

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université de RELIZANE
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département :Sciences Biologiques



MEMOIRE

En vue de l'obtention du diplôme de MASTER en :

Biochimie appliquée

Intitulé

Exploration de l'activité antioxydante et antidiabétique in vitro des extraits éthanoliques de *phillyrea latifolia* et *phillyrea angustifolia*, et de la spiruline

Présenté par :

Mr : AOUAR MAHMOUD

Mr : CHERRAK ABED

Mlle : CHAACHOUE AICHA EL BATOUL

Devant les membres de jury :

Président : Mr MALTI

Maître de conférence (B) A (U. Relizane)

Encadreur : Mr BRAHMI.M

Maître de conférence (B) A (U. Relizane)

Examinateur : Mme DERRADJIA A

Maître de conférence (B) A (U. Relizane)

Année universitaire : 2023/2024

REMERCIEMENTS

Nous remercions tout d'abord ALLAH, notre Dieu, de nous avoir donné la santé, la foi, la volonté et le courage dans toute notre vie et de nous avoir guidés à l'accomplissement de ce travail.

Nous souhaitons tout d'abord remercier notre encadreur, Mr. BRAHMI.M, maître de conférences à l'université Ahmed Zabana de Relizane pour sa patience, sa disponibilité et surtout ses judicieux conseils, qui ont contribué à enrichir notre réflexion et pour le suivi qu'il nous a prodigué durant tout ce travail.

Nos remerciements s'adressent aussi à Mr. MALTI., Maître de conférence à l'université Ahmed Zabana de Relizane, pour l'honneur qu'elle nous fait en acceptant de présider ce jury, et pour l'intérêt qu'elle porte à notre travail. Nous vous prions de bien croire à notre profond respect, et à notre sincère reconnaissance.

Nous tenons aussi à remercier Mme. DERRADJIA A., maître de conférence à l'université Ahmed Zabana de Relizane, pour tout l'intérêt qu'il porte à ce travail en acceptant de le juger. Vos remarques et suggestions seront de grandes valeurs pour enrichir ce modeste travail. Recevez Monsieur notre profond respect.

Nous remercions également l'équipe du laboratoire de l'université pour leur gentillesse et leur soutien.

Enfin, nous tenons à remercier profondément tous ceux qui ont contribué de loin ou de près à la réalisation de ce travail.

Dédicace

Merci Allah de nous avoir donné la capacité d'écrire et de réfléchir. La force d'y croire, la capacité de prendre des responsabilités la patience d'aller jusqu'au bout de rêve

Je dédie se modeste travail

À MA CHÈRE MÈRE : Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour éternel et ma considération pour les sacrifices que vous avez consenti pour mon instruction et mon bien être.

À MON CHÈR PÈRE : pour tout l'amour dont vous m'avez entouré, pour tout ce que vous avez fait pour moi, je ferai de mon mieux pour rester un sujet de fierté à vos yeux avec l'espoir de ne jamais vous décevoir que ce modeste travail soit l'exaucement de vos vœux tant formules et de vos prières quotidiennes.

À MES CHÈRS FRÈRES : **ZAKARIA ET ILYES.**

À MA CHÈRE SŒUR : **AYA**

À MON AMIE PROCHE ET MON AMOUR ETERNEL **AMINA** POUR LEUR SOUTIENS ET LEUR ENCOURAGEMENTS.

À MES PETITS ANGES : **KHAIRA ET KAWTHER ET ASSIL ET AYMEN.**

À MES AMIS **ABED ET ABDERRAHMAN ET BATOUL** QUI M'ONT TOUJOURS ENCOURAGE, ET A QUI JE SOUHAITE PLUS DE SUCCES.

AOUAR MAHMOUD

Dédicace

Merci Allah de nous avoir donné la capacité d'écrire et de réfléchir. La force d'y croire, la capacité de prendre des responsabilités la patience d'aller jusqu'au bout de rêve

Je dédie se modeste travail

À MA CHÈRE GRAND-MÈRE : Depuis mon plus jeune âge, tu as toujours été une source d'amour, de soutien et de sagesse pour moi. Je t'aime plus que les mots ne peuvent le dire. Tu es un trésor précieux dans ma vie, et je chéris chaque instant que je passe avec toi.

À MA CHÈRE MÈRE : Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour éternel et ma considération pour les sacrifices que vous avez consenti pour mon instruction et mon bien être.

À MON CHÈR PÈRE : pour tout l'amour dont vous m'avez entouré, pour tout ce que vous avez fait pour moi, je ferai de mon mieux pour rester un sujet de fierté à vos yeux avec l'espoir de ne jamais vous décevoir que ce modeste travail soit l'exaucement de vos vœux tant formules et de vos prières quotidiennes.

À MON CHÈR FRÈRE : MOHAMED EL AMINE

À MES AMIS PROCHES MAHMOUD ET MHAMMED ET YAHIA ET ISMAIL ET BATOUL ET LILIA ET FATIMA ET SORAYA POUR LEUR SOUTIENS ET LEUR ENCOURAGEMENTS.

À MES COUSINS : NESRINE ET ASMAA ET ZOHRA ET AYMEN.

CHERRAK ABED

Dédicace

Merci Allah de nous avoir donné la capacité d'écrire et de réfléchir. La force d'y croire, la capacité de prendre des responsabilités la patience d'aller jusqu'au bout de rêve

Je dédie se modeste travail

À MA CHÈRE MÈRE : Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour éternel et ma considération pour les sacrifices que vous avez consenti pour mon instruction et mon bien être.

À MON CHÈR PÈRE : pour tout l'amour dont vous m'avez entouré, pour tout ce que vous avez fait pour moi, je ferai de mon mieux pour rester un sujet de fierté à vos yeux avec l'espoir de ne jamais vous décevoir que ce modeste travail soit l'exaucement de vos vœux tant formules et de vos prières quotidiennes.

À MON CHÈR FRÈRE : ABED à tous les moments d'enfance passés avec toi mon frère, en gage de ma profonde estime pour l'aide que tu m'as apporté. Tu m'as soutenu, réconforté et encouragé. Puissent nos liens fraternels se consolider et se pérenniser encore plus.

À MES AMIS PROCHES ABED ET MAHMOUD POUR LEUR SOUTIENS ET LEUR
ENCOURAGEMENTS.

À MES PETITS ANGES : ASMA ET YASSER ET NOUR EL HOUDA ET RIM ET DJAWED ET
ACHREF ET BASMA

À MES AMIS AMINA ET KAWTER ET CHAIMA QUI M'ONT TOUJOURS ENCOURAGE, ET
A QUI JE SOUHAITE PLUS DE SUCCES.

À ma grande famille maternelle et paternelle spécialement mon grand père

CHAACHOUË AÏCHA EL BATOUL

Résumé

Ce travail porte sur l'étude de quelques activités biologiques in-vitro des extraits éthanoliques de *Phillyrea latifolia*, *phillyrea angustifolia* ainsi que la spiruline. Appartenant à la famille des Oleaceae. En effet, l'activité antioxydant a été mesurée par la méthode du piégeage du radical 2,2-diphénol-1-picrylhydrazyl (DPPH). En outre, l'activité antidiabétique in vitro a été réalisée par l'inhibition de l'enzyme de l' α -amylase. L'extraction des extraits éthanoliques de *Phillyrea latifolia* et *Phillyrea angustifolia* a permis d'obtenir des rendements de 0,89% et 0,93% respectivement. Les tests ont montré que les extraits éthanoliques de ces deux plantes, ainsi que de la spiruline, possédaient un potentiel antioxydant notable, avec des IC₅₀ de 36 µg/ml, 30,85 µg/ml, et 25,76 µg/ml respectivement. De plus, les extraits éthanoliques des deux plantes et de la spiruline ont montré un pouvoir antidiabétique important avec un IC₅₀ de l'ordre de 22.19 mg/ml, 24.55ug/ml et 18.87ug/ml.

Cette étude met en évidence le potentiel antioxydant et antidiabétique des extraits éthanoliques de *Phillyrea latifolia*, *Phillyrea angustifolia* et de la spiruline, connue pour être un antioxydant naturel. Les résultats obtenus confirment les informations déjà présentes dans la littérature scientifique, soulignant ainsi l'intérêt de ces extraits comme agents naturels prometteurs pour améliorer la santé et le bien-être. Ces extraits pourraient offrir des alternatives naturelles efficaces pour prévenir ou traiter des maladies liées au stress oxydatif et au diabète, renforçant leur pertinence dans le domaine de la médecine naturelle et des suppléments alimentaires.

Mots-clés : *Phillyrea latifolia*, *Phillyrea angustifolia*, Spiruline, Antioxydant, Antidiabétique

Abstract

This work focuses on the study of some in-vitro biological activities of ethanolic extracts from *Phillyrea latifolia*, *Phillyrea angustifolia*, and spirulina, which belong to the Oleaceae family. Indeed, antioxidant activity was measured using the 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging method. Additionally, in-vitro antidiabetic activity was assessed by the inhibition of the α -amylase enzyme. The extraction of ethanolic extracts from *Phillyrea latifolia* and *Phillyrea angustifolia* yielded 0.89% and 0.93%, respectively. Tests showed that the ethanolic extracts of these two plants, as well as spirulina, possessed significant antioxidant potential, with IC₅₀ values of 36 $\mu\text{g}/\text{ml}$, 30.85 $\mu\text{g}/\text{ml}$, and 25.76 $\mu\text{g}/\text{ml}$, respectively. Furthermore, the ethanolic extracts of the two plants and spirulina demonstrated substantial antidiabetic activity with IC₅₀ values of 22.19 mg/ml, 24.55 $\mu\text{g}/\text{ml}$, and 18.87 $\mu\text{g}/\text{ml}$, respectively.

This study highlights the antioxidant and antidiabetic potential of the ethanolic extracts from *Phillyrea latifolia*, *Phillyrea angustifolia*, and spirulina, known for being a natural antioxidant. The results obtained confirm the information already present in the scientific literature, thus underscoring the interest of these extracts as promising natural agents for improving health and well-being. These extracts could offer effective natural alternatives for preventing or treating diseases related to oxidative stress and diabetes, reinforcing their relevance in the field of natural medicine and dietary supplements.

Keywords: *Phillyrea latifolia*, *Phillyrea angustifolia*, Spirulina, Antioxidant, Antidiabetic

ملخص

يتناول هذا العمل دراسة بعض الأنشطة البيولوجية في المختبر للمستخلصات الإيثانولية من *Phillyrea latifolia* و *Phillyrea angustifolia* وكذلك السبيرولينا، التي تنتمي إلى عائلة الـ Oleaceae. بالفعل، تم قياس النشاط المضاد للأكسدة باستخدام طريقة النقاط الجذور الحرة 2,2-ديفينيل-1-بيكريلهيدرازيل (DPPH) بالإضافة إلى ذلك، تم تقييم النشاط المضاد للسكري في المختبر عن طريق تثبيط إنزيم الأميليز α . أسفرت عملية استخراج المستخلصات الإيثانولية من *Phillyrea angustifolia* و *Phillyrea latifolia* عن تحقيق نسب عائد قدرها 0.89% و 0.93% على التوالي. أظهرت الاختبارات أن المستخلصات الإيثانولية لهذين النباتين، وكذلك السبيرولينا، تمتلك قدرة مضادة للأكسدة ملحوظة، حيث كانت قيم IC₅₀ هي 36 ميكروجرام/مل، 30.85 ميكروجرام/مل، و 25.76 ميكروجرام/مل على التوالي. علاوة على ذلك، أظهرت المستخلصات الإيثانولية للنباتين والسبيرولينا قدرة كبيرة على مكافحة مرض السكري مع قيم IC₅₀ حوالي 22.19 ملجم/مل، 24.55 ميكروجرام/مل و 18.87 ميكروجرام/مل.

تسلط هذه الدراسة الضوء على القدرة المضادة للأكسدة والمضادة للسكري للمستخلصات الإيثانولية من *Phillyrea angustifolia*، *latifolia* و السبيرولينا، المعروفة بكونها مضاد أكسدة طبيعي. تؤكد النتائج التي تم الحصول عليها المعلومات الموجودة بالفعل في الأدبيات العلمية، مما يبرز أهمية هذه المستخلصات كوكلاء طبيعيين واعدبين لتحسين الصحة والرفاهية. قد تقدم هذه المستخلصات بدائل طبيعية فعالة لمنع أو علاج الأمراض المرتبطة بالإجهاد التأكسدي والسكري، مما يعزز أهميتها في مجال الطب الطبيعي والمكمّلات الغذائية.

الكلمات المفتاحية : *Phillyrea angustifolia* ، *Phillyrea latifolia* ، سبيرولينا، مضاد أكسدة، مضاد سكري

Table de matière

| | |
|---|----|
| INTROSUCTION | 01 |
| Généralités sur les plantes médicinales | 05 |
| 1. Phytothérapie..... | 05 |
| 2. Plante médicinale | 06 |
| 3. Mode d'obtention et récolte | 06 |
| 4. Le séchage | 06 |
| 5. la conservation..... | 07 |
| 6. Les extraits | 07 |
| 7. Les techniques d'extraction..... | 07 |
| 7.1. L'enfleurage | 07 |
| 7.2. La décoction | 07 |
| 7.3. L'infusion | 08 |
| 7.4. La macération | 08 |
| 7.5. L'extraction par solvant | 08 |
| 7.5.1. Extraction liquide-liquide..... | 08 |
| 7.5.2. Extraction solide-liquide (soxhlet) | 09 |
| 7.6. L'entraînement à la vapeur ou l'hydrodistillation..... | 10 |
| 8. Définition des principes actifs..... | 10 |
| 9. Les principales classes de principes actifs d'origine naturelles | 10 |
| 9.1. Polyphénols | 10 |
| 9.1.1. Acides phénoliques | 11 |
| 9.1.2. Flavonoïdes | 11 |
| 9.1.3. Tanins | 11 |
| 9.1.4. Lignines | 12 |
| 9.2. Alcaloïdes | 12 |
| 9.3. Terpènes et stéroïdes | 12 |
| 9.3.1. Saponosides | 12 |
| 10. Toxicité..... | 12 |

CHAPITRE 02 : Phillyrea angustifolia et phillyrea latifolia

| | |
|------------------------------|----|
| I. Plantes médicinales | 15 |
| 1. Définition | 15 |
| 2. La phytothérapie..... | 15 |
| II. La filaire | 16 |

| | |
|--|----|
| 1. Le genre <i>Phillyrea</i> | 16 |
| 2. Feuilles et feuillage | 18 |
| 3. Fleurs et floraison..... | 20 |
| 4. Le fruit..... | 21 |
| III. Extraction | 22 |
| 1. Définition | 22 |
| 2. Les méthodes d'extraction(liquide/solide) | 23 |
| a. Macération | 23 |
| b. Décoction | 23 |
| C. Infusion | 23 |
| 3. Principe..... | 23 |

CHAPITRE 03 la spiruline

| | |
|--|----|
| I. Spiruline | 25 |
| 01.Histoire et origine..... | 25 |
| 02.Définition et structure..... | 25 |
| 03.Composition Nutritionnelle | 27 |
| II. Bienfaits pour la Santé..... | 27 |
| 1. Renforcement du Système Immunitaire | 27 |
| 2. Activités antioxydante | 27 |
| 3. Activité anti inflammatoire | 27 |
| 4. Amélioration de la Santé Digestive..... | 28 |
| 5. Réduction du Cholestérol et Régulation de la Glycémie | 28 |
| III. Utilisations | 28 |
| 1. Complément Alimentaire | 28 |
| 2. Cosmétique..... | 28 |
| 3. Agriculture et Alimentation Animale..... | 28 |
| 3.1Culture de la Spiruline..... | 28 |

PARTIE EXPREMENTAL

MATRIEL ET METHODE

| | |
|--|----|
| 1.Récolte du matériel végétal | 32 |
| 2. Extraction éthanolique de <i>Ph. Angustifolia</i> et <i>Ph. Latifolia</i> | 32 |
| 2.1. Matériel | 32 |
| 2.2. Méthode..... | 33 |
| 3. Les activités biologiques des extraits éthanolique et de la spiruline | 35 |
| 3.1. Activité antioxydant | 35 |

| | |
|--|----|
| 3.1.1 L'effet piégeage du radical libre DPPH | 35 |
| 3.2. Activité antidiabétique | 37 |
| 3.2.1. Évaluation de l'effet des extraits éthanoliques sur l'activité de l'a-amylase | 37 |

RESULTATS ET DISCUSSION

| | |
|--|----|
| Résultat et discussion | 40 |
| 1. Le Rendement | 40 |
| 2. Activité antioxydant des extraits éthanolique de <i>Phillyrea latifolia</i> , <i>Phillyrea angustifolia</i> et la spiruline | 40 |
| 3. Evaluation de l'IC50 | 42 |
| Activité Antidiabétique des extraits éthanolique de <i>Phillyrea latifolia</i> , <i>Phillyrea angustifolia</i> et la spiruline | 45 |
| Détermination d'IC50 | 47 |
| CONCLUSION | 49 |

LISTE DES FIGURES

| | |
|---|---------|
| Figure I-01 : Les extracteurs de Soxhlet et de Kumagawa |08 |
| Figure I-02 : Schéma d'un appareil de Soxhlet |09 |
| Figure II-01 : plantes <i>Phillyrea et latifolia</i> |17 |
| Figure II- 02 : Feuilles de <i>Phillyrea latifolia</i> |19 |
| Figure II-03 : L'inflorescence de <i>Phillyrea angustifolia</i> |21 |
| Figure II-04 : les fruits de la filaire..... |22 |
| Figure III-01 : Morphologie de Spirulina(Arthospira), Photo de R. Locci |26 |
| Figure IV-01 : récolte du phillyrea latifolia à l'aide du chef de comté forestier d'El ramka . |32 |
| Figure IV-02 : Macération |33 |
| Figure IV-03 : évaporateur rotatif à 78°C de filtrat |34 |
| Figure IV-04 : préparation de DPPH |36 |
| Figure IV-05 : préparation des solutions mères |36 |
| Figure IV-06 : Une incubation des tubes préparés à 30 min à 25°C |36 |
| Figure IV-07 : La lecture de l'absorbance par le spectrophotomètre |36 |
| Figure V-01 : Activité Piégeage du radical libre DPPH à différentes concentrations de l'extrait éthanolique de <i>Phillyrea latifolia</i> |41 |
| Figure V-02 : Activité Piégeage du radical libre DPPH à différentes concentrations de l'extrait éthanolique de <i>Phillyrea angistifolia</i> |41 |
| Figure V-03 : Activité Piégeage du radical libre DPPH à différentes concentrations de la spiruline..... |42 |
| Figure V-04 : Activité Piégeage du radical libre DPPH à différentes concentrations de l'acide ascorbique..... |42 |
| Figure V-05 : Pourcentages d'inhibition de l'enzyme α -amylase en fonction de différente concentration de l'extrait éthanolique de <i>P. latifolia</i> |45 |
| Figure V-06 : Pourcentages d'inhibition de l'enzyme α -amylase en fonction de différente concentration de l'extrait éthanolique de <i>P. angistifolia</i> |46 |
| Figure V-07 : Pourcentages d'inhibition de l'enzyme α -amylase en fonction de différente concentration de la spiruline |46 |
| Figure V-08 : Pourcentages d'inhibition de l'enzyme α -amylase en fonction de différente concentration de l'Acarbose..... |47 |

Liste des Tableaux

| | |
|--|----|
| Tableau IV-01 : Conditions de récolte | 32 |
| Tableau V-02 :Rendement des extraits éthanolique de deux plantes étudiées..... | 40 |
| Tableau V-03 : Radical Scavenging activité DPPH..... | 43 |
| Tableau V-01 : Les valeurs d'IC50 trouvées pour les extraits éthanoliques de <i>P. latifolia</i> , <i>P. angustifolia</i> et la spiruline testée | 47 |

Liste des abréviations

PBS : Tampon phosphate salin

ROS : Reactive Oxygen Species (espèces réactives de l'oxygène)

DPPH : 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyle (test DPPH pour l'activité antioxydante)

IC₅₀ : Concentration inhibitrice 50 (pour l'évaluation de l'efficacité des antioxydants)

α- amylase : Alpha-amylase (enzyme impliquée dans l'activité antidiabétique)

HPLC : High-Performance Liquid Chromatography (chromatographie liquide à haute performance)

GC-MS : Gas Chromatography-Mass Spectrometry (chromatographie en phase gazeuse-spectrométrie de masse)

C₅H₈ : est la formule brute de plusieurs isomères.

HE : huile essentielle

A.N.S.M.P.S : L'Agence nationale de sécurité du médicament et des produits de santé

O.M.S : *L'Organisation mondiale de la Santé*

LDL : lipoprotéines de basse densité

PH : potentiel hydrogène

DPPH-H : le diphényl picryl-hydrazine

KH₂PO₄ : Phosphate de monopotassium

NaHPO₄ : Phosphate de sodium

NaCl : Le chlorure de sodium

Vit C : vitamine C

DO : densité optique

H₂SO₄ : acide sulfurique

Fe+2, Fe+3 : ion ferreux, ion ferrique

INTRODUCTION

Introduction

La recherche de composés naturels dotés de propriétés antioxydantes et antidiabétiques suscite un intérêt croissant en raison de leur potentiel dans la prévention et le traitement des maladies métaboliques, notamment le diabète de type 2, souvent associé à un stress oxydatif accru (**Gomes et al., 2020**). Dans cette optique, les plantes médicinales et les microalgues comme la spiruline sont étudiées pour leurs composés bioactifs bénéfiques. *Phillyrea lotifolia* et *Phillyrea angustifolia*, deux espèces appartenant à la famille des Oleaceae, sont connues pour leur utilisation traditionnelle et pourraient présenter des propriétés pharmacologiques intéressantes, notamment en tant qu'antioxydants et agents antidiabétiques (**Zhou et al., 2018**).

Les extraits éthanoliques de *Phillyrea lotifolia* et *Phillyrea angustifolia* ont montré des activités biologiques prometteuses dans diverses études, notamment leur capacité à neutraliser les espèces réactives de l'oxygène (ROS) et à moduler les enzymes impliquées dans le métabolisme glucidique (**Ahmad et al., 2019**). Par exemple, des recherches antérieures ont rapporté les effets antioxydants de ces plantes grâce à leur contenu en phénols, flavonoïdes et autres composés bioactifs. Ces composés sont connus pour leur capacité à réduire le stress oxydatif en neutralisant les radicaux libres et en augmentant l'activité des enzymes antioxydantes endogènes (**Maurya et al., 2021**).

De même, la spiruline, une microalgue riche en protéines et en nutriments essentiels, a montré des effets bénéfiques potentiels dans la réduction du stress oxydatif et dans la régulation du métabolisme du glucose (**Hu et al., 2020**). Les polysaccharides et les pigments phycocyanine et caroténoïdes de la spiruline sont principalement responsables de ses propriétés antioxydantes, agissant par divers mécanismes pour protéger les cellules contre les dommages oxydatifs (**Khan et al., 2018**).

L'exploration approfondie de l'activité antioxydante et antidiabétique *in vitro* de ces extraits pourrait fournir des données cruciales pour comprendre leur mécanisme d'action et leur potentiel thérapeutique. Cette étude vise donc à évaluer comparativement les capacités antioxydantes et inhibitrices de l'alpha-amylase des extraits éthanoliques de *Phillyrea lotifolia*, *Phillyrea angustifolia* et de la spiruline, offrant ainsi une base scientifique solide pour leur utilisation potentielle en tant qu'agents thérapeutiques dans le contexte des maladies métaboliques.

Synthèse bibliographique

*Chapitre I :
Généralités sur les plantes
médicinales*

I. Généralités sur les plantes médicinales

On conseillait couramment les plantes médicinales et aromatiques pour différentes indications : massages, bains, hygiène, santé et diététique (**Lardry & Roulier, 1990**).

Au 1er siècle apr. J-C., apparut le traité intitulé « *De materia medica* » écrit par Dioscoride, médecin et grand voyageur, dressant l'inventaire de 519 espèces de plantes et qui servira de référence dans la société Romaine et Arabe. Les arabes ont ainsi poursuivi les recherches sur les plantes médicinales en devenant les premiers à mettre au point la distillation des plantes, permettant d'en extraire l'huile essentielle, il y a de cela plus de mille ans (**Nogaret-Ehrhart, 2008**).

Cependant, avec les progrès de la science, l'avènement de la pharmacologie de synthèse (l'aspirine, la pénicilline, etc.) et l'émergence de la médecine basée sur la preuve, l'usage des médicaments chimiques a pris son essor, et ce depuis la seconde guerre mondiale, tandis que la phytothérapie ainsi que l'aromathérapie ont perdu de leur intérêt. Récemment, depuis le début des années 2000, il y a un retour en force vers cette discipline alternative. En effet, la prise de conscience par les patients et le personnel médical d'une image de plus en plus défavorable des médicaments de synthèse suite à l'apparition des effets indésirables, d'une efficacité parfois insuffisante ou nulle et l'émergence de résistances bactériennes ont renvoyé à nouveau vers l'usage de produits naturels à base de plantes médicinales qui semblent avoir de grands avantages. Ainsi, la phytothérapie médicale, aujourd'hui, creuse son chemin, se développe et se codifie. Des études scientifiques se multiplient prouvant de plus en plus l'efficacité thérapeutique des plantes, dont l'utilisation est plus réglementée selon des critères scientifiques et une démarche clinique rigoureuse pratiquée par des professionnels de la santé spécifiquement formés (**Leila, 2015**).

1. Phytothérapie

Le terme de phytothérapie provient du grec *phyton* ("plante") et *therapeia* ("traitement"). Elle se définit donc comme l'utilisation des plantes pour soigner les maladies (**Moatti., 1990**).

On entend par phytothérapie le traitement curatif ou préventif des maladies et des troubles subjectifs par l'utilisation de préparations obtenues à partir de plantes entières ou d'organes de plantes : feuilles, fleurs, racines, fruits, graines. Les plantes ainsi employées sont appelées plantes médicinales (**Tarabet & Toumi., 2017**).

2. Plante médicinale

Il s'agit d'une plante qui est utilisée pour prévenir, soigner ou soulager divers maux. Les plantes médicinales sont des drogues végétales dont au moins une partie possède des propriétés médicamenteuses.

Environ 35 000 espèces de plantes sont employées par le monde à des fins médicinales, ce qui constitue le plus large éventail de biodiversité utilisé par les êtres humains. Les plantes médicinales continuent de répondre à un besoin important malgré l'influence croissante du système sanitaire moderne (**Boumediou et Addoun., 2017**).

3. Mode d'obtention et récolte

Des études scientifiques ont permis de définir le moment optimal de la récolte. Ainsi, sont récoltées de préférence :

- les racines au moment du repos végétatif (automne, hiver) ;
- les parties aériennes, le plus souvent au moment de la floraison ;
- les feuilles, juste avant la floraison ;
- les fleurs à leur plein épanouissement, voir en bouton (aubépine) ;
- les graines, lorsqu'elles auront perdu la majeure partie de leur humidité naturelle (**Kalla., 2012**).

4. Le séchage

Le séchage, qui élimine la majeure partie de l'eau d'une plante, doit être commencé sitôt la récolte terminée et réalisé avec soin.

Ne mélangez pas l'espèce et les différents partis de la plante, commencez par faire sécher la plante quelques heures au soleil, avant de la mettre à l'abri dans un locale sec et bien aéré.

Lavez et brossez avec soin les racines, puis coupez-les, encore fraîches, en morceau ou en tronçons de 1 cm environ.

Brassez les plantes une fois par jour pour les aérer.

La durée de séchage varie de quelque jour à 15 jour, mais ne dépasser pas le cap des 3 semaines afin d'éviter tout dépôt de poussière sur les plantes. Ecorces et les racines sont les plus longs à sécher ; Le bon degré de séchage est atteint lorsque les feuilles et les fleurs sont rigides, mais non cassantes ou toucher (**Debaisieux & Polese., 2009**).

5. la conservation

Fragmentez en petits morceaux les plantes séchées, et mettre dans les boîtes hermétiques en fer blanc, des sacs en papier épais fermé dans une bande adhésive, ou par bouchon de liège..., et

n’oublier pas de marquer le nom et la date de récolte sur chaque contenant, et on le mette dans un endroit sec à l’abri de la lumière (**Debaisieux & Polese., 2009**).

6. Les extraits :

Les extraits végétaux sont des préparations liquides, obtenus à partir de drogues végétales généralement à l’état sec. Un extrait végétal est un ensemble composé de molécules volatiles, odorantes, renfermées dans les organes producteurs de certains végétaux extraits de celle-ci par différentes méthodes d’extraction.

Ces substances se trouvent dans les feuilles ; les fleurs, mais également dans les grains, les racines et les écorces des plantes (**Bensaid.,2011**).

7. Les techniques d’extraction :

L’extraction est utilisée pour extraire sélectivement un ou plusieurs composés d’un mélange initial, sur la base de propriétés chimiques ou physiques.

L’homme utilise des colorants, des parfums, des arômes, et des extraits de produits naturels depuis la haute antiquité, par différents principaux techniques :

7.1. L’enfleurage : Est une forme d’extraction utilisée en parfumerie. Il repose sur le pouvoir d’absorption d’une huile essentielle par les corps gras. Par exemple, les fleurs fragiles sont posées sur des cadres enduits de graisse animale très pure et inodore qui absorbe le parfum des fleurs au contact ; en fin de séchage, les graisses sont imprégnées de substances odorantes.

7.2. La décoction : Elle convient pour l’extraction de matières végétales dur ou très dur : bois, écorce, racines, ou des plantes avec des constituants peu solubles (ex : l’acide silicique). Elle consiste à faire bouillir les plantes fraîches ou séchées dans de l’eau pendant 10 à 30 min ; jusqu’à ce que cette dernière soit bouillante et les constituants se dissolvent.

7.3. L’infusion : Elle consiste à verser de l’eau bouillante sur des plantes (les feuilles ou les fleurs) finement broyées puis les laisser tremper pour dissoudre leurs principes actifs.

7.4. La macération : Consiste à laisser séjourner à froid un solide dans un liquide, Ex : mettre une plante ou partie de plante, dans de l’eau froide (macération aqueuse) ou une huile végétale (macération huileuse), pendant plusieurs heures, voire plusieurs jours, pour en extraire les constituants solubles dans ce liquide (**Paolo., 2015**).

7.5. L’extraction par solvant : C’est un procédé qui permet d’extraire des composés qui ne peuvent pas l’être avec de l’eau. Dans cette méthode, les plantes sont mélangées à un solvant

organique volatil (éthanol, méthanol, hexane, butane, benzène ou éther) dans lequel les molécules organiques étant solubles dans les solvants employés se mettent en solution, le mélange est ensuite filtré pour récupérer les solvants chargés des composés. Ce produit organique est ensuite évaporé pour former un résidu solide très parfumé, la concrète qui est ensuite traité à l'alcool pour avoir le produit absolu (**Bensaid.,2011**).

7.5.1. Extraction liquide-liquide :

En utilise cette méthode pour séparer deux liquide miscible en ajoute un solvant qui est plus affinité comme antagoniste qui est de propriété de facile éliminé pour purifier les composés de nos échantillon (**Kaloustian et al., 2013**).

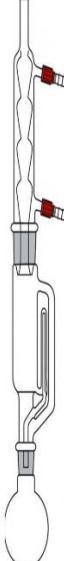
| L'extracteur de Soxhlet | L'extracteur de Kumagawa |
|---|---|
|  |  |
| L'extracteur de Soxhlet est un appareil utilisé en chimie analytique qui permet de faire à chaud l'extraction par solvant d'un solide avec une grande efficacité, cet appareil porte le nom de son inventeur : Franz Von Soxhlet. | Très proche de l'extracteur de soxhlet, le Kumagawa a l'avantage de pouvoir être utilisé à des températures bien supérieures et d'être moins encombrant grâce à la cartouche incomporée dans le porte-ballon. |

Figure I- 01 : Les extracteurs de Soxhlet et de Kumagawa (Benabdallah.,2015)

7.5.2. Extraction solide-liquide (soxhlet) :

La méthode d'extraction en discontinu consiste à mettre l'échantillon solide, sous une forme très finement divisée, en présence du solvant à température ambiante ou à la température d'ébullition du solvant, pendant un temps plus ou moins long, et sous agitation. Le principal inconvénient est qu'il faut, à la fin de l'essai, séparer les parties solide et liquide, soit par centrifugation, soit par filtration (**Kaloustian et al., 2013**).

Pratiquement, on utilise parfois des appareils plus efficaces, les extracteurs de Soxhlet et de Kumagawa, qui fonctionnent en continu qui entraînées la phase solide avec le solvant utilisé (**Fig. 01**).

Le Soxhlet est constitué d'un (**Fig. 02**) :

- Ballon contenant une réserve de solvant.
- Extracteur proprement dit permettant le contact entre le solvant et le solide dans une cartouche poreuse.
- Siphon qui permet l'évacuation de la solution vers le ballon.
- Réfrigérant à eau qui permet la condensation des vapeurs de solvant dans la cartouche.

Le solide est toujours en contact avec le solvant pur grâce au remplissage régulier de la cartouche, ce qui présente les meilleures capacités de solubilisation des composés à extraire.

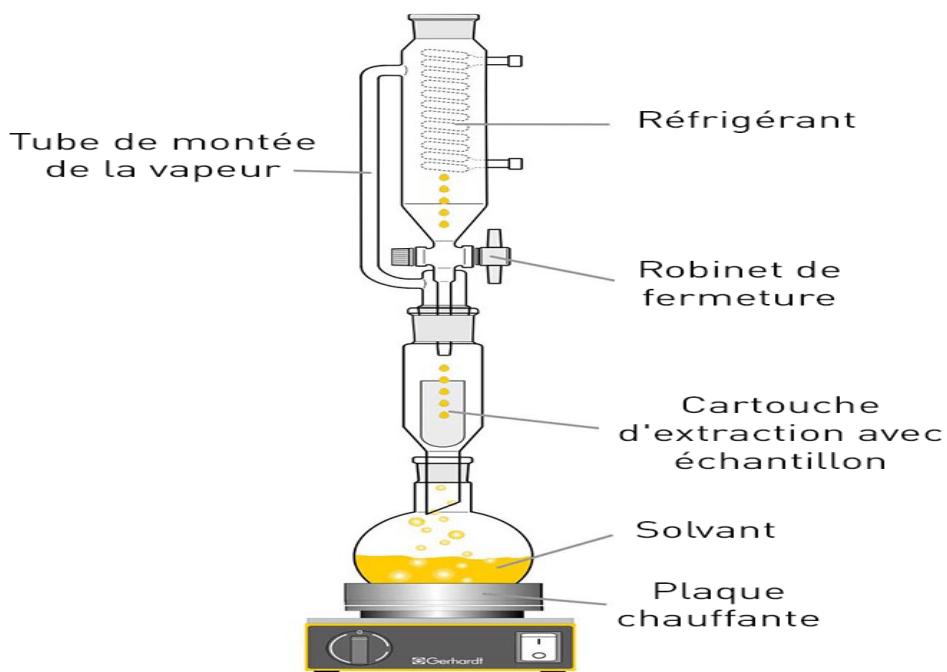


Figure I- 02 : Schéma d'un appareil de Soxhlet (**Benabdallah.,2015**)

7.6. L'entraînement à la vapeur ou l'hydrodistillation : Cette technique date de l'Egypte ancienne. Elle consiste à extraire les parfums des plantes (huiles parfumées ou huiles essentielles) par la vapeur d'eau. (**Bourguet et al., 2008**).

8. Définition des principes actifs :

Le principe actif c'est une molécule contenue dans une drogue végétale ou dans une préparation à base de drogue végétale et utilisé pour la fabrication des médicaments (**Pelt, 1980**).

Cette molécule présentant un intérêt thérapeutique curatif ou préventif pour l'homme ou l'animale, elle est issue de plantes fraîches ou des séchées, nous pouvons citer comme des parties utilisées : les racines, écorces, sommités fleuries, feuilles, fleurs, fruits, ou encore les graines (**Benghanou, 2012**).

Les plantes contiennent des métabolites secondaires peuvent être considérées comme des substances indirectement essentiels à la vie des plantes par contre aux métabolites primaires qu'ils sont les principales dans le développement et la croissance de la plante, les métabolites secondaires participent à l'adaptation de la plante avec l'environnement, ainsi à la tolérance contre les chocs (lumière UV, les insectes nocifs, variation de la température, etc.)

(**Sarnimanchado et Cheynier, 2006**).

Ces composés sont des composés phénoliques, des terpènes et stéroïdes et des composés azotés dont les alcaloïdes.

9. Les principales classes de principes actifs d'origine naturelles :

On distingue classiquement plusieurs catégories de principes actifs. Les principes actifs se classent en de nombreux groupes, dont trois grands groupes chez les plantes :

-Le type polyphénols : tels que les flavonoïdes, les tanins etc.

-Le type azoté : tel que les alcaloïdes.

-Le type terpène et stéroïdes : tels que les saponosides, les huiles essentielles etc. (**Benhelima, 2021**)

9.1. Polyphénols

Les polyphénols ou composés phénoliques forment une grande classe de produits chimiques qui on trouve dans les plantes au niveau des tissus superficiels, ils sont des composés photochimiques polyhydroxylés et comprenant au moins un noyau aromatique à 6 carbones. Ils subdivisent en sous classes principales : les acides phénols, les flavonoïdes, les lignines et les tanins (**Sarni-Manchado & Cheynier, 2006**).

Comme ces molécules constituent la base des principes actifs que l'on trouve chez les plantes, elles ont un rôle principal à la vie de plante, à la défense contre les pathogènes ; principalement les moisissures et les bactéries phytopathogènes et à la protection contre les rayonnements UV ; sachant que tous les composés phénoliques absorbent les rayonnements solaires (**Sarni-Manchado & Cheynier, 2006**).

9.1.1. Acides phénoliques

Les phénols ou les acides phénoliques sont des petites molécules constituées d'un noyau benzénique et au moins d'un groupe hydroxyle, elles peuvent être estérifiées et liées à des sucres sous forme d'hétérosides, ces phénols sont solubles dans les solvants polaires, leur biosynthèse dérive de l'acide benzoïque et de l'acide cinnamique (**Wichtl & Anton, 2009**).

Les phénols possèdent des activités anti-inflammatoires, antiseptiques et analgésiques (médicament d'aspirine dérivée de l'acide salicylique) (**Iserin et al., 2001**).

9.1.2. Flavonoïdes

Terme en latin ; flavus = jaune. Ont une structure de C6-C3-C6 à poids moléculaire faible, ils peuvent être considérés parmi les agents responsables des couleurs de plante à côté des chlorophylles et caroténoïdes (**Wichtl et Anton, 2009**). Les flavonoïdes ont des sous-groupes caractérisés à contenant deux ou plusieurs cycles aromatiques existent sous forme libre dite aglycone ou sous forme d'hétérosides, chacun portant une ou plusieurs groupes hydroxyles phénoliques et reliées par un pont carboné (**Heller et Forkmann, 1993**).

Les flavonoïdes sont généralement des antibactériennes (**Wichtl et Anton, 2009**). Ils peuvent être exploités de plusieurs manières dans l'industrie cosmétique et alimentaire (jus de citron) et de l'industrie pharmaceutique (les fleurs de trèfle rouge traitent les rhumes et la grippe en réduisant les sécrétions nasales), comme certains flavonoïdes ont aussi des propriétés anti-inflammatoires et antivirales (**Iserin et al., 2001**).

9.1.3. Tanins

Tanin est un terme provient d'une pratique ancienne qui utilisait des extraits de plantes pour tanner les peaux d'animaux (**Hopkins, 2003**). On distingue deux catégories : Les tanins condensés, polymères d'unités flavonoïdes reliées par des liaisons fortes de carbone, non hydrolysable mais peuvent être oxydées par les acides forts libérant des anthocyanidines (**Hopkins, 2003**).

Les tanins hydrolysables, polymères à base de glucose dont un radical hydroxyle forme une liaison d'ester avec l'acide gallique (**Hopkins, 2003**).

Les plantes riches en tanins sont utilisées pour retendre les tissus souples et pour réparer les tissus endommagés par un eczéma ou une brûlure, elles rendent les selles plus liquides, facilitant ainsi le transit intestinal (**Iserin et al., 2001**).

9.1.4. Lignines

Composés qui s'accumulent au niveau des parois cellulaires (tissus sclérenchymes ou le noyau des fruits), au niveau de sève brute qu'ils permettent la rigidité des fibres, ils sont le résultat d'association de trois unités phénoliques de base dénommées monolignols de caractère hydrophobe (**Sarni-manchado et Cheynier, 2006**).

9.2. Alcaloïdes

Ce sont des substances organiques azotées d'origine végétale, de caractère alcalin et de structure complexe (noyau hétérocyclique), on les trouve dans plusieurs familles des plantes, la plupart des alcaloïdes sont solubles dans l'eau et l'alcool et ont un goût amer et certains sont fortement toxiques (**Wichtl et Anton, 2009**).

Certains alcaloïdes sont utilisés comme moyen de défense contre les infections microbiennes (nicotine, caféine, morphine, lupinine) (**Hopkins.,2003**). Des anticancéreuses (vincristine et la vinblastine) (**Iserin et al., 2001**).

9.3. Terpènes et stéroïdes

Les terpènoïdes sont une vaste famille de composés naturels près de 15000 de molécules différentes et de caractère généralement lipophiles, leurs grandes diversités due au nombre de base qui constituent la chaîne principale de formule (C₅H₈)_n selon la variation de nombre n, dont les composés monoterpènes, diterpènes, triterpènes, sesquiterpènes, etc. (**Wichtl et Anton, 2009**).

9.3.1. Saponosides

Le terme saponosides est dérivé de mot savon, sont des terpènes glycosylés comme ils peuvent aussi se trouver sous forme aglycones, ils ont un goût amer et acré (**Hopkins, 2003**). Ils existent sous deux formes, les stéroïdes et les terpènoïdes (**Iserin et al., 2001**).

10. Toxicité

Les plantes peuvent être utilisées de la même manière que tout autre médicament mais quelque fois les plantes peuvent être toxiques. Cette toxicité peut être expliquée par : une toxicité intrinsèque des constituants des plantes médicinales qui sont un mélange complexe de molécules diverses dont la composition est souvent mal définie, et qui peut former de molécules

pourvues d'une activité biologique notable. Comme toutes les molécules bioactives, ces constituants peuvent, à un certain degré de concentration, présenter une toxicité intrinsèque. Telle la composition des produits végétaux, qui varie de multiples façons, la teneur de ces constituants peut « naturellement » varier d'une préparation à une autre (**Chabrier, 2010**).

Les extraits des plants ne sont pas des produits qui peuvent être utilisés sans risque dans la phytothérapie. Comme tous les produits naturels : « ce n'est pas parce que c'est naturel que c'est sans danger pour l'organisme ». A forte dose, par Ex : l'HE de menthe peut causer des brûlures d'estomac, la menthe poivrée peut irriter les muqueuses de la bouche et de rares cas d'allergie cutanée , Le menthol est moyennement toxique, son utilisation est contre-indiquée chez l'enfant, la menthe pouliot a été reliée a des cas de toxicité rénale et hépatique, des convulsions , des dommages neurologiques (**Brahmi, 2019**).

Chapitre II

Phillyrea angustifolia
et phillyrea latifolia

I. Plantes médicinales

1. Définition

Selon la définition de la Pharmacopée Française (11 édition en vigueur): Les plantes médicinales sont des drogues végétales (**A.N.S.M.P.S**), utiliser pour soulager, guérir et empêcher les maladies humaines, et en fait, leurs propriétés thérapeutiques sont dues à la présence de centaines voire des milliers de composés naturels bioactifs appelés : les métabolites secondaires .On dit qu'une plante est un médicament, Lorsqu'au moins l'un de ses organes présente des activités pharmacologiques et biologiques, Pouvant mener à des traitements utiles. Généralement, on n'utilise que la partie la plus riche en principes actifs de la plante : la racine, la feuille, la fleur, la graine, ...etc.

Environ deux tiers des médicaments actuellement disponibles sont d'origine naturelle ou dérivent de substances naturelles (**Allouach & Ghernoub, 2017**).

Une plante médicinale est une plante utilisée pour ses propriétés thérapeutiques. Cela signifie qu'une de ses parties (feuille, bulbe, racine, graines, fruits, fleurs) peut être employée dans le but de guérir. Leur utilisation remonte à des milliers d'années, où l'homme utilisait les plantes pour se soigner. A l'époque, le choix des plantes se faisait instinctivement, ce qui a permis de déceler petit à petit celles qui pouvaient être utilisées, et celles qui s'avéraient toxiques. Aujourd'hui, elles sont la base de la phytothérapie et de l'homéopathie. Il existerait plusieurs centaines de milliers d'espèces différentes, que l'on peut cueillir ou récolter. En effet, les plantes médicinales étant issues de la nature, il est possible d'en croiser tous les jours. De plus, on distingue les plantes herboristes qui sont utilisées telles quelles, de manière « traditionnelle », et les plantes qui constituent une matière première pour l'industrie pharmaceutique (**Dr Jean-Michel Moral ,2012**).

2. La phytothérapie

Etymologiquement, le terme « phytothérapie » se décompose en deux termes distincts qui sont « phuton » et « therapeia » et qui signifient respectivement « plante » et « traitement » de par leur racine grecque (**Mansour, 2015**).

La phytothérapie englobe les connaissances, compétences et pratiques basées sur les théories, croyances et expériences propres à une culture. Elle est utilisée pour maintenir la santé humaine, prévenir, diagnostiquer, traiter et guérir des maladies physiques, mentales ou le déséquilibre Elle est liée à une expérience pratique et à des observations transmises de génération en génération, soit oralement soit par écrit (**O.M.S 2000**)

Description (Julve, Ph, 2021)

- Type Biologique : Microphanérophytes (8m)
- Formation végétale : microphanérophytalie
- Chorologie : méditerranéen
- Inflorescence : glomérules
- Fruit : baie
- Couleur de la fleur : crème
- Floraison : de avril à mai
- Sexualité : hermaphrodite
- Pollinisation : entomogame
- Dissémination : endozoochore

II.La filaire

1. Le genre *Phillyrea*

Les filaires, également connues sous le nom de *Phillyrea*, on appelle *el ktem, tamthoula* en berbère sont des arbustes à feuillage persistant d'un vert foncé, caractérisés par leur grande résistance à la sécheresse, à la chaleur, aux embruns et à la taille. Ils représentent une excellente alternative aux buis, car ils peuvent être facilement taillés selon la forme désirée et utilisés en haie, notamment les variétés *Phillyrea angustifolia* et *media*. Leur tolérance au froid est assez bonne, leur durée de vie est longue et leur croissance modérée est similaire à celle des buis, sans être sujette à des maladies. Ils peuvent être associés à d'autres plantes telles que le Vitex, les arbousiers, l'Abelia, le Laurier-rose, ainsi qu'à des espèces plus petites comme *le Perovskia, les santolines, les lavandins, les romarins, les sauges, les Hémérocalles, les Sedum, les Hesperaloe, les Phlomis, les Yucca*, etc.

Le genre de *Phillyrea* est découvert par (**TOURNEFORT 1700**) dans ses « *Institutions rei herbariae* ». LINNE dans son « *Species plantarum* » (**première édition 1747**) a inscrit deux espèces *P.angustifolia* et *P. latifolia*, puis il ajouta la troisième espèce *P. media* dans la (**deuxième édition en 1762**) et autre diverses variétés et formes. , elle sont réparties dans toute la région méditerranéenne et en Asie Mineure. Elles appartiennent à la famille des *Oleaceae* et sont étroitement liées à l'olivier, à *l'osmanthe* et au *troène*. Les filaires se trouvent en France, dans les régions entourant le bassin méditerranéen ainsi que dans le Sud-ouest, où elles cohabitent avec le chêne vert. Parfois, elles sont confondues avec ce dernier ou avec *Rhamnus alaternus*, bien que tous deux aient des feuilles alternes. Les feuilles, persistantes et d'un vert olive foncé, sont disposées de manière opposée et varient en forme entre allongées et plus ovales selon les espèces. Les petites fleurs, de couleur jaune-vert à jaune clair, sont

discrètes mais dégagent un parfum agréable. Elles fleurissent à la fin du printemps, regroupées à l'aisselle des feuilles. En automne, ces fleurs laissent place à de petits fruits en forme de drupes rondes, de couleur noir bleuté, qui sont appréciés par les oiseaux. Les filaires prospèrent dans des conditions d'exposition ensoleillée et chaude. Elles s'adaptent à une variété de sols, y compris ceux qui sont bien drainés, secs et très calcaires ou sableux.



Figure II-01 : plantes *angustifolia* et *latifolia*

- Famille : *Oléacées*
- Type : arbuste persistant
- Origine : bassin méditerranéen, Asie du Sud-Ouest
- Couleur : fleurs crème à blanc verdâtre
- Semis : non
- Bouture : oui
- Plantation : printemps ou automne
- Floraison : mai-juin
- Hauteur : jusqu'à 3 m

Noms vernaculaires

- Arabe classique : *ez-zaroud*
- Amazigh : *Tamthoula*
- Dialecte algérien : *ktem*
- Espagnol : *labiérnaga*

- Suédois : *Smultrontrad.*
- Allemand : *Steintinde, Lorbeerlinde*
- Anglais : *Jasmine-box, Mock-privet.*
- Français : filaire, alavart

2. Feuilles et feuillage

Selon (**DUHAMEL en 1755**) **10**, les feuilles des filaires varient beaucoup selon les espèces mais elles sont toujours simples, fermées, unies et brillantes. De plus, elles poussent de manière opposée sur la branche et restent persistentes.

a. Les feuilles de ***Phillyrea angustifolia*** Maire mesurent entre 3 et 8 mm de largeur et entre 20 à 40 mm de longueur, ce qui représente une longueur environ quatre à huit fois supérieure à leur largeur(**QUEZEL.P**) Ces feuilles sont également décrites comme étant très D'autres caractéristiques notables incluent les bordures étroites et transparentes des feuilles (**COSTE dans SEBASTIEN 1956**) ainsi que la nervure dorsale distincte, les nervures secondaires peu visibles qui se détachent de la principale avec un angle aigu (**FIORE dans SEBASTIAN 1956**)

Nomenclature

Taxons supérieurs

Ordre : *Lamiales*

Famille : *Oleaceae*

Genre : *Phillyrea*

Nom : retenu

Classification

Règne : Plantae

Sous-règne : *Tracheobionta*

Division : *Magnoliophyta*

Classe : *Magnoliopsida*

Sous-classe : *Asteridae*

Ordre : *Scrophulariales*

Famille : *Oleaceae*

Genre : *Phillyrea*

Classification phylogénétique

Clade : *Angiospermes*

Clade : *Dicotylédones vraies*

Clade : Astéridées

Clade : Lamiidées

Ordre : Lamiales

Famille : Oleaceae

Genre : *Phillyrea*

Espèce : *Phillyrea angustifolia*

b. Selon (**QUEZEL, P**) , les jeunes feuilles de *Phillyrea latifolia* L présentent une forme en cœur à la base, accompagnée de bords qui peuvent être munis d'épines plus ou moins prononcées. Selon l'étude réalisée par (**Sebastian ,1956**), les autres feuilles ont une forme ovoïde elliptique et mesurent environ 3 à 4 cm de longueur pour 1 à 2 cm de largeur. Les nervures secondaires sont souvent plus prononcées et s'étendent avec un angle obtus ou quasiment droit. En outre, selon (**Rouy1956**) également mentionné dans la même étude, il est possible que certaines feuilles supérieures présentent une torsion oblique.



Figure II- 02 : Feuilles de *Phillyrea latifolia*

Nomenclature

Taxons : supérieurs

Ordre : *Lamiales*

Famille : *Oleaceae*

Genre : *Phillyrea*

Nom : retenu

Classification

Règne : Plantae

Sous-règne : *Tracheobionta*

Division : *Magnoliophyta*

Classe : *Magnoliopsida*

Sous-classe : *Asteridae*

Ordre : *Scrophulariales*

Famille : *Oleaceae*

Genre : *Phillyrea*

Classification phylogénétique

Clade : *Angiospermes*

Clade : *Dicotylédones vraies*

Clade : *Astéridées*

Clade : *Lamiidées*

Ordre : *Lamiales*

Famille : *Oleaceae*

Genre : *Phillyrea*

Espèce : *Phillyrea latifolia*

3. Fleurs et floraison

On peut observer les fleurs de la filaire aux aisselles des feuilles qui ont une teinte blanc verdâtre (**QUER & ORTEGA, 1784**). D'après les études réalisées par (**DUHAMEL, 1948**) 14, il a été démontré que les fleurs se composent d'un calice minuscule mais solide qui reste intact jusqu'à ce que le fruit soit complètement mûr. Ce calice se compose de quatre parties et renferme également quatre pétales qui sont fusionnés entre eux au cœur même de la fleur.

- a. Les fleurs jaunâtres ou blanchâtres de *Phillyrea angustifolia* sont parfumées et regroupées à l'aisselle des feuilles, elles poussent en petites grappes légèrement espacées le long de branches courtes, formant presque en corymbe (**FOIRE in SEBASTIAN 1956**)



Figure II-03 : L'inflorescence de *Phillyrea angustifolia*

- b. Les fleurs de *Phillyrea latifolia* en grappes axillaires courtes et peu fournies.

- I. Selon **Lepart (1992)** les deux espèces sont androdioïques, ce qui signifie que les individus ont des fleurs hermaphrodites avec des pistils non fonctionnels. Cela leur confère une fonctionnalité masculine ou staminée. Dans l'androcée, la polygamie se manifeste par la coexistence de deux types d'individus : ceux avec des fleurs hermaphrodites et ceux avec des fleurs mâles. D'après (**PANELLA 1991**) 16, on suppose que l'androadioécie est issue de la dioécie et qu'elle serait bénéfique pour l'espèce, permettant la production de graines par autofécondation lors des événements de colonisation.

Phillyrea angustifolia fleurit entre février et mai (**Arroyo, 1990**), tandis que *Phillyrea latifolia* le fait un peu plus tard, entre avril et juin. La pollinisation se fait grâce au vent, favorisant les croisements entre individus relativement éloignés, mais aussi par les insectes.

4. Le fruit

(**DUHAMEL 1948**) est le seul à avoir décrit les fruits de la Filaria comme des baies rondes, peu charnues et contenant un gros noyau rond. Les baies sont sphériques et rondes, de la même

taille que les myrtes, noires à maturité, avec un goût légèrement sucré-amère, très similaire à celui des baies de genièvre. La fructification s'observe entre septembre et novembre.



Figure II-04 : les fruits de la filaire

- a. D'après (**QUEZEL.P**), on observe des grappes de drupes mesurant entre 3 à 5 mm à la base des feuilles chez *Phillyrea angustifolia*. Ces fruits sont sombres et légèrement recouverts d'une fine couche de pruine, leur forme étant décrite comme globulaire par (**COSTE in SEBASTIEN1956**), alors qu'elle est ovale selon (**FIOR in SEBASTIEN 1956**)
- b. *Phillyrea latifolia* sa drupe ombiliquée de 5-8 mm, de la grosseur d'un pois, noirâtre non Apiculée déprimées au sommet à noyau globuleux.

III. Extraction

1. Définition

Dans le domaine de génie chimique, l'extraction est une méthode de séparation qui implique l'utilisation d'un agent extracteur pour séparer spécifiquement un ou plusieurs composés d'un mélange en se référant à ces caractéristiques chimiques et/ou leurs propriétés physiques.

Alternative : Afin de garantir une extraction efficace, il est crucial que le moyen d'extraction doive être non ou peu présente une faible miscibilité avec les principaux composants du mélange, tout en ayant un pouvoir d'affinité plus élevé pour le composé à extraire par rapport aux autres éléments du mélange. Selon la méthode et le moyen utilisé, il y a différentes techniques disponibles.

2. Les méthodes d'extraction(liquide/solide)**a. Macération**

On peut utiliser l'eau, de l'alcool ou du vinaigre comme liquide de trempage. Concernant le trempage dans l'eau, laissez tremper les plantes à température ambiante, dans un récipient fermé et dans un endroit sombre et frais. Généralement, un mélange d'eau et d'alcool est utilisé comme solvant dans la plupart des cas pour empêcher la fermentation et/ou empêcher la décomposition. (**Pierre, Lis, 2007**), et dans le cas de macération alcoolique, il s'agit d'un processus qui consiste à laisser

Matière végétale (matière broyée) dans du méthanol aqueux pour extraire les principes actifs (composés phénols et flavonoïdes).

b. Décoction

Les plantes sont versées dans l'eau froide et portées à ébullition un temps plus ou moins long, deux ou trois minutes pour les feuilles, les tiges et les fruits ; cinq minutes ou plus pour les écorces et les racines.

c. Infusion

Pour préparer une infusion, il suffit de verser un certain volume d'eau bouillante sur une quantité précise de substance, en utilisant des ingrédients d'origine végétale, puis en laissant infuser le mélange pendant 10 à 15 minutes (**Sofowora, 2010**)

3. Principe

principe de l'extraction solide - liquide, la différence étant que dans ce cas-ci, on extrait des composés solides à partir d'un liquide plutôt que d'autres liquides,Au lieu d'avoir deux phases liquides non miscibles, il y a une seule phase liquide (dans laquelle se trouve l'échantillon, d'un côté, et de l'autre le solide (qui peut être un adsorbant et/ou un support pour les extractants).La méthode fondamentale implique de mettre directement en contact un échantillon liquide avec un composé solide par lequel le composé est sélectionné de manière sélective. Après avoir été capturé, l'échantillon est ensuite récupéré par le sorbant par un lavage approprié

Chapitre III

Spiruline

I. Spiruline

01. Histoire et origine

Jusqu'au XVI^e siècle, les Aztèques et autres Méso-Américains auraient utilisé la spiruline comme nourriture. Les Européens la découvrent lors de la conquête de l'Amérique. L'un des soldats de Cortés décrit son exploitation à partir du lac Texcoco et la vente de gâteaux². Il était appelé « Tecuitlatl » par les Aztèques, c'est-à-dire « excrément du rocher ». Des chercheurs français ont découvert une grande quantité de spiruline au bord du lac dans les années 1960, mais il n'existe aucune mention de son utilisation quotidienne comme source de nourriture après le XVI^e siècle.

L'origine de la spiruline au Tchad est peut-être encore plus ancienne, puisqu'elle serait connue dès le IX^e siècle sous l'Empire du Kanem.

La spiruline se développe naturellement dans les lacs riches en matières organiques et en soude de la ceinture intertropicale. Celle qui prédomine dans cet environnement chimique extrêmement contraignant est cette micro algue, de couleur bleue verte. La multiplication de celle-ci est très rapide lorsque la température dépasse les 30 degrés. Les déjections du flamant rose, qui s'en nourrit, apportent un peu d'azote à la spiruline.

Toutefois, la spiruline ne peut assimiler cet azote organique que grâce à l'intervention d'autres micro-organismes. En effet, étant un organisme autotrophe, la spiruline ne se nourrit que des minéraux présents dans l'eau où elle vit.

Chez les Incas, on extraissait la spiruline des lacs, puis on la séchait dans l'air sec et pur de la cordillère des Andes, sous l'effet d'un ensoleillement constant de 12 heures à une température douce (40 °C). L'exposition au soleil encourage la photosynthèse, ce qui permet d'améliorer la concentration et la préservation des vitamines et phytonutriments, qui sont les principales qualités de la spiruline.

En Afrique, en Inde, au Pérou, au Vietnam et en Chine, des cultures autonomes sont mises en place (produites industriellement dans le nord de la province du Yunnan, vers Dali). La cyanobactérie se développe dans de vastes bassins en béton où sont dissous du bicarbonate de soude, du sel marin, du nitrate de potassium, de l'urée et du sulfate de magnésium.

02. Définition et structure

La Spiruline est un micro-organisme procaryote bleu-vert qui fait partie des cyanobactéries. Elle est capable d'utiliser l'énergie lumineuse pour la photosynthèse et la production d'oxygène, tout comme les plantes. (3)

Selon (**Scheldeman et al., 1999**), la majorité des spirulines se développent dans les régions tropicales et subtropicales, dans des eaux chaudes, alcalines, minéralisées, riches en carbonates et bicarbonates, et avec un pH et une salinité relativement élevée.

Pour les motifs suivants, la Spiruline a longtemps été considérée comme étant l'une des "cyanobactéries" :

Selon (**Roger ,2006**), sa forme algale est associée à la présence de pigments bleu (phycocyanine) et vert (chlorophylle).

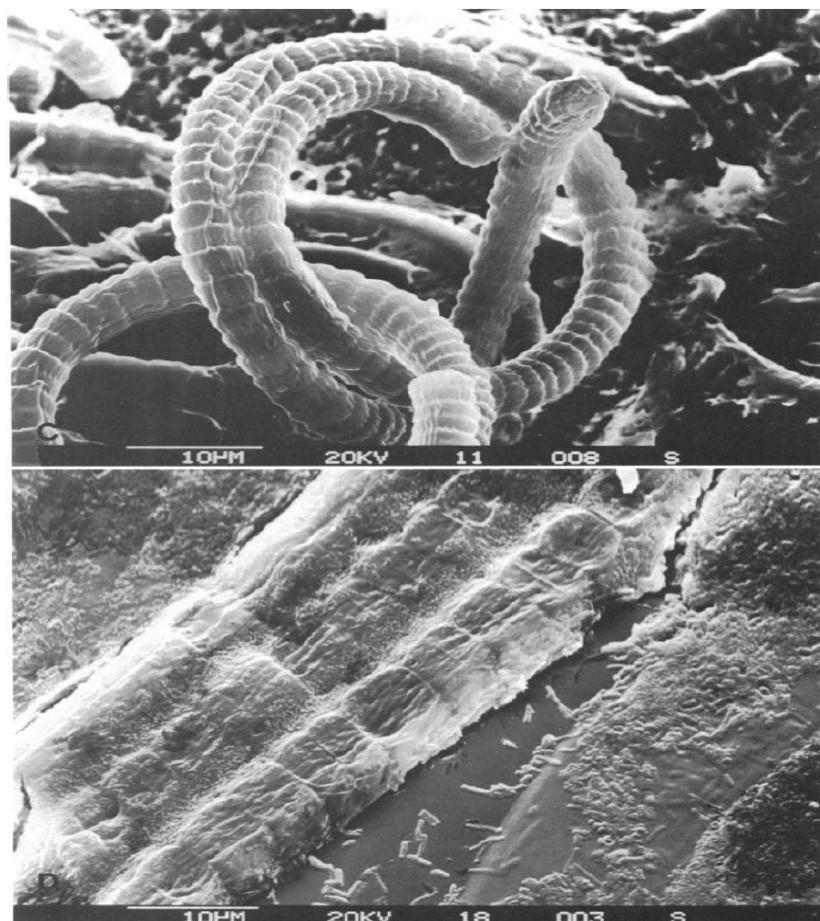


Figure III-01 : Morphologie de Spirulina(Arthrospira), (C). Micrographe électronique de numérisation d'une partie d'un trichome de *S. platensis* axénique ; (D). Micrographe électronique de balayage des trichomes non axéniques de *S. maxima*. (**Ciferri, 1983**), Photo de R. Locci

Les composants colorés des cyanobactéries comprennent les caroténoïdes, les chlorophylles et les phycobiliproteines.

Les phycobilisomes se fixent de manière régulière à la surface externe de la membrane du thylacoïdal, où se déroule la photosynthèse. Ces macro-complexes protéiques ont pour principale fonction de prendre en charge les rayons lumineux pour l'appareil photosynthétique de la spiruline et de convertir cette énergie en énergie électrobiochimique. Ces macro-complexes sont constitués d'un cœur sur lequel sont fixées des projections radiales (ou bras). Selon (**Zhang,1994**), le cœur de la spiruline est constitué de molécules d'allophycocyanine entourées de molécules de phycocyanine. La phycocyanine est l'une des phycobiliproteines, des chromoprotéines composées d'une partie protéique et d'un pigment. Ils se combinent pour former un complexe macromoléculaire appelé phycobilisome.

03. Composition Nutritionnelle

La spiruline est une source concentrée de nutriments essentiels, ce qui en fait un super-aliment. Voici une répartition de sa composition typique :

Protéines : La spiruline est composée de 50 à 70 % de protéines de haute qualité, contenant tous les acides aminés essentiels (**Henrikson, 2009**).

Vitamines : Elle est riche en vitamines, notamment la vitamine B12, B1 (thiamine), B2 (riboflavine), B3 (niacine), B6, et k (**Becker, 2007**).

Minéraux : Elle contient des quantités significatives de fer, calcium, magnésium, potassium et zinc (**Belay et al., 1993**).

Antioxydants : La spiruline est une source puissante d'antioxydants tels que la phycocyanine, le bêta-carotène, et le tocophérol (**Wu et al., 2005**).

Acides gras essentiels : Elle contient des acides gras oméga-3 et oméga-6 (**Henrikson, 2009**).

II. Bienfaits pour la Santé

1. Renforcement du Système Immunitaire

La spiruline stimule le système immunitaire en augmentant la production de globules blancs, en particulier les macrophages et les lymphocytes NK (Natural Killer), qui jouent un rôle clé dans la défense contre les infections (**Qureshi & Ali, 1996**).

2. Activités antioxydante

Selon (**Qinghua et al., 2016**), il y a de nombreuses affections liées au stress oxydatif, telles que l'Alzheimer, la Parkinson, l'athérosclérose, l'hypertrophie cardiaque, le diabète, l'insuffisance cardiaque, l'hypertension, ainsi que certains cancers et le vieillissement. Grâce à l'utilisation des antioxydants, l'organisme se prémunit contre le stress oxydatif en agissant comme des oxydants capteurs. Les antioxydants exogènes comprennent les vitamines A, C, E, B2, B3 et B9, le zinc, le sélénium et les polyphénols, tandis que les antioxydants endogènes comprennent la bilirubine, le glutathion, la mélanine, l'acide urique, l'albumine et le β-carotène. Les enzymes antioxydantes incluent le super oxyde dismutase (SOD) et la NADPH oxydas (**Rousseau, 2020**).

Une tonne de fruits contient la quantité d'antioxydants contenue dans un kilogramme de spiruline, ce qui en fait une source exceptionnelle d'antioxydants ! (**Manet, 2016**)

La phycocyanine, le β-carotène, les vitamines A, C, E, l'enzyme SOD, l'acide γ-linolénique, le sélénium, la méthionine, etc., sont présents dans son contenu. En outre, les propriétés de la majorité des antioxydants.

Après l'administration de la spiruline, les niveaux d'endogènes ont augmenté (**Moor et al., 2020**).

3. Activité anti inflammatoire

La spiruline présente un intérêt biologique particulier en raison de sa richesse en protéines et en acides gras, en particulier les oméga 3 et 6, qui ne peuvent pas être synthétisés par l'organisme. Ces acides gras

sont des précurseurs des prostaglandines, des molécules qui ont une activité anti-inflammatoire et immunostimulante au sein de l'organisme (**Charpy et al., 2008**).

Les bienfaits de la spiruline pour renforcer l'immunité et améliorer la résistance à la réponse inflammatoire sont bien établis jusqu'à présent. On sait que la COX-2 joue un rôle essentiel dans l'inflammation et que l'induction de la COX-2 est responsable de la synthèse de prostaglandines sur le site de l'inflammation.

Selon (**Goulambasse ,2018**).

4. Amélioration de la Santé Digestive

La spiruline favorise une digestion saine grâce à sa haute teneur en fibres et en enzymes digestives. Elle aide également à équilibrer la flore intestinale, ce qui peut prévenir des troubles digestifs comme la constipation et la diarrhée (**Henrikson, 2009**).

5. Réduction du Cholestérol et Régulation de la Glycémie

Des études montrent que la spiruline peut réduire les niveaux de LDL (mauvais cholestérol) et augmenter les niveaux de HDL (bon cholestérol). De plus, elle aide à réguler la glycémie en augmentant la sensibilité à l'insuline (**Parikh et al., 2001 ; Colla et al., 2007**).

III. Utilisations

1. Complément Alimentaire

La spiruline est couramment consommée sous forme de poudre, de comprimés ou de gélules. Elle peut être ajoutée aux smoothies, aux jus, et même aux soupes pour un apport nutritionnel supplémentaire (**Khan et al., 2005**).

2. Cosmétique

Grâce à ses propriétés antioxydantes et anti-inflammatoires, la spiruline est utilisée dans divers produits cosmétiques, tels que les masques faciaux et les crèmes hydratantes, pour améliorer la santé de la peau (**Gershwin & Belay, 2008**).

3. Agriculture et Alimentation Animale

La spiruline est utilisée comme complément dans l'alimentation des animaux pour améliorer leur croissance, leur santé et leur résistance aux maladies. Elle est également utilisée en aquaculture pour nourrir les poissons et les crustacés (**Habib et al., 2008**).

Culture de la Spiruline

La culture de la spiruline peut se faire de manière intensive dans des bassins spécialement conçus, en contrôlant des paramètres tels que la température, le pH, et l'éclairage. Voici les étapes générales de la culture :

Préparation du Milieu de Culture : Utilisation d'une solution alcaline riche en nutriments (**Vonshak, 1997**).

Inoculation : Introduction de la biomasse initiale de spiruline dans le milieu de culture.

Croissance : Maintien des conditions optimales de température (30-35°C), de pH (8,5-10), et d'ensoleillement.

Récolte : Filtrage et récolte de la biomasse de spiruline.

Séchage : Séchage de la spiruline récoltée, généralement par séchage par atomisation ou séchage solaire (**Ciferrri, 1983**).

Partie Expérimentale

Matériel et méthode

Matériel et Méthode

1. Récolte du matériel végétal

Les feuilles sont récoltées à partir de plantes médicinales, et ont été identifiés par **Dr. MAGHARBI AHMED** botaniste et Maitre de conférences A au sein de département des sciences biologique à l'université de Relizane. Elles sont ensuite séchées à l'abri de la lumière dans un endroit sec et bien ventilé, stockées dans des sacs en papier, puis broyées à l'aide d'un moulin électrique à usage alimentaire (**Tableau 1, Figure 1**).

Tableau IV-01 : Conditions de récolte

| | <i>Ph. Angustifolia</i> | <i>Ph. latifolia</i> |
|-------------------------------|-------------------------|----------------------|
| Stade de développement | Végétation | Végétation |
| Mois | Février | Février |
| Lieu | Zemmoura | El-Ramka |



Figure IV-01 : récolte du *phillyrea latifolia* à l'aide du chef de comté forestier d'El RAMKA

2. Extraction éthanolique de *Ph. Angustifolia* et *Ph. latifolia*

2.1. Matériel

- **Verrerie et équipement de laboratoire**
- **Balance analytique**
- **Béchers**
- **Entonnoirs**
- **Erlenmeyers**
- **Papier filtre**

- Spatules
- Eppendorfs
- Agitateur et barreaux magnétiques
- Ballons
- Solvants et produits chimiques
- Éthanol

2.2. Méthode

L'extraction est réalisée par une macération de la matière végétale sèche 3g pulvérisée dans 100 ml éthanol absolu pendant 24 h dans un agitateur (A). Le mélange est ensuite filtré dans un erlenmeyer et pesé (B) après le filtrat évaporé sous pression réduite à l'évaporateur rotatif à 78°C (figure 3). (Hamia et al., 2014).



(A) : agitation pendant 24 h



(B): filtration de mélange dans un erlenmeyer

Figure IV-02 : Macération



Figure IV- 03 : évaporateur rotatif à 78°C de filtrat

La masse du filtrat m' est calculée comme suit :

$$m' = M'_1 - M'_0$$

M'_0 : masse de l'erlenmeyer vide

M'_1 : masse du ballon après filtration

La masse de l'extrait m est calculée comme suit :

$$m = M_1 - M_0$$

M_0 : masse du ballon vide

M_1 : masse du ballon après évaporation

Le rendement de la macération ρ est calculé comme suit :

$$\rho = \frac{m}{m'} \times 100$$

ρ : rendement de la macération

3. Les activités biologiques des extraits éthanolique et de la spiruline

3.1. Activité antioxydant

3.1.1 L'effet piégeage du radical libre DPPH

Principe

Ce test est basé sur l'utilisation du DPPH (diphényl picryl_hydrazole) comme un radical libre relativement stable. Il consiste à une réaction de réduction du diphényl picrylhydrazyle (DPPH[•]) de sa forme radicalaire ayant une couleur violette en un composé jaune ; le diphényl picryl-hydrazine (DPPH-H) où sa forme est non radicalaire, par les antioxydants (A-OH) donneurs d'hydrogène (**Mansouri et al., 2005**) présents dans les extraits, comme le montrent les équations suivantes :



Méthode

Le protocole expérimental a été réalisé selon **Sanchez-Moreno et al., 1998**.

- 4 mg de DPPH a été solubilisé dans 100 mL du méthanol (**figure 4**)
- Préparation deux solutions mères (extraits / spiruline) dont la concentration 100 mg/ml
- 50 µl de chaque extrait à différentes concentrations (10,20, 30,40 mg/ml) a été mis en contact avec 1950 µl de solution méthanoïque de DPPH (**figure 5**)
- Un contrôle négatif a été préparé en mélangeant 50 µl de méthanol avec 1950 µl de DPPH
- Une incubation de 13 tubes préparés à 30 min à température ambiante (**figure 6**)
- La lecture de l'absorbance a été effectuée contre un blanc (méthanol) à 517 nm.
- Une molécule de référence : l'acide ascorbique a été réalisée dans les mêmes conditions opératoires comme un contrôle positif à différentes concentrations croissantes



Figure IV- 04 : préparation de DPPH

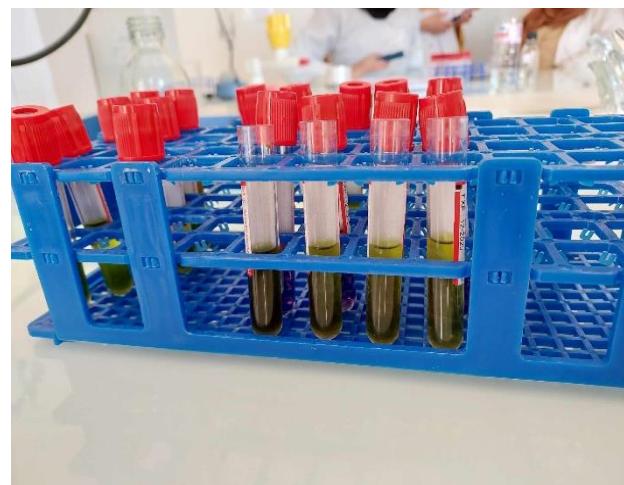


Figure IV-05 : préparation des solutions mères

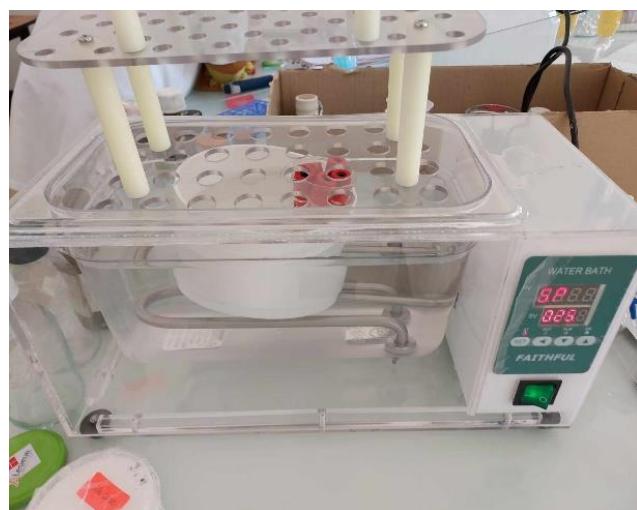


Figure IV-06 : Une incubation des tubes préparés à 30 min à 25°C



Figure IV-07 : La lecture de l'absorbance par le spectrophotomètre

Les résultats sont exprimés en pourcentage de réduction du DPPH à l'égard de la moyenne des % de trois mesures issues pour chaque extrait de concentrations différentes, selon la formule suivante :

$$\text{DPPH} (\%) = \frac{\text{DO contrôle} - \text{DO échantillon}}{\text{DO contrôle}} \times 100$$

DPPH (%) : pourcentage de réduction du DPPH

DO contrôle : Densité du tube contrôle négatif

DO échantillon : Densité optique de l'échantillon.

La concentration inhibitrice **CI 50** assure la valeur nécessaire pour réduire 50% du DPPH libre, déterminée sur les graphes tracés pour chaque extrait le pourcentage de réduction en fonction de différentes concentrations (**Samarth et al., 2008**).

3.2. Activité antidiabétique

3.2.1. Évaluation de l'effet des extraits éthanoliques sur l'activité de l'a-amylase :

- **Préparation de la solution tampon phosphate** : Premièrement on a préparé la solution acide par ajoutés 282 mg de KH₂PO₄ a 100 ml d'eau distillée ensuite on passe à la préparation de solution base par ajoutés 272 mg de NHPO₄ En 100 ml d'eau distillée, donc après les deux solutions acide-base on mélange les encours d'utilisation de PH mètre pour accéder au PH précis (6.9) par l'ajout de solution acide sur la solution base, le mélange obtenu avec (0.04M) et de PH de (6.9).
- **Préparation de la solution de l'a amylase** : L'enzyme utilisé est l'a-amylase de pancréas porcin sous forme lyophilisée. L'a-amylase a été solubilisée dans la solution tampon phosphate (0.02M, pH = 6, 9 ; NaCl 0.006 M) dont la concentration est de 0.5mg/ml.
- **Préparation de la solution du substrat** : Le substrat utilisé est l'amidon soluble de pomme de terre. La concentration de l'amidon préparé dans la solution tampon phosphate (0.02M ; pH = 6, 9 NaCl 0.006 M) est de 1%.
- **Test de l'inhibition de l'activité l'a-amylase** : Le test d'inhibition de l'a -amylase est réalisé selon la méthode (**Apostolidis et al., 2007**) avec une légère modification. Brièvement, différentes concentrations des extraits (50, 25, 12.5, 6.25, 3.125 mg/ml) de chaque plante ont été préparées dans 500µl la solution tampon phosphate (0.02M, pH=6,9 ; NaCl 0.006M) puis 100µl la solution de l'a-amylase ont été ajoutés à chaque tube. Après l'incubation à 25°C pendant 10min, 500µl de la solution d'Amidon à 1% a été ajouté à chaque tube, et le mélange réactionnel a été ensuite incubé à 25°C pendant 10min. puis en ajoute 1 ml de H₂SO₄ Dans chaque tube pour stoppé la réaction Les tubes à tester ont été

incubés au bain marie à 95°C pendant 5 min puis refroidis à température ambiante. Le mélange réactionnel a été dilué avec 10ml de l'eau distillée et l'absorbance a été mesurée à 540nm. L'acarbose a été utilisé comme contrôle positif pour tous les tests de cette étude avec différentes concentrations (3.125-50 mg/ml).

Analyses statistiques

Les résultats sont représentés sous forme de moyenne \pm SD et ils ont été effectués à l'aide du programme Microsoft Office Excel 2007.

Résultat et discussion

1.Résultat et discussion

- Le rendement**

Les rendements d'extraction ont été calculés par rapport au poids total du broyat végétal utilisé.

Les résultats sont regroupés dans le tableau 00.

Tableau V-01 : Rendement des extraits éthanolique de deux plantes étudiées

| Extrait | Rendement (%) |
|------------------------|----------------------|
| <i>P. Latifolia</i> | 0.89 ±0,53 |
| <i>P .Angustifolia</i> | 0.93 ±0,26 |

Les rendements des extraits éthanoliques de *Phillyrea latifolia* (0,89%) et de *Phillyrea angustifolia* (0,93%) sont très proches, ce qui suggère une similarité dans les contenus en composés bioactifs de ces deux espèces. Cette légère différence de rendement, en faveur de *Phillyrea angustifolia*, pourrait indiquer une concentration marginalement plus élevée de composés éthanol-solubles. Ces rendements, bien que faibles, sont typiques pour des plantes dont les composés d'intérêt sont présents en petites quantités. Il est essentiel de réaliser des analyses phytochimiques détaillées, telles que la chromatographie liquide à haute performance (HPLC) ou la spectrométrie de masse (GC-MS), pour identifier et quantifier les composés spécifiques présents dans chaque extrait (**Bouzouita et al., 2012**). L'optimisation des conditions d'extraction, comme l'utilisation de solvants alternatifs ou de méthodes avancées telles que l'extraction assistée par ultrasons, pourrait améliorer les rendements (**Chemat et al., 2017**). Des études supplémentaires sur les activités biologiques des extraits aideraient à mieux comprendre leur potentiel thérapeutique (**Raimondo et al., 2017**).

I. Activité antioxydant des extraits éthanolique de *Phillyrea latifolia*, *Phillyrea angustifolia* et la spiruline

L'activité antioxydants des deux extraits éthanoliques de *Phillyrea latifolia* et *Phillyrea angustifolia* ainsi que la spiruline est mesurée en présence d'un antioxydant standard qui est l'acide ascorbique (vit C), vis-à vis du radical DPPH, l'activité est estimée à l'aide d'un spectrophotomètre à une longueur d'onde de 517 nm. L'activité anti radicalaire est détectée par la réduction de radical DPPH. La réduction de ce dernier aboutit à un changement de la couleur (DPPH[•]) violette vers le jaune (DPPH-H). La capacité de la réduction est déterminée par une

diminution de l'absorbance déduite par des substances anti radicalaires. D'après ces résultats, on remarque que le pourcentage d'inhibition du radical libre augmente avec l'augmentation de la concentration. Le taux d'inhibition du DPPH enregistré en présence des deux extraits de la plante et de la spiruline est inférieur à celui de l'acide ascorbique (Figure...). Pour mieux caractériser le pouvoir antioxydant, nous avons introduit le paramètre IC50.

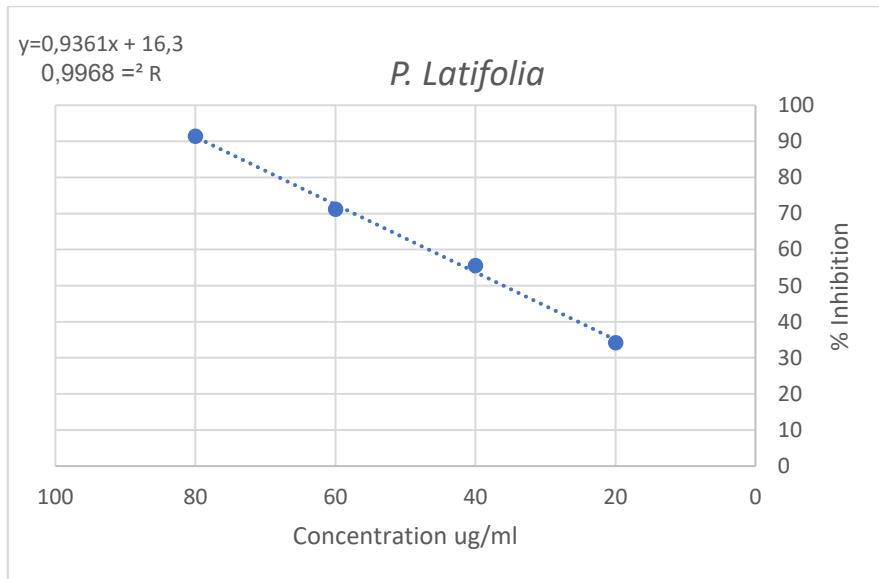


Figure V-01 : Activité Piégeage du radical libre DPPH à différentes concentrations de l'extrait éthanolique de *Phillyrea latifolia*.

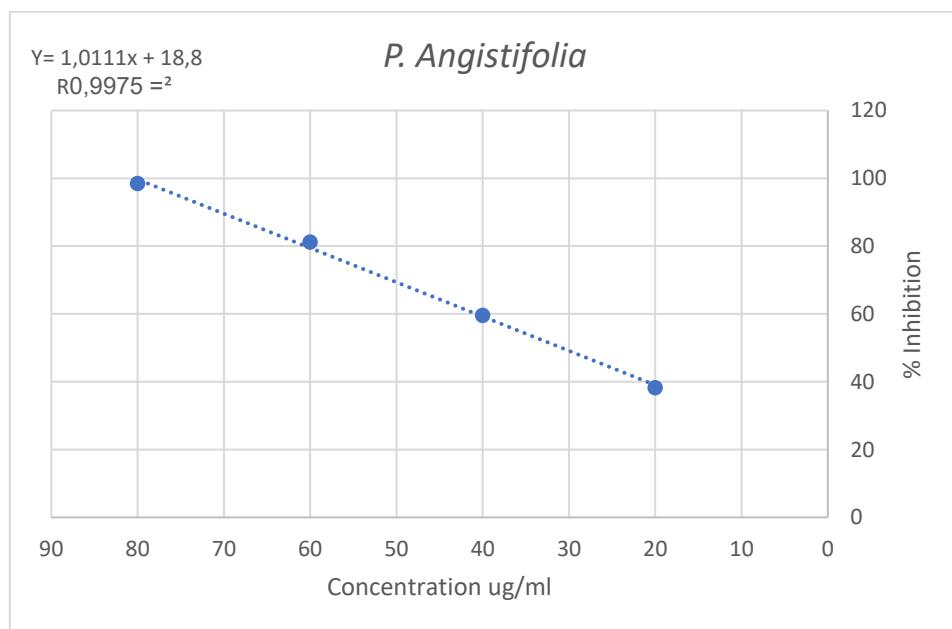


Figure V-02 : Activité Piégeage du radical libre DPPH à différentes concentrations de l'extrait éthanolique de *Phillyrea angustifolia*.

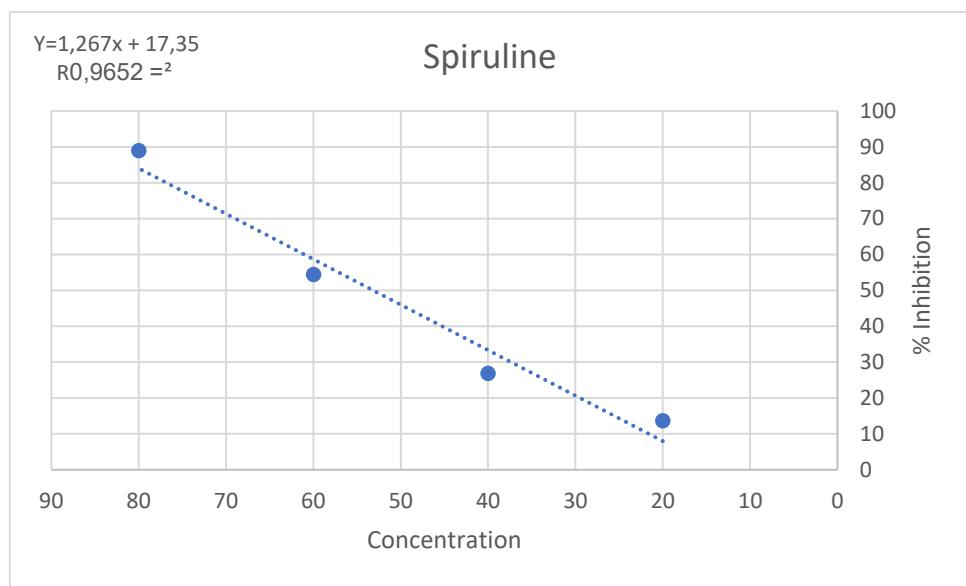


Figure V-03 : Activité Piégeage du radical libre DPPH à différentes concentrations de la spiruline.

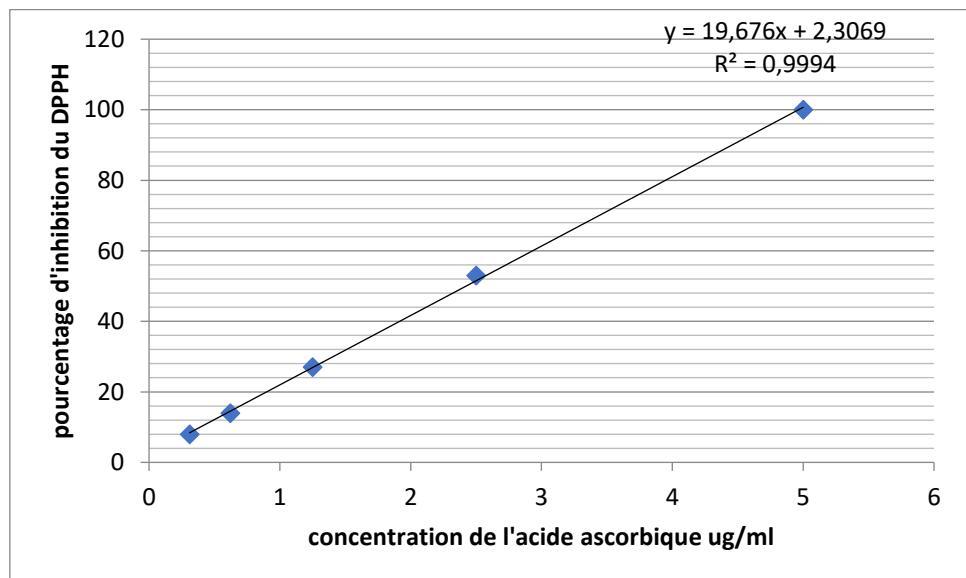


Figure V-04 : Activité Piégeage du radical libre DPPH à différentes concentrations de l'acide ascorbique.

Evaluation de l'IC50

IC50 est inversement lié à la capacité antioxydante d'un composé, car il exprime la quantité d'antioxydants nécessaires pour diminuer la concentration du radical libre de 50%. Plus la valeur d'IC50 est basse, plus l'activité antioxydante d'un composé est élevée (**Pokorny et al., 2001**).

La concentration de l'échantillon essentiel pour inhiber 50% du DPPH radicalaire, a été calculée par régression linéaire des pourcentages d'inhibition calculés en fonction de différentes concentrations d'extraits préparés.

Tableau V-02: Radical Scavenging activité DPPH

| Extraits | IC50 ($\mu\text{g/ml}$) DPPH |
|-------------------------------|--------------------------------|
| <i>Phillyrea latifolia</i> | 36 |
| <i>Phillyrea angustifolia</i> | 30.85 |
| Spiruline | 25.76 |

Les résultats présentés dans le tableau ci-dessus de l'activité anti radicalaire des deux extraits et de la spiruline testée possèdent une activité anti radicalaire avec un IC50 de l'ordre de 36 $\mu\text{g/ml}$ pour la *P. Latifolia*, 30.85 $\mu\text{g/ml}$ pour la *P. angustifolia* et 25.76 $\mu\text{g/ml}$ pour la spiruline. En comparaison avec l'antioxydant standard (l'Acide ascorbique) qui démontre un IC50= 2.42 $\mu\text{g/ml}$, nous constatons que les deux extraits éthanoliques ainsi que la spiruline sont moins actifs par rapport au standard et que la spiruline possède une activité antioxydant supérieure en comparaison avec l'extraits de *P.latifolia* et *P. angustifolia* qui ont une activité antioxydant un peu basse.

Nos résultats de l'activité antioxydante ont montré que extraits éthanoliques des deux plantes *P. latifolia* et *P. angustifolia* ainsi que la spiruline a été efficace en tant que piégeur de radical libre DPPH . Les résultats obtenus montrent que la capacité de la réduction de Fe3+ en Fe2+ est proportionnelle à l'augmentation de la concentration d'échantillons. Les deux extraits de la plante donnent une activité réductrice.

L'activité antioxydante de l'extrait éthanolique de *Phillyrea latifolia*, mesurée par sa capacité à neutraliser le radical libre DPPH (2,2-diphényl-1-picrylhydrazyle), est significative avec un IC50 de 36 $\mu\text{g/ml}$. Le radical DPPH est couramment utilisé pour évaluer l'activité antioxydante des composés en solution, où une diminution de la couleur violette du DPPH indique une neutralisation par des antioxydants présents dans l'échantillon testé. Un IC50 de 36 $\mu\text{g/ml}$ indique que cette concentration d'extrait est nécessaire pour réduire de moitié de l'activité du radical DPPH, ce qui est une mesure directe de son efficacité antioxydante. Ces résultats sont désaccordés avec les travaux menée par, (Ceylan *et al.*,2016) qui a trouvé que l'extrait éthanolique de *Phillyrea latifolia* avait un IC50 de 39,4 $\mu\text{g/ml}$ contre le radical DPPH.

En outre, une autre recherche menée par (Zeggwagh *et al.*,2018) a comparé les activités antioxydantes des extraits de différentes parties de *Phillyrea latifolia*, y compris les feuilles et les fruits. Ils ont observé des valeurs d'IC50 variables, mais toujours dans la gamme de 30 à 40 $\mu\text{g/ml}$, confirmant une activité antioxydante significative dans chaque partie de la plante.

Ces études renforcent l'idée que *Phillyrea latifolia* possède une capacité antioxydante robuste, et que cette activité peut être influencée par divers facteurs tels que la partie de la plante utilisée

ou les conditions de l'extraction. Ces résultats sont cruciaux pour l'exploitation potentielle de *Phillyrea latifolia* dans des applications thérapeutiques et cosmétiques, en tant que source naturelle d'antioxydants efficaces.

De plus, L'activité antioxydante de l'extrait éthanolique de *Phillyrea angustifolia*, avec un IC50 de 30.85 µg/ml contre le radical DPPH, met en évidence sa capacité significative à neutraliser les radicaux libres, indiquant ainsi des propriétés antioxydantes potentiellement bénéfiques. Nos résultats sont en accord avec les études réalisées par (**Mhamdi et al., 2015**) qui a évalué les activités antioxydantes de divers extraits de *Phillyrea angustifolia*, rapportant des IC50 variés mais généralement dans une gamme similaire. Par exemple, les extraits éthanoliques de différentes parties de *Phillyrea angustifolia* ont montré des IC50 compris entre 25 et 40 µg/ml dans leur capacité à neutraliser le DPPH. Ces résultats suggèrent une cohérence dans l'activité antioxydante de *Phillyrea angustifolia*, démontrant une capacité robuste à fournir une protection contre les dommages oxydatifs.

En outre, une comparaison avec d'autres espèces de plantes méditerranéennes similaires, telles que celles étudiées par (**Ben Sghaier et al., 2016**), a révélé que *Phillyrea angustifolia* peut présenter des niveaux d'activité antioxydant comparables voire supérieurs à d'autres espèces de la même région géographique. Cette constatation renforce l'importance de *Phillyrea angustifolia* en tant que source naturelle d'antioxydants efficaces, potentiellement utile dans diverses applications pharmacologiques et cosmétiques.

Dans le même contexte, L'activité antioxydante de la spiruline, mesurée par son IC50 de 25.76 µg/ml contre le radical DPPH, témoigne de sa capacité remarquable à neutraliser les radicaux libres, ce qui en fait un super aliment recherché pour ses propriétés bénéfiques pour la santé. Nos résultats sont en accord avec les recherches menées par (**Miranda et al., 2015**) qui a évalué l'activité antioxydant de différentes marques commerciales de spiruline, révélant des IC50 variables mais souvent dans une gamme similaire. Par exemple, certaines marques ont montré des IC50 compris entre 20 et 30 µg/ml, indiquant une activité antioxydant robuste similaire à celle rapportée dans notre étude. Ces résultats suggèrent une cohérence dans l'activité antioxydant de la spiruline, indépendamment de la source spécifique ou du traitement commercial.

De plus, une méta-analyse récente par (**Salazar-González et al., 2021**) a consolidé les données de plusieurs études sur la spiruline, montrant que son potentiel antioxydant est soutenu par une variété de composés bioactifs tels que les phycocyanines, les caroténoïdes et les tocophérols. Ces composés contribuent à la capacité de la spiruline à neutraliser efficacement les radicaux libres et à protéger les cellules contre les dommages oxydatifs.

II. Activité Antidiabétique des extraits éthanolique de *Phillyrea latifolia*, *Phillyrea angustifolia* et la spiruline

L'évaluation de l'activité antidiabétique in vitro a été réalisée par l'inhibition de l'enzyme, de l' α -amylase qui est impliqué dans la digestion humaine et conséquemment dans l'équilibre du glucose sanguin. Par conséquent, leur inhibition peut être une stratégie importante dans la gestion de la glycémie. Les inhibiteurs naturels de l' α -amylase et provenant de sources végétales est une approche attrayante pour la prévention et traitement du diabète (**Subramanian et al., 2008**).

D'après ces résultats, on remarque que le pourcentage d'inhibition de l'alpha-amylase augmente avec l'augmentation de la concentration. Le taux d'inhibition du alpha amylase enregistré en présence des deux extraits de la plante et de la spiruline est inférieur à celui de l'acarbose (Figure.....). Pour mieux caractériser le pouvoir antioxydant, nous avons introduit le paramètre IC50.

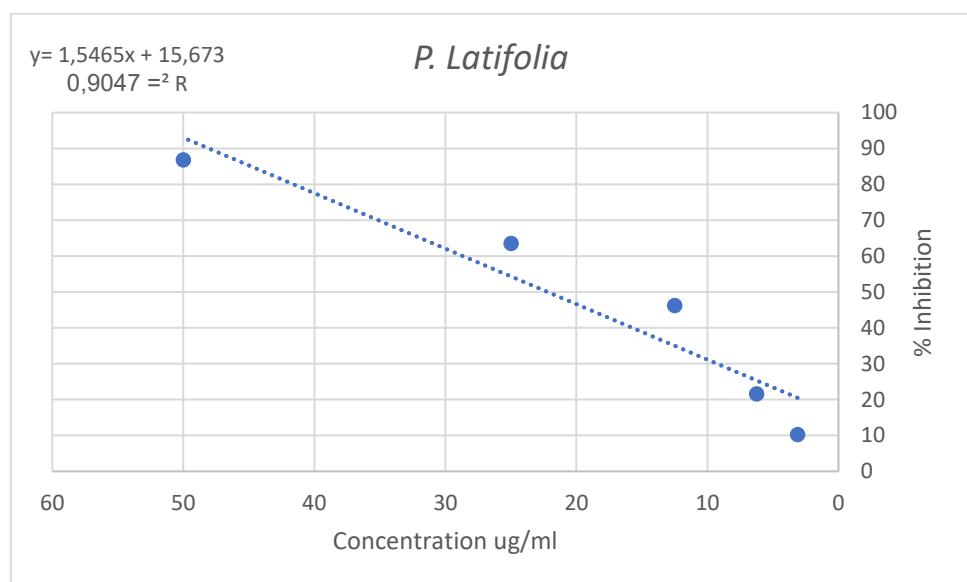


Figure V-05 : Pourcentages d'inhibition de l'enzyme α -amylase en fonction de différente concentration de l'extrait éthanolique de *P. latifolia*

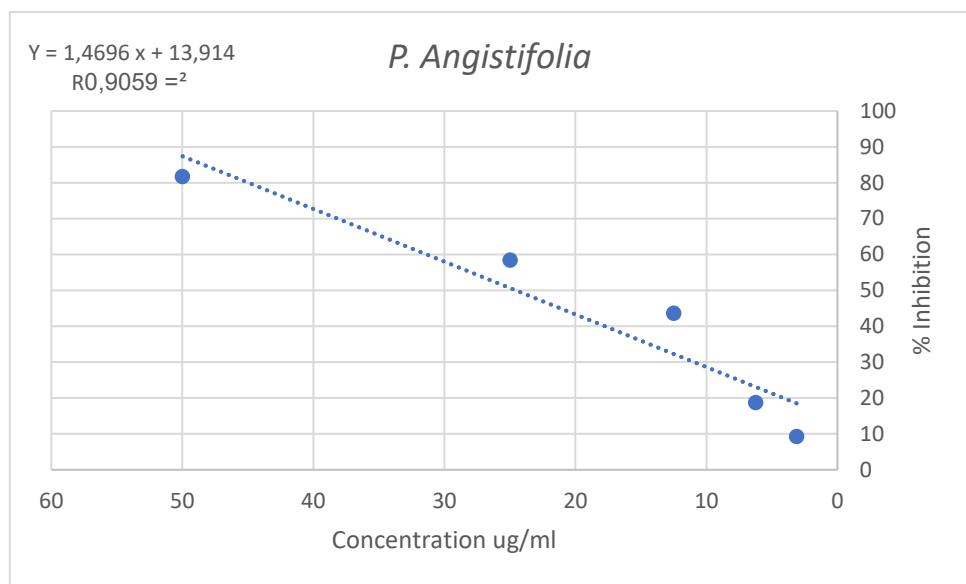


Figure V-06 : Pourcentages d'inhibition de l'enzyme α -amylase en fonction de différente concentration de l'extrait éthanolique de *P. angustifolia*

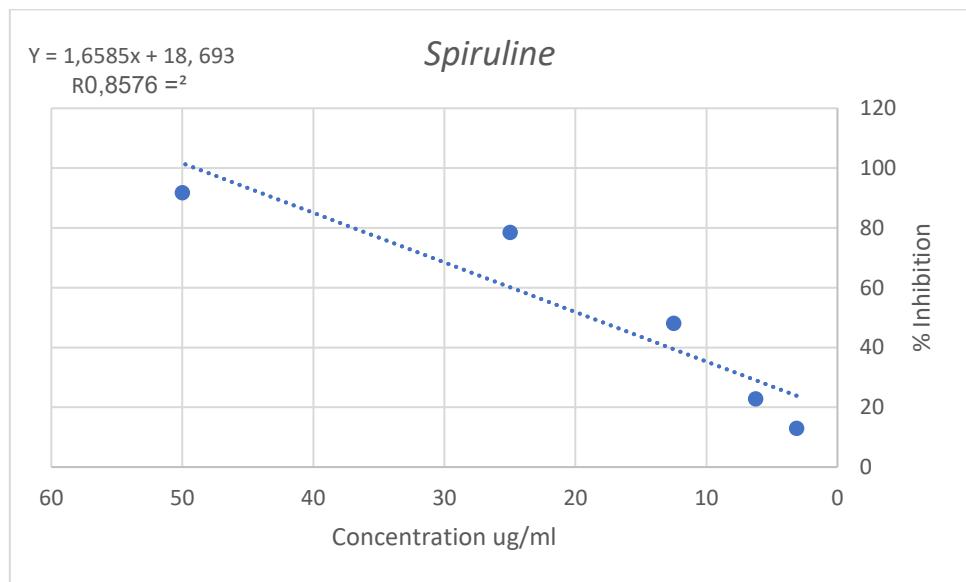


Figure V-07 : Pourcentages d'inhibition de l'enzyme α -amylase en fonction de différente concentration de la spiruline

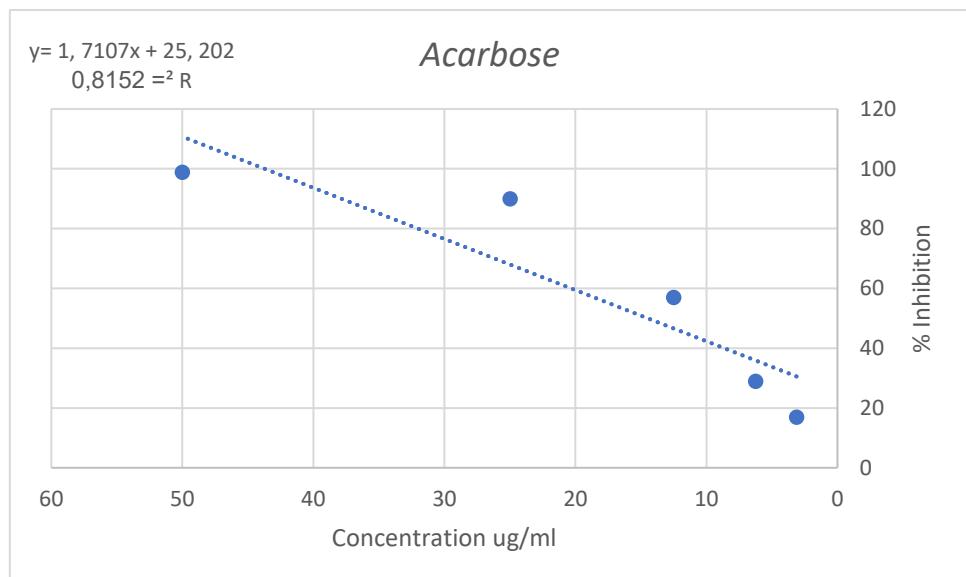


Figure V-08 : Pourcentages d'inhibition de l'enzyme α -amylase en fonction de différente concentration de l'Acarbose

Détermination d'IC50

Les valeurs d'IC50 trouvées pour les extraits éthanolique de *P. latifolia*, *P. angustifolia* et la spiruline testée et le standard sont mentionnées dans le tableau 00

Tableau V-03 : Les valeurs d'IC50 trouvées pour les extraits éthanolique de *P. latifolia*, *P. angustifolia* et la spiruline testée

| Extrait | IC50 ug/ml |
|-----------------|------------|
| P. latifolia | 22.19 |
| P. angustifolia | 24.55 |
| Spiruline | 18.87 |
| Acarbose | 14.49 |

Les résultats présentés dans le tableau ci-dessus de l'activité activité de l' α - amylase des extraits éthanolique de *Phillyrea latifolia*, *Phillyrea angustifolia* et la spiruline testée possèdent Une activité avec un IC50 de l'ordre de 22.19ug/ml, 24.55ug/ml, et 18.87ug/ml, respectivement. En comparaison avec le control positif l'acarbose qui démontre un IC50% = 14.49ug/ml, nous constatons que les extraits éthanolique et la spiruline sont moins actifs par rapport au control positif.

L'extrait éthanolique de *Phillyrea latifolia* a démontré une activité antidiabétique significative, avec un IC50 de 22.19 μ g/ml pour l'inhibition de l'alpha-amylase. Cette enzyme joue un rôle crucial dans la digestion des glucides, et son inhibition peut aider à gérer les niveaux de sucre

dans le sang chez les personnes atteintes de diabète. Des études comparatives ont montré des résultats similaires, notamment celle de (**Ben Khedir et al., 2018**), qui a rapporté des IC50 allant de 20 à 25 µg/ml, confirmant la fiabilité de l'activité inhibitrice de l'extrait de *Phillyrea latifolia*. De plus, l'étude de (**Tundis et al., 2019**) a également souligné l'efficacité des extraits de feuilles de *Phillyrea latifolia* contre les enzymes alpha-amylase et alpha-glucosidase, consolidant ainsi les preuves de ses propriétés antidiabétiques. Ces résultats suggèrent que *Phillyrea latifolia* pourrait être une source prometteuse d'inhibiteurs naturels de l'alpha-amylase, offrant une option potentielle pour la gestion du diabète grâce à ses composés bioactifs, tels que les polyphénols et les flavonoïdes.

De plus, L'extrait éthanolique de *Phillyrea angustifolia* a démontré une forte activité antidiabétique en inhibant l'enzyme alpha-amylase avec un IC50 remarquable de 24,55 µg/ml. Cette propriété suggère que l'extrait pourrait être efficace pour réduire l'absorption de glucose après les repas, contribuant ainsi à la gestion de l'hyperglycémie. Nos résultats sont désaccordés avec les études réalisées par (**Abir et al., 2019**) qui a trouvé un IC50 de 30 µg/ml pour l'extrait méthanolique de *Phillyrea angustifolia*, ce qui est légèrement moins efficace que l'extrait éthanolique étudié ici.

En effet, Une autre recherche menée par (**El-Bassossy et al., 2018**) a rapporté un IC50 de 22 µg/ml pour un extrait aqueux, montrant une efficacité comparable voire supérieure à l'extrait éthanolique.

Dans le même contexte, L'activité antidiabétique de la spiruline a été évaluée par son IC50 de 18,87 µg/ml contre l'enzyme alpha-amylase, révélant une forte capacité d'inhibition enzymatique. Cette propriété suggère que la spiruline pourrait efficacement réduire la digestion des glucides et ainsi atténuer l'absorption de glucose dans la circulation sanguine, offrant un potentiel bénéfice pour la gestion de l'hyperglycémie chez les individus atteints de diabète de type 2 ou prés diabétiques. Nos résultats sont désaccordés avec les recherches menées par Gheda et al. (2021), qui a trouvé un IC50=13.31mg/ml pour l'extrait méthanolique de la spiruline, nos résultats sont aussi en désaccord avec les études réalisées par (**Gouda et al., 2015**) qui ont rapporté l'inhibition de l'activité de l' α - glucosidase par l'extrait de butanol de Spiruline avec une IC50 de 23µg/mL. Ces observations soulignent le potentiel de la spiruline en tant que complément alimentaire naturel pour aider à contrôler la glycémie, bien que des études cliniques supplémentaires soient nécessaires pour confirmer ses effets bénéfiques et explorer son utilisation dans des régimes thérapeutiques pour le diabète.

Conclusion

Conclusion et perspective

L'étude menée a permis de mettre en évidence l'activité antioxydante et antidiabétique *in vitro* des extraits éthanoliques de *Phillyrea angustifolia* et *Phillyrea latifolia*, ainsi que de la Spiruline (Antioxydant naturelle). Les résultats obtenus suggèrent que ces plantes pourraient être des sources prometteuses de composés bioactifs à potentiel thérapeutique dans la prise en charge du diabète et des maladies liées au stress oxydatif.

En effet, Les trois extraits étudiés ont présenté une activité antioxydante significative, évaluée par la méthode DPPH. L'extrait de la Spiruline a montré la meilleure activité antioxydante avec un IC₅₀= 25.76ug/ml, suivi des extraits de *Phillyrea angustifolia* et de *Phillyrea latifolia* avec un IC₅₀= 30.85ug/ml et 36ug/ml respectivement. Ces résultats suggèrent que ces plantes sont riches en composés phénoliques et autres antioxydants naturels, qui pourraient protéger les cellules contre les dommages causés par les radicaux libres.

Dans le même contexte, Ces extraits ont également montré une activité antidiabétique *in vitro*, évaluée par les tests d'inhibition de l' α -amylase. La Spiruline a montré la meilleure activité antioxydante avec un IC₅₀= 18.87ug/ml, suivi des extraits de *Phillyrea latifolia* et de *Phillyrea angustifolia* avec un IC₅₀= 22.19ug/ml et 24.55ug/ml respectivement. Ces résultats suggèrent que ces plantes pourraient être utiles dans la prise en charge du diabète en retardant l'absorption des glucides au niveau intestinal.

De plus, les résultats de cette étude préliminaire sont encourageants et justifient des recherches ultérieures pour identifier les composés bioactifs responsables de l'activité antioxydante et antidiabétique des extraits étudiés. Des études *in vivo* sont également nécessaires pour confirmer l'efficacité et la sécurité de ces extraits dans le traitement du diabète et des maladies liées au stress oxydatif.

Donc, il est important de noter que cette étude a été réalisée *in vitro*, et que les résultats obtenus ne peuvent pas être extrapolés directement à l'homme. Des études cliniques rigoureuses sont nécessaires pour évaluer l'efficacité et la sécurité de ces extraits dans le traitement du diabète et d'autres maladies.

Il est également important de souligner que l'utilisation de plantes médicinales doit se faire sous la supervision d'un professionnel de santé qualifié.

Reference bibliographiques

A

- Abdulqader, G., Barsanti, L., Tredici, M. M., « Harvest of Arthrospira platensis from Lake Kossorom (Chad) and its household usage among the Kanembu », in Journal of Applied Phychology. 12: 493-498. 2000.
- Agence Nationale de Sécurité du Médicament et des Produits de Santé. Liste des plantes médicinales de la Pharmacopée française Xème édition. In: Pharmacopée Française Xème édition [Internet]. Disponible sur: http://ansm.sante.fr/var/anasm_site/storage/original/application/bdb7871a877feefa68265c7257badd16.pdf
- Ahmad, S., Bashir, S., & Zahoor, M. (2019). Review on pharmacognostical and pharmacological study of *Phillyrea angustifolia* L. International Journal of Green Pharmacy, 13(3), 267-273.
- Allouach S., Ghernoub B. 2017. Étude des composés phénoliques et terpéniques d'une plante médicinale traditionnelle . Université Abderrahmane MIRA, Bejaia.
- Apostolidis, E., Kwon, Y. I., & Shetty, K. (2007). Inhibitory potential of herb, fruit, and fungal-enriched cheese against key enzymes linked to type 2 diabetes and hypertension. Innovative food science & emerging technologies, 8(1), 46-54.

B

- Becker, W. (2007). Microalgae in human and animal nutrition. In Richmond, A. (Ed.), Handbook of microalgal culture: biotechnology and applied phycology (pp. 312-351). Blackwell Publishing.
- Belay, A., Ota, Y., Miyakawa, K., & Shimamatsu, H. (1993). Current knowledge on potential health benefits of Spirulina. Journal of Applied Phycology, 5(2), 235-241.
- Ben Khadir, S., et al. (2018). "Inhibition of α -amylase and α -glucosidase by extracts of *Phillyrea latifolia* L." J Ethnopharmacol, 215, 223-229.
- Ben Sghaier M, Skandrani I, Nasr N, et al. Antioxidant and antigenotoxic activities in *Acacia salicina* extracts and its protective role against DNA strand scission induced by hydroxyl radical. Food Chem Toxicol. 2016;89:82-91.
- Benghanou, M. (2012). La phytothérapie entre la confiance et méfiance. *Mémoire professionnel infirmier de la santé publique, institut de formation paramédical CHETTIA (Alger)*, 56.
- BENSAID, A. (2011). *Effet de quelques extraits végétaux sur une population de cochenilles diasporas dans un verger d'agrumes à Rouiba* (Doctoral dissertation).

C

- Ceylan R, Gürbüz B, Yılmaz MA, Köse YB. Antioxidant activity of some medicinal plants: *Prangos ferulacea* (L.) Lindl., *Sedum sempervivoides* Griseb., and *Phillyrea latifolia* L. Fresenius Environ Bull. 2016;25(9):3891-3897.
- Chabrier, J. Y. (2010). PLANTES MÉDICINALES PLANTES MÉDICINALES ET FORMES ET FORMES D'UTILISATION EN PHY D'UTILISATION EN PHYTOOTHÉRAPIE TOTHÉRAPIE TOTHÉRAPIE.

- Ciferri, O. (1983). Spirulina, the edible microorganism. *Microbiological Reviews*, 47(4), 551-578.
- Colla, L. M., Muccillo-Baisch, A. L., & Costa, J. A. V. (2007). Spirulina platensis effects on the levels of total cholesterol, HDL and triacylglycerols in rabbits fed with a hypercholesterolemic diet. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 50(1), 121-129.

D

- Davies, K. M. (1993). A cDNA clone for flavanone 3-hydroxylase from Malus. *Plant Physiology*, 103(1), 291.
- Debaisieux, F., & Polese, J. (2009). Plantes médicinales. *Debaisieux. France. P*, 4-5.
- DUHAMEL M., 1755 - un exemplaire du traité des arbres et arbustes qui se cultivent en plein terre de l'académie royale des sciences certifié à Paris le 16 Aout 1755 (2 vol., Paris) t. II. P 386.
- DUHAMEL P. A., 1948 -Sidney's "Arcadia" and Elizabethan Rhetoric; Studies in Philology Vol. 45, No. 2 pp. 134-150 (17 pages) Published By: University of North Carolina Press. <https://www.jstor.org/stable/4172839>

E

- El Gaidoumi, A., Benabdallah, A. C., Lahrichi, A., & Kherbeche, A. (2015). Adsorption du phénol en milieu aqueux par une pyrophyllite marocaine brute et traitée (Adsorption of phenol in aqueous medium by a raw and treated moroccan pyrophyllite). *J. Mater. Environ. Sci*, 6(8), 2247-2259.
- Elyebdri, N., Boumediou, A., & Addoun, S. (2017). Ethnobotanical study on the usage of toxic plants in traditional medicine in the city center of Tlemcen, Algeria. *International Journal of Pharmacological and Pharmaceutical Sciences*, 11(11), 642-646.

G

- Gershwin, M. E., & Belay, A. (2008). Spirulina in human nutrition and health. CRC Press.
- Gheda, S. F., Abo-Shady, A. M., Abdel-Karim, O. H., & Ismail, G. A. (2021). Antioxidant and antihyperglycemic activity of arthrospira platensis (spirulina platensis) methanolic extract: in vitro and in vivo study. *Egyptian Journal of Botany*, 61(1), 71-93.
- Giacosa, A., Guido, D., Grassi, M., Riva, A., Morazzoni, P., Bombardelli, E., ... & Rondanelli, M. (2015). The effect of ginger (*Zingiber officinalis*) and artichoke (*Cynara cardunculus*) extract supplementation on functional dyspepsia: A randomised, double-blind, and placebo-controlled clinical trial. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2015(1), 915087.
- Gomes, A. P., Duarte, F. V., Nunes, P., Hubbard, B. P., Teodoro, J. S., Varela, A. T., . . . Palmeira, C. M. (2020). Berberine protects against high fat diet-induced dysfunction in

- muscle mitochondria by inducing SIRT1-dependent mitochondrial biogenesis. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Molecular Basis of Disease*, 1866(10), 165838.
- Gouda, K.G.M., Kavitha, M.D., Sarada, R. (2015) Antihyperglycemic, antioxidant and antimicrobial activities of the butanol extract from *Spirulina platensis*. *Journal of Food Biochemistry*, 39(5), 594-602.

H

- Habib, M. A. B., Parvin, M., Huntington, T. C., & Hasan, M. R. (2008). A review on culture, production and use of spirulina as food for humans and feeds for domestic animals and fish. *FAO Fisheries and Aquaculture Circular No. 1034*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- **Hamia C., Guergab A., Rennane N., Birache M., Haddad M., Saidi M et yousfi M. (2014)** Influence des solvants sur le contenu en composés phénoliques et l'activité antioxydante des extraits du rhanterium adpressum. *Annales des sciences et technologie*. Vol 6. N° 1.
- Hayashi, O., Katoh, T., & Okuwaki, Y. (1994). Enhancement of antibody production in mice by dietary *Spirulina platensis*. *Journal of Nutritional Science and Vitaminology*, 40(5), 431-441.
- Henrikson, R. (2009). Earth Food Spirulina. Ronore Enterprises, Inc.
- Historical review of medicinal plants' usage. Biljana Bauer Petrovska. National Institutes of Health. (January 2012). Doi : 10.4103/0973-7847.95849 *Traité pratique de la phytothérapie*. Dr Jean-Michel Moral. Editions Grancher.
- Hopkins, W. G. (2003). *Physiologie végétale*. De Boeck Supérieur.
- Hu, H., Zhang, Y., & Luo, Y. (2020). Recent updates on the role of spirulina in the prevention and treatment of diabetes: A comprehensive review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 60(4), 680-694.

J

- Jeremy Bechelli et al., « Cytotoxicity of Algae Extracts on Normal and Malignant Cells », Hindawi Publishing Corporation, vol. 2011, no ID 373519, 5 juin 2011
- Julve, Ph., 2021 ff. - Baseflor. Index botanique, écologique et chorologique de la flore de France. Version : 27 avril 2021. <https://www.tela-botanica.org/projets/phytosociologie>
- Jung et al., 2019.

K

- Kalla, M., & Hammerschmidt, W. (2012). Human B cells on their route to latent infection—early but transient expression of lytic genes of Epstein-Barr virus. *European journal of cell biology*, 91(1), 65-69.
- Khan, Z., Bhadouria, P., & Bisen, P. S. (2005). Nutritional and therapeutic potential of *Spirulina*. *Current Pharmaceutical Biotechnology*, 6(5), 373-379.
- Khan, Z., Bhadouria, P., & Bisen, P. S. (2018). Nutritional and therapeutic potential of spirulina. *Current Pharmaceutical Biotechnology*, 19(5), 373-381.

L

- LEPART J, DOMMEE B., 1992- Is *Phillyrea latifolia* L. (Oleaceae) an androdioecious species? *Botanical Journal of the Linnean Society*, 108, 375-387.
- LINNE C.V., 1747 – *Flora Zeylanica Sistens Plantas indicas Zaylenae insulae* - Kessinger9s rare reprints
- LINNE., (1707-1778) - *Le prince des botanistes*, Paris, Belin, coll. « Un savant, une époque », 1986, 350 p.
- Manel, S., Leila, H., Abdelmalek, O., Amar, B., & Abdelkader, B. (2015). Variabilité phénotypique et sélection des caractères agronomiques du blé dur (*Triticum durum* Desf.) sous conditions semi-arides.
- MANSOUR S., 2015 - Evaluation de l'effet anti inflammatoire de trois plantes médicinales : *Artemisia absinthium* L, *Artemisia herba alba* Asso et *Hypericum scabroides*- Etude in vivo. Thèse de Doctorat, Univ. Mohamed BOUDIAF, Oran, 19p
- Mansouri, A., Embarek, G., Kokkalou, E., & Kefalas, P. (2005). Phenolic profile and antioxidant activity of the Algerian ripe date palm fruit (*Phoenix dactylifera*). *Food chemistry*, 89(3), 411-420.
- Maurya, A., & Singh, D. (2021). Phytochemicals and therapeutic potential of *Phillyrea angustifolia*: A review. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 11(2), 166-173.
- Medjani, C., & Maguemoun, K. (2017). *Extraction, analyse et évaluation de l'activité antimicrobienne de l'huile essentielle essentielle de la cannelle de chine* (Doctoral dissertation, UMMTO).
- Mellak, N., Ghali, N., Messaoudi, N., Benhelima, A., Ferhat, M., & Addou, A. (2021). Study of corrosion inhibition properties of *Schinus molle* essential oil on carbon steel in HCl. *Materials and Corrosion*, 72(7), 1270-1278.
- Mhamdi B, Mhamdi B, Ksouri R, et al. Antioxidant activity of some Tunisian medicinal plants and their relation with free radical-scavenging capacity. *J Med Plant Res.* 2015;9(39):967-978.
- Miranda MS, Cintra RG, Barros SB, Mancini Filho J. Antioxidant activity of the microalga *Spirulina maxima*. *Braz J Med Biol Res.* 1998;31(8):1075-1079.
- Moatti, R. (1990). La phytothérapie. *Revue des Deux Mondes*, 80-89.
- Nayaka, H., Manoharan, S., & Palaniswamy, S. (2015). Hypolipidemic and antioxidant activity of Spirulina - a review. *International Journal of Biological & Pharmaceutical Research*, 6(7), 531-535.
- O.M.S (Organisation Mondiale de la Santé)., 2000 – Principes méthodologiques généraux pour la recherche et l'évaluation de la médecine traditionnelle
- PAÑELLA, J., 1991 - *Las plantas de jardín cultivadas en España*. Floraprint S. A.
- Parikh, P., Mani, U., & Iyer, U. (2001). Role of Spirulina in the control of glycemia and lipidemia in type 2 diabetes mellitus. *Journal of Medicinal Food*, 4(4), 193-199.
- Pelt, J. M. (1980). *Les drogues: leur histoire, leurs effets*. Doin.

- Pierre M, Lis M. Secrets des plantes. Editions artemis 2007, Paris, 1 :463
- QUER Y MARTINEZ, J. & GOMEZ ORTEGA C., 1784. Continuación de la Flora española, ó Historia de las plantas de España, que escribía Don Joseph Quer [&], 2 vols. Madrid, impr. Joachin Ibarra.
- QUEZEL P., 1979 - La Région Méditerranéenne Française et ses essences forestières.Signification écologique dans le contexte Circumméditerranéen. Forêt méditerranéenne, tome1, numéro 1
- Qureshi, M. A., & Ali, R. A. (1996). Spirulina platensis exposure enhances macrophage phagocytic function in cats. Immunopharmacology and Immunotoxicology, 18(3), 457-463.
- Salazar-González C, Mares-Sánchez D, Ramos-Mandujano G, Hernández-Tellez B, Martínez-Coria H. A systematic review and meta-analysis of the antioxidant activity of Spirulina. *Oxid Med Cell Longev*. 2021;2021:6694806.
- Samarth, R. M., Panwar, M., Kumar, M., Soni, A., Kumar, M., & Kumar, A. (2008). Evaluation of antioxidant and radical-scavenging activities of certain radioprotective plant extracts. *Food chemistry*, 106(2), 868-873
- Sánchez-Moreno, C., Larrauri, J. A., & Saura-Calixto, F. (1998). A procedure to measure the antiradical efficiency of polyphenols. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 76(2), 270-276.
- Sarni-Manchado, P., & Cheynier, V. (Eds.). (2006). *Les polyphénols en agroalimentaire*. Techniques & documentation.
- SEBASTIAN C., 1956. Etude du genre *Phillyrea* Tournefort. *Travaux de l'Institut scientifique chérifien et de la Faculté des sciences*, 6: 1–120.
- Sofowora A. Plantes médicinales et médecines traditionnelle d'Afrique. Karthala, économie et développement. : Editions, 2010 : p150-384
- TARABET, A. A., & TOUMI, N. (2017). Contribution à l'étude ethnopharmacologique des plantes médicinales utilisées par voie externe en Kabylie.
- TOURNEFORT J. P., 1700 - *Phillyrea* in *Institutiones rei herbariae*. París.
- Tundis, R., et al. (2019). "Phillyrea latifolia L.: A review of biological activities and phytochemistry." *Fitoterapia*, 134, 262-276.
- Vonshak, A. (1997). *Spirulina platensis (Arthrospira): Physiology, cell-biology and biotechnology*. CRC Press.
- Wichtl, M., & Anton, R. (2009). Plantes thérapeutiques tradition, pratique officinale, science thérapeutique. Édition LAVOISIR-Paris. 38, 41p.
- Wu, L. C., Ho, J. A., Shieh, M. C., & Lu, I. W. (2005). Antioxidant and antiproliferative activities of Spirulina and Chlorella water extracts. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(10), 4207-4212.
- Zeggwagh NA, Faroui A, Michel JB, et al. Antioxidant activities of extracts from *Phillyrea latifolia* L. by ORAC assay and protective effect on oxidative damage to human erythrocytes. *Int J Biol Macromol*. 2018;118(Pt B):1932-1938.

Références

- Zhou, Y., Wu, S., Ding, X., Wang, C., Zhou, Y., Li, Y., . . . Zeng, J. (2018). Antioxidant and anti-diabetic activities of flavonoids from *Phillyrea latifolia* L. Industrial Crops and Products, 117, 115-124.