

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
UNIVERSITE AKLI MOHAND OULHADJ – BOUIRA  
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE et SCIENCE DE LA TERRE  
DEPARTEMENT DES SCIENCES BIOLOGIQUES



Réf : ...../UAMOB/F.SNV.ST/DEP.BIO/2024

## MEMOIRE DE FIN D'ETUDES EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME MASTER

Domaine : SNV

Filière : Biologie

Spécialité : Microbiologie appliquée

Présenté par :

TAIB Amel & MEHDANI Soumia

Thème

**Activités antioxydante et antibactérienne des extraits  
hydro-éthanoliques de l'épicarpe de *Persea americana***

Soutenu le : 03 / 07 /2024

Devant le jury composé de

Nom et Prénom	Grade		
Mr. IMESSAOUDENE Ali	MCA.	Univ. de Bouira	Président
Mme. BOUHENNI Hamida	MCB.	Univ. de Bouira	Examinatrice
Mme. AIT MIMOUNE Nouara	MCA.	Univ. de Bouira	Promotrice

Année Universitaire : 2023/2024

# Remerciements

Nous remercions avant tout Dieu le tout-puissant qui nous a aidé à être ce qui nous sommes aujourd'hui.

Nous commençons par exprimer nos profondes reconnaissances et nos vifs remerciements à **Mme. Ait Mimoune Nouara** qui nous a honorés en acceptant de diriger ce travail, pour ses conseils, sa disponibilité et surtout pour sa patience dans la correction de ce mémoire. Nous avons été satisfaits de votre qualité exceptionnelle de bonne enseignante, merci de nous guider patiemment ; Nous ne pouvons que vous exprimer notre sincère respect et notre gratitude.

Nous remercions également l'ensemble des membres de jury d'avoir accepté d'examiner et de juger ce modeste travail.

Nos remerciements pour toutes les techniciennes du laboratoire et toutes les personnes pour leur aide continuel au cours de la réalisation pratique de ce travail.

Un Merci spécial pour nos collègues et amis et toutes les microbiologistes, Et à toutes les personnes qui nous ont aidés de près ou de loin pour la réalisation de ce mémoire.

*Merci à tous. . . . .*

**Amel & Soumia**



# Congratulations!



# *Dédicace*

Avant tout, je remercie le Dieu, le tout puissant, pour m'avoir donnée la

Force et la patience

Je dédie ce modeste travail...

A mes très chers parents pour leurs amours, leurs soutiens et leurs encouragements durant tout au long de mon parcours universitaire.

A mon cher frère « Ismail »

A mes chères amies « Les deux Nawel , Kawter, Rima , Nesrine, Assia ,Lamia , Amel , Lidia, Fatima et Sabrina ».

À toute ma famille MEHDANI , KHOUMARI et BELKACEMI,

À tous mes amis que j'ai passé avec eux des bons moments.

A toute la promotion de Master 02 Microbiologie appliquée.

Les mots ne suffisent guère pour exprimer l'attachement, l'amour et l'affection que je porte Pour elle

A ma binette Amel pour tous les souvenirs pendant les années d'études ensemble

Mes enseignants de primaire, CEM, lycée et université

Toute personne qui a participé de près ou de loin, directement ou indirectement, à la Réalisation de ce travail.

*Soumia*



CLASS OF  
2024



# *Dédicace*

**Avant tout, merci à Dieu le tout puissant qui m'a permis de terminer mes études et d'atteindre ce que je suis.**

**Je dédie ce modeste travail...**

**A mes très chers parents, qui n'ont cessé m'encourager et qui ont toujours donné le meilleur d'eux même pour me voir réussir.**

**A mon chère frère Seddike et ma chère sœur Asmaa**

**Je leur souhaite un avenir plein de joie, de bonheur, de réussite.**

**J'exprime ainsi Mes sentiments de fraternité et d'amour.**

**À mon binôme Soumia que j'ai passé avec vous des moments agréables, qui a travaillé Dur avec moi pour compléter ce travail.**

**À tous mes amis surtout : Rima, Newel, Kawther. Je garderai de vous les bons souvenirs.**

**A toute la promotion de Master 02 Microbiologie applique 2023/2024.**

**Que cette dédicace témoigne de ma profonde gratitude envers tous ceux qui ont contribué De près ou de loin à la réalisation de ce mémoire de Master**

**Merci du fond du cœur.**

**Enfin, une dédicace à moi-même, qui ai combattu et défié toutes les difficultés Pour atteindre ce moment.**

***Amel***



**CLASS OF  
2024**



## Listes des abréviations

**DMSO** : Diméthylsulfoxyde

**DO** : Densité optique

**DPPH** : 2,2'-diphényl - 1 - picryl hydrazyl

**IC50** : Concentration inhibitrice médiane

**mg EAG / g extrait** : milligrammes d'équivalents d'acide galique par grame d'extrait

**mg EQ / g** : milligrammes d'équivalents de quercétine par gramme de matière sèche

**UV-VISIBLE** : ultraviolet - visible

**UFC** : unité Formant colonie

**D** : Diamètre

**pH** : Potentiel hydrogène

**CMI** : Concentration minimale inhibitrice

**CMB** : Concentration minimale bactéricide

**ATCC** : American Type Culture Collection

**Gram +** : Gram positif

**Gram -** : Gram négatif

**ADN** : Acide désoxyrébonucléique

## Listes des figures

<b>Figure 1</b> : Les fleurs de <i>Persea americana</i> .....	4
<b>Figure 2</b> : Les différents parties de <i>Persea americana</i> .....	5
<b>Figure 3</b> : Aspects des différents variétés de fruits de <i>Persea americana</i> .....	7
<b>Figure 4</b> : Structure de base des flavonoïdes .....	9
<b>Figure 5</b> : Structure générale de l'acide hydroxy benzoïque (a) et l'acide hydro cinnamique (b).....	10
<b>Figure 6</b> : Structure des comarines .....	11
<b>Figure 7</b> : Préparation des extraits composés phénoliques .....	18
<b>Figure 8</b> : Réalisation de la méthode de la diffusion sur milieu solide (méthode des disques).....	22
<b>Figure 9</b> : détermination de concentration minimale inhibitrice par la technique des microdilutions ...	23
<b>Figure 10</b> : Hisogramme représentant le rendement d'extraction des composés phénoliques des pelures de <i>Persea americana</i> .....	25
<b>Figure 11</b> : Droite d'étalonnage de l'acide gallique.....	27
<b>Figure 12</b> : Histogramme représentant la quantité en (mg) des polyphénols des les extraits analysés ..	27
<b>Figure 13</b> : Droite d'étalonnage de la quercetine .....	29
<b>Figure 14</b> : Histogramme représentant la quantité en (mg) des flavonoïdes dans les extraits étudiés ...	29
<b>Figure 15</b> : Résultats de l'antibiogramme.....	35
<b>Figure 16</b> : Résultats de la méthode de diffusion sur disque réalisée pour les extraits éthanoliques . ...	36

## Listes des tableaux

<b>Tableau I:</b> Taxonomie et systématique.....	6
<b>Tableau II :</b> Valeurs IC50 des différents extraits hydroéthanolique et l'acide ascorbique.....	32
<b>Tableau III :</b> Diamètres des zones d'inhibition(mm) des extraits hydroéthanoliques de la peau de l'avocat à différents stades de maturité .....	33
<b>Tableau IV :</b> Activités antibactérienne (zones d'inhibition en mm) de la gentamycine et l'ampicilline sur les souches bactériennes testés .....	34
<b>Tableau V :</b> Concentrations minimales inhibitrice (mg/ml) et bactéricide.....	40

# Table de matière

Listes des abréviations

Listes des figures

Listes des tableaux

Introduction ..... 1

## Chapitre I : Synthèse bibliographique

I.1. Généralités sur <i>Persea americana</i> .....	3
I.1.1. Description botanique .....	3
I.1.2. Taxonomie .....	5
I.1.3. Les différentes variétés .....	6
I.1.3.1. La race mexicaine .....	6
I.1.3.2. La race guatémaltèque .....	6
I.1.3.3. La race Ouest Indien .....	6
I.1.4. Composition chimique de l'avocat .....	7
I.1.5. Propriétés biologiques.....	7
I.1.5.1. Activité antioxydante .....	7
I.1.5.2. Activité antibactérienne .....	8
I.1. Les composé phénoliques .....	9
1. Les flavonoïdes .....	9
2. Les acides phénoliques .....	10
I.1.2.1. Dérivés d'acides hydroxy benzoïques.....	10

I.1.2.2.Dérivés d'acides hydroxy cinnamiques.....	10
3. Les stilbènes .....	11
4. Les coumarines .....	11
5. Les lignanes .....	12
6. Les tanins .....	12

## **Chapitre II : Etude expérimentale**

I. Matériel.....	17
I.1.Matériel végétale .....	17
I.2.Souches bactériennes .....	17
II. Méthodes .....	18
II.1. Préparation des extraits.....	18
II.1.1. Broyage et tamisage .....	18
II.1.2.Extraction des composés phénoliques .....	18
II.2.Détermination du rendement.....	19
II.3.Dosage des polyphénols totaux .....	19
II.4.Dosage des Flavonoïdes .....	20
II.5.Evaluation de l'activité antioxydante .....	20
II.6.Evaluation de l'activité antibactérienne .....	21
II.6.1.Préparation de l'inoculum .....	21
II.6.2. Réalisation des test antibactériens .....	21
II.6.2.1. Méthode de diffusion sur disque .....	21
II.6.2.2. concentrations minimales inhibitrices et bactéricides (CMI et CMB).....	22



## **Chapitre III : Résultats et discussion**

1. Rendement d'extraction .....	25
II. Teneur en polyphénols totaux .....	26
III.3. Teneur en flavonoïdes .....	29
III.4. Activité antioxydante. ....	31
III.5. Evaluation de l'activité antibactérienne.....	33
III.5.1. Etude de la sensibilité bactérienne.....	33
III.5.2. Concentration minimale inhibitrice et bactéricide.....	39
Conclusion.....	41

### **Références bibliographiques**

### **Annexes**

### **Résumé**

### Introduction

Les plantes médicinales sont importante dans le domaine de la recherche pharmaceutique et médicale. Leur richesse en principes actifs a permis de les utiliser comme agents thérapeutiques et comme matières premières pour la production de nouvelles molécules thérapeutiques. Les plantes sont considérées comme une composante fondamentale pour l'avenir du système de santé dans le monde. Elles demeurent une source inépuisable de substances biologiquement actives attribuées aux métabolites secondaires qui sont très diversifiés et possèdent un très large éventail d'activités biologiques (**Sadou ,2018**).

Les extraits végétaux suscitent de plus en plus d'intérêt en tant que possible source de molécules naturelles bioactives. Elles sont l'objet de recherches multiples pour leur éventuelle utilisation en tant qu'option de traitement des maladies infectieuses (**Amiour et al.,2014**).

Chaque année, des millions de personnes décèdent dans le monde en raison de maladies infectieuses. Cette situation est aggravée par l'augmentation des infections causées par des micro-organismes résistants aux antibiotiques. Par conséquent, la résistance aux antibiotiques constitue une préoccupation majeure de santé publique (**Hogberg, 2014**).

De nombreux rapports scientifiques ont montré que les plantes ont un potentiel élevé de synthétiser différentes substances antimicrobiennes (**Daglia, 2012**). Les agents antimicrobiens dérivés des plantes se répartissent en composés phénoliques, poly phénoliques, terpènes et alcaloïdes. En raison de leurs actions antimicrobiennes multi-cibles et de leurs faibles effets indésirables, ces extraits végétaux sont souvent recommandés comme traitements de première ligne (**Simoès et al., 2009**).

Par ailleurs, les plantes sont connues également pour leur richesse en molécules antioxydantes. Ces dernières années, la recherche de nouvelles molécules ayant un pouvoir antioxydant est devenue indispensable en raison de la toxicité élevée des composés chimiques utilisés dans le domaine industriel (**El Ouariachi et al., 2014**).

*Persea americana*, plus communément appelé avocat, a été sélectionné comme sujet d'étude en raison de son importance en tant que plante médicinale populaire et largement utilisée à travers le monde. Cet arbre à feuilles persistantes, appartenant à la famille des Lauraceae, peut atteindre une taille considérable. Il est reconnaissable à ses fruits verts en forme de poire, riches en huiles essentielles bénéfiques pour la santé. Cette plante est largement cultivée dans les régions tropicales et subtropicales. *Persea americana* est connue pour ses

propriétés thérapeutiques et à sa richesse en composés phytochimiques, connus pour leurs activités biologiques, notamment antioxydantes, anti-inflammatoires et anticancéreuses (Dohoué et al., 2024).

Le présent travail a été réalisé dans le but de doser les composés phénoliques totaux et les flavonoïdes obtenus après extraction hydro éthanoliques de l'épicarpe de *Persea americana* et, d'autre part, évaluer son activité antibactérienne et antioxydante.

Nous avons divisé notre manuscrit en deux parties :

- La première partie, contient des rappels bibliographiques générales sur l'espèce étudiée, les composés phénoliques et leurs activités biologiques.
- Dans la deuxième partie, une description du matériel utilisé, de la méthodologie suivie et des résultats obtenus et leur discussion seront abordés.

# **Chapitre I :**

## **Synthèse bibliographique**

## I.1. Généralités sur *Persea americana*

### I.1.1. Description botanique

L'avocatier (*Persea Americana Mill*) est un arbre qui appartient à la famille des Lauraceae. Il est caractérisé par des feuilles vertes et persistantes. Cet arbre est originaire des régions tropicales et subtropicales (Amérique centrale et Mexique) (Maes, 2017 ; Gironvazquez et al., 2019). Il est largement cultivé pour ses fruits, qui sont appréciés pour leur texture crémeuse (Hurtado-Fernández et al., 2018 ; Melgar et al., 2018). L'avocatier peut atteindre jusqu'à 15 à 20 m de hauteur s'il n'est pas taillé, mais dans les plantations commerciales, sa taille est généralement maintenue à environ 5 m pour faciliter la récolte (Dulay & De Castro, 2016; Pérez Álvarez et al., 2015).

#### ✓ Les feuilles

Les feuilles de l'avocatier sont caractérisées par leur disposition en spirale, leur forme étroite à large elliptique, leur couleur vert foncé et leur texture coriace. Elles mesurent généralement entre **12 et 25 cm** de long et sont pointues à l'extrémité. Les feuilles sont persistantes, ce qui signifie qu'elles restent sur l'arbre toute l'année, mais elles tombent et sont remplacées chaque année après le renouvellement du feuillage. Elles jouent un rôle capital dans le mécanisme de photosynthèse, grâce auquel l'arbre est capable de convertir l'énergie solaire en énergie chimique indispensable à sa croissance (Dulay & De Castro, 2016).

#### ✓ Les fleurs

Les fleurs de l'avocatier sont petites et unisexuées, mesurant entre 5 et 10 mm de diamètre. Elles s'assemblent en grappes florales situées sur les branches (Bergh, 2018 ; Idris et al., 2009). Les fleurs de l'avocatier jouant un rôle fondamental dans la reproduction de l'avocatier, hébergent à la fois les organes reproducteurs mâles et femelles qui facilitent la pollinisation et la formation des fruits (Figure 1). La pollinisation de l'avocatier peut être assurée par le vent, les insectes pollinisateurs tels que les abeilles, ou par des méthodes de pollinisation manuelle dans les plantations commerciales pour garantir un rendement optimal en fruits (Yasir et al., 2010).





**Figure 1** : Les fleurs de *Persea americana* (Traore,2014).

✓ **Fruit**

Le fruit de l'avocatier appelé avocat, est une baie de forme allant du conique à l'ovoïde, de taille variable (entre 7 et 20 cm), de couleur verte à brunâtre à maturité, à chair molle, grasse, verdâtre ou jaune selon la variété.

Le fruit est composé de trois parties concentriques qui sont l'épicarpe, le mésocarpe et endocarpe (**Figure 2**).

- L'épicarpe : également désigné sous le terme exocarpe, constitue la couche externe de l'enveloppe du fruit. Il est caractérisé par la présence d'une cuticule cireuse qui assure une fonction protectrice, conférant au fruit une barrière physique contre les facteurs environnementaux nocifs et une résistance accrue face aux agents pathogènes et mécaniques.
- Le mésocarpe : est la région intermédiaire du fruit, principalement composée de cellules parenchymateuses. Au sein de cette couche, se distinguent des cellules volumineuses spécialisées dans le stockage lipidique. Cette partie est déterminante dans l'apport de la texture crémeuse et riche caractéristique de la pulpe de l'avocat.

- L'endocarpe : située à l'intérieur du pericarpe, est constituée par un agencement de cellules parenchymateuses alignées en couches multiples, adjacentes à la couche externe du noyau du fruit. Il représente la portion prédominante de la pulpe consommable de l'avocat. Ces cellules endocarpiques se différencient par une teneur en amidon légèrement supérieure à celle des cellules mésocarpiques et leur richesse en composés lipidique.

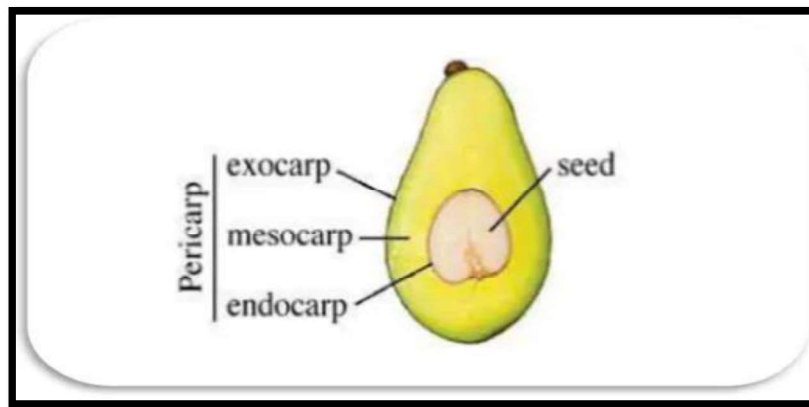


Figure 2 : Les différentes parties de *Persea americana* (Fernandez, 2014).

#### ✓ Le noyau

Le noyau de l'avocat est généralement de forme ronde et de taille significativement plus petite que celle du fruit lui-même. Il est enveloppé par l'endocarpe et représente une petite partie de la composition totale de l'avocat. Malgré sa petite taille, le noyau est essentiel pour la reproduction de l'avocatier et contient des réserves nutritives pour la germination de la plante (Woolf et al., 2009; Yasir et al., 2010).

#### I.1.2. Taxonomie

*Persea americana* est un arbre fruitier appartenant à une famille botanique des Lauracées qui comporte un nombre estimé de genres et une diversité d'espèces. Des critères taxonomiques tels que la structure des fleurs, la morphologie des feuilles, la composition chimique des tissus végétaux et les caractéristiques génétiques ont permis la classification de cette plante dans la famille des Lauracées (Tableau I). Ces caractéristiques distinctives permettent aux botanistes et taxonomistes de déterminer de manière précise la position systématique de l'avocatier parmi les autres membres de la famille des Lauracées (Maes, 2017 ; Giron-vazquez et al., 2019).

**Tableau I :** Taxonomie et systématique (Benoit Bock et al.,2019).

<b>Régne</b>	Plantae
<b>Classe</b>	Mangoliopsida
<b>Ordre</b>	Laurales
<b>Famille</b>	Lauraceae
<b>Genre</b>	Persea
<b>Espèce</b>	<i>Persea americana</i>

### I.1.3. Les différentes variétés

#### I.1.3.1. La race mexicaine

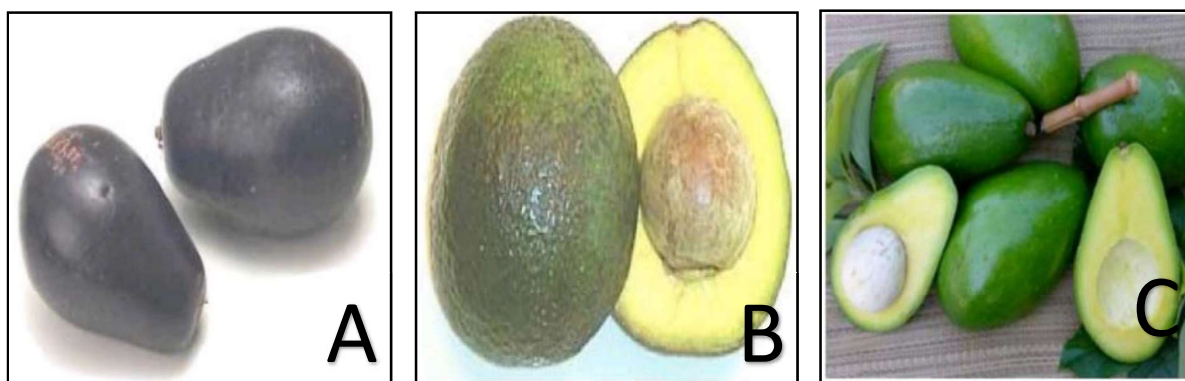
La race mexicaine d'avocat se distingue par ses particularités morphologiques. Typiquement, les fruits de cette catégorie sont de taille petite à moyenne, arborant une tige courte et une peau fine, parfois un peu rugueuse. Les noyaux sont de dimension moyenne et contiennent une quantité modérée d'huile (**Figure 3/A**). La pulpe est distinguée par sa texture onctueuse et sa saveur délicate, convenant parfaitement aux climats chauds et subtropicaux, bien qu'elle soit moins résistante aux températures froides comparativement à d'autres variétés (Schaffer et al., 2013).

#### I.1.3.2. La race guatémaltèque

La race guatémaltèque, elle se reconnaît à ses attributs morphologiques spécifiques. Les spécimens de cette catégorie tendent à être de taille moyenne à grande, munis d'une tige longue et d'une peau épaisse et lisse. Les noyaux des avocats de Guatemala sont plutôt volumineux, renfermant une quantité conséquente d'huile, conférant à la pulpe une richesse en saveurs (**Figure 3/B**). Ces avocats s'adaptent à une gamme variée de climats, y compris les zones subtropicales, et présentent une résistance accrue au froid. La couleur des feuilles de cette race peut varier vers un vert plus clair (Schaffer et al., 2013).

#### I.1.3.3. La race Ouest Indien

Les fruits de cette race ont une capacité d'adaptation aux conditions tropicales (chaleur et humidité). Ils se caractérisent par des fruits de taille moyenne à la peau lisse, coriace, parfois brillante, comme les variétés Russell et Hardee (**Figure 3/C**) (Yahia, 2011).



**Figure 3** : Aspects des différents variétés de fruits de *Persea americana* (Gardenlux, 2024).

#### **I.1.4. Composition chimique d'avocat**

L'avocat (*Persea americana*) est un fruit exceptionnellement riche en nutriments essentiels et en composés bioactifs bénéfiques pour la santé. En termes de macronutriments, l'avocat est relativement faible en protéines, mais il est une excellente source d'acides gras monoinsaturés, en particulier l'acide oléique [Hausch et al., 2020]. De plus, il représente une source importante de fibres alimentaires bénéfiques pour la santé digestive [Arachchige et al., 2019].

En ce qui concerne les micronutriments, l'avocat est particulièrement riche en potassium, magnésium, en fer et cuivre. Ces minéraux jouent des rôles importants dans de nombreux processus biologiques et sont indispensables pour le maintien de la santé cardiovasculaire et la fonction musculaire [Bhuyan et al., 2019 ; Melgar et al., 2018].

De nombreux composés bioactifs sont retrouvés dans l'avocat dont les plus importants sont représentés par les polyphénols tels que la lutéine, les caroténoïdes et les tocophérols, connus pour leur pouvoir antiradicalaire, ce qui permet la protection des cellules contre les dommages oxydatifs et la prévention contre les maladies chroniques [Shi et al., 2021].

#### **I.1.5. Propriétés biologiques**

##### **I.1.5.1. Activité antioxydante**

Les propriétés antioxydantes contribuent à prévenir les dommages cellulaires et à ralentir le processus de vieillissement, mais également à renforcer le système immunitaire en protégeant les cellules contre les agressions extérieures. Ainsi, l'intégration régulière de

l'avocat dans l'alimentation peut apporter des bienfaits significatifs pour la santé en raison de ses puissantes propriétés antioxydantes (COLEACP, 2011).

Des études menées par (Bergh , 2018) ; (RESAGRO ,2021) ; (Talabi et al., 2016) et (Vargas,2018) ont mis en lumière les propriétés antioxydantes remarquables de *Persea americana*. Ces recherches ont souligné la richesse de l'avocat en molécules antioxydantes tels que la vitamine E, le glutathion et les caroténoïdes. Ces molécules interviennent dans la neutralisation des radicaux libres et la protection de l'organisme contre le stress oxydatif. En effet, la vitamine E protège les membranes cellulaires, le glutathion détoxifie et répare les dommages cellulaires, tandis que les caroténoïdes offrent une protection supplémentaire contre les dommages oxydatifs.

#### **I.1.5.2. Activité antibactérienne**

L'extrait de *Persea americana*, provenant de l'avocat, exerce une activité antibactérienne puissante grâce à son mécanisme d'action. Les composés bioactifs tels que les dérivés de catéchine et les flavonoïdes ciblent plusieurs processus cellulaires vitaux des bactéries, notamment la synthèse de l'ADN, des protéines et de la paroi cellulaire. De plus, les extraits de cette plante sont capable de modifier la perméabilité de la membrane de la cellule bactérienne, ce qui induit une perturbation de la pression osmotique capable de provoquer un dysfonctionnement cellulaire critique induisant la lyse et la mort cellulaire.

Les acides gras monoinsaturés, particulièrement l'acide oléique présent dans cet extrait, interagissent avec la membrane bactérienne, causant des dommages structuraux significatifs et contribuant ainsi à la destruction cellulaire. Ces mécanismes convergents démontrent une efficacité antibactérienne robuste de l'extrait de *Persea americana*, positionnant ce dernier comme une option prometteuse pour traiter les infections bactériennes résistantes (Atala et al., 2017; Rodríguez-Sánchez et al., 2013).



## I.1. Les composés phénoliques

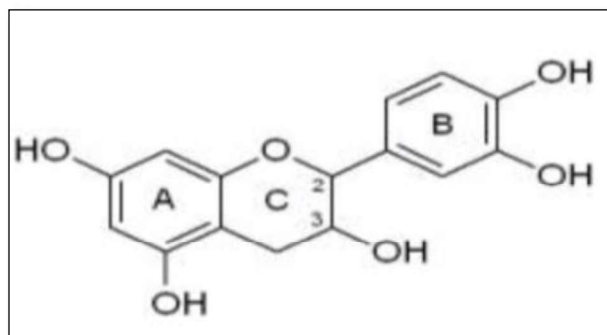
Les polyphénols sont des molécules issues du métabolisme secondaire de la plante. Le terme composé phénoliques englobe une multitude de composés présentant une vaste variété d'activités biologiques et une valeur économique considérable (Mansour, 2009).

### I.1.1. Flavonoïdes

Les flavonoïdes sont des composés naturels présents dans de nombreux aliments d'origine végétale comme les fruits, légumes et les céréales. Les flavonoïdes sont responsables de la diversité des caractéristiques organoleptiques des aliments (couleur, saveur et le goût) (Roy et al., 2022 ; Dias et al. 2021). Leur large distribution dans les végétaux en fait des composés accessibles pour des applications alimentaires, cosmétiques et pharmaceutiques (Mutha, Tatiya & Surana, 2021).

Ces métabolites secondaires sont essentiels offrant une gamme diversifiée d'activités biologiques bénéfiques pour la santé des animaux et l'homme. Ils jouent un rôle essentiel chez les plantes en attirant les insectes pollinisateurs et en les protégeant contre les stress biotiques et abiotiques (Saeed et al., 2017; Ullah et al., 2020).

Les flavonoïdes présentent une structure chimique de base constituée d'un squelette de flavone de 15 carbones, C<sub>6</sub>-C<sub>3</sub>-C<sub>6</sub>, avec deux cycles benzéniques (A et B) liés par un cycle pyranique à trois carbones © (Figure 4). La présence de groupes hydroxy dans la structure des flavonoïdes influence leur biodisponibilité et leur activité biologique chez les humains (Dias et al., 2021 ; Dos Santos Grasel et al., 2016).



**Figure 4** : Structure de base des flavonoïdes  
(Chira et al., 2008).

### I.1.2. Les acides phénoliques

Ce sont l'une des classes primordiales d'acides organiques dotés de noyaux phénoliques, qui sont largement distribués dans les différentes parties de la plante que ce soit (graines, peaux, fruits et feuilles) sous forme liée ou libre (LI et al., 2020 ; Kumar et Goel, 2019). Ils constituent approximativement un tiers des composés phénoliques des aliments d'origine végétale (RASHMI et NEGI, 2020). Il existe deux sortes d'acides phénoliques : les acides hydroxy cinnamiques et les acides hydroxy benzoïques COLETTE, 2010).

#### I.1.2.1. Dérivés d'acides hydroxy benzoïques

Ces composés répondent à une représentation structurale de type (C6-C1) subissent des variations dues à la présence des modifications par méthylation et hydroxylation sur le cycle aromatique phénolique (Macheix et al., 2005 ; Kumar et Goel, 2019), avec structure est similaire à celle de l'acide hydroxy cinnamique, leur variabilité structurale est marquée par le nombre et la position des groupes hydroxyles sur l'anneau aromatique, ce qui génère une diversité de molécules aux propriétés distinctes (STALIKAS, 2007). Ces composés se présentent sous une forme soluble, conjuguée avec des sucres ou des acides organiques, ou bien, liés à des structures de paroi cellulaire telle que la lignine (Kumar et Goel, 2019 ; ROBBINS, 2003).

#### I.1.2.2. Dérivés d'acides hydroxy cinnamiques

Ces composés répondent à une représentation structurale de type (C6-C3) dérive de l'acide cinnamique dont les plus abondants sont les acides caféique et coumarique et sont présents dans les aliments fréquemment sous forme d'esters simples avec de l'acide quinique ou du glucose (Kumar et Goel, 2019 ; Collin et Crouzet, 2011). Leur squelette de base inclut un noyau benzénique lié à une chaîne latérale aliphatique de trois atomes de carbone comportant un ou plusieurs groupes hydroxyles (Figure 5) (Chira et al., 2008).

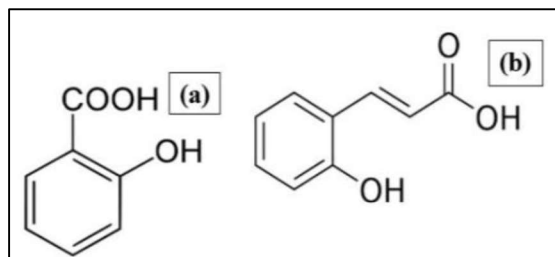


Figure 5 : Structure générale de l'acide hydroxy benzoïque (a) et l'acide hydro cinnamique (b)

(Bruneton, 1999).

### I.1.3. Les stilbènes

Les stilbènes constituent un ensemble significatif de composés phytochimiques non flavonoïdes, issues de la voie métabolique phénylpropanoïde (SIREROL et al., 2016). Caractérisés par une structure moléculaire C6-C2-C6, ils sont composés de deux noyaux benzéniques reliés par un pont méthylène (CHIRA et al., 2008).

Selon (Pawlus et al., 2012), les végétaux produisent ces molécules en tant que moyen défensif face à des agressions de nature fongique, bactérienne ou virale, On retrouve les stilbènes en faibles quantités dans divers aliments consommés par l'homme, tels que les raisins, les amandes, les myrtilles, les prunes, et notamment dans le vin (DURAZZO et al., 2019).

### I.1.4. Les coumarines

Les coumarines sont une classe de métabolites secondaires, hétérocycliques naturels dérivés de la benzopyrone (Önder., 2020), très intéressants avec leurs structures et leurs activités biologiques (Bor et al., 2016). Elles peuvent être classées en quatre types, à savoir les coumarines simples, les furanocoumarines, les pyranocoumarines et les coumarines à substitution pyrone (GARG et al., 2020). On les trouve le plus souvent dans divers composés à base de plantes tels que le mélilot, l'huile de lavande, l'aspérule des bois ainsi que dans diverses plantes comestibles comme les fraises et le céleri (Figure 6) (Garrard., 2014).

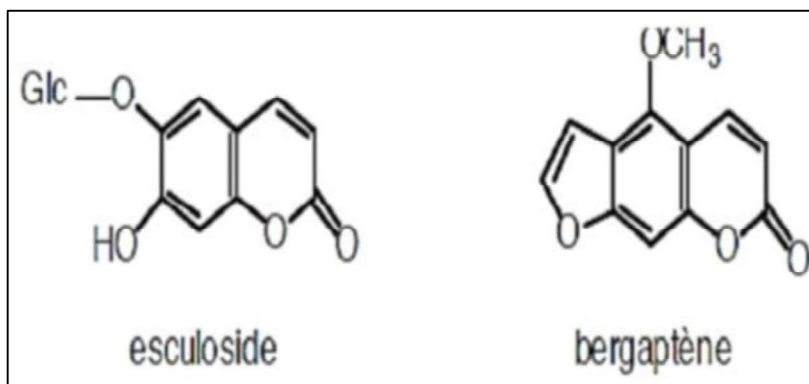


Figure 6 : Structure des coumarines

(Krief, 2003).

### **I.1.5. Les lignanes**

Les lignanes représentent un groupe de métabolite secondaire largement répandu dans le règne végétal (Pihlav et al., 2018). Environ soixante-dix espèces végétales différentes sont riches en divers lignanes dans leurs racines, rhizomes, tiges, feuilles, graines et fruits (Corona et al., 2020). La majorité des lignanes sont trouvés à l'état libre, mais certains parmi eux peuvent se combiner avec du glycone et former des glycosides et d'autres dérivés. Structuellement, le lignane contient un squelette de base de deux unités de phénylpropane ou plus (Cui et al., 2020).

### **I.1.6. Les tanins**

Ces composés sont très répandus dans le monde végétal. Les tanins jouent plusieurs rôles biologiques essentiels chez les plantes dont les plus importants sont la défense contre les animaux herbivores, les pathogènes et les stress environnementaux. Dans la plante, on les retrouve dans diverses parties : l'écorce, le bois, les feuilles, les fruits et les racines, mais à des taux variables (Vandi et al., 2016).

Les tannins sont des polymères de flavonoïdes caractérisés par leur aptitude à réagir avec les alcaloïdes, protéines et d'autres macromolécules, ce qui leur confère des propriétés astringentes, les rendant utiles dans divers domaines tels que la médecine, l'industrie alimentaire et la tannerie (Bule et al., 2020).

# **Chapitre II :**

## **Etude expérimentale**



## Matériel et méthodes

Dans le but de mettre en valeur la flore algérienne, nous avons examiné une plante de la famille des *Lauraceae*, à savoir *Persea americana* de la race mexicaine. A travers ce travail, nous avons étudié les effets biologiques des extraits de l'épicarpe à deux stades de maturité.

Dans ce travail on va se pencher sur l'étude de deux activités biologiques importantes des composés phénoliques qui sont : l'activité antioxydante et l'activité antibactérienne. Un dosage des polyphénols totaux et les flavonoïdes a également été effectuée. Le choix du dosage de ces composés est expliqué par le fait que la plupart des effets biologiques de la plante leurs sont attribués (**Boizot et al., 2006**).

Le travail expérimental été effectué dans deux laboratoires :

- L'extraction des substance phénolique et l'évaluation de leur effets antioxydant ont été effectuées au niveau du laboratoire de Microbiologie de l'université de Bouira.
- L'analyse de l'activité antibactérienne (L'antibiogramme) a été effectuée dans un laboratoire médicale externe situé dans la ville de Bouira (laboratoire Sayah).

### I. Matériel

#### I.1. Matériel végétale

Dans le cadre de cette recherche, les matières premières végétales sélectionnées étaient l'épicarpe de *Persea americana*, récoltée entre juillet (stade 1) et Novembre (stade 2) 2023 dans la région d'Alger. Postérieurement à leur collecte, les échantillons de l'épicarpe ont été soigneusement nettoyés et soumis à un séchage à l'air libre et à température ambiante, à l'abris de la lumière pour limiter la dégradation des composés actifs.

#### I.2. Souches bactériennes

Les extraits hydro-éthanoliques de l'épicarpe de *Persea americana* ont été testés pour leur activité antibactérienne vis-à-vis de quatre souches de référence connues pour leur Pathogénicité, à savoir : *Bacillus cereus* ATCC 14579 ; *Staphylococcus aureus* ATCC 43300 ; *Escherichia coli* ATCC 87393 ; *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 87393 et deux souches pathogènes (*Proteus* sp. et *Klebsiella* sp.) isolées au cours d'un examen médicale chez des patients et qui ont été fournis par le laboratoire du Dr.Sayah .

## II. Méthodes

### II.1. Préparation des extraits

#### II.1.1. Broyage et tamisage

Dans le but de préparer les échantillons pour l'extraction, une étape de broyage a été effectuée avec soin. Les échantillons séchés ont été séparément broyés à l'aide d'un broyeur électrique. Par la suite un tamis a été utilisé afin d'obtenir une poudre fine et homogène. Les poudres obtenues ont été stockées séparément dans des flacons en verre hermétiques, à 4°C jusqu'à utilisation.

#### II.1.2. Extraction des composés phénoliques

Cette étape vise à extraire efficacement les molécules bioactives présentes dans les pelures de fruit de *Persea americana* en utilisant l'éthanol comme solvant extracteur, conformément à la méthode décrite par **Moon & Shibamoto (2009) (Figure 7)**. L'extraction a été effectuée par le procédé de macération d'une quantité de 5g des poudres végétales dans un volume de 50 ml d'éthanol à 70% pendant une durée de 48 heures. Les extraits obtenus ont été filtrés en utilisant du papier Whatman N°1, puis évaporés sous pression réduite à 45 °C à l'aide d'un étuve.

Afin de garantir une conservation optimale, les extraits secs ont été transférés dans des fioles en verre stériles de couleur sombre et conservés au réfrigérateur (4-6°C) afin de prévenir tout risque de dégradation, conformément aux recommandations de **Boizot & Charpentier (2006)**.

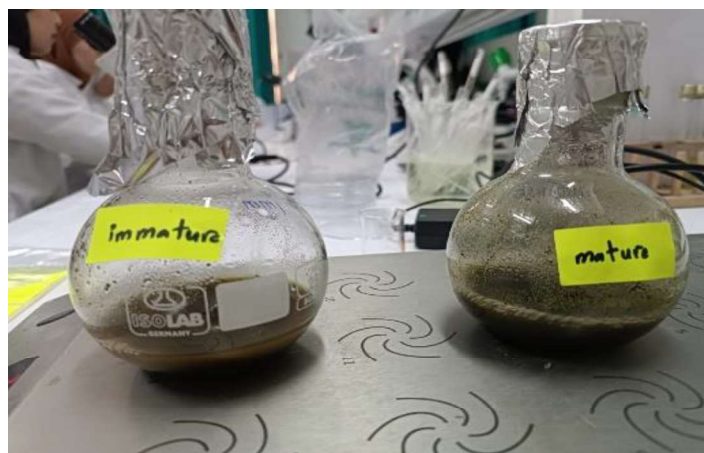


Figure 7 : Préparation des extraits composés phénoliques .

## II.2. Détermination du rendement

La masse de l'extrait sec a été déterminée en mesurant la différence de masse d'un flacon avant et après évaporation du solvant, conformément à la méthode décrite par (Mohammadi, 2005).

Le rendement de chaque extraction a été calculé en utilisant la formule suivante :

$$\text{Rdt ext \%} = (\text{M ext} / \text{M éch}) \times 100$$

Où :

**Rdt (%)** : représente le rendement de l'extraction, exprimé en pourcentage.

**M ext** : la masse de l'extrait végétal obtenu après évaporation du solvant.

**M éch** : C'est le poids initial de matière végétale utilisée, exprimé en grammes.

Le poids de l'extrait après séchage a été déterminée en mesurant la différence de masse d'une flacon avant et après évaporation du solvant, selon à la méthode décrite par (Mohammadi, 2005).

## II.3. Dosage des polyphénols totaux

Dans le but d'établir un lien entre la composition chimique des extraits préparés et leurs effets biologiques, une quantification des composés phénoliques totaux a été réalisé.

### ✓ A / Principe :

La méthode colorimétrique du Folin-Ciocalteu a été réalisée pour la détermination des teneurs en polyphénols totaux dans nos extraits (Ragae *et al.*, 2006 ; Wong *et al.*, 2006 ; Anthony, 2010). Ce réactif de couleur jaune est constitué d'un mélange d'acide phosphotungstique et d'acide phosphomolybdique. Lors de l'oxydation des polyphénols présent dans l'extrait, un complexe de couleur bleue est formé suite à la réduction du réactif de Folin-Ciocalteu (Ribéreau, 1968). L'intensité de cette coloration, est proportionnelle au taux des polyphénols présents dans les extraits (Ghazi & Sahraoui, 2005 ; Boizot & Charpentier, 2006).

### ➤ B/ Mode opératoire :

La détermination des taux de polyphénols totaux a été réalisée suivant le protocole décrit par Saad *et al.* (2021) avec quelques modifications. Dans un tube à essai on mélange, 750 µl d'extrait éthanolique (100mg/ml) avec 750µl de réactif de Folin Ciocalteu dilué à un dixième

dans de l'eau distillée. Après 5 min, 750 µl de carbonate de sodium ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) avec une concentration de 75g/l sont ajoutés.

Le mélange est ensuite incubé pendant 30 min à température ambiante et à l'obscurité, L'absorbance est mesurée à une longueur d'onde de 765nm par un spectrophotomètre. Les expériences ont été répétées trois fois pour confirmer la reproductibilité des résultats. Une courbe d'étalonnage de l'acide gallique à différentes concentrations, a été préparée dans les mêmes conditions opératoire de l'échantillon. Les résultats obtenus sont exprimés en microgramme d'équivalent d'acide gallique par milligramme d'extrait sec (**mg EAG/mg**).

#### II.4. Dosage des Flavonoïdes

✓ **Principe :**

La quantification des taux en flavonoïdes des deux extraits hydro-éthanolique obtenus dans notre travail a été réalisée par la technique colorimétrique au trichlorure d'aluminium .

Les flavonoïdes réagissent avec l'aluminium sous forme d'ions  $\text{Al}^{3+}$  pour former des complexes jaunâtres, suite à la décomposition du chlorure d'aluminium (**Ribéreau-Gayon, 1999**).

✓ **Mode opératoire :**

La teneur en flavonoïdes dans les différents extraits a été déterminée suivant le protocole précédemment décrit par **Djeridane et al. (2006)**, avec quelques modifications.

Dans cette expérience, 1 mL de trichlorure d'aluminium ( $\text{AlCl}_3$ ) à une concentration de 2% a été mélangé avec 1 mL de l'extraits à tester à une concentration de 1 mg/ml (**Figure 10**). Ce mélange a été agité puis incubé pendant 10 min à température ambiante en obscurité, ensuite l'absorbance a été mesurée à 430nm par un spectrophotomètre UV-VIS. Les teneurs en flavonoïdes totaux contenues dans les extraits ont été obtenus par extrapolation sur une courbe d'étalonnage établie avec le standard quercétine et exprimés en milligrammes d'équivalents de quercétine par gramme de la matière sèche (mg EQ/g).

#### II.5. Evaluation de l'activité antioxydante

✓ **A / Principe :**

Le test du DPPH (1,1-diphényl-2-picrylhydrazyl) est communément employé pour mesurer l'activité antioxydante d'une manière rapide et directe. À température ambiante et en milieu alcoolique, le radical DPPH• se caractérise par une coloration violette prononcée.

Lorsqu'une substance antioxydante, agissant comme donneuse de protons, est présente dans le milieu, elle réduit le radical DPPH• en DPPHH, entraînant un changement de

couleur vers le jaune. Cette réaction colorimétrique sert à évaluer la capacité d'un échantillon à agir en tant qu'antioxydant par le biais de la réduction du radical DPPH•.

Cette transformation est quantifiable par une réduction de l'absorbance mesurée à 517 nm en spectroscopie. Ce procédé constitue donc un moyen efficace d'évaluer le potentiel antioxydant d'une substance en détectant sa capacité à piéger et neutraliser les radicaux libres.

#### ✓ Mode opératoire

Pour évaluer l'activité antioxydante des différents extraits, le test de DPPH décrit par **Djerrad et al. (2015)** a été appliquée.

Dans le cadre de cette procédure, les différentes dilutions des extraits ont été préparées en éthanol. Pour le test, 0,1 ml de chaque dilution d'extrait ont été mélangés avec 1,9 ml de la solution de DPPH à une concentration de (0,1M). Le mélange a ensuite été laissé pendant 30 minutes à l'obscurité. La diminution de l'absorbance, signe de la réduction du radical, a été mesurée contre un blanc à une longueur d'onde de 517 nm. Les taux d'inhibition du radical libre DPPH ont été ensuite calculés et les valeurs IC50 qui correspondent à la concentration nécessaire pour produire une inhibition de 50% du radical libre a été déterminée graphiquement. L'acide ascorbique a été utilisé comme témoin positif.

## II.6. Evaluation de l'activité antibactérienne

### II.6.1. Préparation de l'inoculum

Pour la préparation des suspensions bactériennes, l'ensemble des souches bactériennes ont été mise en culture sur gélose nutritive puis incubée à 37C° pendant 24h.

Après incubation, 3 colonies bien isolées ont été prélevées à l'aide d'une anse de platine et mise en suspension dans une solution d'eau physiologique stérile. Les suspensions bactériennes ont été ensuite homogénéisées à l'aide d'un vortex et la turbidité a été ajustée à 0,5 Mc Farland, à l'aide d'un spectrophotomètre (DO = 0,08 à 0,1 à  $\lambda = 625\text{nm}$ ), ce qui correspond à une concentration d'environ  $10^8$  UFC/ ml (**Fertout-Mouri et al., 2016**).

### II.6.2. Réalisation des test antibactériens

#### II.6.2.1. Méthode de diffusion sur disque

La méthode de diffusion sur disque (méthode de l'aromatogramme), a été réalisée pour évaluer l'activité antibactérienne des extraits préparés. Inspirée de l'antibiogramme, cette technique permet de tester la sensibilité des souches bactériennes à un substance bioactive.

### ➤ Mode opératoire

L'ensemencement a été réalisé par écouvillonnage à partir d'un inoculum de  $10^8$  UFC/ml. Un inoculum a été prélevé de la suspension bactérienne à l'aide d'un écouvillon stérile. Une fois bien imbibé, l'écouvillon a été utilisé pour réaliser un ensemencement en surface par la technique des stries sur boîte de Pétri contenant le milieu MH (Mueller-Hinton).

Afin de s'assurer que la surface entière du milieu de culture est ensemencée d'une manière homogène ; on réalise des stries serrées et parallèles et on répète cette opération deux fois en tournant la boîte à  $90^\circ$ . Des disques stériles de 6 mm de diamètre ont d'abord été déposés à la surface du milieu de culture ensemencé, puis imprégnés de 20  $\mu$ l de chaque extrait testé à différentes concentrations, préparées dans du DMSO (100 mg /ml et 50 mg / ml) (**Figure 8**).



**Figure 8** : Réalisation de la méthode de la diffusion sur milieu solide (méthode des disques) .

Des disques contenant le diluant (DMSO) et des antibiotique (Gentamycine (10 $\mu$ g) et Ampicilline (10 $\mu$ g)) ont été utilisés pour chaque souche et ont été considérés comme des témoins négatifs et positifs, respectivement. Les boîtes de Pétri ont été mise en culture à une température de 37 °C pendant 24h (**Haddouchi et al., 2016**). La détermination de l'activité antibactérienne a été estimée en millimètres par la mesure, à l'aide d'un pied à coulisse, du diamètre de la zone claire formée autour des disques. Chaque expérience est répétée trois fois, en suivant les mêmes conditions opératoires.

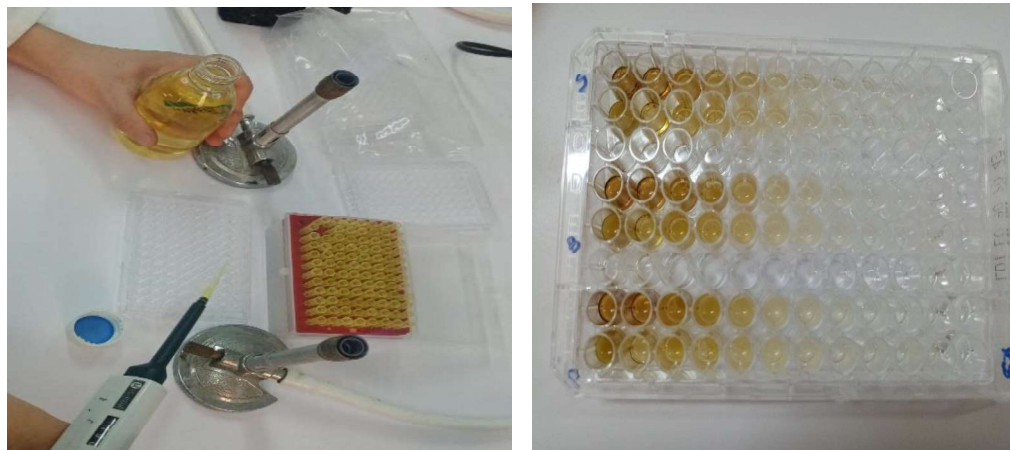
#### II.6.2.2. Concentrations minimales inhibitrices et bactéricides (CMI et CMB)

La technique des micro-dilutions en puits a été suivie pour déterminer les concentrations minimales inhibitrices (CMI) et bactéricides (CMB) (**CLSI en 2006**).

Cette technique est basée sur la capacité des micro- organismes à croitre dans une série de dilutions contenant des substances antibactériennes.

Pour préparer les microplaques, 100  $\mu\text{l}$  de bouillon nutritif ont été déposées dans chaque puit. Ensuite 100  $\mu\text{l}$  de l'extrait à tester ont été ajoutés dans les puits pour avoir des concentrations finales allant de 50 mg/ml à 0,048 mg/ml. Finalement, les puits ont étéensemencés avec 10  $\mu\text{l}$  de suspension bactérienne à tester préalablement ajustée à une concentration de  $10^6$  UFC/mL. Pour chaque test, un témoin positif (absence d'extrait) et un témoin négatif (absence d'extrait et la souche testée) ont été préparés (**Figure 9**). Les microplaques préparées ont été incubées à 37 °C pendant 24H.

Après incubation la CMI qui correspond à la plus faible concentration à laquelle aucune croissance n'est observée a été déterminée visuellement. Afin d'obtenir la valeur de la CMB, un volume de 20  $\mu\text{l}$  a été pipeté à partir des puits qui ne présentaient aucune croissance visible puis ensemencés sur milieu gélose nutritive. Les boîtes Pétris ensemencées ont été ensuite incubées à 37°C pendant 24 heures. La CMB est déterminée comme étant la plus faible concentration à laquelle aucune croissance n'est enregistrée suite à une tentative de reculture sur milieu solide (**Bolou et al., 2011**).



**Figure 9** : détermination de concentration minimale inhibitrice par la technique des microdilutions .

# **Chapitre III :**

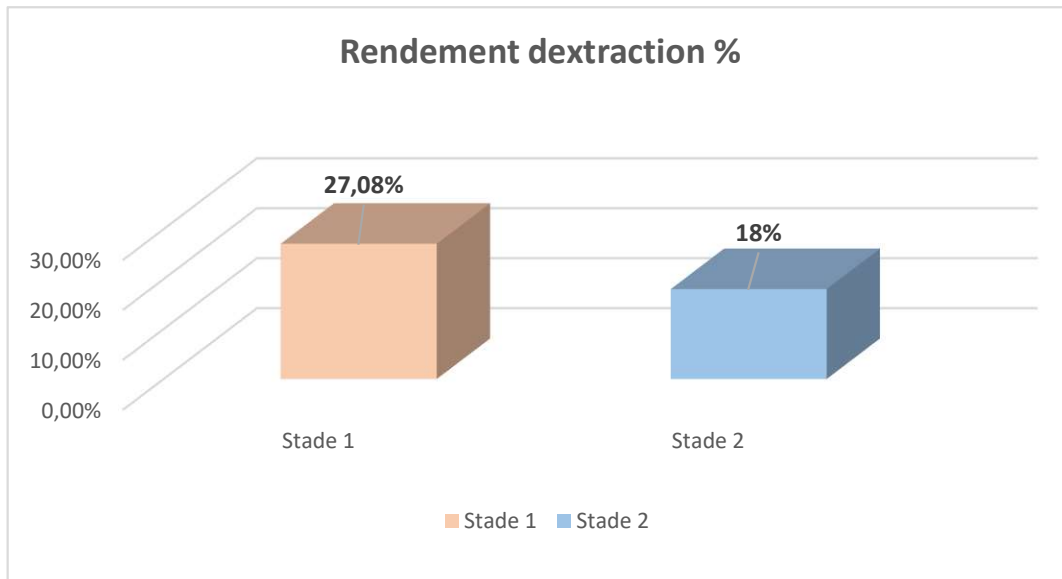
## **Résultats et discussion**



## Résultats et discussion

### 1. Rendement d'extraction

Après avoir réalisé le procédé de l'extraction des composés bioactifs des pelures des fruits de *Persea americana*, le rendement d'extraction a été calculé pour les deux stades de maturité étudiés. Les taux obtenus sont représentés dans la figure suivante.



**Figure 10** : Histogramme représentant le rendement d'extraction des composés phénoliques des pelures de *Persea americana*.

Les résultats du rendement représentés sur la **Figure 10**, révèlent une variation significative des rendements d'extraction chez l'espèce *Persea americana*, avec un rendement maximal observé dans l'extrait hydro-éthanolique stade 1 (27,08%), suivi de près par l'extrait hydro-éthanolique de *Persea americana* Stade 2 (18%). Ces résultats dépassent les rendements précédemment rapportés par **Michael Oghenejobo, (2016)**. D'après **Seidel et al. (2006)**, les solvants alcooliques polaires permettent d'extraire le maximum de composés bioactifs. Ces solvants provoquent une augmentation de la perméabilité de la membrane cellulaire ce qui permet l'extraction d'une plus grande quantité de substances bioactives.

Une comparaison avec les recherches antérieures de **Fernando García-Ramón, (2023)** sur l'épicarpe d'avocat Hass révèle une similitude des rendements d'extraction pour l'extrait hydro-éthanolique de *Persea americana* stade 1, mais une légère amélioration pour l'extrait hydro-éthanolique de *Persea americana* stade 2. Ces différences peuvent être attribuées à des facteurs

environnementaux, génétiques et géographiques, comme souligné dans l'étude de **Michael Oghenejobo (2016)**.

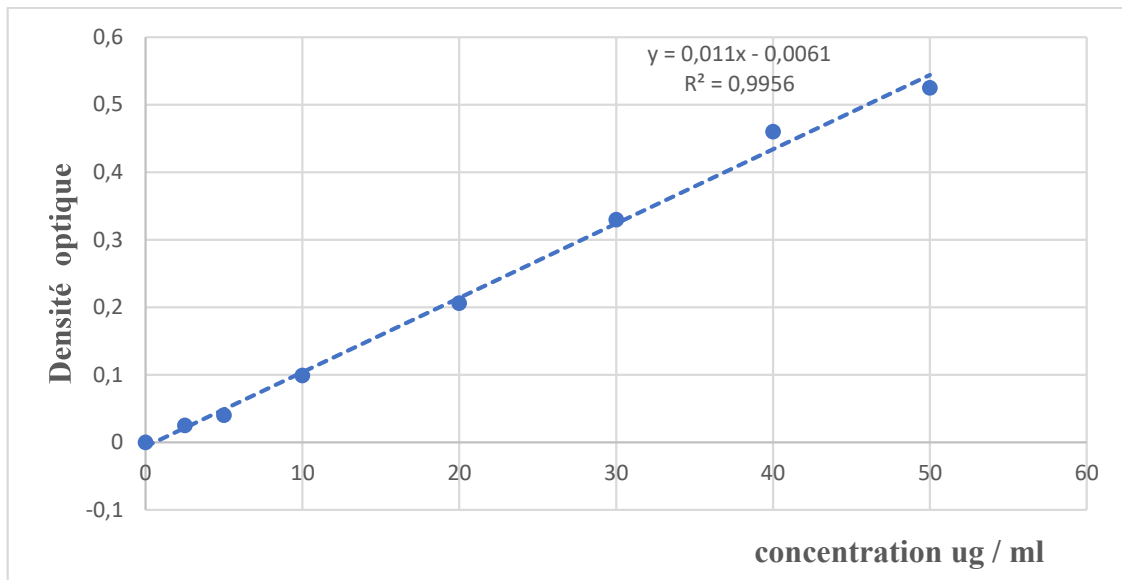
L'extraction, une étape importante qui permet de récupérer et maintenir l'intégrité des molécules bioactives présente dans les matières végétales. L'efficacité de cette démarche est conditionnée par divers facteurs, dont la complexité chimique des composants phytochimiques, la méthode d'extraction adoptée, la taille des particules d'échantillon et les caractéristiques du solvant (**Muhamed et al., 2017 ; Do et al., 2014**). Pour cette étude, nous avons fait le choix de la méthode d'extraction solide-liquide, à savoir la macération, une approche répandue malgré son rendement d'extraction généralement modeste pour les substances bioactives tel que les composés phénoliques (**Zhang et al., 2018 ; Boeing et al., 2014**).

Le rendement de l'extraction varie selon : la nature de solvant et leur polarité, pH, la température d'extraction, l'espèce végétale et son contenu en métabolites secondaires, la durée de stockage et la période de récolte (**Doe et al., 2014 ; Bachiri et al., 2016 ; Haddouchi et al., 2016**). Ces facteurs peuvent conduire à une réduction très significative de composés bioactifs obtenue à partir de l'extraction et par conséquent affect leurs activités biologiques (**Ouédraogo et al., 2018 ; Bar et al., 2022**).

## II. Teneurs en polyphénols totaux

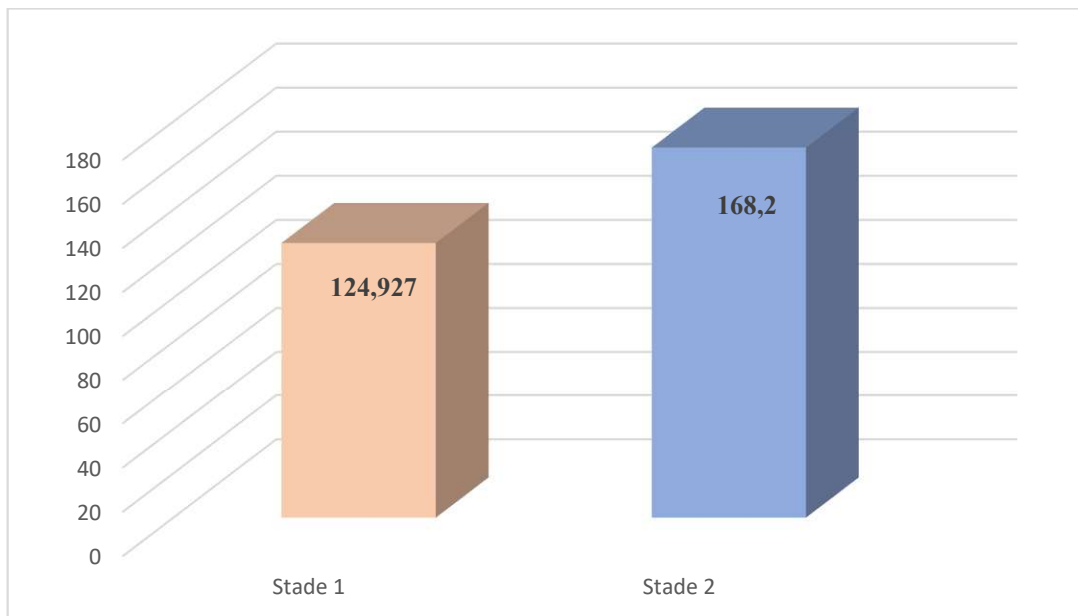
La détermination des taux en polyphénols des extraits a été réalisé par la méthode de Folin-Ciocalteu et les résultats sont exprimés en moyenne  $\pm$  l'écartype. La méthode se base sur une réaction d'oxydoréduction, dont la mise en évidence de ces composés se fait grâce à l'apparition d'une coloration bleue au cours du dosage.

Afin de déterminer les taux des polyphénols totaux présents dans les extraits obtenus, une courbe d'étalonnage établie à l'aide de différentes concentrations de l'acide gallique a été réalisé. La courbe obtenue montre une équation linéaire entre la concentration et la densité optique avec un  $R^2 = 0,9956$ . La teneur en composés phénoliques est déterminée à partir de la droite de régression de la gamme d'étalonnage établie avec l'acide gallique  $Y=0,011x -0,0061$ . Le résultat est exprimé en mg équivalent d'acide gallique par mg d'extrait sec (**mgEAG/mg d'extrait**) (**Figure 11**).



**Figure 11** : Droite d'étalonnage de l'acide gallique .

Les résultats obtenus pour le dosage des polyphénols des extraits de la plante étudiée sont représentés dans la **figure 12**.



**Figure 12** : Histogramme représentant la quantité en (mg) des polyphénols des extraits analysés .

Les valeurs considérables ont été obtenues pour les deux stades de maturité de la plante, ce qui indique une richesse en composés phénoliques. Toutefois, des différences entre les deux extraits ont été observées. Les teneurs en composés phénoliques augmentent avec la maturité du fruit. En effet, comme indiqué sur **La figure 12**, l'extrait hydro éthanolique de *Persea americana* (Stade 02) possède une teneur plus élevée en polyphénols (**168,20 ± 0,375 mg EGA/g d'extrait**), en comparaison avec l'extrait hydro éthanolique de *Persea americana* (stade 01) (**124,927 ± 0,559 mg EGA/g d'extrait**). L'étude menée par **Xiaoyan Lyu (2023)** sur des composés phénoliques dans la peau de l'avocat cultivé en Australie révèle que les pelures mûres de Hass présentent une teneur en composés polyphénoliques de **77,85 mg EAG/g**, tandis que pour les pelures non mûres de Hass, elle est de **45,74 ± 2,08 mg EAG/g**. Nos résultats, obtenus dans notre travail, mettent en évidence des valeurs de teneur en composés polyphénoliques plus élevées, atteignant respectivement **168,2 mg EAG/g** pour l'avocat Stade 2 et **124,927 mg EAG/g** pour l'avocat stade 1, ce qui suggère une potentialité antioxydante accrue.

Dans la recherche menée par **Ibrahim Juma (2023)**, portant sur l'épicarpe d'avocat Hass d'origine industrielle, les observations quant à la teneur en composés polyphénoliques des pelures mature de Hass (**44,24 ± 0,06 mg EAG/g**) et des pelures non mature (**30,35 ± 0,05 mg EAG/g**) sont mises en perspective avec nos résultats.

L'étude de **Agnieszka Kosinska (2012)** sur les profils de composés phénoliques de différentes variétés d'avocats, notamment **Hass et Shepard**, fournit des données intéressantes pour la comparaison. Les teneurs en polyphénols totaux de **25,32 ± 0,242 mg EAG/g** pour la variété **Hass** et de **15,61 ± 0,241 mg EAG/g** pour la variété **Shepard** sont comparées avec nos résultats. Bien que nos mesures révèlent des valeurs similaires pour l'avocat mature, des teneurs plus élevées sont observées pour l'avocat non mature. Cette comparaison souligne l'impact potentiel du stade de maturité sur la composition phénolique de l'avocat.

L'étude menée par **Muh. Amir Masruhim (2022)** a révélé une teneur totale en polyphénols de **221,593 mg GAE/g** d'extrait de peau d'avocat. Comparativement à nos propres résultats, cette étude démontre une teneur en polyphénols considérablement plus élevée, indiquant des variations qui pourraient être liées à des différences dans les conditions climatiques et culturelles de la plante.

### III.3. Teneur en flavonoïdes

En ce qui concerne la quantification des flavonoïdes, la quercétine a été employée comme étalon de référence afin d'établir une courbe d'étalonnage, permettant la quantification des flavonoïdes présents dans les extraits étudiés. Les valeurs obtenues sont exprimées en milligrammes d'équivalents de quercétine par gramme de matière sèche (**mg QE/g**) (**Figure 16**).

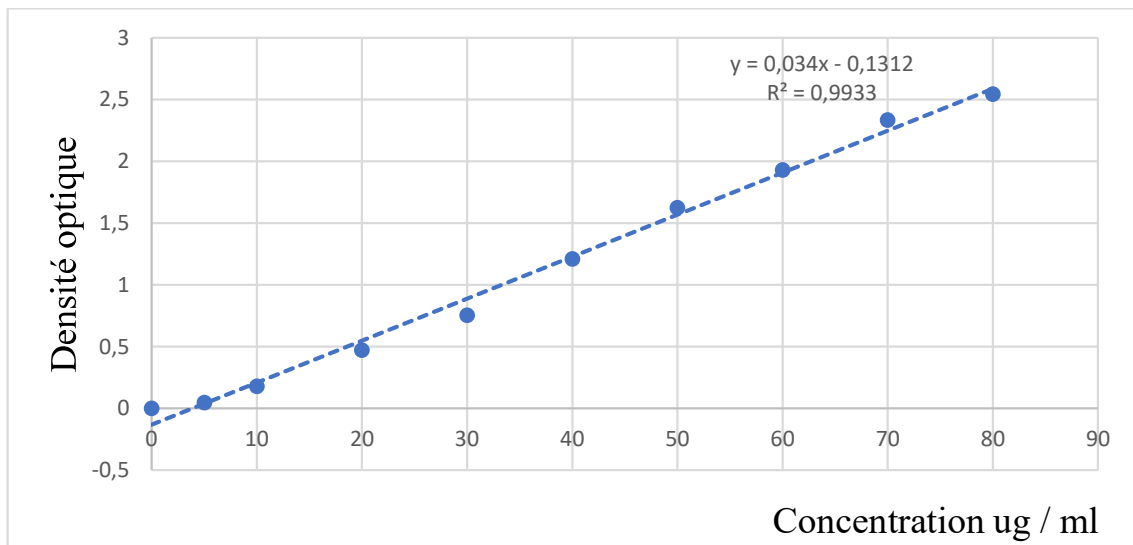


Figure 13 : Droite d'étalonnage de la quercétine .

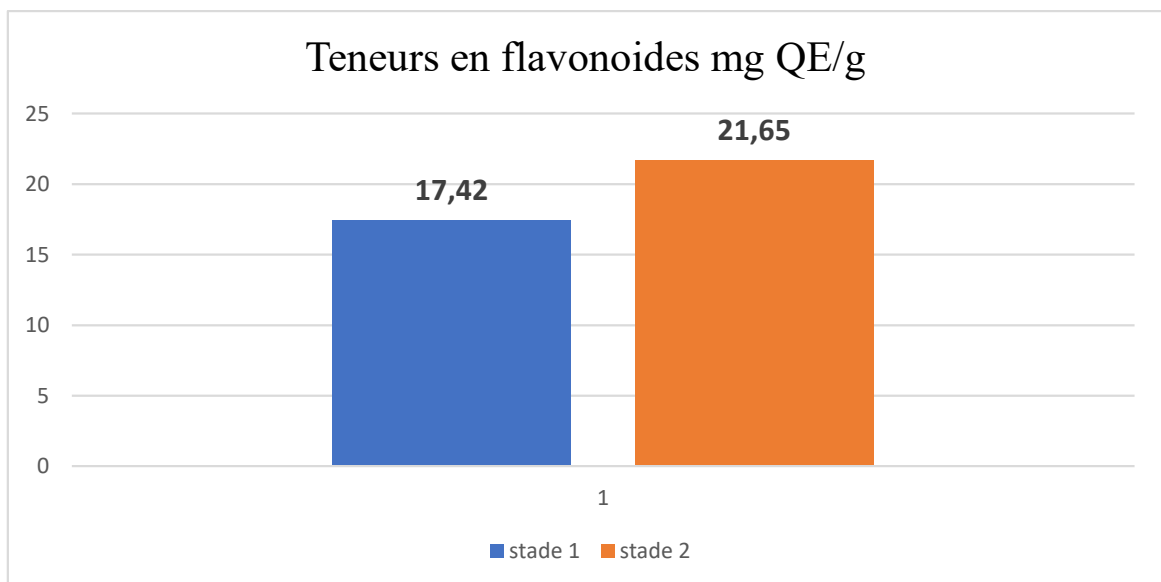


Figure 14 : Histogramme représentant la quantité en (mg) des flavonoïdes dans les extraits étudiés .

Nos résultats, comme illustrés dans la (**figure 14**), révèlent que les extraits hydro-éthanoliques des pelures de *Persea americana*, tant stade 2 que stade 1, présentent des teneurs significativement élevées en flavonoïdes. En particulier, l'extrait hydro-éthanolique de *Persea americana* stade 2 affiche une teneur en flavonoïdes de **21,65 mg QE/g**, suivi par l'extrait de *Persea americana* stade 1 avec **17,42 mg QE/g**.

En comparant ces résultats à ceux de **Xiaoyan Lyu (2023)**, qui rapporte des teneurs en flavonoïdes de **3,44 ± 0,03 mg QE/g** pour les pelures non mûres d'avocat cultivé en Australie, il est évident que les valeurs obtenues dans notre étude sont nettement plus élevées. Cette différence substantielle suggère une concentration accrue en composés flavonoïdiques dans nos extraits, ce qui pourrait correspondre à une activité antioxydante potentiellement plus élevée.

En comparant nos valeurs à celles publiées par **Hafiz A. R. Suleria (2020)** portant sur le criblage et la caractérisation des flavonoïdes dans diverses épicarpes de fruits rapporte une teneur en flavonoïdes de **1,24 ± 0,11 mg QE/g**. Les valeurs obtenues dans notre recherche, qui sont nettement plus élevées, mettent en lumière la richesse exceptionnelle des extraits de *Persea americana* en flavonoïdes, surpassant ainsi significativement les valeurs rapportées pour d'autres fruits. Cette variation en termes de teneur en flavonoïdes dans les pelures des fruits pourrait être expliqué par des différences dans le protocole d'extraction utilisées dans notre étude.

La teneur en flavonoïdes est attribuée à divers paramètres expérimentaux et environnementaux. Le travail de **Rini Isromarina (2022)** indique une teneur remarquable de **125,01 mg QE/g** pour l'extrait éthanolique de la peau d'avocat, tandis que **Vinha et al (2013)**, ont rapporté une concentration de **44,3 mg/100g**. Ces résultats diffèrent de manière significative de nos observations, qui montrent des valeurs de **21,65 mg QE/g** pour les échantillons stade 2 et de **17,42 mg QE/g** pour les stade 1.

L'étude de **Aminah Aminah (2017)** rapporte une teneur totale en flavonoïdes de **4,0122 mg QE/g** dans l'extrait éthanolique de peau d'avocat. En comparaison, nos résultats sont supérieurs, suggérant que des différences significatives dans les méthodologies d'extraction ou les variétés de la plante utilisée pourraient expliquer cette variation.

Enfin, l'étude de **Muh. Amir Masruhim (2022)** révèle une teneur totale en flavonoïdes de **10,855 mg QE/g** dans l'extrait de peau d'avocat. Cette teneur, inférieure à celles observées dans

notre étude pour les pelures stade 2 (**21,65 mg QE/g**) et stade 1 (**17,42 mg QE/g**), suggère que nos extraits possèdent une concentration plus élevée en flavonoïdes.

#### III.4. Activité antioxydante.

Dans notre travail, nous avons déterminé l'activité antiradicalaire des extraits hydro-éthanoliques des pelures du fruit de l'avocats à deux stade différents ,par le test du DPPH. Les résultats obtenus ont révélé des différences significatives.

La quantification de l'efficacité antioxydante des extraits d'épicarpe d'avocat à divers stades de maturité, obtenus par macération, a été réalisé suite à la détermination de la concentration inhibitrice médiane IC50, soit la quantité nécessaire pour lier 50% des radicaux DPPH libres. Nos observations ont révélé une IC50 de (**0,35±0,06 mg/mL**) pour l'extrait issu d'avocat stade 2 et de (**0,73±0,01 mg/mL**) pour celui issu d'avocat stade 1 . Ces résultats suggèrent que l'extrait hydro-éthanolique d'épicarpe mature a une activité antioxydante plus élevée par rapport aux extraits hydro-éthanoliques immature. Cependant, en comparant ces résultats avec la valeur de référence de l'acide ascorbique, qui a une IC50 de 0,14 mg/mL, il est évident que les extraits analysés, bien qu'ayant montré une activité antioxydante, sont moins efficaces. Cela montre que, malgré leurs propriétés antioxydante, les extraits étudiés sont moins puissants que l'acide ascorbique pour neutraliser les radicaux libres. Ces données sont inférieurs aux résultats obtenues par **Mohamed Yassin Ali et all en 2024**, qui Ont examiné l'activité antioxydante d'un extrait éthanolique d'épicarpe de P.americana qui présentent une valeur de IC50 de 99,87 µg/mL

Dans une précédente étude réalisée par **Irma Antasionasti et al. (2017)** il a été démontré que la nature du solvant utilisé joue un rôle crucial dans la teneur et la nature des composés récupérés, qui est également étroitement lié à leurs pouvoir antioxydant. Ces auteurs ont démontré que l'extrait méthanolique de l'épicarpe de l'avocat présentait un IC50 de 9,467 µg/mL. Cependant, une valeur d'IC50 plus élevée de 78,33 µg/mL indiquant une réduction du pouvoir antioxydant a été obtenue dans la même matière végétale en utilisant l'éther de pétrole comme solvant d'extraction.

Une activité anti-radicalaire plus élevé par rapport aux notre extraits a été rapportée par **Rini Isromarina and all. (2022 )** pour L'extrait éthanolique d'epicarpe de Persea americana caractérisé par une valeur de IC50 de 41,93 µg/ml.

**Tableau II** : Valeurs IC<sub>50</sub> des différents extraits hydroéthanolique et l'acide ascorbique .

	<b>Acide ascorbique</b>	<i>Persea americana</i> <b>Stade 1</b>	<i>Persea americana</i> <b>Stade 2</b>
<b>IC<sub>50</sub> (mg/mL)</b>	0,14±0,07	0,73±0,01	0,35±0,06

La relation entre la concentration inhibitrice à 50% et l'activité antioxydante d'une substance est caractérisée par une corrélation négative. Cela signifie qu'une valeur réduite d'IC<sub>50</sub> indique une forte capacité antiradicalaire. Par conséquent, un IC<sub>50</sub> inférieur implique que l'on a besoin d'une plus petite quantité de la substance pour induire une réduction significative de l'activité des radicaux libres, traduisant une activité antioxydante supérieure (**Tableau II**) (**Habibou et al., 2019**).



### III.5. Évaluation de l'activité antibactérienne

#### III.5.1. Étude de la sensibilité bactérienne

Les résultats obtenus, tels qu'illustrés dans le **tableau III**, attestent que l'extrait de la peau de *Persea americana* au premier stade de maturation exhibe une capacité antibactérienne variable vis-à-vis de la totalité des souches bactériennes expérimentées. Une inhibition maximale est identifiée avec des diamètres d'inhibition respectifs de 14,8 et 13,1 mm, obtenus à une concentration de 100 mg/ml contre les souches de *Pseudomonas aeruginosa* et *Proteus* sp. En parallèle, une inhibition mineure est relevée, indiquée par des zones de 9, 12,35 et 12,4 mm, pour le même extrait ramenée à 50 mg/ml, et ce, face aux souches *Klebsiella* sp., *Staphylococcus aureus* et *Escherichia coli* respectivement.

A partir des résultats obtenus, nous pouvons constater également que les souches bactériennes soumises à l'analyse témoignent d'une sensibilité variable à l'extrait hydroéthanolique de la peau de *Persea americana* au deuxième stade de maturité. Il y est décelé des zones d'inhibition prononcées de 17,35 mm pour *Proteus* sp. de 16,7 mm pour *Pseudomonas* sp., de 16,35 mm pour *Bacillus cereus*, et de 15,85 mm pour *Staphylococcus aureus* à concentration de 100 mg/ml. À l'opposé, une activité antibactérienne moindre est signalée par des zones d'inhibition de 9 mm contre *Klebsiella* sp. de 12,35 mm contre *Staphylococcus aureus* et de 12,4 mm contre *Escherichia coli*, tous mesurées à une concentration de l'extrait de 50 mg/ml. Ces constatations confirment le potentiel de l'extrait comme agent antibactérien, avec des implications pratiques distinctes selon la concentration et le stade de maturité de l'extrait de peau d'avocat.

**Tableau III** : Diamètres des zones d'inhibition(mm) des extraits hydro-éthanoliques de la peau de l'avocat à différents stades de maturité .

Concentration	STADE 1		STADE 2	
	50	100	50	100
<i>Bacillus cereus</i>	10,25±0,21	12,3±0,14	12,7±0,42	16,35±2,1
<i>Staphylococcus aureus</i>	9,85±0,07	12,4±1,13	12,35±0,35	15,85±1,62
<i>Klebsiella</i> sp.	8±0,21	9,05±0,91	9,1±0,28	12,55±0,63
<i>Escherichia coli</i>	11,1±1,41	13,2±0,28	12,4±0,7	14,25±0,49
<i>Proteus</i> sp.	11,8±0,28	13,1±0,14	13,85±0,49	17,35±0,21
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	12,05±0,21	14,8±0,14	14,65±0,21	16,7±0,28

À partir des résultats obtenus dans notre étude, il est évident que les souches bactériennes soumises à l'analyse présentent une sensibilité variable aux antibiotiques gentamicine et ampicilline. *Bacillus cereus* montre une forte sensibilité à la gentamicine avec une zone d'inhibition de  $26 \pm 1,41$  mm, mais est totalement résistant à l'ampicilline. *Staphylococcus aureus* présente une sensibilité moindre à la gentamicine ( $17,9 \pm 0,21$  mm) mais une sensibilité notable à l'ampicilline ( $23,65 \pm 0,63$  mm). *Klebsiella* sp. Affiche une sensibilité élevée à la gentamicine ( $27,15 \pm 0,49$  mm) et une sensibilité plus faible à l'ampicilline ( $11,5 \pm 0,77$  mm). *Escherichia coli* est sensible à la gentamicine ( $26,75 \pm 0,35$  mm) et montre une sensibilité modérée à l'ampicilline ( $15 \pm 0,14$  mm). *Proteus* sp. est totalement résistant aux deux antibiotiques. Enfin, *Pseudomonas aeruginosa* est sensible à la gentamicine ( $22,46 \pm 0,63$  mm) mais résistante à l'ampicilline (**Tableau IV**). Ces constatations indiquent que la gentamicine possède une activité antibactérienne plus large comparée à l'ampicilline pour les souches bactériennes testées, soulignant que l'efficacité des antibiotiques dépend fortement du type de bactérie ciblée.

**Tableau IV:** Activités antibactérienne (zones d'inhibition en mm) de la gentamicine et l'ampicilline sur les souches bactériennes testées

	<b>Gentamicine (10µg)</b>	<b>Ampicilline (10µg)</b>
<i>Bacillus cereus</i>	26± 1,41	0±0
<i>Staphylococcus aureus</i>	17,9±0,21	23,65±0,63
<i>Klebsiella</i> sp.	27,15 ±0,49	11,5±0,77
<i>Escherichia coli</i>	26,75±0,35	15±0,14
<i>Proteus</i> sp.	0±0	0±0
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	22,46±0,63	0±0

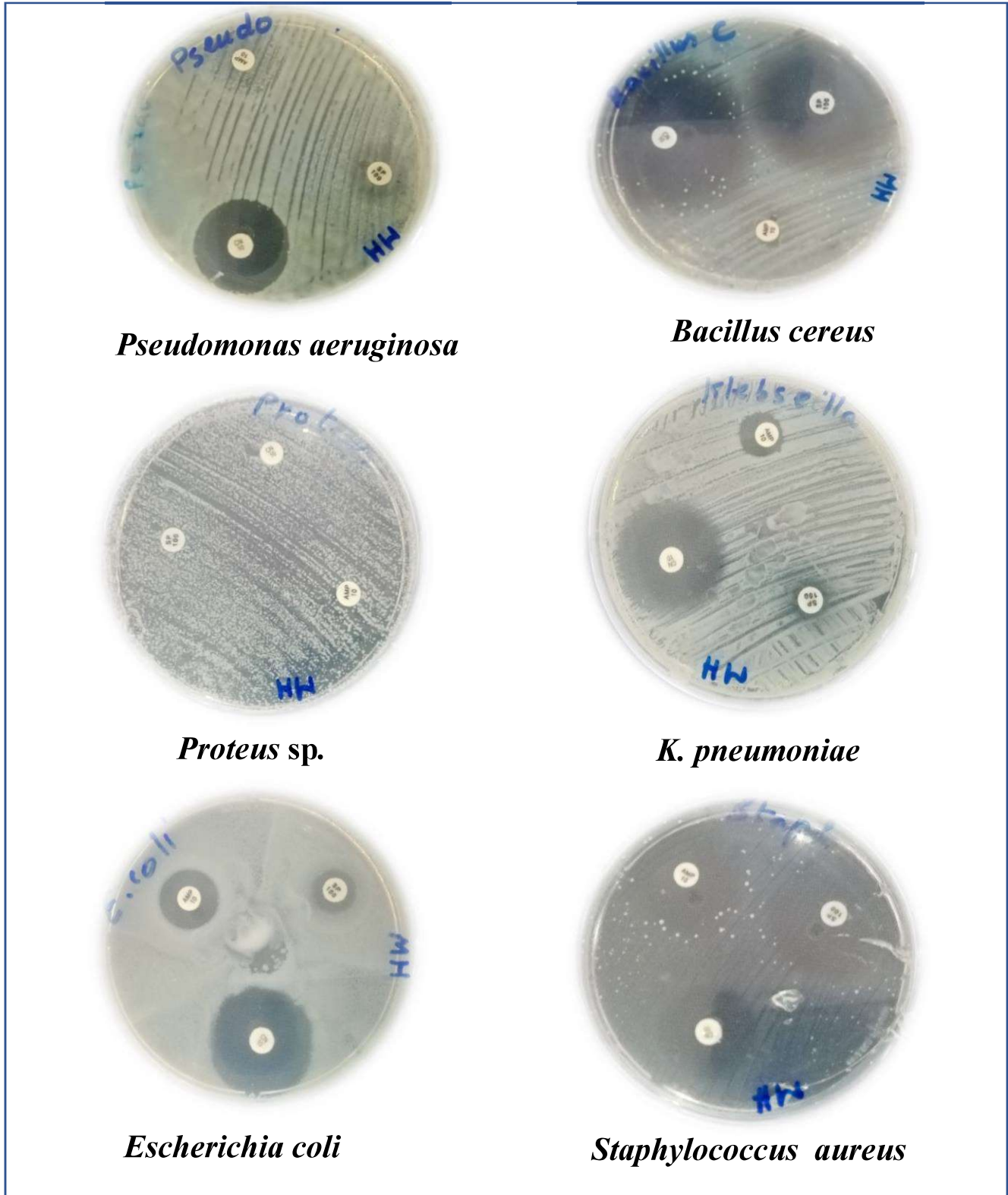
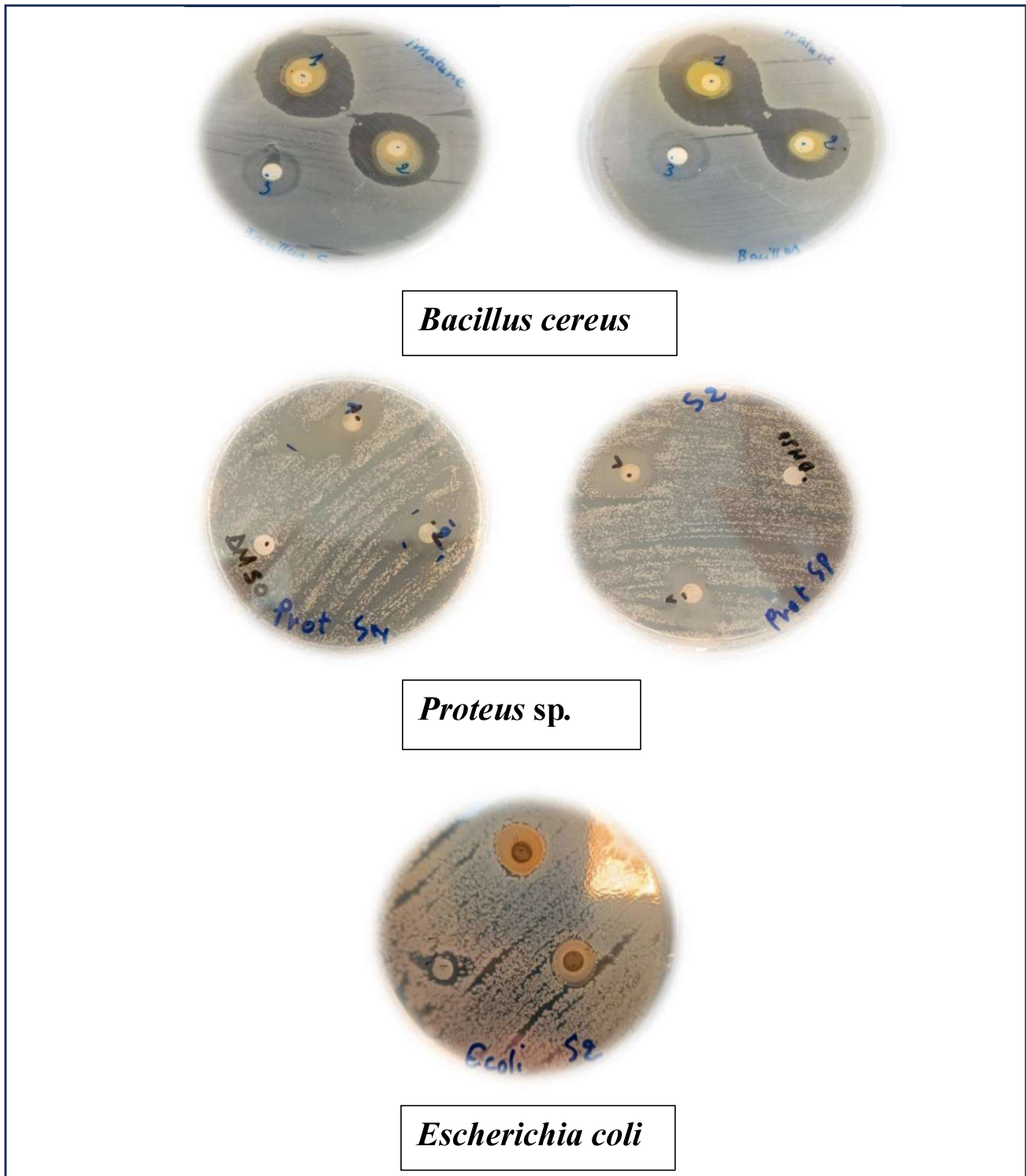


Figure 15: Résultats de l'antibiogramme .



1 : concentration 100 mg / ml - 2 : concentration 50 mg / ml - 3 : Témoin négatif ( DMSO )

**Figure 16** : Résultats de la méthode de diffusion sur disque réalisée pour les extraits éthanoliques .

En comparant nos valeurs à celles publiées par **Wulandari et al., 2019** rapporte une faible activité sur *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 avec un diamètre de  $8,05 \pm 0,23$  mm. Les valeurs obtenues dans notre étude qui sont nettement plus élevées, mettent en lumière le potentiel antibactérien exceptionnelle de notre extraits de *Persea americana*. En revanche, les résultats obtenus sur la même espèce (*Staphylococcus aureus* ATCC 25923) par **Nanik Sulistyani et al., 2022** ont montré que l'extrait éthanolique et l'extrait de d'acétate d'éthyle de épicarpe *P.americana* possède un faible effet avec des zones inhibitrices de  $5,67 \pm 0,29$  et  $8,33 \pm 0,58$ , respectivement qui sont inférieure à notre résultat.

L'étude de **Cyuzuzo Callixte et all en 2019**, révèle une forte Activité antibactérienne sur *K. pneumoniae* ATCC 4352 et *P. aeruginosa* ATCC 27853 avec des zones inhibitrices de  $17 \pm 0,2$  mm et  $17 \pm 3,3$  mm respectivement pour l'extrait éthanolique de peau d'avocat. Ces valeurs sont proches à celles observées dans notre étude pour les pelures mures.

Des études menées par **Rodríguez-Carpena al en 2011** et **Michael Oghenejobo al ( 2016 )**, ont montrés que l'extrait éthanolique de épicarpe mure d'avocats possède un faible effet sur *E. coli* avec un diamètre de  $5,73$  mm et  $6$  mm, respectivement qui sont inférieurs à notre résultat.

D'après la recherche bibliographique disponible, il n'existe pas vraiment des travaux sur l'activité antibactérienne extrait hydro-éthanolique de l'épicarpe mure et immature de *Persea americana* contre *Bacillus cereus* et *Proteus* sp. Pour cela, les résultats de cette étude sont comparés à ceux obtenus pour d'autres partie de cette plante (les graines et les feuilles) contre les souches de références.

D'après les résultats de l'étude menée par **Rodríguez-Carpena et ses collaborateurs en 2011**, sur l'activité antibactérienne des extraits éthanolique de graines de fruit d'avocat contre *Bacillus cereus*, ils ont montré que l'extrait a une activité modéré sur la souche testé avec un diamètre de  $9,20$  et  $7,87$ , respectivement pour deux variétés de fruits mure *Persea americana* qui sont inférieurs à notre résultat. En revanche, les résultats obtenus par **Vivekananda Vinsensius Benget et al. (2016)**, ont montré que l'extrait éthanolique de graines de *P.americana* possède une activité modérée contre *Bacillus cereus* avec un diamètre de  $11,55$  mm qu'est inférieur à notre résultat.

L'étude de **Biyik, H. H., et al (2019)**, révèle une activité antibactérienne modéré d'extrait éthanolique des feuilles de *Persea americana* sur *Bacillus cereus* avec une zone inhibitrice de 13 mm qu'est proche à nos résultats. Tandis que, l'effet inhibiteur le plus puissant sur *Bacillus cereus* a été observé par **Harrizul Rivai et al en 2020** , dont la plus grand zone d'inhibition est de 25,50 mm qui reste supérieur à celle obtenue dans notre travail.

La détermination des zones d'inhibition est une méthode couramment employée pour évaluer l'activité antimicrobienne des extraits végétaux. Cette technique est affectée par de multiples paramètres qui peuvent entraîner des variations significatives dans les résultats obtenus. Ainsi, la période de récolte de la plante influence la composition chimique de ces extraits et, de ce fait, leur potentiel antibactérien, comme l'ont rapporté **Herouini et al. (2015)**. De plus la diffusion et la solubilité de la substance testée dans le milieu gélosé, de même que la dimension et le type du disque de diffusion, jouent également un rôle prépondérant dans la mesure de l'activité antimicrobienne (**Bubonja-Šonje et al., 2020 ; Horváth et al., 2016**).

La quantité du composé antibactérien appliqué sur le disque, la nature de la souche microbienne testée, ainsi que ses métabolites influencent par ailleurs la taille de la zone d'inhibition. Les conditions d'incubation comme la nature du milieu de culture ou la quantité de l'inoculum et la nature des métabolites présents dans l'extrait, sont autant de facteurs déterminants (**Ellof, 2019 ; Carneiro et al., 2008**).

De nombreuses études menées sur des profils de sensibilité bactérienne face aux extraits de plantes ont révélé que les bactéries Gram-positif, sont généralement plus sensibles que les bactéries Gram-négatif, ce qui pourrait s'expliquer par les différences structurales de leurs parois cellulaires, rendant les Gram + plus perméables aux molécules antibactériennes (**Wiciński et al., 2020 ; Koohsari et al., 2018**). Plus précisément, la paroi cellulaire des Gram + est marquée par une couche épaisse de peptidoglycane, enrichie de structures polysaccharidiques, facilitant l'entrée des composés bioactifs, tandis que les Gram - se caractérisent par une mince couche de peptidoglycane, renforcée par une membrane externe qui limite l'espace périplasmique, ce qui confère une résistance relative aux agents antibactériens (**Padalia et al., 2017**). Dans notre travail, nos résultats ne montrent pas des différences importantes de sensibilité entre les Gram + et les Gram -.



Il est important de souligner que les métabolites secondaires des plantes, en particulier les polyphénols, jouent un rôle majeur en augmentant la toxicité des extraits vis-à-vis des micro-organismes. Le mode d'action des composés phénoliques est variable et peut se faire à différents niveaux cellulaires. Ces molécules peuvent induire une altération morphologique des micro-organismes conduisant à une destruction de leur paroi cellulaire, et peuvent également provoquer une inhibition de la synthèse des acides nucléiques conduisant à la mort cellulaire (**Efenberger-Szmechtyk et Czyzowska, 2020**).

### III.5.2. Concentrations minimales inhibitrice et bactéricide

Au cours de notre travail, les valeurs de la CMI et la CMB de extraits éthanoliques ont été déterminé pour six souches bactériennes par la technique de micro dilution (**Tableau V**).

D'après les résultats obtenus on observe que les valeurs de la CMI d'extrait hydro-éthanolique épicarpe stade 1 sont variées de (6,25mg/ml à 50mg/ml). Les valeurs de la CMI pour *S. aureus* et *Bacillus cereus* sont respectivement de 3,125 mg/ml et 6,25 mg/ml .Alors que les valeurs de la CMB étaient respectivement 6,25mg/ml, 12,5 mg/ml . Concernant les valeurs de la CMI pour *Escherichia coli* , *Pseudomonas aeruginosa* et *Proteus* sp. sont respectivement de 50 mg/ml, 12,5 mg/ml, 6,25 mg/ml .Tandis que, les valeurs de la CMB étaient respectivement de 50 mg/ml, 12,5 mg/ml et 12,5mg/ml).En revanche, la plus forte CMI et CMB pour extrait hydro-éthanolique épicarpe stade 1 est révélé avec *Klebsiella pneumoniae* avec une valeur supérieure à 50 mg/ml.

Tableau V : concentrations minimales inhibitrice (mg/ml) et bactéricide .

	Stade 1		Stade 2	
	CMI	CMB	CMI	CMB
<i>Bacillus cereus</i>	6,25	12,5	6,25	12,5
<i>Staphylococcus aureus</i>	1,56	3,125	3,125	6,25
<i>Klebsiella sp.</i>	>50	>50	50	>50
<i>Escherichia coli</i>	12,5	25	>50	>50
<i>Proteus sp.</i>	6,25	12,5	6,25	12,5
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	12,5	12,5	12,5	25

Selon **Ramdan et al. (2018)** et **Canli et al. (2019)**, la différence entre la CMI et la CMB des extraits est due à la variation de leurs constituants chimiques, qui sont influencés par l'environnement dans lequel les échantillons de plantes ont été prélevés, ainsi que par la nature et la composition de la paroi cellulaire des Microorganismes testés.



### *Conclusion*

Au cours de la dernière décennie, un intérêt croissant a été observé pour la recherche sur la production des composés biologiquement actifs issus de sources naturelles, tels que les plantes aromatiques et médicinales. Ces dernières offrent une source considérable de substances phytochimiques bioactives qui possèdent de multiples applications en tant qu'alternatives naturelles dans divers secteurs industriels, notamment dans l'agroalimentaire, de par leurs propriétés biologiques diverses, y compris des activités antibactériennes et antioxydantes. Ce travail de recherche a donc eu pour objectif de caractériser la richesse des métabolites secondaires de *Persea americana*, ainsi que d'évaluer in vitro leur potentiel antioxydant et leur activité antibactérienne contre des souches bactériennes pathogènes.

Au cours de cette étude, l'extraction des polyphénols a été réalisée via la méthode de macération conventionnelle, permettant d'obtenir des rendements d'extraction de 27,08 % pour l'extrait hydro éthanolique de l'épicarpe mature et de 18 % pour celui de l'épicarpe immature.

L'analyse quantitative du contenu en phénols totaux, selon la méthode de Folin-Ciocalteu, a révélé une concentration dominante de polyphénols dans nos extraits, avec des teneurs respectives de 168,74 **mg EAG/g MS** et 125,12 **mg EAG/g MS** pour les extraits hydro éthanoliques d'épicarpe mature et immature. Par ailleurs, le dosage des flavonoïdes, effectué par la méthode de trichlorure d'aluminium, a montré que les extraits présentent des teneurs modérées de flavonoïdes.

L'évaluation du potentiel antioxydant par la méthode de neutralisation du radical libre DPPH a mis en évidence une activité significative pour les deux extraits, avec des IC<sub>50</sub> de **0,35 ± 0,02 mg/ml** et **0,75 ± 0,132 mg/ml** pour les épicarpes matures et immatures, respectivement. Quant à l'activité antibactérienne, testée par la méthode de diffusion en gélose, elle a révélé un pouvoir antibactérien notable des différents extraits d'épicarpe de *Persea americana* contre six souches pathogènes, ce pouvoir se manifestant par des zones d'inhibition variables. Les espèces bactériennes les plus réceptives aux composés bioactifs étaient notamment celles des genres *Bacillus*, *Staphylococcus* et *Proteus*.

Les résultats obtenus pour la Concentration Minimale Inhibitrice et la Concentration Minimale Bactéricide ont indiqué des valeurs particulièrement basses vis-à-vis de *Staphylococcus aureus* pour les deux types d'extraits testés, mature et immature.

Il est important de souligner que les plantes ont développé au fil de l'évolution une résistance notable contre les invasions bactériennes, les positionnant ainsi comme une source prometteuse pour renforcer la lutte humaine contre l'émergence de bactéries de plus en plus résistantes aux traitements antibiotiques conventionnels, problème qui constitue un enjeu majeur de santé publique mondiale.

Pour approfondir ces résultats préliminaires et établir de nouvelles stratégies thérapeutiques à partir de *Persea americana*, des perspectives de recherche sont proposées.

➤ Elles incluent l'isolement et la caractérisation des molécules bioactives spécifiques afin de mieux comprendre leur mécanisme d'action.

➤ L'évaluation de la synergie potentielle entre les différents composés phytochimiques, ainsi que l'étude de leur effet in vivo.

➤ L'étude de l'effet synergétique des métabolites secondaires de *Persea americana* avec les antibiotiques contre les bactéries multi résistantes.

➤ Formulation de quelques médicaments et produits cosmétiques à base des composants bioactifs de *P.americana* .

➤ Faire une étude phytochimique approfondie sur la composition chimique des composants bioactifs des extraits et l'huile de *Persea americana* dans le but de remplacer les conservateurs chimiques par ces conservateurs naturels qu'ont prouvé leur efficacité contre les différents agents responsables sur l'altération d'aliment.

# **Références bibliographiques**

## Références bibliographiques

---

- Abraham, J.D., Abraham, J., Takrama, J.F., 2018. Morphological characteristics of avocado (*Persea americana* Mill.) in Ghana. *African Journal of Plant Science* 12, 88–97.
- Ahmed, N., Smith, R.W., Henao, J.J.A., Stark, K.D., Spagnuolo, P.A., 2018. Analytical Method to Detect and quantify Avocatin B in Hass Avocado Seed and Pulp Matter. *J Nat Prod* 81, 818–824.
- Aniszewski T. 2007. Alkaloids : secrets of life, alkaloid chemistry, Biological significance, applications and ecological role. Ed. Elseiver. Amsterdam. 337p.
- Arachchige, U., Ranaweera, S., Ampemhotti, T., Nayanakanthi, P.K.T., Edirisinghe, D.S.P., Wimalarathne, N.R.G.S.S., 2019. Preparation of Avocado Butter. *International Journal of Scientific & Technology Research* 8, 3527–3530.
- Bachiri, L., Echchegadda, G., Ibijbijen, J et Nassiri, L. (2016). Etude Phytochimique Et activité Antibactérienne De Deux Espèces De Lavande Autochtones Au Maroc : « *Lavandula stoechas* L. et *Lavandula dentata* L. ». *European Scientific Journal*. 12(30) : 313-333. doi : 10.19044/esj.2016.v12n30p313.
- Bar, M., Binduga, U. E et Szychowski, K. A. (2022). Methods of Isolation of Active substances from Garlic (*Allium sativum* L.) and Its Impact on the Composition and biological Properties of Garlic Extracts. *Antioxidants*. 11(7) : 3-29.
- Bergh, B.O., 2018. *Persea americana*, in: *CRC Handbook of Flowering*. pp. 253–268.
- Bhuyan, D.J., Alsherbiny, M.A., Perera, S., Low, M., Basu, A., Devi, O.A., Barooah, M.S., Li, C.G., Papoutsis, K., 2019. The odyssey of bioactive compounds in Avocado (*Persea Americana*) and their health benefits. *Antioxidants* 8, 1–53.
- Blogger (2016). In Avocado. Horticulture plant ID. Disponible sur : ><http://sleeshorticultureplantid.blogspot.com/2016/03/avocado.html>>
- Bocan, D. A. T., Tsang, S. S. K., Li, C., Lee, I. H. T., Lam, H. M., Chan, T. F et Hui, J. H. L. (2020). Terpenes and Terpenoids in Plants: Interactions with Environment and Insects. *International Journal of Molecular sciences*. 21(9).
- Boeing, J. S., Barizão, É. O., e Silva, B. C., Montanher, P. F., de Cinque Almeida, V et visentainer, J. V. (2014). Evaluation of solvent effect on the extraction of phenolic

## Références bibliographiques

---

- compounds and antioxidant capacities from the berries : application of principal component analysis. *Chemistry Central Journal*. 8(1) : 1-9.
- Bossou, Annick Flore Arlette Dohoué & Dieudonne, Adoko & Avlessi, Félicien & Dominique, Sohounhloue. (2024). ASPECTS BOTANIQUES, PROFILS NUTRITIONNELS ET CHIMIQUES, PROPRIETES BIOLOGIQUES ET UTILISATIONS COSMETIQUES DE PERSEA AMERICANA MILL. *International Journal of Advanced Research*. 12. 134-143. 10.21474/IJAR01/18275.
  - Bule, M., Khan, F., Nisar, M. F., & Niaz, K. 2020. Tannins (hydrolysable tannins, condensed tannins, phlorotannins, flavono-ellagitannins). *Analysis of polyphenolics*, 132-146.
  - Chira, K., Suh, J. H., Saucier, C., & Teissèdre, P. L. 2008. Les polyphénols du raisin.
  - Cho, K. S., Lim, Y., Lee, K., Lee, J., Lee, J. H et Lee, I.S. (2017). Terpenes from Forests and human Health. *Toxicological Research*. 33(2) : 97–98.
  - Chong, J., Poutaraud, A., & Huguency, P. 2009. Metabolism and roles of stilbenes in plants. *Plant science*, 177(3), 143-155 erivatives. *Arabian Journal of Chemistry*, 13(1), 17-26.
  - COLEACP, 2011. Itinéraire technique avocat (Persea Americana). COLEACP, Brussels, Belgium.
  - Collin S., Crouzet J. 2011. Polyphénols et procédés : transformation des polyphénols au travers des procédés appliqués à l'agro-alimentaire Ed. Tec&Doc .lavoisier, Paris, pp.5-25.
  - Corona, G., Kreimes, A., Barone, M., Turrone, S., Brigidi, P., Keleszade, E., & Costabile, A. 2020. Impact of lignans in oilseed mix on gut microbiome composition and enterolignan production in younger healthy and premenopausal women : an in vitro pilot study. *Microbial cell factories*, 19, 1-14
  - Cui, Q., Du, R., Liu, M., and Rong, L. 2020. Lignans and Their Derivatives from Plants as antivirals. *Molecules*, 25(1), 183.
  - Dias MC, Pinto DC, Silva AM. 2021. Plant flavonoids : chemical characteristics and biological activity. *Molecules* 26(17) :5377.
  - Djerrad, Z., Kadik, L. & Djouahri, A. (2015). Chemical variability and antioxidant activities Among *Pinus halepensis* Mill. Essential oils provenances, depending on geographic variation and environmental conditions. *Industrial Crops and Products*, 74, 440-449.
  - Do, Q. D., Angkawijaya, A. E., Tran-Nguyen, P. L., Huynh, L. H., Soetaredjo, F. E., Ismadji, S et Ju, Y.H. (2014). Effect of extraction solvent on total phenol content, total flavonoid

## Références bibliographiques

---

- content, and antioxidant activity of *Limnophila aromatica*. *Journal of Food and Drug Analysis*. 22(3) : 296–302.
- Dos Santos Grasel, F., Ferrão, M. F., & Wolf, C. R. (2016). Development of methodology for identification the nature of the polyphenolic extracts by FTIR associated with multivariate analysis. *Spectrochimica Acta Part A : Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 153, 94-101.
  - Dulay, R.M.R., De Castro, M.E.G., 2016. *Persea americana* Mill. (Lauraceae) extract exhibits antioxidant and antibacterial properties. *Der Pharmacia Lettre* 8, 191–196.
  - Durazzo, A., Lucarini, M., Souto, E. B., Cicala, C., Caiazzo, E., Izzo, A. A., & Santini, A. 2019. Polyphenols : A concise overview on the chemistry, occurrence, and human health. *Phytotherapy Research*, 33(9), 2221-2243.
  - Fertout-Mouri, N., Latreche, A., Mehdadi, Z., et Bengherraz, Z. (2016). Activité antibactérienne de quatre extraits de *Teucrium polium* L. du mont de Tessala (Algérie occidentale). *Bulletin de la Société royale des Sciences de Liège*. 85 : 253-262.
  - Gardenlux, Avocats : Types et variétés, photos et descriptions. URL <https://gardenlux.decorexpro.com/fr/sad-i-Ogorod/orehi/avokado-vidy-i-sorta-foto-i-opisanie.html> (accessed 13.2.24).
  - Garg, S. S., Gupta, J., Sharma, S., & Sahu, D. 2020. An insight into the therapeutic applications of coumarin compounds and their mechanisms of action. *European Journal of pharmaceutical Sciences*.
  - Haddouchi, F., Zerhouni, K., Sidi-Yekhelef, A et Chaouche, T. M. (2016). Évaluation de l'activité antimicrobienne de différents extraits d'*Helichrysum stoechas* subsp. *Rupestre*. *Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège*. 85 : 152 – 159.
  - Hassani FV, Shirani K, Hosseinzadeh H. Rosemary (*Rosmarinus officinalis*) as a Potential therapeutic plant in metabolic syndrome: a review. *Naunyn Schmiedeberg's Arch Pharmacol*. 2016;389:931–49
  - Hausch, B.J., Arpaia, M.L., Kawagoe, Z., Walse, S., Obenland, D., 2020. Chemical Characterization of Two California-Grown Avocado Varieties (*Persea americana* Mill.) over the Harvest Season with an Emphasis on Sensory-Directed Flavor Analysis. *J Agric Food Chem* 68, 15301–15310.

## Références bibliographiques

---

- Hernández-Brenes, C., 2013. Isolation and structure elucidation of avocado seed (*Persea americana*) lipid derivatives that inhibit *Clostridium sporogenes* endospore germination. *Journal of Agricultural and Food chemistry* 61, 7403–7411.
- Hurtado-Fernández, E., Fernández-Gutiérrez, A., Carrasco-Pancorbo, A., 2018. Avocado fruit— *Persea americana*, in : *Exotic Fruits*. Elsevier, pp. 37–48.
- Idris, S., Ndukwe, G., Gimba, C., 2009. Preliminary phytochemical screening and antimicrobial activity of seed extracts of *Persea americana* (avocado pear). *Bayero Journal of Pure and Applied Sciences* 2, 173–176.
- Izzo AA, Hoon-Kim S, Radhakrishnan R, Williamson EM. A critical approach to Evaluating clinical efficacy, adverse events and drug interactions of herbal Remedies. *Phytother Res.* 2016;30:691–700
- Justin, N. K., Edmond, S., Ally, R. M et Xin, H. (2014). Plant Secondary Metabolites : Biosynthesis, Classification, Function and Pharmacological Properties. *Journal of pharmacy and Pharmacology.* 2 : 377-392.
- Jutte R, Heinrich M, Helmstadter A, Langhorst J, Meng G. Herbal medicine Product-evidence and tradition from a historical perspective. *J Ethnopharmacol.* 2017;207:220–5
- Kaurinovic, B., & Vastag, D. 2019. Flavonoids and phenolic acids as potential natural antioxidants. In *Antioxidants*. IntechOpen . DOI 10.5772/intechopen.83731.
- Kumar, N., & Goel, N. 2019. Phenolic acids : Natural versatile molecules with promising therapeutic applications. *Biotechnology Reports*, 24.
- Larijani K, Rustaiyan A, Azar PA, Nematollahi F, Taban S. Composition of Essential oil of leaves of *Persea americana* cultivated in Iran. *Chem Nat Compd.* 2010;46:489–90.
- Li, X., Dai, T., Hu, P., Zhang, C., Chen, J., Liu, C., & Li, T. 2020. Characterization the noncovalent interactions between beta lactoglobulin and selected phenolic acids. *Food hydrocolloids*, 105, 105761.
- Macheix J.J., Fleuriet A., Jay-Allemand C. 2005. Les composés phénoliques des végétaux. Ed. Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, Lausanne.192p.
- Maes, C., 2017. Contribution à l'étude phytochimique des espèces *Leeaguinensis*, *Litchi chinensis* et *Persea americana* en vue de valorisations cosmétiques. Uliège Université.
- Melgar, B., Dias, M.I., Ciric, A., Sokovic, M., Garcia-Castello, E.M., Rodriguez-Lopez, A.D., Barros, L., Ferreira, I.C.R.F., 2018. Bioactive characterization of *Persea americana*

## Références bibliographiques

---

- Mill. By-products : A rich source of inherent antioxidants. *Industrial Crops and Products* 111,212–218.
- Melgar, B., Dias, M.I., Ciric, A., Sokovic, M., Garcia-Castello, E.M., Rodriguez-Lopez, A.D., Barros, L., Ferreira, I.C.R.F., 2018. Bioactive characterization of *Persea americana* Mill. By-products : A rich source of inherent antioxidants. *Industrial Crops and Products* 111,212–218.
  - Mosunova, O., Navarro-Munoz, J. C et Collemare, J. (2021). The Biosynthesis of Fungal Secondary Metabolites: From Fundamentals to Biotechnological Applications. *Encyclopedia of Mycology*. 2: 458-476. doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809633-8.21072-8>.
  - Muhamad, I. I., Hassan, N. D., Mamat, S. N. H., Nawi, N. M., Rashid, W. A et Tan, N. A.(2017). Extraction Technologies and Solvents of Phytocompounds From Plant Materials :Physicochemical Characterization and Identification of Ingredients and Bioactive Compounds From Plant Extract Using Various Instrumentations. *Ingredients Extraction by physicochemical Methods in Food* : 523–560.
  - Mutha RE, Tatiya AU, Surana SJ. 2021. Flavonoids as natural phenolic compounds and their role in therapeutics : an overview. *Future Journal of Pharmaceutical Sciences* 7 :25
  - OMS (2005) La résistance aux antimicrobiens: une menace pour la sécurité sanitaire mondiale. *A58/14*: 1-6
  - Ouédraogo, H., Ouattara, L., Ouoba, P., Bonzi, S. & Somda, I. (2018). Évaluation de l'activité antifongique et de la phytotoxicité de *Isoperlinia doka* Craib & staff. *European Scientific Journal*. 14(30) : 213-227.
  - Paduch, R., Kandefor-Szerszeń, M., Trytek, M et Fiedurek, J. (2007). Terpenes : substances useful in human healthcare. *Archivum Immunologiae et Therapiae Experimentalis*. 55(5) :315–327. Doi :10.1007/s00005-007-0039-1
  - Papuc, C., Goran, G. V., Predescu, C. N., Nicorescu, V et Stefan, G. (2017). Plant polyphenols as Antioxidant and Antibacterial Agents for Shelf-Life Extension of Meat and Meat Products : Classification, Structures, Sources, and Action Mechanisms. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 16(6) : 14-21.



## Références bibliographiques

---

- Patel Rajesh, M., & Patel Natvar, J. (2011). In vitro antioxidant activity of coumarin compounds by DPPH, Super oxide and nitric oxide free radical scavenging methods. *Journal of Advanced Pharmacy Education & Research*, 1(1), 52-68.
- Pawlus, A. D., Waffo-Téguo, P., Shaver, J., & Mérillon, J. M. (2012). Stilbenoid chemistry from wine and the genus *Vitis* : a review. *Oeno One*, 46(2), 57-111.
- Pérez Álvarez, S., Ávila Quezada, G., Coto Arbelo, O., 2015. Revisión bibliográfica el aguacatero (*Persea americana* Mill). *Cultivos Tropicales* 36, 111–123.
- Perveen, S. (2018). Introductory Chapter : Terpenes and Terpenoids. IntechOpen : 1-12. DOI :10.5772/intechopen.79683
- *Phytothérapie*, 6(2), 75-82.
- Pihlava, J. M., Hellström, J., Kurtelius, T., & Mattila, P. 2018. Flavonoids, anthocyanins, phenolamides, benzoxazinoids, lignans and alkylresorcinols in rye (*Secale cereale*) and some rye products. *Journal of Cereal Science*, 79, 183-192.
- products : a comprehensive review. *Chinese Medicine*. 13(1) : 1-26. Doi :10.1186/s13020-018-0177-x
- Rashmi HB, Negi PS. Phenolic acids from vegetables : A review on processing stability and health benefits. *Food Res Int.* 2020 Oct ;136 :109298. Doi :10.1016/j.foodres.2020.109298. Epub 2020 May 19. PMID : 32846511.
- Robbins, R.J. (2003) Phenolic Acids in Foods : An Overview of Analytical Methodology. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 51, 2866-2887. <https://doi.org/10.1021/jf026182t>
- Rodríguez-Sánchez, D.G., Pacheco, A., García-Cruz, M.I., Gutiérrez-Urbe, J.A., Benavides-Lozano, J.A.,
- Roy A, Khan A, Ahmad I, Alghamdi S, Rajab BS, Babalghith AO, Alshahrani MY, Islam S, Islam MR. 2022. Flavonoids a bioactive compound from medicinal plants and its therapeutic applications. *BioMed Research International* 2022 (40134012) :5445291. DOI 10.1155/2022/5445291.
- Saeed M, Naveed M, Arain MA, Arif M, Abd El-Hack ME, Alagawany M, Siyal FA, Soomro RN, Sun C. 2017. Quercetin : nutritional and beneficial effects in poultry. *World's Poultry Science Journal* 73(2) :355–364 DOI 10.1017/S004393391700023X.
- SAN, P. P., KYAW, T. (2019). Chemical Characterization, Antioxidant Activity and GC-MS analysis of the Extracted Oil from Seeds of *Persea americana* Mill. (Avocado).

## Références bibliographiques

---

- Sérémé, A., Millogo Rasolodimby, J., Guinko, S., & Nacro, M. 2008. Concentration en tanins des organes de plantes tannifères du Burkina Faso. *J. Soc. Ouest-afriq. Chim*, 25, 55-61
- SERIDI Ratiba ., Chekroud, Sadou nina . (2016).Etude phytochimique et activité biologique de quelques Plantes médicinales de l'Est algérien. Thèse de doctorat : Biologie végétale, Faculté SNV-ST, UNIVERSITE BADJI MOKHTAR-ANNABA.
- Shi, D., Xu, W., Balan, P., Wong, M., Chen, W., Popovich, D.G., 2021. In Vitro Antioxidant Properties of New Zealand Hass Avocado Byproduct (Peel and Seed) Fractions. *ACS Food Science and Technology* 1, 579–587.
- Sirerol, J. A., Rodríguez, M. L., Mena, S., Asensi, M. A., Estrela, J. M., & Ortega, A. L.
- Stalikas CD. Extraction, separation, and detection methods for phenolic acids and flavonoids. *J Sep Sci*. 2007 Dec ;30(18) :3268-95. Doi : 10.1002/jssc.200700261. PMID : 18069740.
- Talabi, J.Y., Osukoya, O., Ajayi, O.O., Adegoke, G.O., 2016. Nutritional and antinutritional compositions of processed Avocado (*Persea americana* Mill) seeds. *Asian Journal of Plant Science and Research* 6, 6–12.
- Top tropical. In *Top Tropicals guide to very cold hardy avocado varieties*. Top Tropicals Garden Center 13890 Orange River Blvd, Ft Myers, FL 33905. Disponible sur :
- Ullah A, Munir S, Badshah SL, Khan N, Ghani L, Poulson BG, Emwas AH, Jaremko M. 2020. Important flavonoids and their role as a therapeutic agent. *Molecules* 25(22) :5243. DOI 10.3390/molecules25225243.
- Vandi, D., Nga, E. N., Betti, J. L., Loe, G. M. E., Ottou, P. B. M., Priso, R. J., .. & Mpondo, E. M. 2016. Contribution des populations des villes de Yaoundé et Douala à la connaissance des plantes à tanins et à anthocyanes. *Journal of Animal & Plant Sciences*, 30(3), 4797-4814
- Vargas, R., 2018. L'avocat, un fruit présent partout en Amérique du Nord. *Bioclips* 26, 4–5.
- Woolf, A., Wong, M., Eyres, L., Mcghie, T., Lund, C., Olsson, S., Wang, Y., Bulley, C., Wang, M., Friel, E., Requejo-Jackman, C., 2009. Avocado Oil. *Gourmet and Health-Promoting Specialty Oils* 73–125.
- Yahia, E. M., & Woolf, A. B. (2011). Avocado (*Persea americana* Mill.). *Postharvest Biology and Technology of Tropical and Subtropical Fruits*, 125–186°. Doi :10.1533/9780857092762.125

## Références bibliographiques

---

- Yasir M, Das S, Kharya MD. The phytochemical and pharmacological profile of *Persea americana* Mill. *Pharmacogn Rev.* 2010 Jan ;4(7) :77-84. Doi :10.4103/0973-7847.65332 PMID : 22228945 ; PMCID : PMC3249906.
- Yea SJ, Kim BY, Kim C, Yi MY. A framework for the targeted selection of herbs with similar efficacy by exploiting drug repositioning technique and curated biomedical knowledge. *J Ethnopharmacol.* 2017;208:117–28.
- Zenk, M. H et Juenger, M. (2007). Evolution and current status of the phytochemistry of nitrogenous compounds. *Phytochemistry.* 68(22-24) :2757–2772.
- Zhang, Q. W., Lin, L. G et Ye, W. C. (2018). Techniques for extraction and isolation of natural products : a comprehensive review. *Chinese Medicine.* 13(1) : 1-26. Doi :10.1186/s13020-018-0177-x
- Ziegler, J et Facchini, P. J. (2008). Alkaloid Biosynthesis : Metabolism and Trafficking. *Annual Review of Plant Biology.* 59(1) : 735–769.

# **Annexes**

## Annexe

---

### Annex I :

<b>Materiel non biologique</b>	<b>Produits chimiques et réactifs</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>_ Papier Wattman N°1</li><li>_ Flacons</li><li>_ Béchers</li><li>_ Erlenmeyers</li><li>_ Eprouvette</li><li>_ Entonnoires</li><li>_ Spatule</li><li>_ Autoclave</li><li>_ Balance</li><li>_ Boites pétri</li><li>_ Filtre à seringue</li><li>_ Seringue</li><li>_ Micro-tubes Eppendorf</li><li>_ Tubes coniques</li><li>_ Tube à essai</li><li>_ Ecouvillon</li><li>_ Pied à coulisse</li><li>_ Microplaques</li><li>_ Bec Bunsen</li><li>_ Rotavapor</li><li>_ Etuve (BINDER)</li><li>_ Réfrigérateur (IRIS)</li><li>_ Micropipette avec des embouts</li><li>_ Vortex (VELP SCIENTIFICA)</li><li>_ Pince</li><li>_ Broyeur électrique</li><li>_ Plaque chauffant / agitatrice (VELP SCIENTIFICA)</li><li>_ Bain marie</li><li>_ Spectrophotomètre</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>_ Eau distillée</li><li>_ Eau physiologie</li><li>_ Ethanol</li><li>_ Bicarbonate de sodium Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub></li><li>_ Folin – Ciocalteu</li><li>_ Acide gallique</li><li>_ Acide ascorbique</li><li>_ AlCl<sub>3</sub></li><li>_ DPPH (diphényl 1-picrylhydrazyle)</li><li>_ Milieu Muller Hinton Agar</li><li>_ Gélose Nutritive</li><li>_ DMSO (Diméthylsulfoxyde)</li><li>_ Disques d'antibiotiques</li><li>_ Bouillon Mueller Hinton</li><li>_ Quercétine</li></ul>

## **Annexe**

---

### **Annex II : Préparation des solutions:**

#### **Solution de l'acide gallique**

- Dissoudre 1 mg d'acide gallique dans un volume de 1ml l'eau distillé.

#### **Solution de Carbonate de sodium à 7.5%**

- Dissoudre 3.75g de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  dans 50 ml de l'eau distillée.

#### **Solution de Folin-Ciocalteu à 0.1N**

- Ajouter 1ml du réactif Folin-Ciocalteu dans 9ml d'eau distillée.

#### **Solution de Quercétine**

- Dissoudre 1 mg de quercétine dans 1ml l'eau distillé.

#### **Solution de Trichlorure d'aluminium à 10%**

- Dissoudre 10g d' $\text{AlCl}_3$  dans 100 ml de l'eau distillée.

#### **Solution de DPPH**

- Mélanger dans un flacon 0.004 mg de DPPH avec 100 ml d'éthanol.

### Annexe III : préparation des milieux de cultures

**Les milieux de cultures** : servent de support pour la croissance de micro-organismes (bactéries, levures et moisissures) en leur apportant les éléments essentiels à leur bon développement.

Au cours de notre étude, les différents milieux de culture utilisés sont les suivants :

- A. La gélose nutritive** : est un milieu à usage général adapté à la culture d'une grande variété de micro-organismes non exigeants. Ce milieu nutritif, de composition relativement simplifiée, est utilisé pour repiquer des organismes à des fins d'entretien ou pour vérifier la pureté des repiquages .

#### PREPARATION

- Dissoudre 28 grammes dans 1 litre d'eau distillée.
- Chauffer sous agitation fréquente et laisser bouillir 1 minute pour dissoudre complètement la Suspension.
- Répartir en flacons.
- Autoclaver 15 minutes à 121°C.

- B. La gélose Müller-Hinton**: Il s'agit d'un environnement de développement microbologique fréquemment employé pour évaluer la sensibilité aux antibiotiques.

#### PREPARATION

- Dissoudre 38 grammes dans 1 litre d'eau distillée.
- Chauffer sous agitation fréquente et laisser bouillir 1 minute pour dissoudre complètement la suspension.
- Répartir en flacons.
- Autoclaver 15 minutes à 121°C.

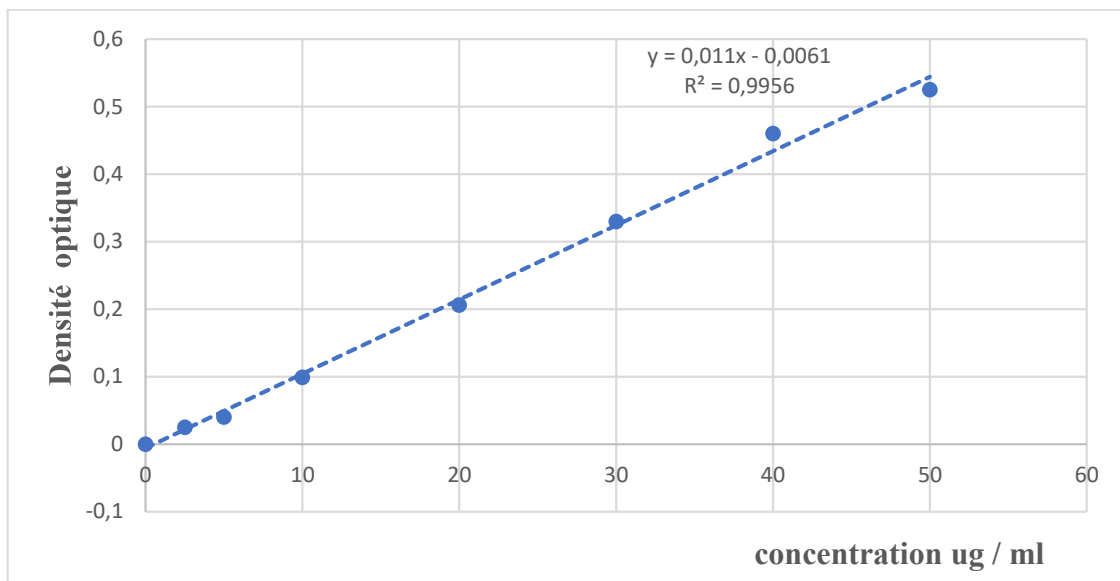
## Annexe

---

**C. Bouillon Muller-Hinton** : est utilisé comme milieu non sélectif pour la culture de très nombreux microorganismes de diverses origines, ainsi que pour déterminer les concentrations minimales inhibitrices par la méthode en dilutions.

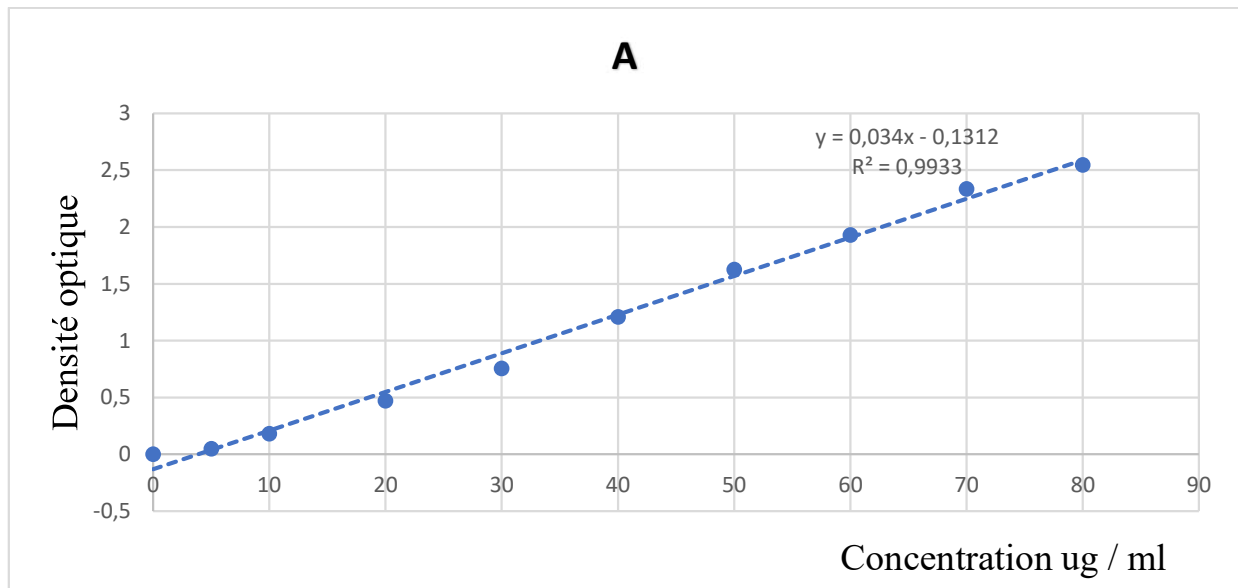
### PREPARATION

- Mettre en solution 21,0 g de milieu déshydraté dans 1 litre d'eau distillée.
- Agiter lentement, jusqu'à dissolution complète.
- Répartir en tubes ou en flacons.
- Stériliser à l'autoclave à 121 °C pendant 15 minutes.



**Figure** : Droite d'étalonnage de l'acide gallique.





**Figure :** Droite d'étalonnage de quercétine

## Résumé

Le présent travail a été réalisé dans le but de doser les composés phénoliques totaux et d'évaluer les activités antioxydante et antibactérienne des extraits hydro-éthanoliques de l'épicarpe de l'avocat à deux stades de maturité. Les produits phénoliques ont été extraits par macération. Des rendements d'extraction de **27,08% et 18 %** ont été obtenus pour le stade 1 et 2, respectivement. Le dosage des polyphénols totaux a montré des taux plus importants dans les pelures des fruits matures avec une valeur de **168,20 mg EGA/g d'extrait**. Les dosages des flavonoïdes a révélé des teneurs qui varient de **21,65 mg QE/g d'extrait** pour stade 2 et de **17,42 mg QE/g d'extrait** pour stade 1. L'évaluation de l'activité antiradicalaire effectuée par le test de DPPH a montré un meilleur pouvoir antioxydant pour l'extrait issu du fruit mature **IC50 (0,35 mg/mL)**. L'activité antibactérienne a été testée sur 6 souches en utilisant la méthode de diffusion sur disque et la méthode des microdilutions. Selon les résultats obtenus, l'extrait du Stade 2 présente un effet inhibiteur plus élevé sur ces souches testées par rapport au stade 1.

**Mots clés :** *Persea americana*, polyphénols, antioxydant, antibactérien.

## Abstract

The present work was carried out with the aim of determining total phenolic compounds and evaluating the antioxidant and antibacterial activities of hydroethanol extracts from avocado epicarp at two stages of ripening. Phenolic products were extracted by maceration. Extraction yields of (**27.08%**) and (**18%**) were obtained for stage 1 and 2, respectively. Total polyphenol assays showed higher levels in mature fruit peels, with a value of (**168.20 mg EGA/g extract**). Flavonoid assays revealed levels varying from (**21.65 mg EQ/g extract**) for stage 2 and (**17.42 mg EQ/g extract**) for stage 1. Evaluation of free radical scavenging activity by the DPPH test showed greater antioxidant power for the extract from mature fruit **IC50 (0.35 mg/mL)**. Antibacterial activity was tested on 6 strains using the disk diffusion method and the microdilution method. According to the results obtained, the Stage 2 extract showed a higher inhibitory effect on these tested strains compared with Stage 1.

**Key words:** *Persea americana*, polyphenol, antioxidant, antibacterial.

## ملخص

كان الهدف من هذه الدراسة هو تحديد المركبات الفينولية الكلية وتقييم الأنشطة المضادة للأكسدة والمضادة للبكتيريا للمستخلصات المائية-الإيثانولية من قشرة الأفوكادو في مرحلتين من النضج. تم استخلاص المنتجات الفينولية عن طريق النقع. تم الحصول على عوائد استخلاص (**27.08%** و **18%**) للمرحلتين **1 و 2** على التوالي. أظهر إجمالي مقاييسات البوليفينول مستويات أعلى في قشور الفاكهة الناضجة بقيمة **168.20** مجم إيجا/ج من المستخلص. وأظهرت فحوصات الفلافونويد مستويات تتراوح بين **21.65** ملجم مكافئ/ EGA/ج للمستخلص للمرحلة **2** و **17.42** ملجم مكافئ/ EGA/ج للمستخلص للمرحلة **1**. أظهر تقييم النشاط المضاد للجذور الحرة باستخدام اختبار DPPH قوة أكبر مضادة للأكسدة للمستخلص من الفاكهة الناضجة **IC50 (0.35 ملجم/مل)**. تم اختبار النشاط المضاد للجراثيم على **6** سلالات باستخدام طريقة الانتشار القرصي وطريقة التخفيف الدقيق. أظهرت النتائج أن مستخلص المرحلة الثانية كان له تأثير مثبط أعلى على السلالات التي تم اختبارها مقارنة بالمرحلة الأولى.

**الكلمات المفتاحية:** بوليفينول , مضادة للأكسدة , مضادة للبكتيريا , بيرسيا أمريكان