique complet (TAC).

Figure 17: Schéma générale d'extraction.

Figure 18: Courbe d'étalonnage acide gallique.

Figure 19: Courbe d'étalonnage de la catéchine.

Figure 20: Résultats de l'activité de piégeage des radicaux DPPH des extraits des feuilles palmier.

Liste des tableaux

Tableau 01: Les différents types de pollution selon la nature des substances polluantes (LEVEQUE C, 1996).

Tableau 02: Les principales maladies d'origine marine et leurs agents pathogènes. (Hasley et Leclerc, 1993).

Tableau 03: Importance thérapeutique de *Chamaerops humilis* (Medjati, 2014).

Tableau 04 : Les rendements totaux des flavonoïdes et polyphénols de *Chamaerops humilis* L. (Benahmed-Bouhafsoun et al., 2013).

Tableau 05: Screening Phytochimique de *Chamaerops humilis* L. selon Benahmed Bouhafsoun et al., (2013).

Tableau 06: Part relative et prévalence des micro-organismes les plus fréquents dans les contaminations marines par les eaux usées.

Tableau 07: Evaluation des paramètres physiques relevés au niveau des deux stations étudiées.

Tableau 08: Résultats des caractéristiques chimique relevés au niveau des deux stations étudiées.

Tableau 10 : Diamètre de la zone d'inhibition en mm des bactéries étudiés en présence de différentes concentrations des différentes fractions.

INTRODUCTION

La mer représente la plus grande ressource d'eau et de ce fait demeure un milieu particulièrement sensible à la pollution dont les effets se dispersent et s'affaiblissent bien plus lentement. Les principales utilisations de la mer par l'homme, sont : la pêche, les transports maritimes, le tourisme (baignade et activités nautiques, navigation de plaisance), l'exploitation pétrolière, l'aquaculture et l'exploitation des ressources minières profondes (nodules polymétalliques) (GAUJOUS, 1995).

Une pollution de grande ampleur a pour conséquence d'affecter directement le secteur économique, de porter atteinte aux valeurs d'agrément de la mer et de dégrader les circuits de consommation. C'est ainsi qu'en regard de la loi sur la pollution, une teneur de quelques ppm au-delà de la norme vis à vis de métaux lourds et d'hydrocarbures par exemple dans les eaux de rejet, est susceptible d'altérer la qualité de l'eau de mer et sera par conséquent considérée comme polluante.

La mer est enfin l'exutoire de la majorité des résidus de l'activité humaine ; elle est considérée comme une poubelle ou plus précisément une décharge publique.

La pollution de l'eau résulte de l'ajout, dans un écosystème, d'une substance qui en modifie l'équilibre. Elle peut être une modification néfaste des eaux causée par l'ajout de substances susceptibles d'en changer la qualité, l'aspect esthétique et son utilisation à des fins humaines. L'agent polluant peut être d'origine physique, chimique ou biologique, et provoquer une gêne, une nuisance ou une contamination, c'est à dire une dégradation (GAUJOUS, 1995).

La pollution biologique des eaux se traduit par une forte contamination essentiellement microbienne (bactériologique), c'est à dire engendrée par des microorganismes de taille très petite en général. Elle soulève dans bien des cas de redoutables problèmes d'hygiène publique qui ne sont pas limités aux seuls pays du tiers monde (RAMADE, 1982).

Les microorganismes polluants des ressources en eau, sont à l'origine de maladies prenant en général l'appellation d'infections d'origine hydrique. Les organismes microbiens responsables de ces infections prennent quant à eux le nom d'agents pathogènes.

Bien que la pollution marine soit considérée comme étant un problème mondial, le risque peut être plus grand dans certaines régions plutôt que d'autres. Le même constat est fait pour le littoral d'Oran y compris les ports dont la pollution

presque généralisée menace sérieusement les ressources naturelles existantes dans la région (les sols, les aquifères et l'écosystème marin) (Drira et al., 2016; Zaghden et al., 2017).

Cette étude porte d'une part, sur l'évaluation des paramètres physico-chimiques d'eau de mer polluée collectée de deux zones situés dans la ville d'Oran et d'autre part, d'évaluer les effets antioxydants et l'activité antibactérienne des extraits de feuilles de *Chamaerops humilis L.* envers des souches bactériennes suspectes: *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*.

- **La premier partie:** consiste en une synthèse d'informations bibliographiques sur la pollution généralement et la pollution marine spécifiquement (chapitre I), la présentation sur la plante étudiée *Chamaerops humil* (chapitre II), les germes de l'eau de mer polluée étudiés et les agents antimicrobiens (chapitre III);
- **La deuxième partie :** expose les méthodes d'analyses et d'échantillonnages;
- **La troisième partie:** résume les résultats obtenus, leurs interprétations et discussion;
- **Et enfin** une conclusion et quelque perspective sur ce travail.

Partie I
Synthèse bibliographique

**Chapitre I : La
Pollution marine**

I- Généralités

Le terme « pollution » désigne la présence d'une substance au-delà d'un seuil pour lequel des effets négatifs sont susceptibles de se produire (François R, 2000). Polluer signifie étymologiquement : profaner, souiller, salir, dégrader. Ces vocales ne prêtent pas à équivoque et nous paraissent tout aussi adéquats que les longues définitions données par les experts. Parmi celles-ci nous retiendrons la suivante, publiée dans un rapport rédigé en 1965 par le comité scientifique officiel de la maison blanche intitulée : « pour restaurer la qualité de notre environnement »: « La pollution est une modification défavorable du milieu naturel qui apparaît en totalité ou en partie comme un sous-produit de l'action humaine, au travers d'effets directs ou indirects altérant les critères de répartition du flux d'énergie, des niveaux de radiation, de la constitution physico-chimique du milieu naturel et de l'abondance des espèces vivantes. Ces modifications peuvent affecter l'homme directement ou à travers des ressources agricoles, en eau et en autres produits biologiques. Elles peuvent aussi l'affecter en altérant les objets physiques qu'ils possèdent, les possibilités réactives du milieu » (François, 2002).

I.1 Pollution marine

La pollution marine est définie comme étant l'introduction par l'homme, directement ou indirectement, de substances ou d'énergie dans le milieu marin occasionnant des effets néfastes tels que des risques pour la santé humaine, des nuisances envers les ressources biologiques, une altération de la qualité de l'eau de la mer, ainsi que des entraves aux activités maritimes (y compris la pêche) (GESAMP, 1989).

Un pourcentage de 80% de la pollution marine des océans est d'origine continentale, c'est-à-dire qu'elle provient des activités humaines sur les continents et non pas des activités maritimes. Les divers polluants sont entraînés par le cycle de l'eau des continents (ville, montagne...etc.) vers les océans par les cours d'eau (rivières, fleuves...etc.) ou par les nappes phréatiques souterraines (Goeury David, 2014).

I.2 Nature et origine de la pollution marine :

Une substance d'origine anthropique rejetée dans le milieu est un contaminant, si elle exerce des effets défavorables sur le plan biologique, il s'agit

alors d'un polluant (Moriarty, 1990) ou d'un xénobiotique (Butler & Lowe, 1978). Ce dernier terme désigne toute substance qui n'existe pas à l'état naturel et qui se caractérise par une forte toxicité à des faibles concentrations (Ramade, 1998). Les contaminants rejetés dans l'environnement finissent par se retrouver plus ou moins rapidement dans les milieux aquatiques, en particulier estuariens et côtiers, où ils peuvent avoir des effets à court et à long terme (Burton, 1992).

I.3 Les types de pollutions :

La plupart du temps, un rejet n'est jamais une source unique et les différents types de pollution sont mélangés et agissent les uns sur les autres (effets de synergie). Ainsi, un égout rejette des déchets organiques, des détergents dont certains s'accompagnent de métaux lourds (pollution chimique), des micro-organismes (pollution biologique), le tout dans de l'eau douce (pollution physique) (Gravez & Bernard, 2006).

I.3.1 Pollution chimique :

C'est une pollution due au déversement de substances chimiques telles que les hydrocarbures, les détergents, les biocides, les pesticides (DDT, Lindane,...), les métaux lourds (Pb, Cd, Hg...) (Chemloul & Medjadji 1997 ; GIS , 1996).

De nombreuses substances de synthèse issues du génie humain ont la capacité d'engendrer des sous-produits (métabolites) encore plus dangereux comme le DDE, les dioxines. Ainsi l'Océan mondial est systématiquement pollué par des substances toxiques, même dans ses régions les plus reculées, à titre d'exemple les morues de la mer Baltique présentent des teneurs record en PCB (Vincent , 2006).

I.3.2 Pollutions physiques :

On parle de pollution physique lorsque le milieu marin est modifié dans sa structure physique par divers facteurs. Il peut s'agir d'un rejet d'eau douce qui fera baisser la salinité d'un lieu (par une centrale hydroélectrique), d'un rejet d'eau réchauffée ou refroidie (par une centrale électrique ou une usine de regazéification de gaz liquide), d'un rejet liquide ou solide de substances modifiant la turbidité du milieu (boue, limon, macrodéchets...), d'une source de radioactivité (GIS 1996 ; Gravez & Bernard 2006).

Cependant, le rejet de chaleur dans l'environnement constituant de nos jours une forme de pollution physique du milieu naturel capable de provoquer de vrais bouleversements, car d'un point de vue écologique, il existe un paramètre

incontournable qui est la température du milieu. Or, dans certains pays industrialisés, l'augmentation de température en aval des centrales électriques peut atteindre 7 à 8°C, ce qui engendre une modification totale des communautés aquatiques et de leurs modes de fonctionnement (Vincent, 2006).

I.3.3 Pollution biologique :

Il peut s'agir de pollution par des micro-organismes (bactéries, virus, champignons) provenant des égouts qui peuvent proliférer à leur arrivée dans le milieu marin, même s'il est vrai qu'il s'agit d'un milieu qui ne favorise pas la vie de la plupart des agents pathogènes (Gravez & Bernard, 2006).

Cette pollution peut résulter du rejet dans les eaux continentales ou littorales d'une grande variété de substances organiques fermentescibles d'origines diverses (effluents urbains, matières fécales, industries, élevages,...) et se traduit par une forte contamination bactériologique. Elle soulève, dans bien des cas, de redoutables problèmes d'hygiène publique: qualité des eaux potables, salubrité des plages, qui ne sont pas limités aux seuls pays du tiers monde. Cette extension incessante de la pollution microbiologique des eaux continentales et littorales a pour conséquence une recrudescence d'affections pathogènes (colibacilles, hépatites, virus entériques,...) (Vincent, 2006).

Il peut également s'agir de l'introduction d'une espèce marine dans une zone où elle est normalement absente et dans laquelle elle a un impact non négligeable (ex : la caulerpe : *Caulerpa taxifolia*) (Gravez & Bernard, 2006).

I.4 Les sources de pollution

Les sources de pollution : La majeure partie des polluants rejetés dans l'environnement parvient au milieu marin, soit indirectement par les rivières, le ruissellement ou l'atmosphère, soit directement par les rejets à la mer d'origine urbaine, agricole, ou industrielle (Lakaze, 1993). Or, la capacité naturelle des zones côtières à disperser et assimiler les polluants est limitée (IFREMER, 2003). Cependant, l'émotion légitime suscitée par les conséquences d'une pollution accidentelle en milieu marin ne doit pas masquer la situation de fond constituée par les apports de pollution chronique d'origine multiple (Marchand, 2002).

I.4.1 La pollution chronique :

Cette pollution est régulière dans le temps. Le milieu aquatique récepteur doit lutter au quotidien contre ce type de pollution. Ces apports sont multiples soit :

• **Ponctuels** : concentrés sur une faible superficie, elles sont relativement faciles à identifier, à mesurer et à traiter (Brémond & Perrodon, 2005). Elles proviennent soit d'un déversement permanent ou intermittent plus ou moins conscient, soit d'un événement exceptionnel imprévisible. Elles sont issues par exemple des rejets industriels, rejets urbains. Ces apports engendrent une pollution des milieux aquatiques directement ou par entraînement des substances par ruissellement, drainage ou érosion. Le ruissellement peut entraîner les micropolluants sous forme dissoute, en suspension ou adsorbés sur les sédiments (RNB, 1999).

• **Diffus** : correspond à l'infiltration d'eau polluée en faible concentration sur des superficies étendues, leurs mesures et leurs traitements posent donc problèmes particulièrement ardues (Brémond & Perrodon, 2005). La pollution diffuse provient notamment des activités agricoles, mais également du ruissellement après les pluies ou du transport atmosphérique.

• **Intégrés** : constitués des apports d'eau douces qui proviennent des fleuves, et qui sont chargés par les différents types de polluants (Brémond & Perrodon 2005 ; USEPA, 2006). Sans oublier les contaminations liées à l'usage du milieu (rejet des sédiments de dragage) et de la navigation maritime (déballastages frauduleux des navires, apports diffus des biocides incorporés dans les peintures antisalissures) (Bechamp, 2003).

I.4.2 La pollution accidentelle :

Cette pollution est exceptionnelle. Elle peut avoir des conséquences irréversibles sur la faune et la flore (Tableau 1). Elle intervient essentiellement sur les sites industriels et au cours du transport des matières dangereuses tel que les hydrocarbures, les produits chimiques et radioactifs. (Brémond & Perrodon, 2005).

Tableau 01: Les différents types de pollution selon la nature des substances polluantes (LEVEQUE C, 1996).

TYPES DE POLLUTION	NATURE	SOURCES
Thermique	Rejets d'eau chaude	Centrales électriques
Radioactive	Radio-isotopes	Installations nucléaires
Microbiologique	Bactéries, virus entériques, champignons	Effluents urbains, élevage, secteur agro-alimentaire

Organique fermentescible	Glucides, protides, lipids	Effluents domestiques, agricoles, industries agro alimentaires, bois
Fertilisants	Nitrates, phosphates	Agriculture, lessives
Métaux et métalloïdes	Mercure, plomb, aluminium, arsenic, calcium, cadmium...	Industrie, agriculture, combustion, pluies acides
Pesticides	Insecticides, fongicides, herbicides	Industrie, agriculture
Détersifs	Agents tensioactifs	Effluents domestiques
Hydrocarbures	Pétrole brut et dérivé	Industries pétrolières, Transports
Composés organochlorés	P.C.B, insecticides, solvants chlorés	Industrie
Composés organométalliques	Nombreuses molécules	Peintures Antisalissure
Autres composés organiques de synthèse	Nombreuses molécules	Industrie

I.5 Conséquences de la pollution

Les conséquences de la pollution sont multiples ci-dessous sont cités les plus importantes (Fukue M, et al., 1999) :

- Les matières organiques solubles abaissent la teneur en Oxygène dans d'eau mer, ce qui conduit à la réduction et à la mort de la faune marine.
- Les matières en suspension, s'accumulent au fond d'eau mer, et cause l'augmentation de la turbidité.
- Les matières toxiques et métaux lourds sont toxiques à la vie marine.
- Le phosphore et l'azote conduisent à l'eutrophisation des cours d'eau mer.
- Les coliformes fécaux et pathogènes participent à la contamination bactériologique des cours d'eau mer.

I.6 Principales maladies d'origine marine

Le tableau 02 résume les principales maladies d'origine marine et leurs agents pathogènes.

Tableau 02: Les principales maladies d'origine marine et leurs agents pathogènes. (Hasley et Leclerc, 1993).

Maladies	Agents
Origine bactérienne	
fièvres typhoïdes et paratyphoïdes	<i>Salmonella typhi, Salmonella paratyphi A et B</i>
Dysenteries bacillaires	<i>Shigella</i>
Choléra	<i>Vibrio cholerae</i>
Gastro -entérites aiguës et diarrhées	<i>Escherichia coli entérotoxigène Campylobacter jejuni /E.coli / Yersinia enterocolitica Salmonella sp. Shigella SP</i>
Pneumonies	<i>Legionella pneumophila</i>
Origine virale	
Hépatite A et E	<i>Virus hépatites A et E</i>
Poliomyélite	<i>Virus poliomyélitique</i>
Gastro -entérites aiguës et diarrhées	<i>Virus de Norwalk Rotavirus Astrovirus Calicivirus Coronavirus Entérovirus Adénovirus Réovirus</i>
Origine parasitaire	
Dysenteries amibiennes	<i>Entamoeba histolytica</i>

Chapitre II: La plante

Chamaerops humilis

(Arecaceae)

II-La plante *Chamaerops humilis* (Arecaceae)

II.1 La famille des Arecaceae

La famille des arécacées comprend plus de 2600 espèces réparties en plus de 188 genres, elle constitue la seule représentante de l'ordre des Arecales selon la dernière classification APGIII (Chase et Reveal, 2009).

II.2 Description botanique de l'espèce

Chamaerops humilis L. (doum) (figure 01), est une espèce de la famille des Arecaceae. Le doum fait partie du genre *Chamaerops* L. Le nom scientifique *Chamaerops* provient du grec *Chamai* « nain » et *rhopos* « buisson ». C'est un arbuste multitiges avec un tronc court, d'où son nom "Palmier nain". Toutefois, dans les zones protégées. Les feuilles, disposées en rosette terminale, sont palmées en forme d'éventail, elles sont vertes à la face supérieure, et presque blanches en dessous. Le pétiole, long et grêle et très épineux. Spadices courts, dressés, à rameaux ramifiés, courts, densi-flores.

Le doum fleurit au printemps, de Mars à Mai et les fruits sont mûrs à la fin de l'été début d'automne. L'inflorescence est un spadice, entouré d'une spathe courte, comprenant de nombreuses petites fleurs jaunâtres. C'est généralement au mois de mai (pas toujours) une plante dioïque, portant les fleurs mâles et les fleurs femelles sur des pieds séparés (Dransfield, 2005; Uhl et Dransfield, 1987; Maire, 1957; Hasnaoui, 2008).

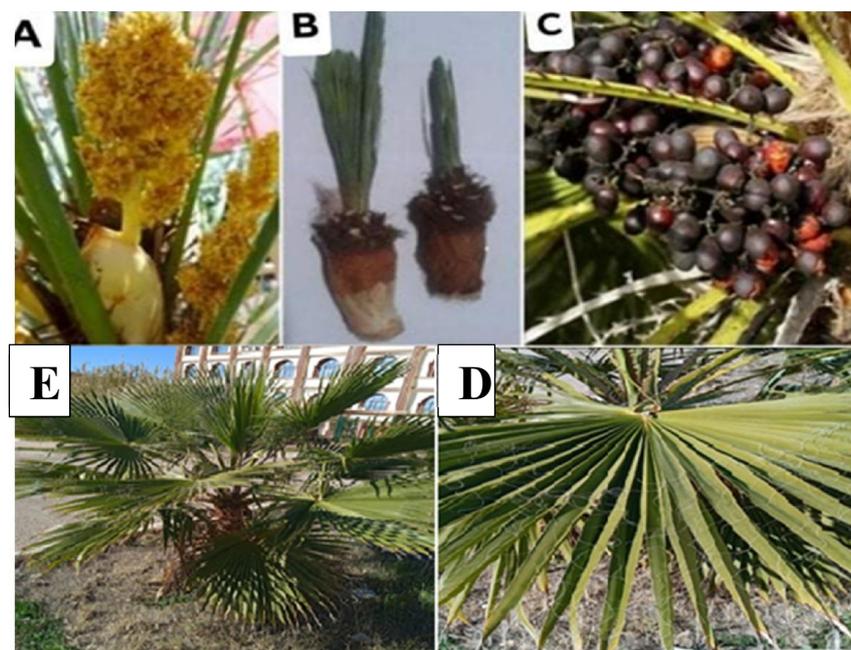


Figure 01: Les différentes parties du *Chamaerops humilis*. A : Spadice, B : Cœur (extrémité supérieure du tronc), C : Fruits, D : les feuilles et E : Doum.

II.3 Origine du nom

Chamaerops humilis est connue sous différentes dénominations à savoir:

Arabe	:	Doum النخل المروحيّ المُتوسّطيّ
Berbère	:	Agoummire, Tiznirt
Français	:	Palmier nain –Palmier éventail –Palmier doum
Anglais	:	Mediterranean dwarf palm, dwarf fan palm

II.4 Classification phylogénétique APG III (CHASE and REVEAL, 2009)

Division	:	Magnoliophyta (Angiospermes)
Classe	:	Liliopsida (monocotylédones)
Sous-classe	:	Commelinidées
Ordres	:	Arecales
Famille	:	Arecaceae (arécacées)
Genre	:	<i>Chamaerops</i>
Espèce	:	<i>Humilis</i>

II.5 Distribution géographique

Chamaerops humilis L., est une espèce répandue dans la région méditerranéenne occidentale (Maire, 1957). C'est par ailleurs, sur le plan écologique, un indicateur biologique majeur de l'étage de végétation thermo-méditerranéen. Le doum est une espèce native d'Europe et de l'Afrique du Nord (figure 02.), son aire couvre l'Europe du Sud (Italie, Espagne, Malte, Sud de la France) et l'Afrique du Nord (Algérie, Tunisie et Maroc). C'est une espèce thermophile qui supporte des températures moyennes annuelles élevées supérieures à 30°C (Ozenda 1981/1985).

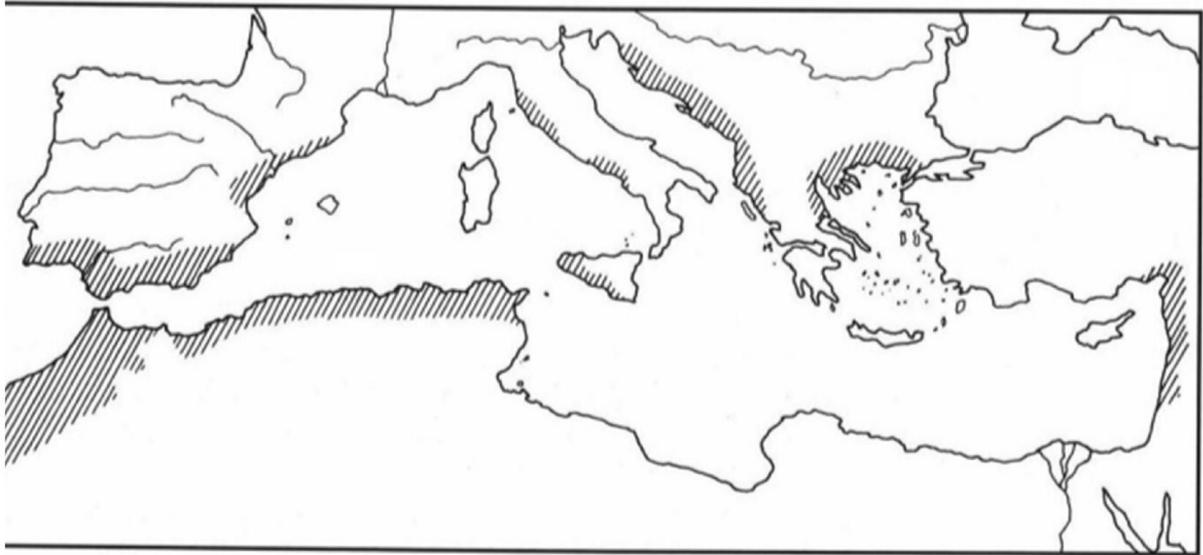


Figure 02: Répartition du *Chamaerops humilis* L. dans le bassin méditerranéen. D'après Walter et Straka (1970).

II.6 Utilisations et propriétés

II.6.1 Utilisations médicales

Une étude ethnobotanique faite par à montrer que l'utilisation des différentes parties de la plante dans la pharmacopée traditionnelle constitue un aspect social important dans la vie les communautés rurales (tableau 03). Les populations utilisent beaucoup plus le cœur de stipe de *Chamaerops humilis* comme salade pour traiter les atteintes gastro intestinal (Medjati,2014).

Tableau 03:Importance thérapeutique de *Chamaerops humilis* (Medjati, 2014).

Partie utilisée	Maladies traitées
Feuille	Diabète
	Hépatite
	Atteintes Gastro intestinales
Racine	Hépatite
	Anémie
	Les vers intestinaux

	Nettoyage de l'utérus après accouchement
	Diabète
	Rhumatisme
Cœur de stipe	Atteintes Gastro intestinales
	Hypertension
	Maladies cardio vasculaire
	Diabète
Fruit	Gencive
	Grippe
	Toux
	L'asthme
	Atteintes du tube digestif (Antiseptique)
	Atteintes Gastro intestinales

Une concoction aqueuse à partir des feuilles de palmier, est utilisé pour traiter le diabète. L'extrait aqueux des feuilles diminue le taux de cholestérol total et de triglycérides. Il a été suggéré dans cette étude que la plante peut devenir une bonne source antidiabétique et peut également être utile dans la gestion des complications secondaires du diabète (dyslipidémie) (Gaamoussi et al., 2010). Une autre étude montre que l'extrait aqueux d'*C. humilis* a une activité antioxydante très importante et indique que cette activité semble être liée à la présence des composés phénolique (Khoudali et al., 2014).

II.6.2 Utilisations non-médicinales

Les différentes parties (feuilles, cœur de stipe, les racines et fruits) du palmier nain sont largement utilisées dans divers domaines, comme la fabrication des cordes, ballais, corbeilles, scourtins, filet pour la pêche de poison, voiles pour les chalutiers et des feuilles sont utilisées comme brosse pour nettoyer four à bois. Elle

est utilisée aussi comme plante d'ornement pour décorer les jardins dans les régions méditerranéennes (Mottiet et al., 2009 ; Savo, et al., 2013 ; Barkaoui et al., 2016).

De plus, l'action anticorrosion de cet extrait atteint une efficacité de 45% en présence des ions chlorure pour une concentration de 0,5g/L, un résultat qui paraît satisfaisant en termes de protection de l'acier notamment dans un milieu basique (Khoudali et al., 2014).

Quant à l'usage alimentaire, certaines parties de palmier nain étaient couramment consommées. Les fruits, le cœur de stipe et les jeunes pousses de doum sont consommés comme salade, les racines sont mâchées en Espagne (Tardio et al., 2006).

Il est de toute évidence que les grains et les fruits de palmier nain possèdent une valeur nutritive élevée, puisque chaque 100g de la plante séchée couvre au moins 25% des exigences quotidiennes d'un adulte pour la plupart des éléments nutritifs. Les fruits de palmier nain peuvent être comestibles en raison de ses hautes valeurs nutritives (Ahmed et al., 2015).

II.7 Etudes phytochimique antérieures et principaux métabolites secondaires isolés

Les Tableaux 04 et 05 résument les données des rendements totaux des flavonoïdes et polyphénols de *Chamaerops humilis L.* ainsi que les résultats du screening Phytochimique de *Chamaerops humilis L.* selon l'étude de Benahmed-Bouhafsoun et al., (2013).

Tableau 04 : Les rendements totaux des flavonoïdes et polyphénols de *Chamaerops humilis L.* (Benahmed-Bouhafsoun et al., 2013).

Partie de la plante	Polyphénols totaux (mg/g)	Flavonoïdes totaux (mg/g)
Feuilles	26,8± 0,41	26,8± 0,41
Rachis	28,7±0,44	28,7±0,44

Racines	26±0,50	26±0,50
---------	---------	---------

Tableau 05: Screening Phytochimique de *Chamaerops humilis* L. selon Benahmed Bouhafsoun et al., (2013).

Plant Parts	feuilles	Rachis	racines
phénols	+	+	+
flavonoïdes	+	+	+
Tanins	+	+	+
Quinone	+	+	+
Saponins	+	+	+
Coumarines	+	+	+
Alcaloïdes	-	-	-

+ : Présent ; -: Absent

II.7.1 Les métabolites secondaires

La distinction entre métabolite primaire et secondaire est plus claire au niveau de l'organisme. Alors que les métabolites primaires constituent le fondement de la vie, les métabolites secondaires n'ont pas de rôle connu dans l'assimilation des nutriments ni dans la croissance et le développement d'un organisme. De plus bien que certains d'entre eux soient largement répandus, la plupart sont typiquement présents dans des espèces ou dans des groupes taxonomiques particuliers (Hopkins, 2003).

II.7.1.1 Généralités sur les polyphénols

Les polyphénols sont des métabolites secondaires qui constituent la famille de molécules très largement répandues dans le règne végétal. On les trouve dans les plantes, depuis les racines jusqu'aux fruits. Les composés phénoliques, les t erpénoïdes et les alcaloïdes sont les trois principaux groupes des métabolites

secondaires des plantes. Ils sont connus pour avoir une large gamme des activités physiologiques reliée à la protection contre divers formes de stress environnemental.

Les composés phénoliques sont produits par la voie de phénylpropanoïde et renferment une large gamme de classes chimique s. y compris les acides phénoliques comme les acides benzoïques et hydroxycinnamiques, les flavonoïdes telles que des Flavonols et anthocyanines, stilbènes et lignanes (Manach et al., 2004). Considérant que le rôle structurale des lignines qui sont les polymères complexes formés à partir des acides hydroxycinnamiques simples, est clairement défini dans les plantes, les fonctions d'autres composés phénoliques ne sont pas évidentes (Grace, 2005; Gould et lister, 2006). Essentiellement, la voie de phénylpropanoïde est induite en réponse aux contraintes environnementales telles que les rayonnements UV -B nocifs, sécheresse, refroidissant, l'ozone, métaux lourds, l'attaque des microbes pathogènes, blessures ou des insuffisance s nutritives (Dixon et Paiva, 1995). Il est évident que les polyphénols peuvent agir comme des antioxydants sous certaines conditions physiologiques et de ce fait protègent les plantes contre le stress oxydatif (André et al., 2008). Les composés phénoliques des végétaux sont issus de deux grandes voies d'aromagenèse : la plus courante est la voie shikimate (l'acide shikimique) et qui conduit aux acides cinnamiques et à leurs très nombreux dérivés : acides benzoïques, acétophénones, lignanes et lignines, coumarines, etc.; et l'autre voie part de l'acétate et conduit à des composés souvent polycycliques : chromones, isocoumarines, orcinols, depsides, depsidones, xanthones, quinones, etc. (Bruneton, 2009).

II.7.1.2 Les flavonoïdes

Les flavonoïdes ont été découverts par Albert Szent- Gyorgyi. Ils constituent un groupe de 6000 composés naturels (Erlund, 2004) qui sont regroupés selon leur structure phénylbenzopyrone .Ils constituent des pigments responsables de la coloration des plantes et sont connus pour leurs activités antioxydants. Les flavonoïdes se révèlent efficaces pour réduire la perméabilité des vaisseaux sanguins et sont notamment utilisés pour traiter les crises hémorroïdaires et les troubles de la fragilité capillaire (Erlund, 2004).

**Chapitre III: Les
germes d'eau de mer
polluée étudiés et les
agents antimicrobiens**

III- Les germes d'eau de mer polluée étudiés

III.1 Bactéries étudiées

L'activité antibactérienne a été évaluée sur différentes bactéries. Les trois souches bactériennes choisies au cours de cette étude sont à l'origine de plusieurs infections (urinaire, intestinale, respiratoire, etc.) et constituent aussi les principales souches bactériennes isolées des eaux marines contaminées par les eaux usées. Le choix des espèces bactériennes a été basé sur leur fréquence d'isolement lors d'une enquête nationale en France de prévalence des infections nosocomiales et des traitements anti-infectieux en établissements de santé, en mai-juin 2012 (Alfandari et al., 2012). Les souches bactériennes mentionnées dans le tableau 06 sont fournies par les laboratoires de microbiologie à l'université de Saida.

Tableau 06: Part relative et prévalence des micro-organismes les plus fréquents dans les contaminations marines par les eaux usées.

Micro-organisme	Nombre	Part relative (%)
<i>Escherichia coli</i>	3 265	26,0
<i>Staphylococcus aureus</i>	1 997	15,9
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	1 053	8,4

III.1.1 *Escherichia coli*

Escherichia coli est un bacille à gram négatif de la famille des Enterobacteriaceae. Sa taille est de 2 à 6 µm de long et de 1.1 à 1.5 µm de large. Elle est anaérobie facultatif, non sporulante, et généralement mobile par des flagelles péritriches. Plusieurs souches ont une capsule composée de polysaccharides acides. *Escherichia coli* présente des fimbriae (ou pili) de structure et spécificité antigénique variées, ces fimbriae sont hydrophobes et elle procure à cette bactérie des propriétés d'adhésion aux cellules hôtes (Steven et al., 2013). L'espèce *E. coli* est considérée comme un hôte commensal de la microflore digestive de l'homme et de la plupart des animaux à sang chaud. Étant donné qu'elle est hautement compétitive dans cet environnement, *E. coli* reste

la bactérie anaérobie facultative la plus abondante dans le côlon humain (Steven et al.,2013).

En juin 2011, la bactérie *Escherichia coli* a fait 76 morts en Europe. Elle avait comme particularité, outre sa virulence, d'être très résistante aux antibiotiques. Le phénomène touche d'autres colibacilles, des bactéries très communes qui peuplent par millions les tubes digestifs des hommes et des animaux. Certaines ont aujourd'hui la capacité de résister à quasiment tout l'arsenal thérapeutique, laissant les médecins désarmés (Bolis, 2011). Plusieurs stéréotypes d'*E.coli* sont connues et la majorité sont pas pathogènes, mais certains groupes peuvent causer une diarrhée occasionnelle sévère (Steven et al.,2013).

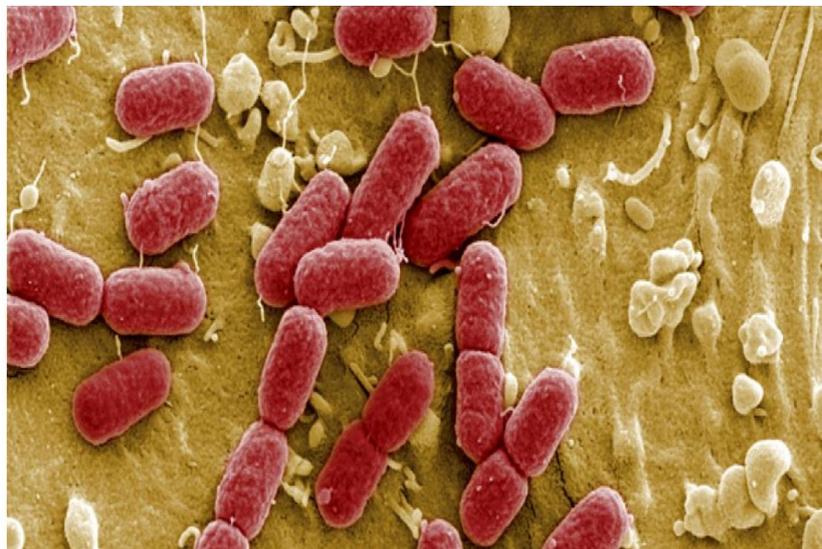


Figure 03:La bactérie *Escherichia coli* vue au microscope (Steven et al.,2013).

III.1.2 *Staphylococcus aureus*

L'espèce *Staphylococcus aureus* est une cocci à Gram positif, avec un diamètre de 0.8 à 1 μm . Elles sont regroupées en diplocoque ou en petits amas (grappe de raisin). Ce type de bactérie est immobile, asporulé, habituellement sans capsule, mais il est résistant à la sécheresse et de fortes concentrations de sel. De nombreuses souches de *S. aureus* produisent un pigment jaune doré. Le site principal de colonisation est la partie antérieure des fosses nasales et la peau. *S. aureus* est souvent associée à la pathogénicité

chez les humains, elle représente la cause de méningite, ostéomyélite et la diarrhée. *S. aureus* se distingue des autres espèces de *staphylocoques*, par son aptitude à la coagulation du plasma sanguin par l'action de l'enzyme coagulase (Patrick et al., 1988; Steven et al.,2004; Foster,2009).

Staphylococcus aureus est un pathogène humain majeur qui provoque une large gamme d'infections cliniques. Ils sont à la fois une bactérie commensale et pathogène pour l'homme. Environ 30 % de la population humaine sont colonisé par *S. aureus*. Sur la base de données au niveau national des patients hospitalisés aux États-Unis, l'incidence de l'endocardite infectieuse a été calculé à 16,6 pour 100.000 personnes par années en 2006 ont été infectés (Federspiel et al.,2012, Wertheim,2005). Aussi plus des 90% du *Staphylococcus aureus* présentent une résistance à la pénicilline, nafcillin, oxacilline et méthicilline (Novick., 2001).

Cependant la bactérie *staphylococcus aureus* ne possède aucune résistance naturelle aux antibiotiques. L'utilisation massive des pénicillines G et V a conduit dès 1941 à l'émergence de bactéries résistantes à ces molécules. *S. aureus* possède une très grande plasticité génétique. Sous la pression de sélection des antibiotiques, il a très rapidement acquis des gènes portés par des plasmides codant pour des pénicillinases (Grundmann et al.,2006).



Figure 04: Bactérie *Staphylococcus aureus* vue en microscopie (Patrick et al., 1988; Steven et al.,2004; Foster,2009).

III.1.3 *Pseudomonas aeruginosa*

Pseudomonas aeruginosa est un bacille à Gram négatif, aérobic strict, à métabolisme oxydatif, non sporulé, ces bactéries fines sont de 1.5 à 3 μm de long et 0.5 à 0.8 μm de large. Elles sont mobiles grâce à une ciliature de type polaire monotriche (Floret et al., 2009).

Pseudomonas aeruginosa est une bactérie très peu exigeante se multipliant sur des milieux synthétiques simple. Elle pousse facilement en 2 heures à une température de 37° C et peut se développer à des températures variables (5 –42 °C, l'optimum étant 30 °C) mais supporte de moindres variations de pH (6.5 -7.5, l'optimum étant 7.2) (Lilet et al.,1983).

La pathogénie de *P. aeruginosa* est attribuée à la production de nombreux facteurs de virulence membranaires et extracellulaires. Les facteurs membranaires incluent le flagelle, le facteur d'adhésion (pili de type IV) et l'alginate, tandis que les facteurs extracellulaires sont principalement les exotoxines, les exoprotéases, la phospholipase C et les chromophores (Van Delden et Iglewski, 1998).

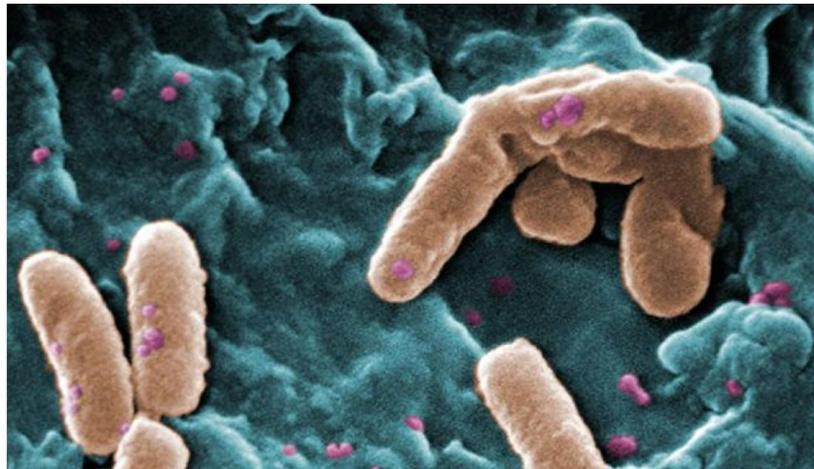


Figure 05:Bactérie *pseudomonas aeruginosa* vue en microscopie (Floret et al., 2009).

III.2 Les agents antimicrobiens d'origine végétale

L'ensemble des substances synthétisées par les plantes ont des rôles différents sous différents aspects, parmi eux il y a ceux qui servent dans les mécanismes de défense contre les microorganismes, les insectes et les herbivores. Certains donnent aux plantes leurs odeurs et d'autres sont responsables de la pigmentation. De nombreux composés donnent des goûts aux plantes, est utilisé pour assaisonner les aliments. Les substances phytochimiques antimicrobiennes des plantes ont des activités différentes selon la nature de la substance et les microorganismes ciblés. Les principales actions de ces substances sont la rupture de la membrane, l'interaction avec la paroi cellulaire, l'inactivation des enzymes, interactions pour inactiver les adhésines microbiennes (Cowan, 1999).

III.2.1 Activité antimicrobienne des composés phénoliques

Les composés phénoliques possèdent de nombreuses activités biologiques dont des activités antimicrobiennes importantes et diverses, probablement dû à leurs diversités structurales. Les sites et le nombre des groupes hydroxyles sur les groupes phénoliques sont supposés être reliés à leur relative toxicité envers les microorganismes, avec l'évidence que le taux d'hydroxylation est directement proportionnel à la toxicité (Basli et al., 2012; Cowan, 1999).

III.2.2 Activité antimicrobienne des flavonoïdes

Les flavonoïdes sont connus pour être synthétisés par les plantes en réponse à une infection microbienne, il n'est pas surprenant qu'ils ont des activités antimicrobiennes *in vitro* contre une grande variété de microorganismes. Leur activité est due à leur capacité à se complexer avec des protéines extracellulaires solubles et de se complexer avec les parois des cellules bactériennes, telles que les Flavone, les Flavonone, Chalcone et Aurone (Cimanga et al., 2006; Erazoa et al., 2008).

Partie II

Matériels et méthodes

1. Objectif du travail

L'objectif de notre étude est de mesurer les paramètres physico-chimiques sur des échantillons d'eau de mer polluée au niveau de deux stations situées dans la ville d'Oran (station I : port des bateaux industriels et commerciaux, station II : au niveau des bateaux de pêche) et d'évaluer les effets antioxydants et l'activité antibactérien de l'extrait des feuilles du palmier nain contre des souches pathogènes issues de l'eau de mer polluée.

2. Présentation du site d'étude

2.1. La ville d'Oran

Surnommée (الباهية, *el-Bāhia*) est la deuxième plus grande ville d'Algérie et une des plus importantes villes du Maghreb (figure 06). C'est une ville portuaire de la mer Méditerranée avec une superficie de 2121 km², située dans le Nord-Ouest de l'Algérie, à 432 km de la capitale Alger (Wikipédia).



Figure 06: Vue globale de la ville et du port d'Oran.

2.2. Localisation géographique du port d'Oran

Situé au fond d'un golfe compris entre la Pointe de l'Aiguille du Djebel Kristel et le Cap Falcon au Nord-Ouest d'Ain-El-Turck, le Port d'Oran bénéficie d'une situation géographique de premier plan. Le Port d'Oran comporte 7

bassins nommés respectivement : Skikda, Bénisaf, Arzew, Mostaganem, Bejaia, Ténès, Ghazaouet. Ses limites terrestres et maritimes ont été définies par l'Arrêté du Wali d'Oran n° 655 du 12 Mars 1990, les surfaces délimitées par cet arrêté représentent 71 Ha de terre-pleins aménagés et 122 Ha de plans d'eau ; avec 24 quais dont 15 pour l'exploitation commerciale et 9 pour la pêche (Abed Bendjelid, 2006).

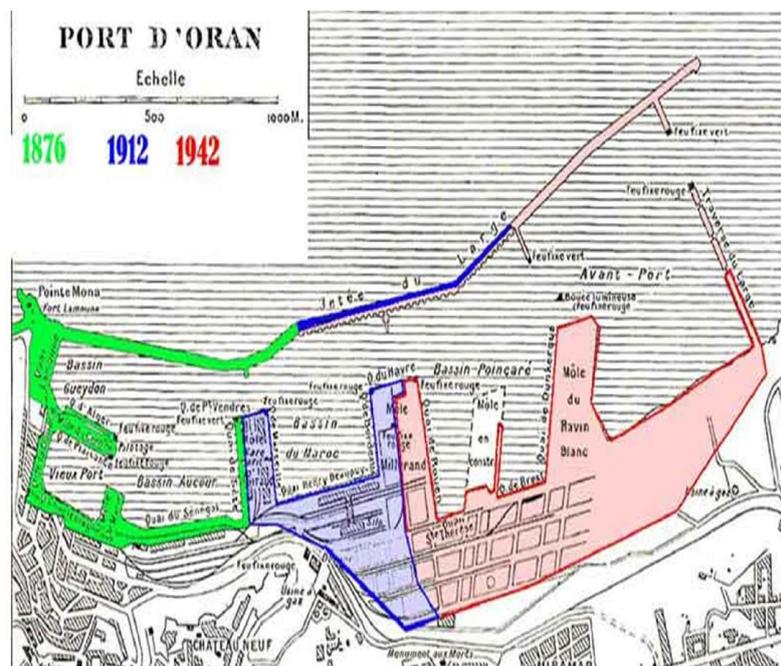


Figure 07: La situation géographique du port d'Oran (Louhibi, S. Benkada,2006).

2.3. Port de pêche d'Oran

Le figure (08) abritent une flottille assez importante constituée surtout de chalutiers de senneurs et de métiers



Figure 08:port de la pêcherie d'Oran.

3. L'échantillonnage

3.1 Prélèvement des échantillons

Les échantillons ont été pris à deux stations dans le port d'Oran au niveau de zone susceptible de présenter une pollution par des hydrocarbures (port commercial) et une autre zone polluée par des effluents d'eau usées (port de pêche). Les prélèvements d'eau de mer, qui ont servi aux mesures des paramètres physico-chimiques à savoir: le pH, la salinité, et la conductivité électrique, ont été collectés dans des bouteilles en verre de 1 litre stériles clairement étiquetées avec le nom de chaque échantillon et ont été transportés dans une glacière afin de les garder à une température de 4°C.

L'analyse des paramètres physico-chimiques a été faite au niveau du laboratoire de chimie organique du département de chimie à la faculté des sciences de l'université Dr. Moulay Taher à Saïda.

4. Etude des paramètres physico-chimiques

Les analyses physico chimiques ont porté sur la détermination de paramètres globaux et la quantification des éléments Les paramètres suivants:

Le pH, la conductivité électrique, la salinité, à l'aide d'un Réfractomètre et d'un conductimètre, et un pH-mètre, Cependant, tous les éléments chimiques importants dans l'eau mer ont été dosés selon les moyens disponibles.

➤ **Les Paramètres physique**

4.1 Potentiel d'hydrogène pH

Le Potentiel d'hydrogène constitue une expression de l'acidité ou alcalinité du milieu. La méthode de mesure consiste à déterminer la différence de potentiel produit entre l'électrode de verre et l'électrode de référence (calomel Cl saturé) plongeant dans l'échantillon à analyser (Singh, Sharma, Khandelwal, &Environment, 2007).

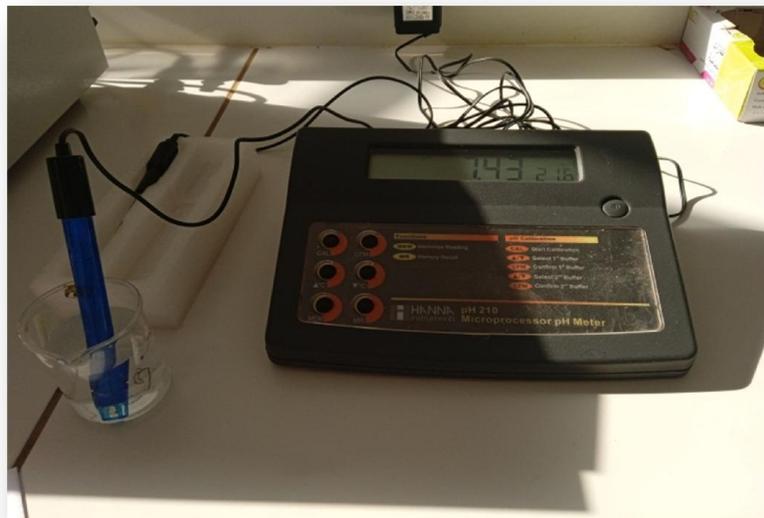


Figure 09: Prise de mesure du pH par un pH- mètre modèle Hanna.

4.2 La conductivité

La conductivité électrique d'une solution est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1 cm² de surface, séparés l'une l'autre de 1cm, elle est déterminée par une conductimètre. Elle varie en fonction de la température et de la concentration des substances dissoutes. C'est un moyen de mesure utilisée pour évaluer la minéralisation ou la salinité d'un échantillon (Ossey, Mambo, Abiba, &Houenou, 2008).



Figure 10: Prise de mesure de la conductivité électrique par un conductimètre modèle Hanna.

4.3 La salinité

Le réfractomètre est un appareil de mesure qui détermine l'indice de réfraction de la lumière d'une matrice solide ou liquide.

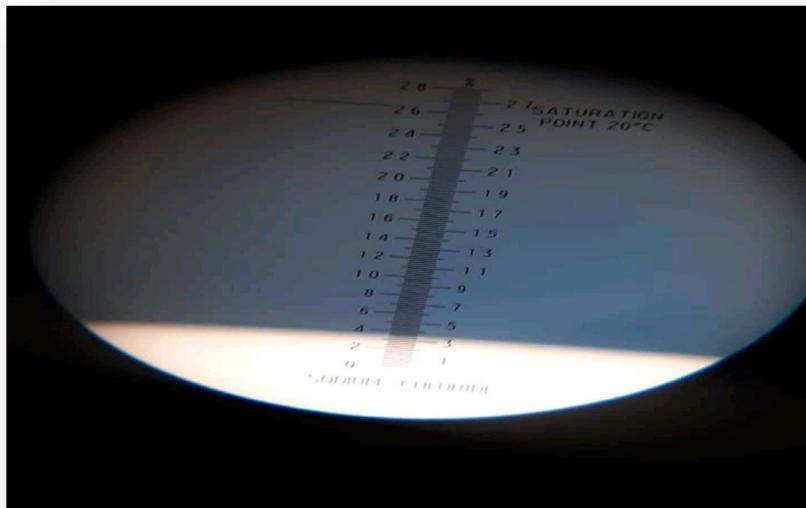
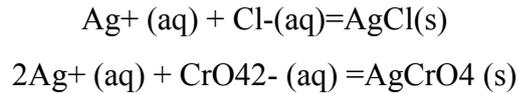


Figure 11: Observation dans l'oculaire du réfractomètre lors de la prise de mesure de la salinité.

➤ Les Paramètres chimiques

4.4 Les chlorures

Les chlorures sont dosés en milieu neutre, par une solution titrée de nitrate d'argent AgNO_3 , en présence de chromate de potassium K_2CrO_4 , à la fin de la réaction, il y a apparition d'une couleur rouge caractéristique du chromate d'argent AgCrO_4



Réactifs utilisés :

- Solution de Nitrate d'argent AgNO_3 (0.1N)
- Solution de chromate de potassium K_2CrO_4 à 10(100)
- Acide nitrique pur HNO_3
- Carbonate de calcium solide pur CaCO_3

Mode opératoire :

On introduit 100 ml d'échantillon 1/10 à analyser dans un erlenmeyer, puis, on ajoute quelques gouttes d'acide nitrique ou 0.2 g de carbonate de calcium, et 3 gouttes de chromate de potassium. Le mélange est bien agité, puis titré avec une solution de nitrate d'argent, en agitant constamment jusqu'à l'apparition d'une teinte rougeâtre (Rodier, 1966).



Figure 12: Observation du virage de couleur lors du titrage des chlorures par l' AgNO_3 .

Expression des résultats:

$$\text{Teneur en chlorures (mg/l)} = \frac{N_{AgNO_3} \cdot V_{AgNO_3}}{V} 1000 \cdot M_{Cl^-}$$

V_{AgNO_3} : Volume d'AgNO₃ utilisé pour le titrage.

N_{AgNO_3} : Normalité d'AgNO₃ utilisé pour le titrage

V : Volume de échantillon

M_{Cl^-} : Masse Molaire de Cl⁻

4.5 La dureté totale ou titre hydrométrique

La dureté totale (TH) est la somme des concentrations calciques et magnésiennes. C'est un dosage par complexométrie à l'aide de L'EDTA, à pH=10 et en présence du Noir d'Urochrome (AFNORNTF 90-003).

Réactif :

-Solution titrée d'EDTA N/50.

-Solution tampon.

-Indicateur noir Urochrome T.

Mode Opérateur:

Dans un erlenmeyer de 100 ml, on met un volume de 10ml d'échantillon à analyser, la solution est chauffée à une température de 60°. On ajoute 1ml d'une solution tampon et d'EDTA jusqu'au virage de violet au bleu (Eve & Sprimont, 2016).



Figure 13: Observation du virage de couleur après titrage lors de la mesure de la dureté totale (TH).

Expression des résultats

$$TH = \frac{N_{EDTA} \cdot V_{EDTA}}{V_{\text{échantillon}}} 1000. (meq.l^{-1})$$

❖ Le calcium

Réactifs:

- Solution d'EDTA 0.01N
- Solution de NaOH 1M
- Indicateur murexide

Mode Opérateur:

Dans un erlenmeyer, on introduit 20ml d'échantillon avec 1 ml d'une solution de NaOH, puis on ajoutant quelques milligrammes d'indicateur coloré. Le mélange est titré avec une solution d'EDTA jusqu'à la disparition de la teinte rose et l'apparition de la couleur pourpre (violet) (Debruyne, 2002).

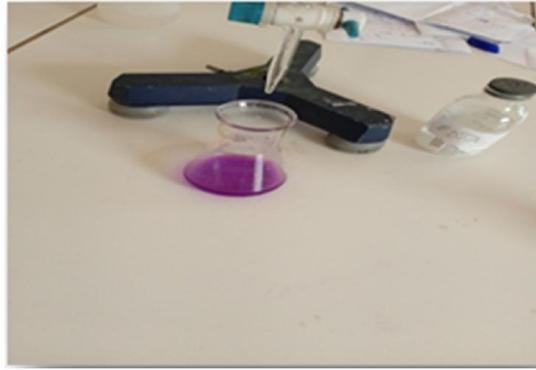


Figure 14: Observation du virage de couleur après titrage lors de la mesure du taux de Calcium.

Expression des résultats:

$$\text{Dureté calcique} = V_{EDTA} * 4.008 F^{\circ}$$

❖ **Le magnésium**

Les teneurs en Mg^{2+} sont calculées par différence des valeurs de la dureté totale et de celle du calcium (Debruyne, 2002)

4.6 Le titre alcalimétrique (TA)

Le titre alcalimétrique ou TA mesure la teneur en alcalis et en carbonates alcalins caustiques. Le titre alcalimétrique complet ou TAC correspond à la teneur en alcalis libres carbonates et hydrogénocarbonates (Hazan & Comet, 1996).

Réactifs:

- Acide chlorhydrique HCl ou acide sulfurique H_2SO_4 N/50.
- Solution de phénophtaléine dans l'alcool à 0.5%.

Mode Opérateur:

Dans un erlenmeyer de 100ml, on introduit un volume de 100ml d'échantillon à analyser, en ajoutant 1 à 2 gouttes d'une solution alcoolique de phénophtaléine, une coloration rose doit alors se développer puis on titre avec l'acide à l'aide d'une burette, on agite jusqu'à décoloration complète de la solution (Galinié, Rodier, Saligny, & mesure, 2004).

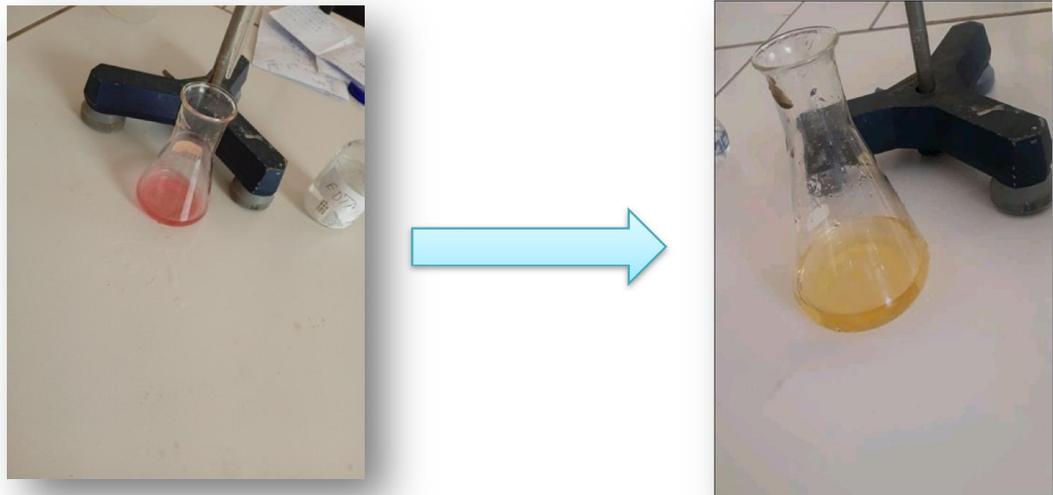


Figure 15: Observation du virage de couleur après titrage lors des mesures du titre alcalimétrique (TA).

Expression des résultats:

$$TA = \frac{N_{acide} V_{acide}}{V_{échantillon}} 1000 (meq/l)$$

V échantillon 1000 (meq/l)

N: Normalité d'HCl ou H₂SO₄.

V: Volume d'HCl ou H₂SO₄ utilisé pour le titrage.

$V_{échantillon}$: Volume de la prise d'essai.

4.7 Le titre alcalimétrique complet TAC

Réactif:

- Acide chlorhydrique HCl ou acide sulfurique H₂SO₄ N/50
- Solution de méthylorange.

Mode opératoire:

On utilise l'échantillon traité précédemment s'il n'y a pas de coloration, on ajoute 1 à 2 gouttes de méthylorange puis on titre avec l'acide jusqu'au virage du jaune orange (Kitano, Iso, Moriyama, Sugimachi, & endoscopy, 1994).



Figure 16: Observation du virage de couleur après titrage lors des mesures du titre alcalimétrique complet (TAC).

Expression des résultats :

$$TAC = \frac{N_{acide} V_{acide}}{V_{échantillon}} 1000 (meq/l)$$

N: Normalité d'HCl ou H₂SO₄.

V: volume d'acide HCl ou H₂SO₄ utilisé.

$V_{échantillon}$: Volume de la prise d'essai.

5. Etude phytochimique

5.1 Préparation de l'extrait des feuilles de plante palmier

Dix gramme (10 g) de feuilles séchées et broyées, collectées dans le jardin de la faculté des sciences, université Dr. Taher Moulay à Saida, sont macérées pendant 24H dans 100 ml d'méthanol 96% et/ou acetone. Une fois la macération fini, les solutions obtenues sont filtrés avec du papier filtre (Whatman N °1) puis centrifugées à 5000 tr/min pendant 10 min, les surnageants sont ensuite concentrés à sec à l'aide d'un évaporateur rotatif (modèle heidolphlaborota 4000), et le résidu obtenu est stocké au réfrigérateur à 4 °C jusqu'à son utilisation ultérieure (figure 17).

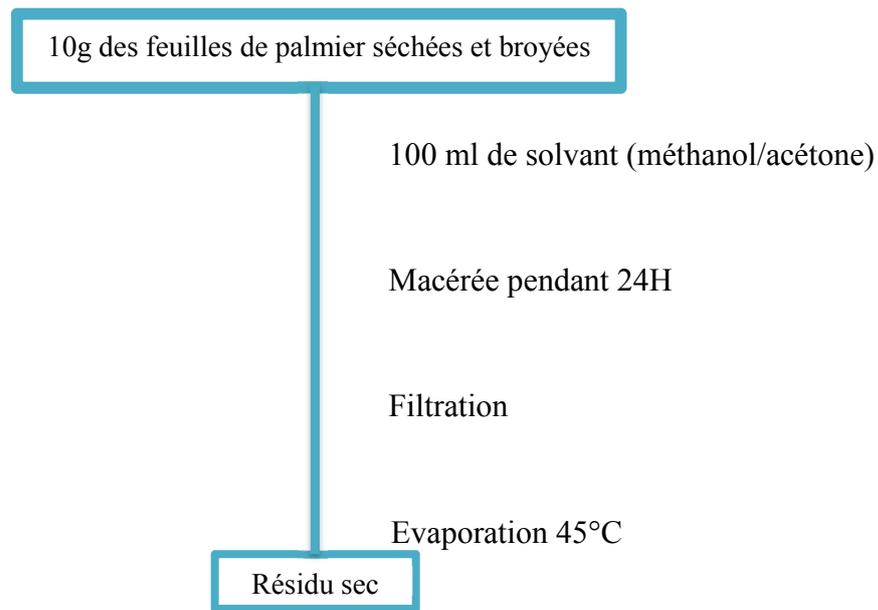


Figure 17: Schéma générale d'extraction.

❖ Calcule du rendement

Le rendement (R) a été calculé selon la formule suivante :

$$R (\%) = \frac{\text{Masse du ballon rempli (g)} - \text{masse du ballon vidé (g)}}{\text{masse de la matière première utilisée (g)}} \times 100$$

5.2. Dosage des métabolites secondaire

5.2.1. Dosage de la teneur en polyphénols totaux (TTP)

La TTP des extraits de palmier a été estimée par spectrométrie selon la méthode du Folin-Ciocalteu adopté par (Afroz, Tanvir et al. 2014). Brièvement, une aliquote de la fraction d'échantillon diluée a été ajoutée à 0,5 ml d'eau distillée et à 0,125 ml de réactif de FC. Le mélange est ensuite agité et incubé pendant 6 min. avant d'ajouter 1,25 ml de Na₂CO₃ (7%). La solution est ensuite ajustée avec d'eau distillée jusqu'à un volume final de 3 ml. Après incubation dans l'obscurité (30 min), l'absorbance est lue à 765 nm par rapport à un blanc préparé.

5.2.2. Dosage de la teneur en flavonoïdes totaux (TFT)

Tout d'abord, 100 µL de l'extrait (1 mg / ml) est mélangé avec 0,3 ml de nitrite de sodium à 5%. Après environ 5 min, 0,3 ml d'AlCl₃ à 10% sont ajoutés. Puis, après 6 min, 2 ml supplémentaires d'hydroxyde de sodium 1M (NaOH) sont ajoutés. La solution est ensuite ajustée avec de l'eau distillée jusqu'à un volume final de 2.5 ml. L'intensité de la couleur du complexe flavonoïde-aluminium a été mesurée à 510 nm.

5.3. Evaluation des activités biologiques

5.3.1. L'activité de piégeage des radicaux DPPH

Ce test est largement utilisé pour déterminer l'activité antioxydante d'extraits bruts ou de composés purifiés de plantes. Le radical DPPH (2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl) est une molécule stable soluble dans le méthanol, caractérisée par sa couleur violet foncé avec un maximum d'absorption à 515 nm. Les antioxydants (AH) ou d'autres espèces radicalaires sont capables de réagir avec ce radical stable en lui fournissant un électron ou un atome d'hydrogène, le réduisant ainsi en 2,2-diphényl-1-hydrazine (DPPH-H) ou en une hydrazine analogue substituée (DPPH-R) caractérisée par une couleur incolore ou jaune pâle qui peut être facilement suivie à l'aide d'un spectrophotomètre (Njoya 2021).

6. Test de l'activité antibactérienne

6.1. Choix des souches bactériennes

Les souches bactériennes utilisées sont de bactéries résistance au l'eau mer polluée. Ce sont des espèces Gram négatif ou Gram positif *Pseudomonas aeruginosa* ATCC27853 (Gram⁻), *Escherichia coli* ATCC25922 (Gram⁻), *Staphylococcus aureus* ATCC25923 (Gram⁺).

6.2. Préparation de l'inoculum

L'activité antibactérienne doit être réalisée sur des souches bactériennes jeunes en phase de croissance exponentielle. Pour leur réactivation, les souches sont repiquées par la méthode des stries sur gélose nutritive pré-coulée dans des boîtes de Petrie puis incubée à 37C° pendant 24h.

Pour préparer l'inoculum des colonies bien séparées qui ont les caractéristiques spécifiques des espèces bactériennes concernées, ont été prélevées à l'aide d'un écouvillon sous tube stérile puis déchargées dans l'eau physiologie stérile.

Puis homogénéiser. La suspension bactérienne avec une concentration d'environ 10^8 UFC/ml a été utilisée pour l'analyse antimicrobienne (Hayouni, Abedrabba et al. 2007).

6.3. Activité antibactérienne

La méthode de diffusion en puits d'agar a été réalisée en étalant chaque suspension bactérienne sur la surface de boîte d'agar de Mueller-Hinton contenant un puits central de 6 mm de diamètre. Le puits a été rempli avec 30 μ L d'extrait. D'autres puits imprégnés uniquement d'méthanol et acétone sont utilisés comme test témoin. Les boîtes ont été incubées à 37°C pendant 24h. Les résultats ont été exprimés en termes de diamètre de la zone d'inhibition et l'méthanol et acétone ont été utilisé comme contrôle (Kaushik, Goyal et al. 2010).

Résultats et interprétations

Résultats et interprétations

1. Caractérisation physico-chimique de l'eau de mer étudiée

Afin d'évaluer la qualité de l'eau de mer dans les différents zones étudiées, Un certains nombres de paramètres physico-chimiques ont été évalués. Le pH, la conductivité électrique, la salinité, et le dosage de deux éléments minéraux Mg, Cl et Ca, ont été déterminés pour les deux échantillons issues des zones étudiées (port commercial et port de pêche). Les valeurs moyennes des paramètres physico-chimiques mesurées ont été déterminées et présentées dans les tableaux n°7 et 8.

Les valeurs moyennes de pH trouvées au cours de cette étude oscillent entre 6,90 et 6,80 (Tableau 07). Ces valeurs sont très faibles respectivement pour les deux stations.

Les valeurs de la conductivité électrique (CE) (Tableau 07) permettent d'apprécier le degré de minéralisation des eaux de mer étudiées. Alors que, la salinité est quantifiée comme la concentration totale en sels solubles. Les valeurs moyennes de salinité enregistrées dans les deux échantillons sont de l'ordre de: 4,2g/l et 4g/l pour les eaux de mer provenant du port commercial et de pêche respectivement (Tableau 07).

L'examen du tableau n°8 montre la complexité des eaux de mer étudiée. La fraction minérale des eaux de mer est essentiellement constituée de chlorures, magnésium et calcium. Au cours de l'analyse, les teneurs en chlorures relevées dans le percolât montrant qu'il s'agit d'une charge élevée à la station I contrairement à la deuxième station. En effet, les teneurs varient entre 51830mg/l et 29110mg/l respectivement pour les deux stations. Cette concentration est fonction de la pollution.

En outre, les concentrations en minéraux (Mg et Ca) dans les deux échantillons étudiés ont été également déterminées (Tableau 08). Les teneurs en Mg ont été estimées à 145 et 750 mg/l pour les eaux de mer issues de la première et de la deuxième station respectivement. Alors que, les teneurs en Ca ont été à leur tour

estimées à 145 et 750 mg/l pour les eaux de mer issues de la première et de la deuxième station respectivement (Tableau 08).

Le tableau 08 présente les différentes valeurs obtenues pour le TAC lors des deux setation. Le titre alcalimétrique (TA) mesure la teneur en alcalis libres (OH-) et en carbonates (CO32-).

Tableau 07: Evaluation des paramètres physiques relevés au niveau des deux stations étudiées.

Paramètres	Station I	StationII	Unité
pH	6,90	6,80	-----
La conductivité	34	47,2	µS/cm
Salinité	4,2	4	%

Tableau 08:Résultats des caractéristiques chimique relevés au niveau des deux stations étudiées.

Paramètres	Station I	Station II
Cl	51830	29110
TH	520	1280
Ca	145	750
Mg	145	750
TA	5,5	0
TAC	14	0

2. Résultats de l'étude phytochimique

2.1. Rendement d'extraction

La préparation de l'extrait de palmier par macération en utilisant méthanol à 70 % (v/v) et acétone avec un rendement de 17% et 4% respectivement (Tableau 09).

2.2. Estimation de la teneur totale en polyphénols et flavonoïdes

La teneur totale en polyphénols (TTP) a été mesurée en milligrammes d'acide gallique équivalent par gramme de résidu sec (mg GAE/g RS) en se référant à la courbe d'étalonnage de l'acide gallique (figure18), tandis que la teneur en flavonoïdes totaux (TFT) a été mesurée en milligrammes catéchine équivalent par gramme de résidu sec (mg CE/g RS) en se référant aux courbes d'étalonnages de la catéchine (figure19). Les concentrations en TTP sont de 149.51 ± 19.31 mg GAE/g RS et de 68.48 ± 0.34 mg GAE/g RS pour l'extrait méthanolique et acétonique respectivement. Les concentrations en TFT se sont de 0.88 ± 0.02 mg CE/g RS et 0.36 ± 0.09 mg CE/g RS pour l'extrait méthanolique et acétonique respectivement comme indiqué dans le (Tableau 09).

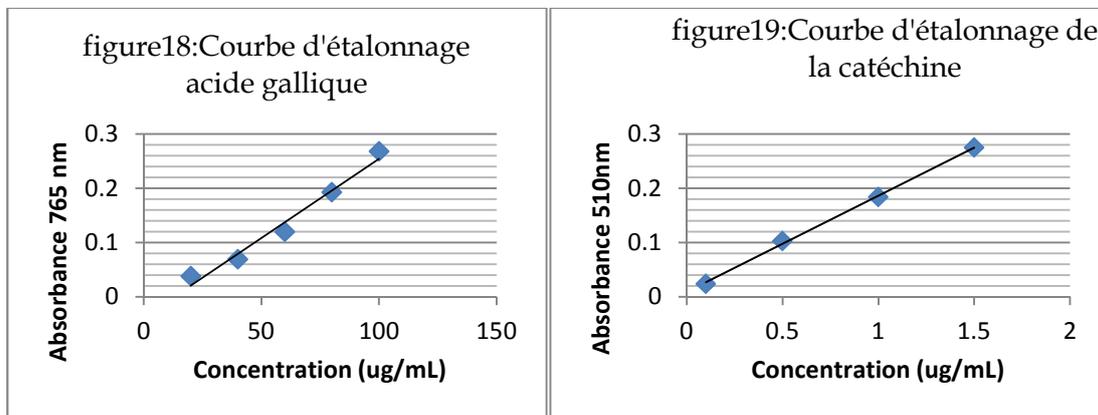


Tableau 09: Résultats de Rendement d'extraction, Polyphenols, Flavonoides.

Paramètres	Rendement d'extraction (%)	Polyphenols (mg GAE/g RS)	Flavonoides (mg CE/g RS)
Extrait acétonique	4	68.48 ± 0.34	0.36 ± 0.09
Extrait méthanolique	17	149.51 ± 19.31	0.88 ± 0.02

2.3. Résultats de l'activité de piégeage des radicaux DPPH

La figure a montré que les extraits des feuilles palmier sont dotés d'une capacité significative à piéger le radical DPPH avec des concentrations inhibitrices moyennes égale à : $IC_{50} = 0,04$ mg/ml et de $IC_{50} = 2,21$ mg/ml l'extrait méthanolique et acétonique respectivement.

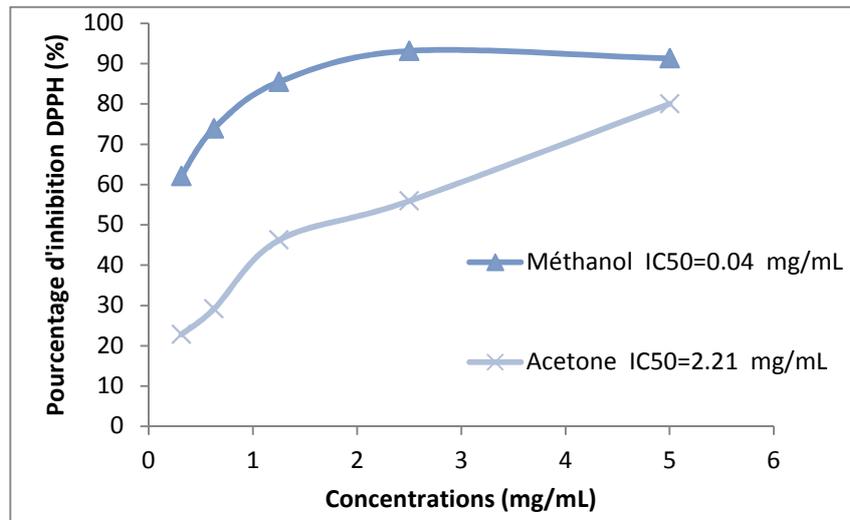


Figure 20: Résultats de l'activité de piégeage des radicaux DPPH des extraits des feuilles palmier.

3. Résultats de l'activité antibactérienne

Le but de la réalisation d'un test de l'activité antibactérienne dans cette étude, est de prédire la sensibilité d'une bactérie à des extraits palmier. Le tableau ci-dessous rapporte les valeurs en mm des zones d'inhibitions manifestées par les extraits sur les trois souches étudiées.

Tableau 10 : Diamètre de la zone d'inhibition en mm des bactéries étudiés en présence de différentes concentrations des différentes fractions.

Souche	Concentration (mg/ml)												
	Extrait pure	Extrait méthanolique					Extrait Acétonique						
		Contrôle	5	2.5	1.25	0.62	Extrait pure	Contrôle	5	2.5	1.25	0.62	
<i>E.coli</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>S. aureus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>P.aeruginosa</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Dans la présente étude, parmi les deux extraits des feuilles palmier, aucune n'a eu un effet inhibiteur sur les bactéries (*P. aeruginosa*, *S. aureus* et *E. coli*) étudiées.

Discussion

Discussion

L'élaboration de la présente étude a porté sur deux volets. D'abord, une estimation des menaces de la pollution affectant la qualité de l'eau de mer issues de trois stations situées dans la ville d'Oran en évaluant sa qualité physico chimique et bactériologique. Et ensuite, une évaluation les effets antioxydants et l'activité antibactérien de l'extrait des feuilles du palmier nain contre des souches pathogènes issues de l'eau de mer polluée.

En effet, un certains nombres de paramètres physico-chimiques ont été évalués. Le pH, la conductivité électrique, la salinité, et le dosage de trois éléments minéraux Mg, Cl et Ca, ont été déterminés pour les échantillons issues des zones étudiées.

Les valeurs moyennes de pH des différents échantillons étudiés au cours de cette étude oscillent entre 6,90 et 6,80 témoignant d'une acidité importante de ces eaux qui contrairement au pH de l'eau de mer Méditerranée qui est quant à lui évalué à 8,2 dans les conditions normales (Segal, Birnhack et al. 2018).

Cette acidité pourrait avoir de graves impacts sur la Méditerranée. En fait, les auteurs du projet MEDSEA (Louis, 2015) indiquent que l'acidification des océans causée par l'augmentation des concentrations de dioxyde de carbone dans l'atmosphère et la baisse associée du pH de l'eau de mer influencera considérablement les écosystèmes marins. Bien que ce processus, en association avec les activités humaines, menace le bien-être de la mer Méditerranée, il n'a pas été étudié dans le détail et est trop complexe pour être résolu adéquatement dans le climat à échelle mondiale et les modèles biogéochimiques de l'océan.

Quant aux valeurs moyennes de salinité enregistrées dans les échantillons sont de l'ordre de: 4,2% et 4% (42g/l et 40g/l) pour les eaux de mer provenant du port commercial et de pêche respectivement. Cependant ces taux sont supérieurs aux normes sachant que le taux de salinité de la mer Méditerranée varie entre 36 et 38 gr/l. Sa valeur oscille autour de 36 gr/l près du détroit de Gibraltar où les eaux se marient par les courants avec celles de l'Atlantique. Le long des côtes françaises, le taux moyen est proche de 37,5 gr/l (Fatma and Rachida ,2021).

Il est confirmé que la salinité élevée cause des graves dommages aux flores et faunes marines. Une étude des effets létaux d'une solution hypertonique sur les organismes marins

indique que la salinité létale initiale et la sensibilité de chaque organisme diffèrent d'une espèce à l'autre au travers d'expérimentations en laboratoire (Iso, Suizu et al. 1994).

En revanche, un rapport sur les espèces marines animales et végétales montre les caractéristiques des communautés d'algues macroscopique. Normalement, la tolérance maximale de salinité des algues macroscopiques est entre 40 et 50 psu (Unité de salinité : 1 psu = 1 g de sel (NaCl) par kg d'eau de mer, 1psu=10/00). C'est-à-dire, si la salinité de la mer est supérieure à 50 psu, les algues survivront difficilement (Dewarumez, Gevaert et al. 2011).

De plus, les teneurs en chlorures relevées montrent qu'il s'agit une charge élevée à la station I contrairement à la deuxième station. En effet, les teneurs varient entre 51830mg/l et 29110mg/l respectivement pour les deux stations. Cette concentration est fonction de la pollution. Ces valeurs sont beaucoup plus supérieures aux normes sachant que (Tansakul, 2009) rapporte que la teneur en chlore des eaux issues de la méditerranée est de 19,354 g.kg⁻¹.

En outre, les concentrations en minéraux (Mg et Ca) dans les deux échantillons étudiés ont été également déterminées. Les teneurs en Mg ont été estimées à 145 et 750 mg/l pour les eaux de mer issues de la première et de la deuxième station respectivement. Alors que, les teneurs en Ca ont été à leur tour estimées à 145 et 750 mg/l pour les eaux de mer issues de la première et de la deuxième station respectivement. En effet le taux de Mg est nettement inférieur aux normes sachant que l'eau de mer contiendrait en principe un taux de 1,2837 g/kg de Mg, alors que le taux de calcium correspond aux normes (0,4121 g/kg) (Batiot, Emblanch et al. 2003).

Quant à l'analyse du titre alcalimétrique (TA) et le titre alcalimétrique complet (TAC) ont permis d'enregistrer les valeurs de 5.5 et 14 pour les deux paramètres respectivement.

L'alcalinité de l'eau de mer est essentiellement due à la présence de carbonates, de bicarbonates, et d'hydrogencarbonates. Le titre alcalimétrique TA et le titre alcalimétrique complet TAC, sont deux valeurs identifiant les concentrations en bicarbonates, carbonates, et hydroxydes contenues dans l'eau. Le titre alcalimétrique TA mesure la teneur de l'eau en alcalis libres et en carbonates alcalins caustiques. Le titre alcalimétrique complet TAC correspond à la teneur de l'eau en alcalis libres, carbonates et bicarbonates (DE L'EAU 2019).

Tandis que, le deuxième volet a porté sur la préparation de l'extrait de palmier par macération en utilisant méthanol à 70 % (v/v) et acétone avec un rendement de 17% et 4% respectivement. Ces résultats sont inférieurs à ceux obtenus par (Acherrat Khalid, 2016) qui ont obtenus des rendements de 20 % et 18.5 % en utilisant méthanol aqueux 80%(v/v) comme solvants sur les feuilles et Cœur de stipe respectivement.

Alors que, la teneur totale en polyphénols (TTP) a été mesurée en milligrammes d'acide gallique équivalent par gramme de résidu sec (mg GAE/g RS) en se référant à la courbe d'étalonnage de l'acide gallique, tandis que la teneur en flavonoïdes totaux (TFT) a été mesuré en milligrammes catéchine équivalent par gramme de résidu sec (mg CE/g RS) en se référant aux courbes d'étalonnages de la catéchine (figure17) Les concentrations en TTP sont de 149.51 ± 19.31 mg GAE/g RS et de 68.48 ± 0.34 mg GAE/g RS pour l'extrait méthanolique et acétonique respectivement. Les concentrations en TFT se sont de 0.88 ± 0.02 mg mg CE/g RS et 0.36 ± 0.09 mg CE/g RS pour l'extrait méthanolique et acétonique respectivement.

Selon (Eddahhaoui, Boudalia et al. 2022) le fruit de *chamaerops humilis L.* contient plusieurs qualités thérapeutiques. L'effet du soxhlet et de la macération à froid sur la composition chimique et le potentiel antioxydant des extraits produits était au centre de cette investigation. Selon les recherches, les huiles avaient une teneur élevée en acide oléique (32,55 - 43,29 %). Les extraits méthanoliques préparés par macération, quant à eux, sont les plus riches en familles chimiques significatives, notamment en composés phénoliques totaux (CPT) avec une teneur de $281,64 \pm 0,23$ mg EAG g-1 d'extrait, en composés flavonoïdes totaux (CFT) ($74,08 \pm 0,71$ mg EQ g-1 d'extrait), et en composés tanniques totaux (TTC) ($333,83 \pm 0,96$ mg EC g-1 d'extrait), ce qui lui confère un caractère hautement anti-radicalaire. De plus, il a montré une capacité antioxydante très intéressante avec un IC50 de 0.99 ± 0.01 µg mL-1, 22.14 ± 0.60 µg mL-1, et 137.55 ± 0.85 µg mL-1, pour DPPH, ABTS, et FRAP, respectivement. En effet, la corrélation de Pearson est hautement significative ($p < 0,05$) entre tous les paramètres.

Le but de la réalisation d'un test de l'activité antibactérienne dans cette étude, est de prédire la sensibilité d'une bactérie à des extraits palmier. Le tableau ci-dessous rapporte les valeurs en mm des zones d'inhibitions manifestées par les extraits sur les trois souches étudiées. Dans la présente étude, parmi les deux extraits des feuilles palmier, aucune un effet inhibiteur sur les bactéries. Qui confirme au travaux de (ACHERRAT Khalid, 2016) qui montrent les extraits flavonoïdiques du palmier nain sur *Escherichia coli*

ATCC 8739 et *Staphylococcus aureus* ATCC 6538 et *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 2785 n'ont montré aucune activité antimicrobienne. Ils attribuaient cela à l'utilisation des concentrations faibles et/ou le dépôt des quantités faibles des extraits sur les disques lors du test de la sensibilité antibactérienne, peu entraîné des jugements faux sur l'activité de la plante.

Conclusion

Conclusion et perspective

L'objectif général de ce mémoire est d'évaluer des paramètres physico-chimiques de l'eau de mer polluée et activité antioxydante de l'extrait du palmier nain méthanolique et acétonique des feuilles de palmier nain (*chamaerops humilis L*) envers des souches bactériennes suspectes.

En effet, les eaux marines se caractérisent par des paramètres physico-chimiques et bactériologiques, qui permettent de déterminer leur éventuelle origine et de connaître l'importance de leur charge polluante. La raison pour laquelle des analyses physico-chimiques et microbiologiques ont été menées durant cette étude.

L'analyse physicochimique a permis d'enregistrer un pH inférieur aux normes de la mer méditerranéenne avec un taux de salinité supérieur à la norme variant de 40% à 42%. Ces résultats constituent un indice concret de la pollution maritime et témoignent de la dégradation de la qualité des eaux côtières de la baie d'Oran.

En revanche, l'analyse de l'activité antibactérienne *in vitro* des extraits organiques de *chamaerops humilis L.* n'a montré aucun effet sur les souches bactériennes pathogènes d'origine maritime malgré le fort potentiel antioxydant et la forte teneur en polyphénols et en flavonoïdes de ces extraits.

A la lumière de ces résultats il est intéressant de suggérer quelques perspectives pour améliorer cette étude et pour assurer la protection du littoral algérien ainsi que pour renforcer l'action de cette plante médicinale face à l'éventualité de l'absence de l'activité antimicrobienne susmentionnée.

- Il est d'abord primordial de trouver un moyen pour convaincre les autorités responsables et de les sensibiliser vis-à-vis de ce fléau de pollution qui envahit nos littoraux, et ceci ne serait possible que par le renforcement de la fréquence de surveillance par le biais d'analyses mensuelles et si c'est possible hebdomadaires.
- Il est aussi important de sensibiliser les citoyens en leur fournissant des conseils d'hygiène individuelle et collective pour prévenir les maladies liées à l'eau de mer.

- Il est aussi intéressant de renforcer cette étude en menant d'autres expériences basées sur l'utilisation des autres parties de la plante à savoir: les racines, les fruits ou les tiges qui peuvent avoir une activité antimicrobienne plus importante que celle des feuilles.

Références bibliographiques

- Abed Bendjelid, « Brève histoire du Port d'Oran. M.S. Louhibi, S. Benkada », *Insaniyat / إنسانيات*, 41 | 2008, 159-160.
- Achmit, M., Sbai, G., Aouniti, A., & Loukili, M. (2017). Etude de la qualité physique chimique et bactériologique des eaux de barrage BAB LOUTA/Study of the physico-chemical and bacteriological quality of waters of dam BAB LOUTA. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 20(4), 1246.
- ACHERRAT Khalid (2016) Rendement de différentes fractions de *Chamaerops humilis* p28
- ACHERRAT Khalid (2016) Activité antibactérienne des extraits flavonoïdiques de *Chamaerops humilis* L p31
- Afroz, R., E. Tanvir, et al. (2014). "Potential Antioxidant and Antibacterial Properties of a Popular Jujube Fruit: *Zizyphus mauritiana*." *Journal of Food Biochemistry* 38(6): 592-601.
- Ahmed, S. A., Hassan, H. M., Ahmed, S. A., & Elghandour, A. H. (2015). Comparative Investigation of Minerals, Amino acids, Lipoidal Contents and General Analysis of *Chamaerops humilis* L. Organs Growing in Egypt. *Journal of American Science*, 11(9).
- AMINOT, A.; GHAUSSPIED; M.; 1983: Manuel des analyses chimiques en milieu marin, Centre National pour l'Exploitation des Océans (CNEXO).
- Basli, A., Chibane, M., Madani, K., & Oukil, N. (2012). Activité antibactérienne des polyphénols extraits d'une plante médicinale de la flore d'Algérie: *Origanum glandulosum* Desf. *Phytothérapie*, 10(1), 2-9.
- Batiot, C., C. Emblanch, et al. (2003). "Carbone Organique Total (COT) et Magnésium (Mg²⁺): deux traceurs complémentaires du temps de séjour dans l'aquifère karstique." *Comptes Rendus Geoscience* 335(2): 205-214.
- Bechamp J. 2003. La pollution littorale. Université de Picardie Jules Verne.
- Benahmed-Bouhafsoun A, Djied S, Mouzaz and Kaid-Harche M. (2013). Phytochemical composition and in vitro antioxidant activity of *chamaerops humilis* L. extracts. 5 (3), 741-744.
- Benmehdi, H., O. Hasnaoui, et al. (2012). "Phytochemical investigation of leaves and fruits extracts of *Chamaerops humilis* L." *J Mater Environ Sci* 3: 320-337.
- Bolis, Angela (2011, 30 aou.). «Le boom des bactéries résistantes aux antibiotiques». *Le Monde* (Paris), p. 3
- Brémond R & Perrodon C. 2005. Les paramètres de la qualité des eaux : Aspects qualitatifs de la pollution.

- Burton G, 1992. Sediment toxicity assessment. Lewis Publishers, London, 211p.
- Butler P & Lowe J. 1978. Flowing sea water toxicity tests using oyster (*Crassostrea virginica*). In Bioassay Procedures for the Ocean Disposal Permit Program, EPA-600/9-78- 010, 25-27.
- Chalghmi, H. 2015. Etude de la pollution marine par les hydrocarbures et caractérisation de leurs effets biochimiques et moléculaires sur la palourde de *Ruditapes* sp, Université de Bordeaux.
- Chase, M. W., & Reveal, J. L. (2009). A phylogenetic classification of the land plants to accompany APG III. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 161(2), 122-127.
- Clark, A. M. (1996). Natural products as a resource for new drugs. *Pharmaceutical research*, 13(8), 1133-1141.
- Cowan, M. M. (1999). Plant products as antimicrobial agents. *Clinical microbiology reviews*, 12(4), 564-582.
- Debruyne, M. J. L. R. d. S. d. G. D. e. G. (2002). La certification qualité selon les normes ISO: Contribution à une analyse théorique. (194), 57.
- DE L'EAU, P. D. P. (2019). Melle Khedidja Dahmani, Université de Mostaganem.
- Dewarumez, J.-M., F. Gevaert, et al. (2011). "Les espèces marines animales et végétales introduites dans le bassin Artois-Picardie." UMR CNRS 8187.
- Dijkstra, N., Junttila, J., Skirbekk, K., Carroll, J., Husum, K., Hald, M. 2017. Benthic foraminifera as bio-indicators of chemical and physical stressors in Hammerfest harbor (Northern Norway). *Marine Pollution Bulletin*, 114(1), 384-396.
- Dransfield, 2005; Uhl et Dransfield, 1987; Maire, 1957; Hasnaoui, 2008). – The palms of Madagascar. Royal Botanic Gardens Kew and The international Palm Society. 475 pp
- Drira, Z., Kmiha-Megdiche, S., Sahnoun, H., Hammami, A., Allouche, N., Tedetti, M., Ayadi, H. 2016. Assessment of anthropogenic inputs in the surface waters of the southern coastal area of Sfax during spring (Tunisia, Southern Mediterranean Sea). *Marine pollution bulletin*, 104(1-2), 355-363.
- Eddahhaoui, F., M. Boudalia, et al. (2022). "Effect of the extraction technique on the bioactive compounds and the antioxidant capacity of the *Chamaerops humilis* L. fruit (pulp and seeds)." *Chemical Data Collections*: 100882.
- Eve, A., & Sprimont, P.-A. J. C.-C. A. (2016). Perception et attitudes liées à la norme ISO 9001: une analyse auprès des salariés opérationnels. 22(1), 27-52.
- Fatma, T. and B. Rachida (2021). "Evaluation de l'impact des rejets en mer des Produits chimiques antitartre utilisés dans les Station de dessalement sur la production primaire."

- Federspiel, J. J., Stearns, S. C., Peppercorn, A. F., Chu, V. H., & Fowler, V. G. (2012). Increasing US rates of endocarditis with *Staphylococcus aureus*: 1999-2008. *Archives of internal medicine*, 172(4), 363-365.
- Floret, N., Bertrand, X., Thouverez, M., & Talon, D. (2009). Infections nosocomiales à *Pseudomonas aeruginosa*: origine exogène ou endogène de la bactérie responsable?. *Pathologie Biologie*, 57(1), 9-12
- François R, « Dictionnaire encyclopédique de la pollution », 2000, Edition internationale. Paris.
- François R, « Dictionnaire encyclopédique d'écologie et de science de l'environnement », 2002, 2ème édition DUNOD. Paris.
- Fukue M, Nakamura T, Kato Y. and Yamasaki S, 1999, « Degree of pollution for marine sediments », *Engineering Geology*, 53, 131-137. r a [27] Boutiba .Z, Abiyad Z, Taleb M 2003, « Etat de la Pollution marine de la côte Oranaise » . Ed. DAR EL GHARB, P: 8.
- Galinié, H., Rodier, X., Saligny, L. J. H., & mesure. (2004). Entités fonctionnelles, entités spatiales et dynamique urbaine dans la longue durée. 19(XIX-3/4), 223-242.
- GESAMP, 1989. United nation group of expert on the scientific aspect of marine pollution. Article premier, paragraphe 1.
- Goeury, D. 2014. LA POLLUTION MARINE. in: Mers et océans, (Ed.) R. Woessner, Atlande. Paris. Grand View Research, 2015. <https://www.grandviewresearch.com/industryanalysis/biosurfactants-industry>. Accessed March 8, 2018.
- Gravez V & Bernard G. 2006. Pollution marine : La définition. www.com.univ-mrs.fr.
- Grundmann, H., Aires-de-Sousa, M., Boyce, J., & Tiemersma, E. (2006). Emergence and resurgence of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* as a public-health threat. *The Lancet*, 368(9538), 874-885.
- GTZ ,1995 . Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit . Documentation pour l'étude et l'évaluation des effets sur l'environnement des projets de coopération économique . Editions Friedr
- Guerbouz Narimane and Doudou Karima. Reconciliation de l'interface ville/port « cas du vieux port d'Oran ». 2016.
- Haslay et leclerc,., 1993:-Microbiologie des eaux d'alimentation, éditions techniques et documentation Lavoisier , pp : 70- 95.
- Hayouni, E. A., M. Abedrabba, et al. (2007). "The effects of solvents and extraction method on the phenolic contents and biological activities in vitro of Tunisian *Quercus coccifera* L. and *Juniperus phoenicea* L. fruit extracts." *Food chemistry* 105(3): 1126-1134.
- Himmi N. Fekhaoui M. Foutlane A. Bourchich H. El Maroufy M. Benazzou T. et Hasnaoui M. *Riv. Idrobiol. Perugia* 42 (2003) 1 et 129. *Medical Research*, 3(2), 111.

Hopkins, W. G. (2003). *Physiologie végétale*. De Boeck Supérieur.

IFREMER. 2003. Comportement des polluants. Rapp. Annuel

Iso, S., S. Suizu, et al. (1994). "The lethal effect of hypertonic solutions and avoidance of marine organisms in relation to discharged brine from a desalination plant." *Desalination* 97(1-3): 389-399.

Kaushik, P., P. Goyal, et al. (2010). "In vitro evaluation of antibacterial potential of dry fruit extracts of *Elettaria cardamomum* Maton (Chhoti Elaichi)." *Iranian journal of pharmaceutical research: IJPR* 9(3): 287.

Khoudali S., Benmessaoud D., Essaqui A., Zertoubi M., Azzi M., Benaissa M. (2014). Étude de l'activité antioxydante et de l'action anticorrosion de l'extrait méthanolique des feuilles du palmier nain (*Chamaerops humilis* L.) du Maroc. *Journal of Materials and Environmental Science*. 5 (3), 887-898

Kitano, S., Iso, Y., Moriyama, M., Sugimachi, K. J. S. I., & endoscopy. (1994). *Laparoscopy-assisted Billroth I gastrectomy*. 4(2), 146-148.

Labourg P. J., 1998, « Vuessurmer : I-Pollution marine, tout commence sur le littoral, Pour la Nature et l'Homme », Fondation Nicolas Hulot.

Lacaze J. C. 1993. Les biocénoses marines et littorales de Méditerranée. Synthèse, menaces et perspectives. Bellan-Santini D., Lacaze J.C., Poizat C. eds. Secrétariat de la Faune et de la Flore. Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris.

Lieutaud J, 2001, « Unemer entre trois continents, la Méditerranée », Ed. Ellipses marketing, pp 272. Looser P.W., Bartschi S., Fent K., 1998, « Bioconcentration and bioavailability of organotin compounds: influence of pH and humic substances », *Applied organometallic chemistry*, 12, 601-611.

Lilet C., Bourdon J, Toma B, Marchal N et Balbastre C. (1983) ; *Bactériologie médicale et vétérinaire-systématique bactérienne* ; Edition DOIN. PP 150-190

Louis, J. (2015). Comportement des éléments biogéochimiques en Méditerranée à l'interface air-mer dans un Marchand M. 2002. Pollution marine et contamination chimique. Peut-on éliminer les substances chimiques dangereuses du milieu marin ? IFREMER, DEL/PC

Marchand M. 2002. Pollution marine et contamination chimique. Peut-on éliminer les substances chimiques dangereuses du milieu marin ? IFREMER, DEL/PC

MEDJATI, N. (2014). Contribution à l'étude biologique et phytoécologique du *Chamaerops humilis* L., dans la partie occidentale de l'Algérie (Doctoral dissertation).

Motti, R., Antignani, V., & Idolo, M. (2009). Traditional plant use in the Phlegraean Fields Regional Park (Campania, Southern Italy). *Human ecology*, 37(6), 775-782.

- Novick, R. P., Schlievert, P., & Ruzin, A. (2001). Pathogenicity and resistance islands of staphylococci. *Microbes and infection*, 3(7), 585-594
- Njoya, E. M. (2021). Medicinal plants, antioxidant potential, and cancer. *Cancer*, Elsevier: 349-357.
- O.M.S. promotion and development of traditional medicine: report of a WHO meeting [held in Geneva from 28 November to 2 December 1977].
- Ossey, B. Y., Mambo, V., Abiba, S. T., & Houenou, P. V. J. J. S. O. A. C. (2008). Etude analytique des caractéristiques chimiques d'un lactoprotéine milieutropical: La conductivité comme indicateur de teneur en acide Buoy (Côte d'Ivoire). 25, 87-108
- Özçelik, B., Orhan, D. D., Özgen, S., & Ergun, F. (2008). Antimicrobial activity of flavonoids against extended-spectrum β -lactamase (ES β L)-producing *Klebsiella pneumoniae*. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*, 7(4), 1151-1157
- Potters G. 2013 Marine Pollution .1st edition Dr Geert potters ISBN 978-87-403-0540-1 <http://bookboon.com/en/marine-pollution-ebook>.
- Ramade F. 1998. Dictionnaire encyclopédique des sciences de l'eau. Ediscience Paris, FRA. 785p.
- RNB. 1999. Réseau National de Bassin. Les micropolluants dans les cours d'eau français, 3 années d'observations (1995 à 1997). Ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement et les agences de l'eau. France.
- Segal, H., L. Birnhack, et al. (2018). "Intensification and energy minimization of seawater reverse osmosis desalination through high-pH operation: Temperature dependency and second pass implications." *Chemical Engineering and Processing-Process Intensification* 131: 84-91.
- Shahidul Islam, M., Tanaka, M. 2004. Impacts of pollution on coastal and marine ecosystems including coastal and marine fisheries and approach for management: a review and synthesis. *Marine Pollution Bulletin*, 48(7), 624-649.
- Singh, G., & Kumar, P. (2013). Phytochemical study and screening for antimicrobial activity of flavonoids of *Euphorbia hirta*. *International Journal of Applied and Basic* 18. Ezzaouaq M. Thèse Doct. Etat, Univ. Mohammed V, Fac. Sci. Rabat, Maroc, (1991) 140.
- El Blidi S. et Fekhaoui M. *Bull. Inst. Sci. Rabat, Maroc section Sciences de la Vie*, 25 (2003) 57.
- Singh, T., Sharma, P., Khandelwal, M. J. B. o. E. G., & Environment, t. (2007). Effect of physical-mechanical properties of marble. 66(1), 81-87.
- Steven. P., Percival, S. L., Williams, D., BASIC MICROBIOLOGY in Percival, S. L., Yates, M. V., Williams, D., Chalmers, R., & Gray, N. (Eds.). (2013). *Microbiology of waterborne diseases: microbiological aspects and risks*. Academic Press. PP 35-256.50.
- Tabuti, J. R. S., Lye, K. A., & Dhillon, S. S. (2003). Traditional herbal drugs of Bulamogi, Uganda: plants, use and administration. *Journal of Ethnopharmacology*, 88(1), 19-44.

Taleb-Contini, S. H., Salvador, M. J., Watanabe, E., Ito, I. Y., & Oliveira, D. C. R. D. (2003). Antimicrobial activity of flavonoids and steroids isolated from two *Chromolaena* species. *Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas*, 39(4), 403-408.

Tardío, J., PARDO-DE-SANTAYANA, M. A. N. U. E. L., & Morales, R. (2006). Ethnobotanical review of wild edible plants in Spain. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 152(1), 27-71

Van Delden, C., & Iglewski, B. H. (1998). Cell-to-cell signaling and *Pseudomonas aeruginosa* infections. *Emerging infectious diseases*, 4(4), 551.

Vincent M. 2006. Etude d'expertise en Aquaculture - Environnement - Pêche – Pollution. Saint-Maximin – France.

WALTER H et STRAKA H., *Areal Kunde*, Ulmer Verlag, Stuttgart, 1970, 478 p. Citer dans M. Gast, « Doum », en 17 | Douiret – Eropaei, Aix-en-Provence, Edisud (« Volumes », no 17), 1996 [En ligne], mis en ligne le 01 juin 2011, consulté le 28 mars 2016. URL: <http://encyclopedieberbere.revues.org/2090>

Wichtl M., Anton R. *Plantestherapeutiques – Tradition, pratique officinale, science et thérapeutique*, 2ème édition, Ed. TEC & DOC, 2003. citer par World Health Organization. (1978). *The. Plant Cell Reports*, 28(8), 1205-1213.

