

MINISTRE 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 DES SCIENCES DE LA TERRE
DEPARTEMENT DE BIOLOGIE



Réf :/UAMOB/F.SNV.ST/DEP.BIO/2020

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

Domaine : SNV

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité : Biochimie Appliquée

Présenté par :

GACI Nedjma & DAHOU Khadidja

Thème

**Etude des activités anti-inflammatoire et
antidiabétique des extraits éthanoliques de
*Persea americana***

Soutenu le : 17/ 09/ 2020

Devant le jury composé de :

Nom et Prénom

Grade

Mme. BENSMAIL Souhila

MCB

Univ. de Bouira

Présidente

Mme. AIT MIMOUNE Nouara

MCB

Univ. de Bouira

Promotrice

Mme. BOUTELDJA Razika

MCB

Univ. de Bouira

Examinatrice

Année Universitaire : 2019/2020

Remerciements

*Avant tout nous tenons à remercier celui qui nous a créé, protégé, aidé
et celui qui nous a donné la force, la patience et le courage pour pouvoir
accomplir notre*

travail dans les meilleures conditions en disant « Dieu Merci ».

*Nous exprimons toutes nos gratitude et nos sincères remerciements à
notre*

*promotrice, Madame AIT MIMOÛNE Noura, enseignante aux
départements de biologie-Université de Bouira, pour avoir accepté de
nous encadrer, ses conseils et orientations ainsi que pour la confiance
qu'elle nous a donné tout au long de la réalisation de ce modeste travail.*

*Nos remerciements vont également aux membres de jury pour avoir
accepté de faire notre jury de soutenance.*

*Nous remercions aussi tous les enseignants de l'université de
Bouira, tous les efforts consacré pour nous transmettre le savoir.
Enfin nous remercions tous ceux qui de près ou de loin ont contribué à
la réalisation de ce travail, sans oublier les amies
et les étudiantes de la
promotion biochimie appliquée 2019/2020*

Khadija, Nedjma



Dédicaces

Au nom de Dieu le tout puissant, celui qui m'a donné la vie et qui m'a permis d'apprendre

Et d'acquérir ce savoir, je dédie ce modeste travail à :

A la mémoire de mon chère père, que dieu le bénisse dans son vaste Paradis

A ma très chère maman Nouar Rhiha, mon étoile filante, qui exauce mes rêves, la personne qui j'ai tiré la force, j'ai pris la persévérance ; La source qui déborde, si tendre, si adorable, qui m'a donné la vie, celle qui m'a éclaircie les chemins, celle qui m'a planté l'art de la réussite, aucune dédicace ne saurait être assez éloquente pour exprimer ce que tu mérites pour tous les sacrifices que tu n'as cessé de me donner depuis ma naissance.

Rien que pour toi maman que j'aime tant.

A mes chers et précieux frères : Mohammed et sa femme et leurs enfants, Yassine et sa femme et leur fille, Ali, Hamza, Hossine et Tarek

A mes précieuses sœurs : Fatiha, Foziya et son mari Djaloli Cherif et ses enfants Asya et son mari Osmani Osmane et ses enfants

Mes frères, mes sœurs merci pour votre générosité, votre affection, votre soutien moral et pour tout le sacrifice que vous donnez pour moi.

A mes amis qui ont cru en moi et qui m'ont toujours encouragé, et avec qui j'ai passé des années inoubliables

A ma très chère amie et binôme Khadidja, celle qui m'a partagé ce travail et sa famille

A tous mes camarades de Biochimie.

A toutes qui me connaît de loin ou de près.

MERCI



Nedjma

Dédicaces

Grâce au DIEU le tout puissant, ce travail est achevé ; Je le dédie à toutes les personnes qui me sont chères ; mes très chers parents pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur confiance, leur soutien et leurs prières tout au long de mes études. Puisse Dieu, le Très Haut, vous donner santé, longue vie et bonheur.

A mon très cher père Omar aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, le dévouement et le respect que j'ai toujours eus pour vous ; ce travail est le fruit de tes sacrifices que tu as consentis pour mon éducation et ma formation, rien que pour toi papa que j'aime tant.

A ma très chère mère Dalila MESTÉFAIE, affable, honorable, aimable tu représentes pour moi le symbole de bonté par excellence, la source de tendresse et l'exemple du dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager et de prier pour moi, ta prière et ta bénédiction m'ont été d'un grand secours pour mener à bien mes études, rien que pour toi maman que tous les mots ne suffiront de te remercier.

A mes chers et adorables frères et sœurs : Abderrahmane le généreux, Amina la douce, Rokja l'aimable, au cœur si grand, Hanane la prune de mes yeux, Mohamed Aymen mon petit frère que j'aime profondément, merci pour votre générosité, votre affection, votre soutien moral et financier et pour tout le sacrifice que vous donnez pour moi, je vous souhaite une vie pleine de bonheur et de succès et que Dieu, le tout puissant, vous protège et vous garde.

*A toute ma famille, A mon fiancé Abdesslem qui m'a encouragé et soutenu
A ma très chère amie et binôme, Nedjma celle qui m'a partagé ce travail et sa famille ainsi qu'à toutes mes amies et à tous mes camarades de Biochimie.
A toutes qui me connaît de loin ou de près.*

MERCI



Khadija

TABLE DES MATIERES

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction..... 1

CHAPITRE I

SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

I. Généralités sur *P. americana* 3

I.1. Données botaniques 3

I.1.1. Les fleurs..... 4

I.1.2. Les feuilles..... 5

I.1.3. Les fruits..... 5

I.1.4. Le noyau..... 7

I.2. Taxonomie et position systématique..... 7

I.3. Répartition géographique et écologie 8

I.3.1. Répartition géographique..... 8

I.3.2. Ecologie..... 9

I.3.2.1. Exigences climatiques..... 9

I.3.2.2. Exigences édaphiques..... 9

I.4. Composition chimique..... 9

I.4.1. Fruit..... 9

I.4.2. Le noyau..... 10

I.4.3. Feuilles..... 11

| | |
|--|-----------|
| I.5. Données phytochimiques..... | 12 |
| II. Utilisations et activités biologiques de <i>P. americana</i>..... | 15 |
| II.1. Utilisations..... | 15 |
| II.2. Activités biologiques..... | 16 |
| II.2.1. Activité antioxydante..... | 16 |
| II.2.2. Activité antimicrobienne..... | 18 |
| II.2.3. Activité anti-inflammatoire..... | 18 |
| II.2.4. Activité antidiabétique..... | 21 |
| III. Les composés phénoliques..... | 25 |
| III.1.Méthodes d'extraction des polyphénols | 25 |
| III.1.1 Méthodes conventionnelles..... | 26 |
| III.1.1.1. La macération..... | 26 |

CHAPITRE II

MATERIEL ET METHODES

| | |
|--------------------------------------|-----------|
| I. Matériel..... | 27 |
| I.1. Matériel végétal..... | 27 |
| I.2. Matériel non biologique..... | 28 |
| II. Méthodes..... | 28 |
| II.1. Séchage..... | 28 |
| II.2. Calcul du taux d'humidité..... | 29 |
| II.3. Broyage | 29 |

CHAPITRE III

RESULTATS ET DISCUSSION

| | |
|--------------------------------|-----------|
| I. Taux d'humidité..... | 31 |
|--------------------------------|-----------|

Conclusion..... 33

Références bibliographiques..... 35

Résumé

LISTE DES ABREVIATIONS

| | |
|------------------------|--|
| ABTS | Sel d'ammonium de l'acide 2,2'-azinobis -(Acide 3-éthylbenzothiazoline-6-sulfonique) |
| Akt | Protéine kinase |
| AMPs | Peptides antimicrobiens |
| BHA | Hydroxyanisole butylé |
| BHT | Hydroxytoluène butylé |
| IC₅₀ | Concentration inhibitrice médiane |
| CMI | Concentration minimale inhibitrice |
| DPPH | Radical 1, 1-diphényl-2 picrylhydrazyl |
| GHz | Gigahertz |
| GLUT-4 | Glucose transporteur type 4 |
| H | Heure |
| IFN | Interféron |
| IL | Interleukine |
| KHz | Kilohertz |
| MAE | Extraction assistée par micro-ondes |
| MMPs | Métalloprotéases |
| OH | Groupe hydroxyle |
| PGE2 | Prostaglandine E2 |
| PKB | Protéine kinase B |
| R | Radical libre |
| STZ | Streptozotocine |
| TGF | Transforming growth factor (facteur de croissance transformant) |
| TNF | Tumor necrosis factor (facteur de nécrose tumorale) |

LISTE DES FIGURES

| | | |
|--------------------|--|-----------|
| Figure 01 : | Un arbre de <i>P. americana</i> | 4 |
| Figure 02 : | Les fleurs de <i>P. americana</i> | 4 |
| Figure 03 : | Les feuilles de <i>P. americana</i> | 5 |
| Figure 04 : | Aspect des fruits de l'avocatier..... | 5 |
| Figure 05 : | Coupe longitudinale d'un avocat..... | 6 |
| Figure 06 : | Les différentes variétés de l'avocat..... | 7 |
| Figure 07 : | Réaction du test DPPH..... | 17 |
| Figure 08 : | Mécanisme d'inflammation..... | 19 |
| Figure 09 : | Mécanisme d'action des anti-inflammatoires..... | 21 |
| Figure 10 : | Effet de l'extrait hydroalcoolique de <i>P. americana</i> (Pa) sur la glycémie à jeun (mg/dL) de rats diabétiques..... | 22 |
| Figure 11 : | Coupes de paraffine du pancréas (HE) des rats diabétiques STZ..... | 23 |
| Figure 12 : | Expression de PKB au niveau du muscle soléaire (A) et le foie (B)..... | 24 |
| Figure 13 : | Mode d'action d'Akt..... | 24 |
| Figure 14 : | Classification des composés phénoliques..... | 25 |
| Figure 15 : | Carte géographie de la station de la wilaya d'Alger qui montre la localisation de Kouba | 27 |
| Figure 16 : | Feuilles et graines de <i>P. americana</i> mill | 28 |
| Figure 17 : | Les graines et les feuilles de <i>P. americana</i> après séchage..... | 28 |
| Figure 18 : | Le broyat obtenu des feuilles de <i>P. americana</i> | 29 |
| Figure 19 : | Organigramme des étapes impliquées | 30 |

LISTE DES TABLEAUX

| | | |
|---------------------|--|-----------|
| Tableau 01 : | Principales caractéristiques de <i>P. americana</i> | 3 |
| Tableau 02 : | Taxonomie et systématique de <i>P. americana</i> | 7 |
| Tableau 03 : | Comparaison des trois races d'avocats..... | 8 |
| Tableau 04 : | Composition chimique du fruit de <i>P. americana</i> | 10 |
| Tableau 05 : | Teneurs en acides gras de l'huile des graines d'avocat..... | 11 |
| Tableau 06 : | Tableau récapitulatif des constituants phytochimiques de <i>P. americana</i> (feuille, fruit et graine)..... | 13 |
| Tableau 07 : | Utilisation de l'avocat en pharmacopée traditionnelle..... | 15 |
| Tableau 08 : | Les valeurs de piégeage des radicaux DPPH par l'huile des graines de <i>P. americana</i> | 17 |
| Tableau 09 : | Effets des principaux médiateurs impliqués dans le processus inflammatoires..... | 20 |
| Tableau 10 : | Taux d'humidité dans les feuilles et les noyaux de <i>P. americana</i> | 31 |
| Tableau 11 : | Tableau représentant la teneur en eau dans les feuilles de différentes plantes..... | 32 |

Introduction

INTRODUCTION

La médecine traditionnelle demeure le recours principal d'une grande majorité des populations pour résoudre leurs problèmes de santé, non seulement du fait qu'elle constitue un élément important du patrimoine culturel, mais aussi pour les moyens financiers limités face aux produits conventionnels. Selon l'organisation mondiale de la santé (OMS), près de 80% des populations dépendent de la médecine traditionnelle pour des soins de santé primaire (**Ladoh et al., 2014**).

Les plantes sont une alternative intéressante car elles présentent une grande variété de composés, qui ont été utilisés comme agents thérapeutiques contre diverses maladies infectieuses (**Ogundare et al., 2014**). L'utilisation de la médecine alternative et la consommation de matières végétales ont augmenté dans de nombreux pays dans le monde principalement parce que les médicaments d'origine végétale et les formulations à base de plantes sont généralement considérés comme moins toxiques (**Brai et al., 2007**).

Les plantes médicinales traditionnellement utilisées attirent l'attention du secteur pharmaceutique et la communauté scientifique. Leur utilisation implique l'isolement et l'identification des métabolites produits par les plantes et leur utilisation comme principes actifs dans les préparations médicinales (**Ikpefan et Ayinde, 2013**).

Aujourd'hui, la recherche de nouvelles molécules médicamenteuses d'origine naturelle est basée sur la répartition des plantes médicinales et sur les études ethnobotaniques qui permettent de réaliser des inventaires de plantes d'une zone ou d'un pays, puis par des études phytochimiques et pharmacologiques. De ce fait, la valorisation des ressources naturelles est une préoccupation qui devient de plus en plus importante dans de nombreux pays (**Muanda, 2010**).

Dans ce contexte, le but de notre travail, était d'étudier les effets antidiabétiques et anti-inflammatoires des extraits de feuilles et de graines de *Persea americana* Mill. qui est une plante médicinale de la famille des Lauraceae utilisée dans la médecine traditionnelle en raison de ses propriétés nutritives et médicinales (**Adeyemi et al., 2002**). Cependant, en raison des circonstances qu'a connues le monde en 2020 suite à la propagation de la pandémie du coronavirus, la réalisation de notre projet de fin d'étude a été interrompue.

Le présent travail est structuré en trois parties. La première partie est représentée par des rappels bibliographiques qui représentent la partie majeure de notre travail qui est aussi une synthèse de différents travaux réalisés sur les effets biologiques de l'avocatier. La deuxième partie (matériel et méthodes), résume ce qui a pu être réalisé comme travail pratique. La dernière partie de notre étude consiste en une petite discussion du peu de résultats obtenus concernant l'évaluation du taux d'humidité des différentes parties de la plante.

Chapitre I
Synthèse bibliographique

I. Généralités sur *P. americana*

I.1. Données botaniques

Dans le passé, les explorations botaniques en Amérique centrale ont cherché à répertorier la grande diversité des formes de *Persea* rencontrées, y compris celle des espèces sauvages et surtout de *Persea americana* (Ashworth *et al.*, 2003).

Persea americana Mill., appelé plus communément avocatier, est un arbre à feuilles persistantes, d'environ 20 m de haut, originaire d'Amérique centrale, mais on le retrouve maintenant dans la plupart des pays tropicaux et subtropicaux (Tableau 01) (Adeyemi *et al.*, 2002). C'est un arbre à branches ramifiées, de taille moyenne, qui est cultivé pour ses fruits délicieux et très nutritifs (Yasir *et al.*, 2010).

Tableau 01: Principales caractéristiques de *P. americana* (Beaulieuch, 2019).

| | |
|---------------------------|--|
| Nom latin | <i>Persea americana</i> |
| Synonymes | <i>Laurus perseu</i> , <i>Persea rubigena</i> |
| Famille | Lauracées |
| Origine | Amérique centrale |
| Floraison | Juin, juillet |
| Couleur des fleurs | Jaune-vert |
| Type | Arbre fruitier subtropical |
| Végétation | Vivace |
| Feuillage | Persistant |
| Hauteur | 7 à 20 m |
| Toxicité | Fruit comestible riche en matières grasses et en vitamines C, E et B |

Son port est très variable suivant les variétés et selon le processus de multiplication. Les arbres de semis ont une forme érigée orthotrope, due à une forte dominance apicale. Les arbres greffés (**Figure 01**) ont un port pouvant prendre différents aspects: érigée, en boule, en gobelet, en pyramide, l'écorce du tronc est lisse et cendrée (**Yasir *et al.*, 2010**).



Figure 01 : Un arbre de *P. americana* (**Traore, 2014**).

I.1.1. Les fleurs

Les inflorescences sont portées en position pseudo-terminale. La période de floraison est très variable en fonction des variétés et des conditions climatiques (**Yasir *et al.*, 2010**).



Figure 02 : Les fleurs de *P. americana* (**Traore, 2014**).

I.1.2. Les feuilles

Les feuilles sont persistantes brillantes, de forme variable (ovale et lancéolée), de 10 à 20 cm de long, de couleur jaunâtre à verdâtre (Yasir *et al.*, 2010). Elles tombent après que l'arbre ait déjà constitué son nouveau feuillage annuel : l'arbre reste par conséquent vert en permanence (Ternisien, 2002).



Figure 03 : Les feuilles de *P. americana* (Traore, 2014).

I.1.3. Les Fruits

L'avocat (*Persea americana* Mill.) est un fruit tropical caractérisé par une grande valeur nutritive. Sa richesse en vitamines et ses qualités organoleptiques justifient l'expansion de sa consommation (Luíz *et al.*, 2007). Son nom populaire est avocat, poire d'alligator ou avocat mexicaine (Lima *et al.*, 2012).



Figure 04 : Aspect des fruits de l'avocatier (San *et al.*, 2019; Maes, 2017).

Les fruits souvent en forme de poire, sont de taille variable en fonction de la variété. La taille du fruit peut aller jusqu'à 18 cm de long. Généralement brillant, vert ou brunâtre à maturité, à chair molle, grasse, verdâtre ou jaune entourant une grosse graine ronde (**Ojewole et al., 2006**).

Le poids du fruit peut varier de 50 g à 900 g, en fonction des variétés. Les proportions entre les poids du noyau, de la pulpe et de la peau sont également très variables. Le fruit ou péricarpe est composé de trois parties concentriques (**Figure 05**) :

- a) L'épicarpe ou exocarpe qui forme la peau ou l'écorce du fruit est recouverte d'une mince pellicule cireuse.
- b) Le mésocarpe composé de cellules parenchymateuses parmi lesquelles sont dispersées des cellules plus grandes, contenant de l'huile.
- c) L'endocarpe constitué de plusieurs rangées de cellules parenchymateuses, reposant sur l'enveloppe extérieure du noyau. Il représente la majeure partie de la pulpe comestible. Les cellules contiennent un peu plus d'amidon que celles du mésocarpe, ainsi que de l'huile en gouttelettes et sous forme de cristaux (**Rabensolo et Mampionona, 2002**).

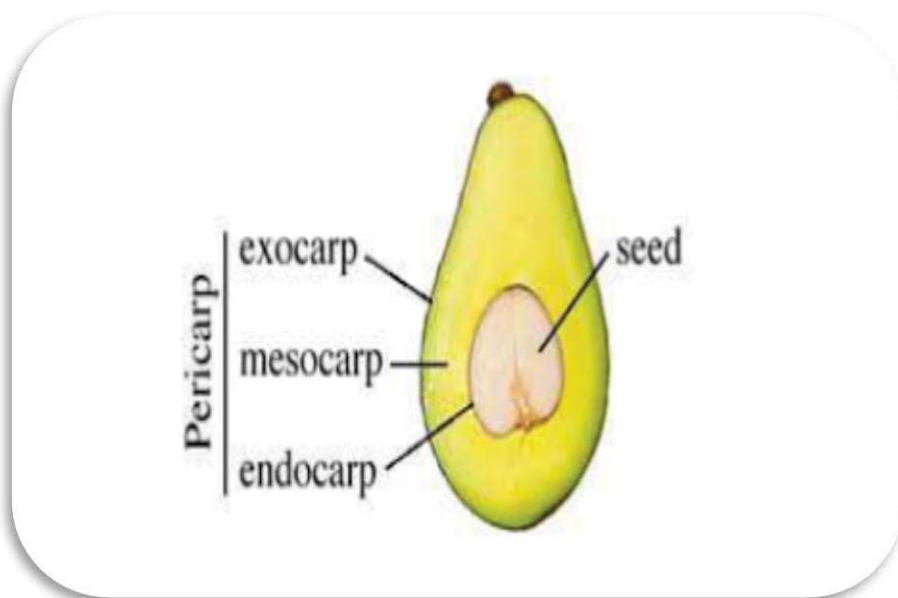


Figure 05 : Coupe longitudinale d'un avocat (**Fernandez, 2014**).

I.1.4. Le noyau

La graine d'avocat représente environ 30% du poids total du fruit contenant 3 à 30% d'huile (Lara-Márqueza *et al.*, 2019 ; Yasir *et al.*, 2010). Le noyau contient une saponine et des substances grasses ayant des propriétés astringentes (Kaziendé Charlevna, 1999).

I.2. Taxonomie et position systématique

P. americana est un arbre qui appartient à la famille des Lauracées (Giron-vazquez *et al.*, 2019). C'est une famille avec environ 50 genres décrits et un nombre indéterminé d'espèces allant de 2500 à 3000 (Galindo-Tovar *et al.*, 2007). Actuellement, les spécialistes de la taxonomie s'accordent sur la même classification (Tableau 02) (Ternisien, 2002).

Tableau 02 : Taxonomie et systématique de *P. americana* (Ternisien, 2002).

| | |
|----------|-------------------------------|
| Règne | Plantae |
| Division | Magnoliophyta |
| Classe | Magnoliopsida |
| Ordre | Lurales |
| Famille | Lauraceae |
| Genre | <i>Persea</i> |
| Espèce | <i>Persea americana</i> Mill. |

On retrouve trois types d'avocats de races botaniques distinctes de *P. americana* communément appelé mexicain, guatémaltèque et antillaise (Figure 06) (Ashworth *et al.*, 2003).



Race guatémaltèque

Race antillaise

Race mexicaine

Figure 06 : Les différentes variétés de l'avocat (<http://www.Fruitrop.com>).

Les trois races diffèrent par de nombreux traits, représentés dans le **Tableau 03**.

Tableau 03: Comparaison des trois races d'avocats (Bergh *et al.*, 1986).

| | | Mexicaine | Guatémaltèque | antillais |
|-------|------------------------------|---------------|--------------------|--------------|
| Arbre | Adaptation climatique | semi-tropical | subtropical | tropical |
| | Tolérance au froid | plus | intermédiaire | moins |
| | Tolérance au sel | moins | intermédiaire | plus |
| | Couleur des feuilles | moyen | souvent plus rouge | plus pâle |
| Fruit | Taille | petit | variable | variable |
| | Pédicelle (tige) | mince | épais | tête de clou |
| | Epaisseur de la peau | très fine | épaisse | moyen |
| | Surface de la peau | cireuse | rugueuse | brillante |
| | Taille des graines | grande | petite | variable |
| | Teneur en huile | plus haute | haute | faible |
| | Saveur de pulpe | épicée | souvent noisette | doux |

I.3. Répartition géographique et écologie

I.3.1. Répartition géographique

La distribution des fossiles de *Persea* est différente de son aire de répartition actuelle (Rainer, 1992). L'aire de culture de l'avocatier dans le monde s'est très largement étendue, hors des limites de la zone d'origine du genre *Persea* (du Mexique jusqu'au Pérou, ou Guatemala). Il s'est développé dans des régions tempérées et même polaires. Le genre *Persea* est connu en Amérique du nord depuis au moins l'éocène. Néanmoins, ses fossiles trouvés en Californie, au Nevada, en France et en Espagne suggèrent une ancienne paléo distributionnée tropicale en Afrique, Europe, Asie du sud-est asiatique (Rainer, 1992 ; Yasir *et al.*, 2010). Actuellement, on trouve l'avocatier cultivé plus ou moins intensivement de part et d'autre de l'Equateur. Ainsi en Afrique, on trouve des plantations au Cameroun, en Côte d'Ivoire, en Egypte, au Kenya, en Afrique du sud, au Sénégal, au Bénin, au Togo, au Maroc, au Nigeria, au Ghana, à Madagascar et au Mozambique (Kaziendé Charlevna, 1999).

I.3.2. Ecologie

I.3.2.1. Exigences climatiques

L'avocatier est une espèce d'origine tropicale qui s'adapte parfaitement à des climats subtropicaux. C'est une plante qui supporte peu le froid. À -4°C , les variétés mexicaines montrent des dommages. La variété d'antillaise est l'une des variétés les plus sensibles, elle est endommagée à -2°C . Les variétés guatémaltèques deviennent sensibles à des températures situées de -1°C à $-1,5^{\circ}\text{C}$. La température moyenne de croissance est comprise entre $12,8$ et $28,3^{\circ}\text{C}$ avec un optimum à 25°C pour les mois les plus chauds et 15°C pour la moyenne des mois les plus froids (**Chantal et Jacky, 2006**).

I.3.2.2. Exigences édaphiques

Le premier facteur à prendre en compte est l'état de drainage du terrain (**Gaillard et Godefroy, 1994**). L'avocatier prospère sur les sols très variables, il est cultivé avec succès en floride sur des sols légers et sablonneux ou sur des "Redlands" constitués d'une mince couche de terre argileuse (5 à 10 cm) reposant sur un banc de calcaire oolithique épais (**Kaziendé Charlevna, 1999**).

Le second facteur à considérer est la position topographique, laquelle interfère aussi sur l'humidité et le drainage du sol. D'autre part, quelles que soient les caractéristiques physiques du sol, il faut éliminer les zones inondables.

Un troisième facteur à prendre en compte est la profondeur du sol qui doit être de 1 m au minimum jusqu'au 1,50 m, afin de permettre aux racines, et en particulier aux pivotant, d'exploiter un volume de sol maximum (**Gaillard et Godefroy, 1994**).

I.4. Composition chimique

I.4.1. Fruit

L'avocat (*P. americana* Mill.) est doté d'une croûte vert foncé et rugueuse qui couvre une pulpe jaune-verte riche en huile, appréciée pour ses propriétés sensorielles et nutritionnelles (**Barbosa-Martin et al., 2016**). Il contient une grande quantité de lipides, de protéines, de fibres ainsi que des minéraux et des vitamines tels que les vitamines C, E, K, B1, B2, B6, B9. C'est aussi une source importante en phosphore, sodium, magnésium, potassium, fer et zinc (**Tableau 04**) (**Alkhalf et al., 2018**).

Tableau 04: Composition chimique du fruit de *P. americana* (Kaziendé Charlevna, 1999).

| | |
|---------------------------|------|
| Eau (g) | 81,7 |
| Principes énergétiques(g) | |
| Protides | 1,3 |
| Lipides | 8,8 |
| Glucides totaux | 7,4 |
| Eléments minéraux (mg) | |
| Phosphore | 56 |
| Calcium | 23 |
| Fer | 2 |
| Vitamines (mg) | |
| Acide ascorbique (c) | 17 |
| Thiamine (B 1) | 0,05 |
| Riboflavine (B2) | 0,18 |

I.4.2. Le noyau

La graine de l'avocat est riche en potassium et en substances antioxydantes. Certaines études phytochimiques ont identifié diverses classes de principes actifs dans les noyaux d'avocat tels que les saponines, les phytostérols, les triterpènes, les acides gras, les acides furanoïques, les dimères de flavonol et les proanthocyanidines (**Barbosa-Martin *et al.*, 2016**).

D'après **Athaydes *et al.* (2018)**, plusieurs caractérisations chimiques ont mis en évidence une grande quantité des polyphénols, des lipides et des acides gras dans les graines d'avocat (**Tableau 05**) (**Athaydes *et al.*, 2018**).

Tableau 05: Teneurs en acides gras de l'huile des graines d'avocat (**Kaziendé-Charlevna, 1999**).

| Acide gras | Teneur en lipides en % |
|-------------------|------------------------|
| Acide oléique | 15,1 |
| Acide linoléique | 24,1 |
| Acide palmitique | 23,4 |
| Acide stéarique | 8,7 |
| Acide linolénique | 2,5 |
| Acide caprique | 0,6 |
| Acide myristique | 1,7 |

I.4.3. Feuilles

Les feuilles contiennent du quercétol, et de la catéchine, de la cyanidine et de la procyanidine, des terpénoides, des tanins catéchiques, et une huile essentielle dont la composition varie suivant les variétés qui contiennent des quantités importantes d'estragol et de méthylchavicol, de α -pinène et d'autres terpènes (**Ikpefan et Ayinde, 2013**).

Des substances toxiques telles que la persine sont également retrouvées dans les feuilles de l'avocatier. La nature exacte de cette substance toxique est restée longtemps inconnue. Cette molécule, découverte récemment, attire cependant l'attention des chercheurs, car elle aurait des propriétés intéressantes contre les cellules cancéreuses impliquées dans le cancer du sein chez la femme. Le mécanisme d'action précis du persine reste cependant non élucidé (**Harduin, 2017**). La persine est aussi connue pour ses effets toxiques sur le bétail en lactation (**Yasir et al., 2010**).

I.5. Données phytochimiques

La valeur médicinale d'une espèce donnée est dictée par ses composés phytochimiques. Les études phytochimiques ont fait l'objet d'intenses investigations afin de déterminer les constituants chimiques présents dans les plantes médicinales et analyser leurs éventuels effets pharmacologiques. Ces tests sont des analyses qualitatives qui permettent de mettre en évidence les différentes classes de métabolites secondaires que contient une plante (**Naceiri mrabti, 2018**).

Persea americana a diverses applications en ethnomédecine, allant du traitement de la diarrhée, dysenterie, maux de dents, parasites intestinaux dans la région de traitement et d'embellissement de la peau (**Adeyemi et al., 2002 ; Idris et al., 2009**).

Dans des études réalisées par **Wientarsih et al. (2012)** et **Boadi et al. (2015)**, sur des extraits de feuilles de *P. americana*, la présence de tanins, saponines, terpénoïdes et stéroïdes, alcaloïdes, flavonoïdes et glycosides a été démontrée. D'après **Idris et al. (2009)**, les extraits de graines de *P. americana* contiennent une multitude de métabolites secondaires, à savoir, des alcaloïdes, flavonoïdes, stéroïdes, terpénoïdes, saponines, tanins, anthraquinones et glycosides (**Tableau 06**). Selon **Ikpefan et Ayinde. (2013)**, les feuilles et les graines de *Persea americana* représentent une source en alcaloïdes, saponines, tanins, flavonoïdes et glycosides cardiaques (**Tableau 06**).

La présence de ces composés confère à cette plante d'importantes propriétés pharmacologiques et médicinales. Par exemple, les alcaloïdes peuvent agir comme antipaludiques et anticancéreux. D'autre part, les tanins, sont utilisés contre la diarrhée. Les saponines ont également été utilisées pour abaisser le taux de cholestérol sanguin et comme agent anticancéreux. Les glycosides quant à eux sont connus pour leurs propriétés antibactériennes (**Wientarsih et al., 2012 ; Boadi et al., 2015**).

Tableau 06: Tableau récapitulatif des constituants phytochimiques de *P. americana* (feuilles, fruits et graines) (Wientarsih *et al.*, 2012 ; Boadi *et al.*, 2015 ; Idris *et al.*, 2009 ; Ikpefan et Ayinde, 2013).

| Principes actifs | Feuilles | Fruits | Graine |
|---------------------------|----------|--------|--------|
| Alcaloïdes | + | + | + |
| Terpénoides et stéroïdes | + | + | + |
| Saponines | + | + | + |
| Tanins | + | + | + |
| Flavonoïdes | + | + | + |
| Glycosides | + | + | + |
| Coumarines | – | + | + |
| Caroténoïdes | – | + | + |
| Anthraquinones | – | ND | – |
| Glucides | + | + | + |
| Glycosides cardiaques | + | ND | + |
| Glycosides cynogénétiques | – | ND | – |

(+) : Présent, (–) : Absent, (ND) : Non déterminé.

Ces mêmes études ont souligné la présence de flavonoïde à des taux beaucoup plus élevés que les autres composés, ce qui confère à cette plante une activité antioxydante intéressante. En effet, les flavonoïdes sont des composés polyphénoliques dotés de divers effets pharmacologiques tels que, les effets anticancéreux, antioxydants, anti-âge et antibactériens. Ils ont la capacité de stabiliser les espèces réactives de l'oxygène par un groupe hydroxyle: Flavonoïde (OH) + R → Flavonoïde (O) + RH (Wientarsih *et al.*, 2012).

Selon Lima *et al.* (2012), les flavonoïdes possèdent également un effet hypoglycémiant lié à leur capacité à empêcher l'absorption du glucose. Il a été démontré que les flavonoïdes obtenus à partir des feuilles de *Persea americana* peuvent mimer l'activité de l'insuline, ce qui a un effet stimulant de l'absorption du glucose dans les tissus.

En effet, des rats diabétiques traités avec l'extrait de *Persea americana* ont montré une augmentation significative de l'expression de la protéine kinase B (PKB) dans le muscle soléaire (Lima *et al.*, 2012).

Les graines et les fruits des avocats sont aussi riches en lipides. Toutefois, cette teneur est supérieure dans les fruits que dans les graines. Ces composés lipidiques présentent des propriétés antioxydantes et anti-inflammatoires remarquables mais aussi des effets anti cancéreux. Cela pourrait être le résultat de leurs teneurs élevées en hydrocarbures, stérols et acides gras insaturés. Toutefois, cette activité anti-inflammatoire de *P. americana* est plus prononcée dans les graines (**Alkhalf et al., 2018**).

II. Utilisations et activités biologiques de *P. americana*

II.1. Utilisations

Dans la médecine traditionnelle, les fruits et les feuilles sont utilisés en Amérique du sud et centrale, aux Antilles et en Afrique pour le traitement de diverses affections telles que la ménorragie, l'hypertension, bronchite, diarrhée et diabète (**Tableau 07**) (**Adeyemi *et al.*, 2002**).

Tableau 07: Utilisations de l'avocat en pharmacopée traditionnelle (**Kaziendé Charlevna, 1999**).

| Partie végétale | Propriétés | Posologie |
|-----------------|--|--|
| Feuilles | Stomachiques, pectorales vulnérables Anti-hypertensive Antidiabétique Diurétique Antispasmodiques | Tisane à raison de 4 à 5 feuille/L d'eau 10 à 20 g/tasse 60g/L d'eau |
| Fruit | Alimentaire Aphrodisiaque | |
| Pulpe | Retard de la vieillesse Contre les maladies féminines | |
| Noyau | Contre la diarrhée Aphrodisiaque Cicatrisante Contre les maladies de foie | 30g/L d'eau réduire à 500 g pour 24 heures. Infusée dans du vin. |

En médecine moderne, certains praticiens de santé traditionnelle ont prouvé l'efficacité de *P. americana*. L'extrait des feuilles est un remède efficace dans le contrôle des convulsions infantiles et de l'épilepsie et dans le traitement de la sclérose en plaques (**Ojewole *et al.*, 2006 ; Kaziendé Charlevna, 1999**).

II.2. Activités biologiques

Les composés phénoliques jouent un rôle important dans la santé humaine en raison de leurs activités pharmacologiques diverses (**Ladoh et al., 2015**). *P. americana* est une plante connue pour ses propriétés anti-inflammatoires, hypoglycémiques, antioxydantes, antifongiques et antibactériennes (**Adeyemi et al., 2002 ; Boadi et al., 2015**).

II.2.1. Activité antioxydante

Les antioxydants sont un groupe de composés capables de retarder, de réduire ou d'inhiber les réactions d'oxydation des macromolécules, comme les lipides, les acides nucléiques et les protéines. Ce sont des composés nécessaires pour prévenir et faire face au stress oxydatif. Ils peuvent être obtenus synthétiquement tel que l'hydroxyanisole butylé (BHA) et l'hydroxytoluène butylé (BHT) ou naturellement. Par sa composition, *P. americana* est riche en antioxydants naturelles (**Nurdin et al., 2018**).

Plusieurs études ont été menées afin de dévoiler l'activité biologique de *P. americana*. Par exemple, la caractérisation des composants phénoliques et l'activité antioxydante des extraits hydroéthanoïques de peau et de graine d'avocat ont révélé une prédominance de composés appartenant au groupe des flavonoïdes, proanthocyanidines et acides hydrocinnamiques (**Vinha et al., 2013**). Les composés bioactifs de *P. americana* ont un rôle dans l'élimination des radicaux très actifs. Les composés phénoliques et les flavonoïdes ont été associés à une diminution des processus de détérioration chez l'homme en raison de leur capacité à réduire la formation des radicaux libres (**Alkhalf et al., 2018**).

D'autres études ont révélé que l'avocat contient plusieurs classes de composés bioactifs aux propriétés antioxydantes bénéfiques pour le métabolisme humain, tels que des constituants minéraux (phosphore, magnésium et potassium) et les vitamines hydro et liposolubles (vitamine E, B, C et β -carotène, ou provitamine A) (**Vinha et al., 2013**).

Plusieurs méthodes sont utilisées pour évaluer les activités antioxydantes, à savoir le test ABTS, le test DPPH (**Nurdin et al., 2018**). L'ABTS (2,2'-azino-bis ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid) est utilisé comme un radical libre pour évaluer l'activité antioxydante. Ce radical cationique est facilement formé par oxydation en présence de persulfate de potassium pour donner une solution colorée en vert-bleue. L'addition d'un antioxydant à une solution de ce radical cationique entraîne la réduction de ce radical et une diminution de l'absorbance (**Re et al., 1999**). (**Nurdin et al., 2018**). La technique du DPPH est une méthode très simple, célèbre, sensible et très pratique pour évaluer l'activité antioxydante. La réduction du radical

libre DPPH (2,2'-diphenyle-1-picryl hydrazyl) par un antioxydant peut être suivie par spectrométrie UV- visible, en mesurant la diminution de l'absorbance à 517 nm provoquée par les antioxydants. En présence des piègeurs de radicaux libres, le DPPH de couleur violette se réduit en 2,2 diphenyl 1 picryl hydrazine de couleur jaune (**Figure 08**) (**Medjoujda, 2014**).

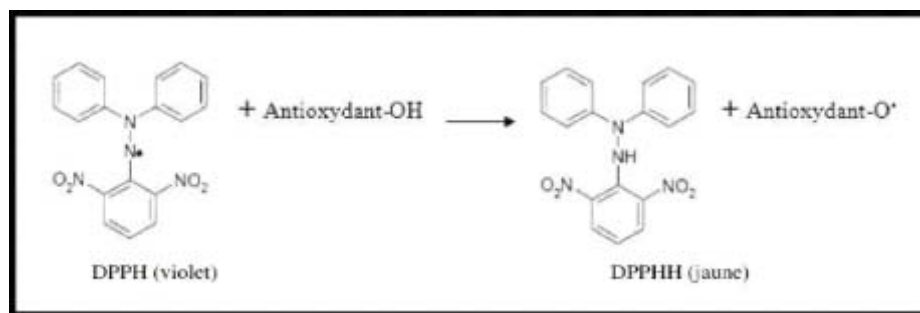


Figure 07 : Réaction du test DPPH (**Medjoujda, 2014**).

Banji et al. (2016), ont étudié les propriétés physico-chimiques et le potentiel antioxydant de l'huile des graines de *P. americana* et ont démontré que la teneur en flavonoïdes était dix fois plus élevée que la teneur en phénols et la valeur de piégeage des radicaux DPPH est très élevée (**Tableau08**).

Tableau 08 : Les valeurs de piégeage des radicaux DPPH par l'huile des graines de *P. americana* (**Banji et al., 2016**).

| Echantillon | Flavonoïdes (mg/g) | Phénols (mg/g) | Inhibition de DPPH % | IC ₅₀ (mg/ml) |
|---|--------------------|----------------|----------------------|--------------------------|
| Huiles de graines de <i>P.americana</i> | 80,00±1,41 | 8,27±0,06 | 51,54±0,25 | 4,68±0,02 |
| Acide gallique | - | - | 73,60±0,03 | 0,00382±0,01 |

L'acide gallique a été utilisé comme témoin positif dans ce test. L'huile des graines a montré une teneur moyenne en flavonoïdes de 80,00 ± 1,41 mg/g et une teneur en composés phénoliques moyenne de 8,27 ± 0,06 mg/g, ce qui implique que l'huile a plus de flavonoïdes que de phénols. L'huile des graines a montré une inhibition moyenne de 51,54 ± 0,25% de la DPPH avec une IC₅₀ de 4,68 ± 0,02 mg/ml. Ces résultats ont montré que l'huile des graines d'avocat possède un potentiel antioxydant important (**Banji et al., 2016**).

L'étude de **Boadi et al. (2015)**, sur les feuilles de *P. americana* a montré une forte activité antioxydante des extraits méthanoliques. Cette étude a conclu que les feuilles de *P. americana* contiennent une activité antioxydante qui peut aider à prévenir de nombreuses maladies liées au stress oxydatif (**Boadi et al., 2015 ; Castro-López et al., 2019**).

II.2. 2. Activité antimicrobienne

Les plantes ont été utilisées comme agents thérapeutiques contre diverses maladies infectieuses affectant à la fois les humains et les animaux. Ces plantes peuvent fournir de nouvelles sources d'agents antimicrobiens (**George et al., 2008**). L'avocat est utilisé comme aliment dans la plupart des pays tropicaux et subtropicaux. Sa valeur nutritive élevée et ses activités biologiques, en tant que propriétés antimicrobiennes, ont été étudiées en profondeur (**Cardoso et al., 2016**). Il contient divers métabolites ayant une activité antimicrobienne, comme le 1,2,4-trihydroxy-n-heptadeca-16 en isoler à partir de fruits et de graines d'avocat qui a montré une activité antibactérienne. De plus, la présence de diènes antifongiques provenant de cellules idioblastes et d'exocarpes et de mésocarpes de fruits non mûrs a été décrite (**Guzmán-Rodríguez et al., 2013**).

La graine du fruit immature s'est également avérée avoir des propriétés antibactériennes. Les propriétés antifongiques de l'avocat immature ont été établies en raison de sa richesse en alcaloïdes, d'hydroperoxydes sesquiterpéniques, de persine et plusieurs terpènes (**Raymond et al., 2010**).

L'activité antimicrobienne des extraits de feuilles de *P. americana* a été étudiée contre six microorganismes par **Boadi et al. (2015)**. La concentration minimale inhibitrice (CMI) de l'extrait du méthanol, acétate d'éthyle, chloroforme et éther de pétrole a été déterminé. L'extrait d'éther de pétrole a montré une CMI élevée contre *B. subtilis*, *C. albicans* et *S. typhi* que les autres extraits testés. Il n'a cependant montré aucune inhibition contre *E. coli*. Tous les extraits étaient actifs contre les microorganismes testés avec l'extrait de méthanol présentant la zone d'inhibition la plus élevée (**Boadi et al., 2015**).

II.2.3. Activité anti-inflammatoire

Un anti-inflammatoire, désigne une substance qui s'oppose au combat l'inflammation (**Muanda, 2010**). L'inflammation est un processus de défense immunitaire de l'organisme en réponse à une agression d'origine exogène (brûlure, infection, allergie, traumatisme) ou endogène (cellules cancéreuses ou pathologies auto-immunes), dont le but d'éliminer l'agent pathogène, réparer les lésions tissulaires et favoriser le retour à l'homéostasie et à la cicatrisation du tissu lésé. Les signes cliniques de ce processus sont : chaleur, rougeur,

gonflement et douleur, de plus, une altération du fonctionnement de l'organe touché peut survenir (Ait-idir et Bouyoucef, 2017).

Le mécanisme inflammatoire (**Figure08**) fait intervenir un grand nombre de substances présentes dans le sang, entre autres de nombreuses hormones, comme les prostaglandines, l'histamine, des compléments et les cytokines qui participent à l'inflammation (Muanda, 2010). Les rôles de ces médiateurs sont résumés dans le **Tableau 09** (Ait-idir et Bouyoucef, 2017).

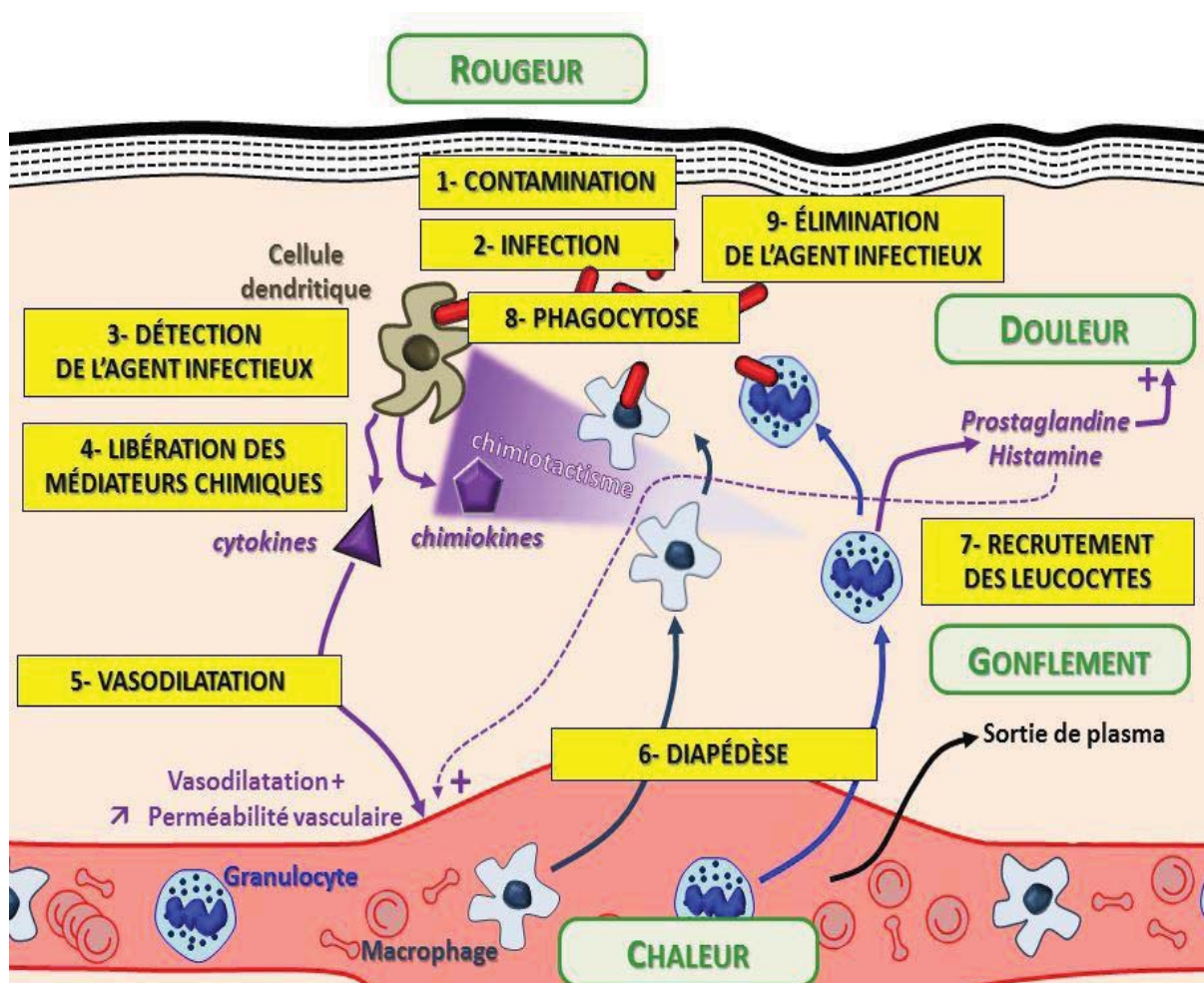


Figure 08 : Mécanisme d'inflammation (<https://www.qcm-svt.fr/>)

Tableau 09: Effets des principaux médiateurs impliqués dans le processus inflammatoire (Ait-idir et Bouyoucef, 2017).

| Médiateurs de l'inflammation | Rôles dans le processus inflammatoire |
|------------------------------|---|
| Histamine | Augmente la perméabilité vasculaire, permet la contraction des muscles lisses, provoque la sensation de douleur. |
| IL-6 | Induit localement l'activation des phagocytes, favorise le recrutement des monocytes sanguins vers les tissus enflammés, induit la production de protéine de la phase aigüe (protéine Créactive). |
| IL-8 | Possède des propriétés chimioattractantes pour les neutrophiles, les monocytes et les macrophages, favorisant leur diapédèse, induit la libération d'enzymes lysosomiales, d'oxydant et de médiateurs lipidiques. |
| Prostaglandines | Inhibent la synthèse de cytokines activatrices des lymphocytes, puissants vasodilatateurs, participent à la formation de l'œdème et sont responsables de la douleur. |
| Leucotriènes | Augmentent la perméabilité vasculaire, participent à la formation de l'œdème, possèdent des propriétés chimiotactiques, stimule la production de l'IL-2, de l'IFN- γ et de l'IL-4 par les lymphocytes T. |
| IL-4, IL-10 et IL-12 | Inhibent la libération de TNF- α et d'IL-1 β , réduisent le nombre des polymorphonucléaires dans le tissu enflammé, stimulent la libération du TGF- β 1. |

Les plantes médicinales sont très utilisées en médecine traditionnelle à travers le monde pour soulager des maladies inflammatoires tel que l'asthme, la bronchite, l'eczéma, la rhinite allergique (Tehami, 2017).

Dans le cas de l'avocat, la plupart des études se sont concentrées sur la pulpe et on sait peu de choses sur la graine, qui peut également présenter un grand intérêt du fait de son action anti-inflammatoire (en diminuant la génération de médiateurs pro-inflammatoires IL-6 et PGE2) (Athaydes *et al.*, 2018). L'extrait aqueux de feuille de *P. americana* permet une réduction significative de l'œdème chez les rats, reflétant une activité anti-inflammatoire intéressante (Kumar *et al.*, 2017).

Les molécules dotées d'un effet anti-inflammatoire dans les plantes sont principalement les polyphénols, les stérols et les terpènes. L'étude de Landolfi *et al.* (1984), a montré que certains polyphénols comme substance anti-inflammatoire, sont capables de modifier le métabolisme de l'acide arachidonique dans les plaquettes. Les effets de la quercétine et de la myricétine dépendent de la dose utilisée : à des fortes concentrations, ils inhibent la cyclooxygénase et la lipoxygénase. Cependant à des faibles concentrations, seule la lipoxygénase est effectuée. En revanche, d'autres flavonoïdes tels que l'apigénine et la chrysine agissent principalement sur l'activité de la cyclooxygénase (**Figure 09**) (Tehami, 2017).

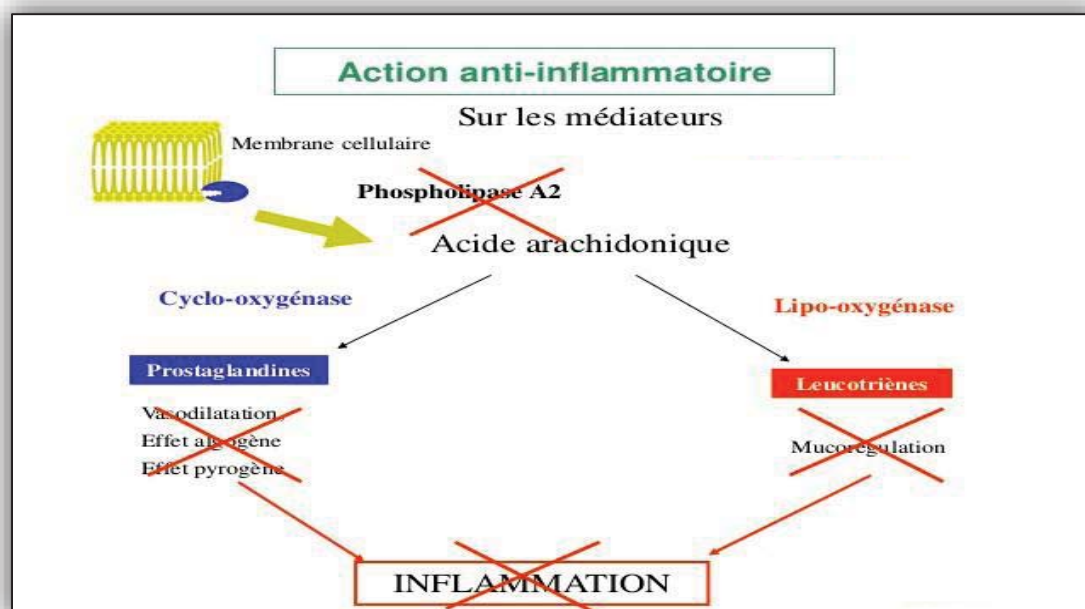


Figure 09 : Mécanisme d'action des anti-inflammatoires (Muanda, 2010).

II.2.4. Activité antidiabétique

Le diabète sucré (diabète de type II) est une pathologie chronique caractérisée par une hyperglycémie persistante associée à des anomalies dans le métabolisme des glucides, des protéines et des lipides en raison de défauts de sécrétion et/ou de l'action de l'insuline (Kouame *et al.*, 2016 ; Lima *et al.*, 2012 ; Marrero-FAz *et al.*, 2014).

Les plantes peuvent agir sur la glycémie par différents mécanismes. Certaines d'entre elles peuvent contenir des substances analogues à l'insuline, certaines peuvent inhiber l'activité insulinaire tandis que d'autres peuvent augmenter la régénération des cellules du pancréas (Edem *et al.*, 2009).

Les extraits de *P. americana* Mill. sont traditionnellement utilisés pour traiter le diabète sucré (Gondwe *et al.*, 2008). Les effets anti-diabétiques pourraient être dus à certains éléments minéraux et phytochimiques de la plante (Ezjiofor *et al.*, 2013).

Des études phytochimiques des extraits de feuille de *P. americana* ont indiqué la présence de plusieurs principes actifs. Il s'agit notamment des glycosides triterpéniques, des coumarines, saponines, alcaloïdes, tanins et des flavonoïdes (Lima *et al.*, 2012).

L'administration de l'extrait des feuilles de *P. americana* peut avoir un effet hypoglycémiant (Gondwe *et al.*, 2008). Lima *et al.* (2012), ont étudié l'effet de l'extrait des feuilles sur la glycémie à jeun chez des rats diabétiques induit par streptozotocine (STZ) et les résultats sont présentés dans la Figure 10.

Après une période de 72 h après l'injection de streptozotocine, tous les rats diabétiques présentaient une hyperglycémie, comprise entre 300 et 400 mg/dl, alors que les rats témoins ont montré une glycémie normale de 92 ± 6 mg/dl.

Après la première semaine de traitement par l'extrait hydroalcoolique de *P. americana* (de 0,15 et 0,3 g/kg/jour), une diminution significative de la glycémie a été observée d'environ 33 et 56%, respectivement, par rapport au groupe Control Diabétique. À la fin du traitement, la réduction était de 60 et 71%, respectivement, par rapport à la DC (Lima *et al.*, 2012).

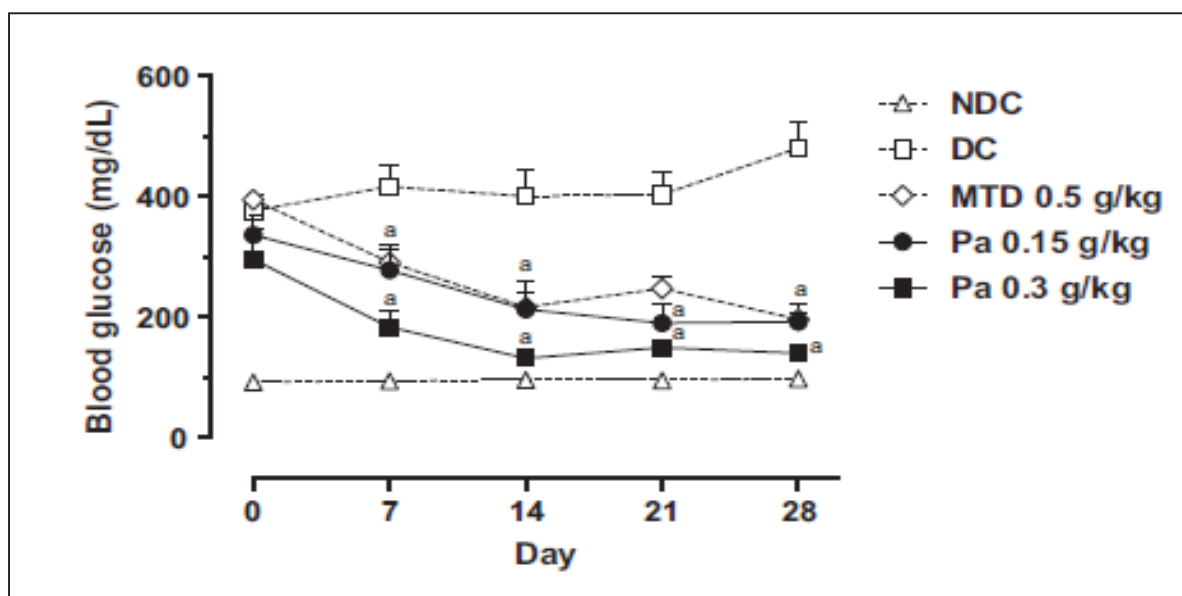


Figure 10 : Effet de l'extrait hydroalcoolique de *P. americana* (Pa) sur la glycémie à jeun (mg/dL) des rats diabétiques. (NDC : contrôle non diabétique DC: contrôle diabétique MTD: rats diabétiques traités par metformine 0,5 g/kg Pa: rats diabétiques traités avec extrait hydroalcoolique de feuilles de *Persea americana* 0,15 et 0,3 g/kg) (Lima *et al.*, 2012).

Les analyses histopathologiques sur les pancréas des rats diabétiques selon **Lima et al. (2012)**, ont révélé que l'administration de STZ à causer des lésions graves au pancréas, comme une diminution de nombre de cellules des îlots et une réduction du diamètre du pancréas. Les îlots ont rétréci avec des changements cellulaires atypiques, telles que l'hyperchromasie légère, l'anysokariose, la chromatine grossière et la pycnose. De plus, tous les groupes d'animaux diabétiques étudiés ont montré des modèles similaires de destruction des îlots (**Figure 11**) (**Lima et al., 2012**).

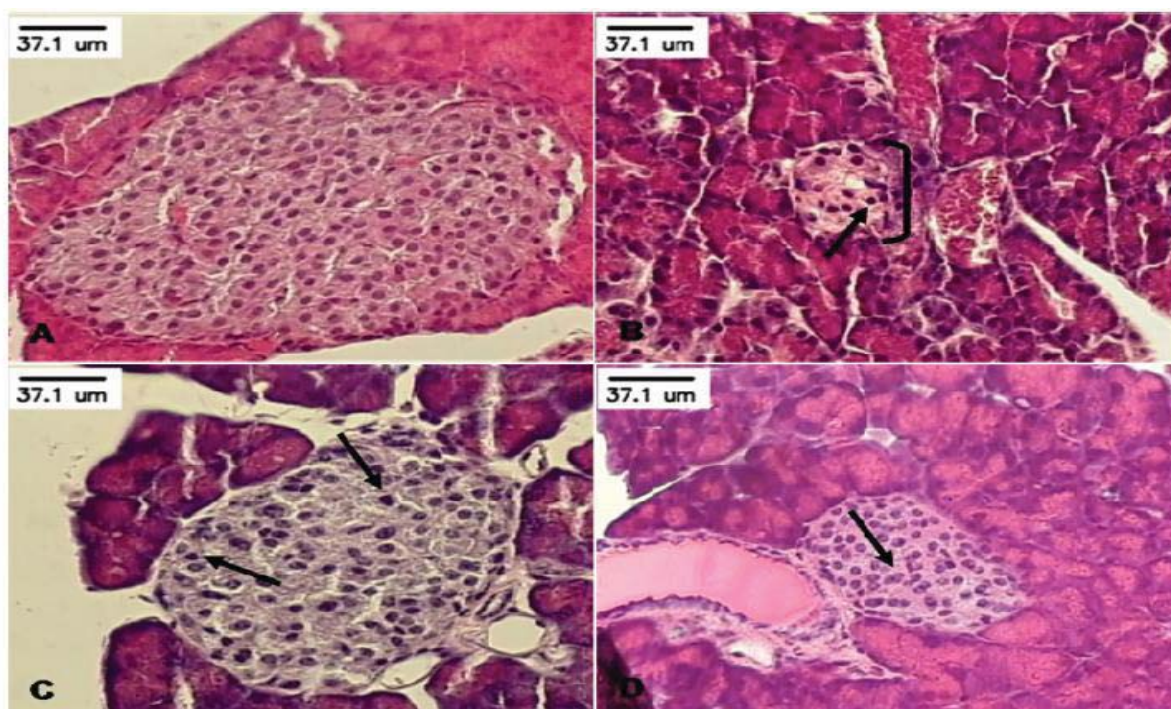


Figure 11 : Coupes de paraffine du pancréas (HE: Hématoxyline et Eosine) des rats diabétiques STZ. **(A)** Contrôle non diabétique; îlots aux caractéristiques cellulaires normales. **(B)** Contrôle diabétique; îlots qui réduisent le volume et le nombre, composite par noyaux pyknotiques et anisocaryose. **(C)** Rats diabétiques traités avec de la metformine 0,5 g/kg; îlots à volume et nombre réduits avec noyaux hyperchromatiques et anisocaryose. **(D)** rats diabétiques traités avec un extrait hydroalcoolique des feuilles de *P. americana* 0,3 g/kg; îlots à volume et nombre réduits avec noyaux hyperchromatiques, anisocaryose et chromatine grossière (**Lima et al., 2012**).

Des études suggèrent que la diminution du taux de glucose sérique et l'augmentation de l'absorption du glucose, via la voie de la protéine kinase B (PKB/Akt), pourrait être produite par les flavonoïdes, ce qui suggère qu'une augmentation ou une facilitation de la translocation des GLUT-4 pourrait également être induite par ces composés phénoliques (**Lima et al., 2012**).

Certains flavonoïdes de *P. americana* provoquent l'expression de la phospho-PKB dans le muscle soléaire et le foie (**Figures 12**). L'activation de cette enzyme peut déclencher la stimulation du transport du glucose par translocation de GLUT-4 du cytosol à la membrane plasmique, ce qui est lié à une absorption accrue de glucose dans le muscle squelettique, les adipocytes, le foie et d'autres tissus (**Lima et al., 2012**).

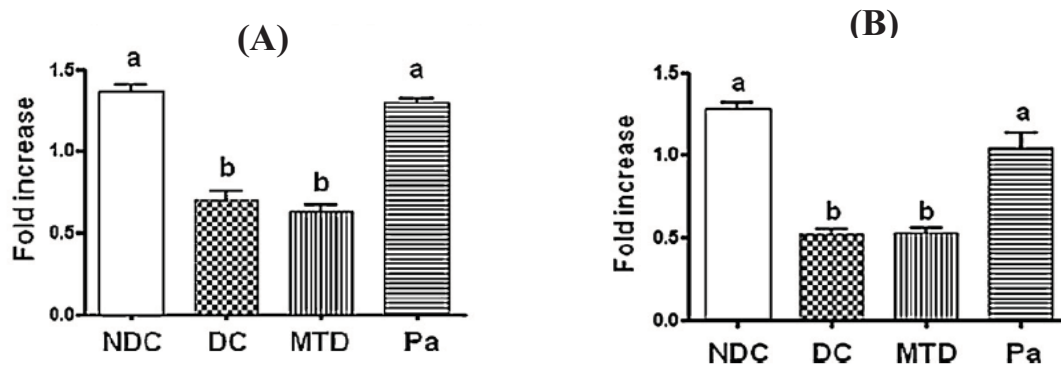


Figure 12: Expression de PKB au niveau du muscle soléaire (A) et le foie (B). (NDC: contrôle non diabétique; DC: contrôle diabétique; MTD: rats diabétiques traités avec metformine 0,5 g/kg; Pa: rats diabétiques traités avec un extrait hydroalcoolique des feuilles de *P. americana* 0,3 g/kg) (**Lima et al., 2012**).

Le foie des rats traités par *P. americana* 0,3 g/kg/jour, a affiché une augmentation significative de 102% de l'expression de P-Akt par rapport au groupe témoin diabétique. Pour le muscle soléaire, une augmentation de 79% a également été observée pour le P-Akt par rapport le groupe témoin diabétique. Le P-Akt induit la stimulation du transport du glucose par translocation de GLUT-4 du cytosol à la membrane plasmique (**Figure13**) (**Lima et al., 2012**).

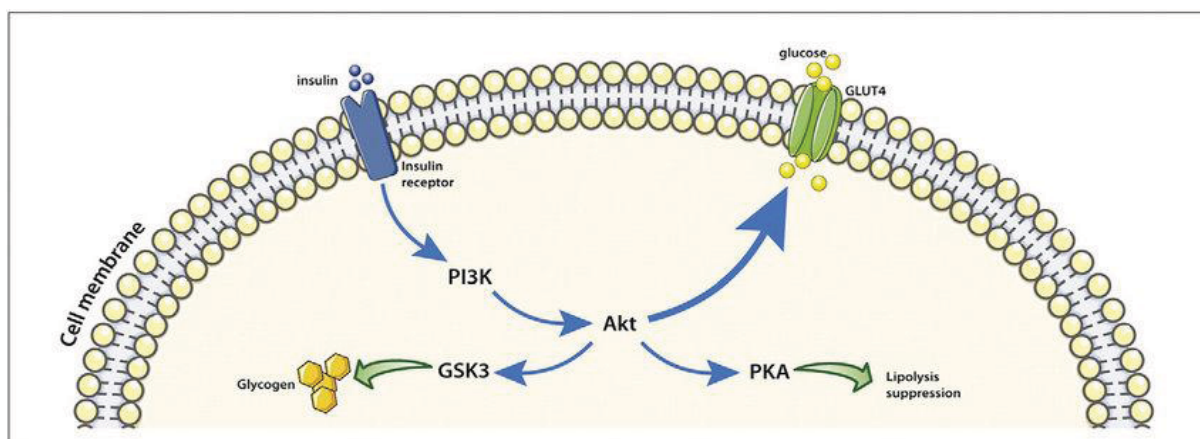


Figure13: Mode d'action de l'Akt (<https://www.researchgate.net>).

(GLUT4): glucose transporter4; (GSK3): glycogen synthase kinase; (PI3K): phosphoinositide 3-kinase; (PKA): protein kinase A.

III. Les composés phénoliques

Les composés phénoliques ou les polyphénols constituent une famille de molécules très largement répandues dans le règne végétal. Sont des produits du métabolisme secondaire des plantes, depuis les racines jusqu'aux fruits. Les polyphénols sont des produits de la condensation des molécules d'acétyl-coenzyme A de phénylalanine. Cette biosynthèse a permis la formation d'un organe ou d'un tissu particulière. Ils subdivisent en sous classes principales : les acides phénoliques, les flavonoïdes, les lignines, les tanins..... (**Figure 14**) (Tehami, 2017).

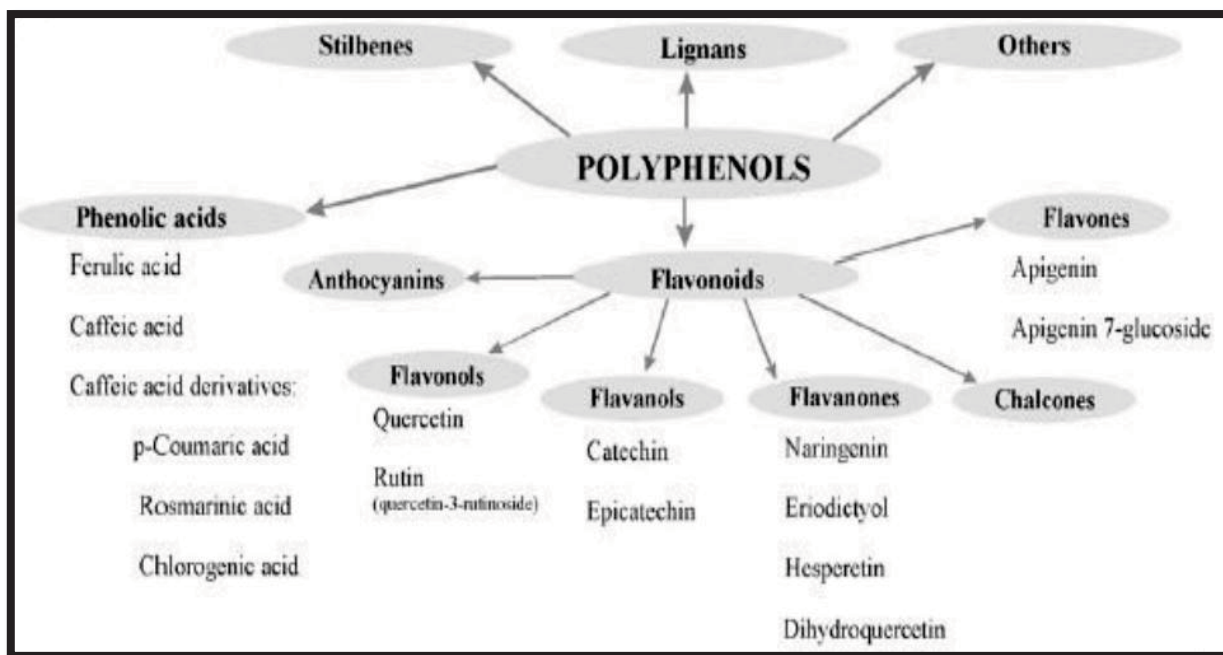


Figure 14 : Classification des composés phénoliques (Tehami, 2017).

III.1. Méthodes d'extraction des polyphénols

L'extraction est une étape très importante avant les analyses quantitatives et qualitatives proprement dites. Elle est influencée par la méthode choisie en fonction des composés phytochimiques à étudier.

Le but de l'extraction est d'isoler une ou plusieurs molécules à partir d'un organisme. Ainsi, la découverte de nouveaux médicaments peut passer par l'étude de ces substances naturelles et si une molécule se trouve être performante dans un domaine précis, elle pourra faire l'objet d'une commercialisation sous forme de médicament (**Benabdallah, 2016**).

III.1.1. Méthodes conventionnelles

Les méthodes classiques d'extraction par solvant des matrices végétales sont basées sur le choix du solvant couplé à l'utilisation de chaleur et/ou agitation. Les techniques classiques existantes utilisées pour les plantes comprennent: le soxhlet, l'hydrodistillation et la macération avec le plus souvent un mélange alcool-eau (**Wang et Weller, 2006**).

III.1.1.1. La macération

La macération est connue et exploitée au moins depuis l'antiquité et tout comme la décoction ou l'infusion, il s'agit d'une technique d'extraction solide-liquide qui consiste à laisser séjourner à froid une matière solide dans un liquide pour en extraire les constituants solubles dans ce liquide.

Cette technique est le plus souvent mise en œuvre avec des parties végétales (feuilles, fleurs, racines, écorces, etc.) en utilisant un solvant qui peut-être de l'eau, de l'alcool et parfois une huile ou une autre matière grasses (**Benabdallah, 2016**).

Pour obtenir les extraits, la matière végétale récoltée est d'abord nettoyée et séchée dans un four ou à l'air libre. Après séchage, la matière première est broyée à l'aide d'un broyeur électrique. La poudre obtenue est soumise à une extraction par macération pendant plusieurs jours consécutifs à température ambiante, et en utilisant souvent l'éthanol comme solvant d'extraction. L'extrait hydroalcoolique brut est évaporé sous pression réduite pour éliminer complètement l'alcool et l'extrait lyophilisé est conservé à (-20°C) jusqu'à utilisation (**Lima et al., 2012**).

Chapitre II

Matériel et méthodes

Un des objectifs spécifiques de cette étude était de tester certaines activités biologiques des extraits phénoliques (activité anti-inflammatoire et antidiabétique). A cet égard, des prétraitements préalables ont été effectués sur les feuilles et les graines de la plante.

Dans ce travail, nous n'avons pas pu explorer et approfondir dans le côté pratique, donc on s'est concentré davantage sur le côté théorique. Comme vous le savez, cela est dû aux circonstances liées au coronavirus (covid 19). Cette épidémie a touché le monde entier provoquant des crises au niveau de tous les domaines.

Notre travail pratique allait être réalisé au niveau du centre de recherche et de développement (CRD) du groupe SAIDAL P/I au sein du laboratoire de pharmacotoxicologie à Alger, mais le destin a fait qu'il a été annulé.

Dans cette partie nous présentons ci-après les principales étapes établies depuis la récolte jusqu'à l'obtention de la poudre végétale.

I. Matériel

I.1. Matériel végétal

Les feuilles et les fruits de la plante *Persea americana* ont été collectés le mois de février à Alger. Les fruits ont été coupés et les noyaux ont été récupérés. L'identification de la plante a été faite au niveau du Laboratoire de Botanique de l'Ecole Normale Supérieure de Kouba (Alger).



Figure 15 : Carte géographique de la station de la wilaya d'Alger qui montre la localisation de Kouba (<http://www.forum-algerie.com>).

La première étape du travail au laboratoire (laboratoire de la faculté SNV-ST de Bouira) a été le traitement des matières premières brutes dans le but de l'extraction des molécules actives. Les produits ayant servi à l'extraction des composés phénoliques, sont les feuilles et les graines de *P. americana*. Le matériel végétal préalablement débarrassé de toutes poussières et toutes autres impuretés et a été lavé abondamment avec de l'eau de robinet (Figure 16).



Figure 16 : Feuilles et graines de *P. americana* Mill.

I.2. Matériel non biologique

Balance analytique type OHAUS

Papier aluminium

Broyeur électrique MOULINEX

Spatules

Erlenmeyer de 250ml

II. Méthodes

II.1. Séchage

Les différentes parties de *P. americana* Mill. (feuilles et graines) ont été séchées dans un endroit aéré, à l'abri de la lumière et à température ambiante pendant deux semaines jusqu'à l'élimination complète de l'eau (Figure 17).



Figure 17: Les graines et les feuilles de *P. americana* après séchage.

II.2.Calcul du taux d'humidité

Le taux d'humidité représente la perte de masse que subie le produit après séchage, dans des conditions spécifiques, exprimée en pourcentage. Ce test est très important car il nous permis de contrôler l'étape de séchage de la plante.

La teneur en eau a été déterminée comme suite :

$$\text{Teneur en eau \% (H\%)} = \frac{\text{Ma} - \text{Mp}}{\text{Ma}} \times 100$$

H%: Taux d'humidité exprimé en pourcentage

Ma : Masse de la matière végétale avant traitement

Mp : Masse de la matière végétale après traitement

II.3.Broyage

Les feuilles ont immédiatement été broyées à l'aide d'un broyeur, tandis que les graines ont d'abord été découpées en petits morceaux avec un sécateur manuel, et ont ensuite été broyées. Cette étape est fastidieuse, sa réalisation doit être minutieuse et non dénaturante pour permettre l'obtention d'une poudre végétale fine et homogène. Les poudres obtenues sont tamisées dans le but de récupérer une poudre plus fine (**Figure 18**) (Mekhoukhe, 2008).



Figure 18 : Le broyat obtenu des feuilles de *P. americana*.

Les poudres obtenues ont été mises dans des flacons fermés, fumés, étiquetés et conservés à l'abri de la lumière (température ambiante à 25°C).

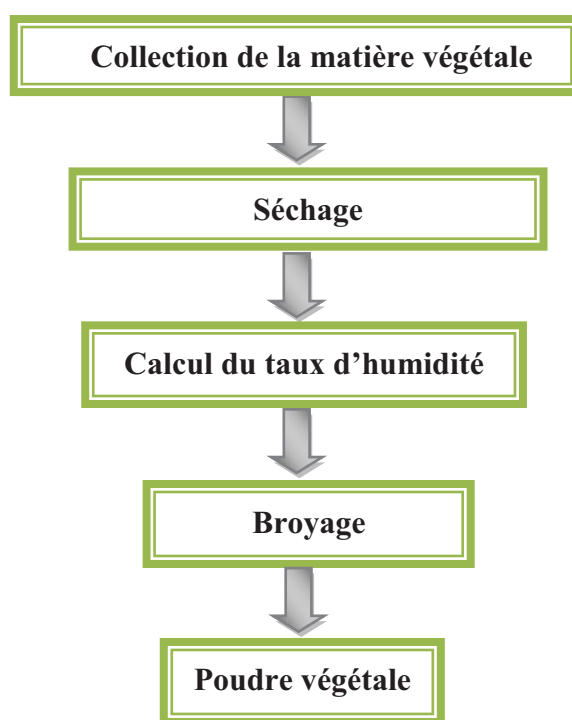


Figure 19 : Organigramme des étapes impliquées

Chapitre III

Résultats et discussion

I. Taux d'humidité

Les plantes sont essentiellement constituées d'eau. La teneur en eau d'un végétal peut varier selon l'organe et le type de la plante considérée. L'eau et les minéraux constituent ce que l'on appelle la sève. Mais, à la différence des animaux, les végétaux ne possèdent pas de pompe pour faire circuler cette sève, c'est la transpiration foliaire qui la fait monter le long des tiges et des racines jusqu'aux feuilles. Sous l'action de la chaleur fournie par le rayonnement solaire, les feuilles des végétaux transpirent. Ce phénomène très important est appelé l'évapotranspiration. Les plantes perdent beaucoup d'eau par évapotranspiration. Quant à l'eau restante, elle participe à la photosynthèse des substances organiques dont les plantes ont besoin pour se développer (Sadok et Bentounes, 2016).

La première étape de ce travail a été le calcul du taux d'humidité de la matière végétale utilisée. Le poids des feuilles et des noyaux obtenus après séchage est de 15,87g et 17,47g respectivement. Ces valeurs correspondent à des taux d'humidité de 53,32% pour les feuilles et de 48,61% pour les noyaux (Tableau 10). On constate donc que plus de la moitié du poids frais de ces parties est constitué d'eau.

Tableau 10 : Taux d'humidité dans les feuilles et les noyaux de *P. americana*.

| Partie de la plante | Poids avant séchage (g) | Poids après séchage (g) | Taux d'humidité (%) |
|---------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------|
| Feuilles | 34 | 15,87 | 53,32 |
| Noyaux | 34 | 17,47 | 48,61 |

Cependant une légère différence a été notée. En effet, les feuilles sont caractérisées par un taux d'humidité plus élevé par rapport aux noyaux (Tableau 10).

Les taux d'humidités des feuilles et graines de la plante étudiée sont de 55,32% ; 48,61% respectivement. Ce pourcentage est élevé par rapport à celui trouvé par (Hamani et Boudaoud, 2018), qui ont obtenu des taux d'humidité de 47,06% et 42,53% pour la même espèce dans les mêmes parties de la plante (feuilles et graines respectivement). La différence marquée entre la teneur en eau est probablement due à l'âge des plantes, la nature du sol et la durée de conservation du végétal après récolte.

Les teneurs en eau peuvent varier en fonction de l'espèce mais aussi de la famille à laquelle appartient la plante.

En effet, dans une étude ultérieure réalisée par **Mekhoukhe, (2008)** en Algérie et plus précisément dans la région de Bejaia, le taux d'humidité de cinq espèces appartenant à différentes familles (*C. siliqua*, *C. monogyna*, *F. excelsior*, *Q. coccifera*, *U. dioica*) a été étudié. Les taux d'humidité des échantillons sont résumés dans le **Tableau 11**.

Tableau 11 : Tableau représentant la teneur en eau dans les feuilles de différentes plantes (**Mekhoukhe, 2008**).

| Espèces (famille) | | Teneur en eau (%) |
|---------------------------|--------------|-------------------|
| <i>Ceratonia siliqua</i> | (Fabacées) | 53±0,816 |
| <i>Crataegus monogyna</i> | (Rosaceae) | 57±0,816 |
| <i>Fraxinus excelsior</i> | (Oleaceae) | 71±2,09 |
| <i>Quercus coccifera</i> | (Fagaceae) | 46,9±0,37 |
| <i>Urtica dioica</i> | (Urticaceae) | 79,4±1,25 |

Une différence dans les valeurs d'humidités a été obtenue. Le taux le plus élevé a été observé chez les espèces *U. dioica* et *F. excelsior* et diffère significativement des autres plantes qui sont moins riches en eau.

L'espèce étudiée dans notre travail (*P. americana* Mill.) (Lauracées) est caractérisée par une teneur en eau au niveau des feuilles similaire avec celle de l'espèce *C. siliqua* appartenant à la famille des Fabacées mais reste toutefois plus élevée par rapport à celle de *Q. coccifera* appartenant à la famille des Fagaceae indiqués par le même auteur

Le séchage est une étape très importante qui doit se faire dans des conditions particulières et qui contribuent à la conservation des propriétés médicinales de la plante. Ainsi, le séchage doit préserver l'intégrité biochimique de l'espèce végétale en inhibant certaines activités enzymatiques.

Certains auteurs rapportent que les cellules végétales renferment des enzymes susceptibles de modifier les composés phénoliques, en particulier les polyphénols oxydases et les glycosidases via des réactions (brunissements enzymatiques) qui conduisent à la transformation des composés natifs tels les hétérosides complexes et l'apparition de nouvelles structures (hétérosides plus simples) (**Mekhoukhe, 2008**).

Conclusion

CONCLUSION

Au terme de ce travail, on peut dire que la phytothérapie s'est avérée d'une grande importance pour le traitement des maladies humaines de base depuis des temps immémoriaux, cette dotation naturelle (plantes) doit être exploitée scientifiquement afin de résoudre les problèmes de santé. En médecine traditionnelle, différentes parties de la plante sont utilisées seules ou en association avec d'autres plantes dans le traitement de diverses maladies.

L'objectif principal de notre travail était l'évaluation des activités anti-inflammatoire et antidiabétique des polyphénols extraits des parties aériennes de *Persea americana*. Les résultats obtenus concernant l'étude du taux d'humidité indiquent qu'approximativement la moitié des feuilles et des graines de la plante sont constituées par l'eau, soit 53,32% et 48,61% respectivement. Ces valeurs sont supérieures aux taux d'humidités obtenus par d'autres études de la même espèce.

Par ailleurs, d'après nos recherches, nous avons pu résumer l'intérêt de l'avocat (*P. americana*) en phytothérapie qui est considérée comme l'un des principaux fruits tropicaux, par sa valeur nutritionnelle. C'est un fruit qui contient des vitamines liposolubles en plus des niveaux élevés de protéines, de potassium et d'acides gras insaturés, ce qui explique ses effets bénéfiques sur la santé.

L'avocat (*P. americana*) peut être une excellente alternative pour l'industrie, en particulier pour le traitement de différentes maladies compte tenu de sa composition et des avantages de ses composés. Les graines et les feuilles de *P. americana* sont riches en composés phénoliques et ceux-ci peuvent jouer un rôle dans les effets putatifs sur la santé.

Persea americana possède divers composés polyphénoliques à forte activité anti-inflammatoire et antidiabétique, antioxydante, antibactérienne qui pourraient être utiles dans les industries alimentaires et pharmaceutiques. L'extrait des feuilles et des graines de *P. americana* contient des substances phytochimiques qui soutiennent son utilisation traditionnelle. Cependant les recherches actuelles ont montré que l'étude des principes actifs présents dans les feuilles et les graines de *P. americana*, en particulier des flavonoïdes sont utiles dans le traitement des maladies inflammatoires et du diabète.

A l'essor de ce présent travail, il serait intéressant de :

- ❖ Mener une étude plus approfondie sur les polyphénols des feuilles et des graines de *P. americana* afin d'isoler, de purifier et d'identifier les composés ayant une activité anti-inflammatoire et antidiabétique.

- ❖ Fractionner et identifier certains composants majoritaires dans cette plante et tester leur effet *in vivo* et *in vitro*.
- ❖ Mener des tests plus approfondis pour élucider les mécanismes d'action respectifs et par lesquels les extraits agissent sur l'hyperglycémie.
- ❖ Déterminer des mécanismes moléculaires et cellulaires des composés actifs des extraits de *P. americana* et l'évaluation de leurs effets sur le processus inflammatoire.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- ADEYEMI, O. O., OKPO, S. O., & OGUNTI, O. O. (2002). Analgesic and anti-inflammatory effects of the aqueous extract of leaves of *Persea americana* Mill. (Lauraceae). *Fitoterapia*, 73(5), 375-380.
- AIT-IDIR, N., BOUYOUCHEF, H. (2017). *Etude de l'activité anti-inflammatoire, in vitro, des extraits des feuilles et des écorces des racines de Pistacia lentiscus L. sur la stabilité membranaire du globule rouge*. Université A.MIRA de Bejaia p.4
- ALKHALF, M. I., ALANSARI, W. S., AHMED IBRAHIM, E., MELHALWAGY, M. E. A. (2018). Anti-oxidant, anti-inflammatory and anti-cancer activities of avocado (*Persea americana*) fruit and seed extract. *Journal of King Saud University-Science*, 31(4), 1358-1362.
- ASHWORTH, V. E. T. M., & CLEGG, M. T. (2003). Microsatellite markers in avocado (*Persea americana* Mill.): genealogical relationships among cultivated avocado genotypes. *Journal of Heredity*, 94(5), 407-415.
- ATHAYDES. B R, ALVES. G M, ARÍCIA LEONE EVANGELISTA MONTEIRO DE ASSIS, GOMES. J. V. D, RODRIGUES. R. P, CAMPAGNARO. B. P, NOGUEIRA. B. V, SILVEIRA. D, MACHADO KUSTER. R, THIAGO DE MELO COSTA PEREIRA, REZENDE KITAGAWA. R, RITA DE CÁSSIA RIBEIRO GONÇALVES. (2018). Avocado seeds (*Persea americana* Mill.) prevents indomethacin-induced gastric ulcer in mice. *Food Research International*. Doi:10.1016/j.foodres.2018.10.057
- BANJI, A., ADEBAYO, O., OLUWATOSIN, S. (2016). Physiochemical properties and antioxidant potential of *Persea americana* seed oil. *Chemistry International*, 2(3), 168-175.
- BARBOSA-MARTIN, E., CHEL-GUERRERO, L., GONZALEZ-MONDRAGON, E., BETANCUR-ANCONA, D. (2016). Chemical and technological properties of avocado (*Persea americana* Mill.) seed fibrous residues. *Food and Bioproducts Processing*, 100,457-463.
- BEAULIEUCH. (2019). Avocatier (Avocat) _ planter, cultiver, récolter.

- BENABDALLAH, H. (2016).** Cours : Techniques d'extraction, de purification et de conservation. Université Ferhat Abbas de Sétif.
- BEN AMOR, B. (2008).** *Maîtrise de l'aptitude technologique de la matière végétale dans les opérations d'extraction de principes actifs : texturation par détente instantanée contrôlée (DIC)* (Doctoral dissertation). Université de La Rochelle.
- BERGH, B., ELLSTRAND, N. (1986).** Taxonomy of the avocado. *California Avocado Society Yearbook*, 70, 135-145.
- BOADI, N. O., SAAH, S. A., MENSAH, J. K., BADU, M., SYLVESTER, A. A., BAAH, M. M. (2015).** Phytoconstituents, antimicrobial and antioxidant properties of the leaves of *Persea americana* Mill. cultivated in Ghana. *Journal of Medicinal Plants Research*, 9(36), 933- 939.
- BOIZOT, N., CHARPENTIER, J. P. (2006).** *Méthode rapide d'évaluation du contenu en composés phénoliques des organes d'un arbre forestier*. Le Cahier des techniques de l'Inra.
- BRAI, A.A., BARTHOLOMEW, I.C., ODETOLA., AGOMO, P.U. (2007).** Hypoglycemic and Hypocholesterolemic Potential of *Persea americana*. Leaf Extracts. *Journal of medicinal food. J Med Food* 10 (2), 356–360.
- CARDOSO, P. F., SCARPASSA, J. A., PRETTO-GIORDANO, L. G., OTAGUIRI, E. S., YAMADA-OGATTA, S. F., NAKAZATO, G., ... & VILAS-BOAS, G. T. (2016).** Antibacterial activity of avocado extracts (*Persea americana* Mill.) against *Streptococcus agalactiae*. *Phyton, International Journal of Experimental Botany*, 85, 218-224.
- CASTRO-LOPEZ, C., , BAUTISTA-HERNANDEZ, I., GONZALEZ-HERNANDEZ, M. D ., MARTINEZ-ÁVILA, G. C. G., ROJAS, R., GUTIERREZ-DIEZ, A., MEDINA-HERRERA, N., AGUIRRE-ARZOLA, V. E.(2019).** Polyphenolic Profile and Antioxidant Activity of Leaf Purified Hydroalcoholic Extracts from Seven Mexican *Persea americana* Cultivars National Center for Biotechnology Information, U.S. *National Library of Medicine*, 24(1), 173.
- CHANTAL, L., JACKY, G. (2006).** La culture de l'avocatier. *A scientific journal on fruit crops in temperate, Mediterranean, subtropical and tropical region*, 61(6).
- EDEM, D. O., EKANEM, I. S., & EBONG, P. E. (2009).** Effect of aqueous extracts of alligator pear seed (*Persea americana* Mill.) on blood glucose and histopathology of pancreas in alloxan-induced diabetic rats. *Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences*, 22(3), 272-276.

- EZEJIOFOR, A. N., OKORIE, A., and EBERE ORISAKWE, O. (2013).** Hypoglycaemic and Tissue-Protective Effects of the Aqueous Extract of *Persea americana* Seeds on Alloxan-Induced Albino Rats. *Journal List Malays J Med*, 20(5), 31–39.
- FERNANDEZ, E. H. (2014).** *Avocado (Persea americana): Complimentarily of different omics technologies for its metabolic characterization*. Université de granada.p35
- GAILLARD, J. P., GODEFROY, J. (1994).** L'avocatier. Editions : Maisonneuve et Larose 15, rue Victor-Cousin F 75005 PARIS.
- GALINDO-TOVAR, M. E., AGUILAR, N. O., ARZATE-FERNANDEZ., AMAURY, M. (2007).** Some aspects of avocado (*Persea americana* Mill.) diversity and domestication in Mesoamerica. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 55(3), 441-450.
- GEORGE, A. C., CUTLER, R. R., HUMBER, D. P. (2008).** Antibacterial activity of plants used in traditional medicines of Ghana with particular reference to MRSA. *Journal of Ethnopharmacology*, 116(1), 102–111.
- GIRON-VAZQUEZ, N.G., GOMEZ-GUTIERREZ, C.M., SOTO-ROBLES, C.A., NAVA, O., LUGO-MEDINA, E., CASTREJON-SANCHEZ, V.H., VILCHIS-NESTOR, A.R., LUQUE, P.A. (2019).** Study of the effect of *Persea americana* seed in the green synthesis of silver nanoparticles and their antimicrobial properties. *Results in Physics*, 13, 102142.
- GONDWE, M., KAMADYAAPA, D. R., TUFTS, M. A., CHUTURGOON, A. A., Ojewole, J. A. O., MUSABAYANE, C. T. (2008).** Effects of *Persea americana* Mill. (Lauraceae) [avocado] ethanolic leaf extract (PAE) on blood glucose and kidney function in streptozotocin (STZ)-induced diabetic rats and on kidney cell lines of the proximal (LLC-PK1) and distal tubules (MDBK). *Methods Find Exp Clin Pharmacol*, 30(1), 25.
- GOURGUILLON, L., DESTANDAU, É., LOBSTEIN, A., LESELLIER, É. (2016).** Comparaison de différentes méthodes d'extraction d'acides dicaféoylquiniques à partir d'une plante halophile. *Comptes Rendus Chimie*, 19(9), 1133–1141.
- GUZMAN-RODRIGUEZ, J. J., LOPEZ-GOMEZ, R. M., SUAREZ-RODRIGUEZ, L., SALGADO-GARCIGLIA, R., RODRIGUEZ-ZAPATA, L. C., OCHOA-ZARZOSA, A., LOPEZ-MEZA, J. E. (2013).** Antibacterial Activity of Defensin PaDef from Avocado Fruit (*Persea americana* var. *drymifolia*) Expressed in Endothelial Cells against *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*. *BioMed research international*, 9.

- HARDUIN, C. (2017).** *Les fruits et légumes toxiques Chez le chien et le chat.* (Doctoral dissertation) n°030, Université claud-bernard - lyon I (médecine - pharmacie), p64.
- IDRIS. S, NDUKWE. G. I., GIMBA. C.E. (2009).** Preliminary phytochemical screening and antimicrobial activity of seed extracts of *Persea americana* (avocado pear). *Bayero Journal of Pure and Applied Sciences*, 2(1):173 – 176
- IKPEFAN E, O., AYINDE, B. A. (2013).** Comparative Growth Inhibitory Assay of the Methanol Extract of the Leaf and Seed of *Persea americana* Mill. (Lauraceae). *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 1(6).
- KAZIENDÉ CHARLEVNA, A. (1999).** *Etude des activites anti-icterique et hepatoprotectrice des amandes de Persea gratissima gaertner (Lauracea).* (Doctoral dissertation). Université Cheikh Anra Diop –Dakar.
- KOUAME., N’GORAN, M., KAMAGATE, M. (2016).** Analyse de la littérature de trois plantes médicinales antidiabétiques (cassia siamea lam, cymbopogon citratus (dc) stapf, *Persea americana* Mill.): évaluation de l’activité antidiabétique et du mécanisme d’action de *Persea americana* Mill. chez des modèles de rats diabétiques de type 2.
- KUMAR, A., KUMARCHANDRA, R., RAI, R., SANJEEV, G. (2017).** Anticlastogenic, radiation antagonistic, and anti-inflammatory activities of *Persea americana* in albino Wistar rat model. 2017. *Journal List Res Pharm Sci*, 12(6), 488.
- LADOH, YCF., DIBONG, SD., NYEGUE, MA., DJEMBISSI, TRP., LENTA, NB., MPONDO, ME., YINYANG, J., WANSI, JD. (2014).** Activité antioxydante des extraits méthanoliques de *Phragmanthera capitata* (Loranthaceae) récoltée sur *Citrus sinensis*. *Journal of Applied Biosciences*, 84, 7636-7643.
- LARA-MARQUEZA, M., BAEZ-MAGANAA, M., RAYMUNDO-RAMOS, C., SPAGNUOLOB, PA., MACIAS-RODRIGUEZC, L., SALGADO-GARCIGLIAC, R., OCHOA-ZARZOSAA, A., LOPEZ-MEZAA, J. E. (2019).** Lipid-rich extract from Mexican avocado (*Persea americana* var. *drymifolia*) induces apoptosis and modulates the inflammatory response in Caco-2 human colon cancer cells. *Journal of Functional Foods*, 64, 103658.
- LIMA, C.R., VASCONCELOS, C.F.B., COSTA-SILVA, J.H., MARANHOC, A., COSTA, J., BATISTA, T.M., CARNEIRO, E.M., SOARES, L.A.L., FERREIRA, F., WANDERLEY, A.G. (2012).** Anti-diabetic activity of extract from *Persea americana* Mill. leaf via the activation of protein kinase B

- (PKB/Akt) in streptozotocin-induced diabetic rats. *Journal of Ethnopharmacology*, 141(1), 517– 525.
- LUCCHESI, E. M. (2005).** *Extraction Sans Solvant Assistée par Micro-ondes Conception et Application à l'extraction des huiles essentielles.* (Doctoral dissertation). Université de la Réunion.
- LUIZ, R. C., AKEMI, M. H., TALITA, E. C. (2007).** Kinetic of inactivation of polyphenoloxidase and peroxidase of avocado (*Persea americana* Mill.), 31(6), 1766-1773.
- MAES, C. (2017).** Contribution à l'étude phytochimique des espèces *Leea Guinensis*, *Litchi Chinensis* et *Persea americana* en vue de valorisations cosmétiques.
- MARRERO-FAZ, E; SÁNCHEZ-CALERO, J; YOUNG, L; HARVEY, A. (2014).** Inhibitory effect of *Persea americana* Mill leaf aqueous extract and its fractions on PTP1B as therapeutic target for type 2 diabetes. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas*, 13(2), 144-151.
- MEDJOUDA, O. (2014).** *Méthodes d'études d'activité des antioxydants des plantes médicinales.* Université Kasdi Merbah, Ouargla. P.7.
- MEKHOUKHE, A. (2008).** *Etude de certaines activités biologiques des composés phénoliques extraits de cinq plantes médicinales de la région de Bejaia.* Université Abderahmane Mira de Bejaia. P.43.
- M'HIRI, N. (2015).** *Étude comparative de l'effet des méthodes d'extraction sur les phénols et l'activité antioxydante des extraits des écorces de l'orange " Maltaise demi sanguine" et exploration de l'effet inhibiteur de la corrosion de l'acier au carbone.* Alimentation et Nutrition. Université de Lorraine. P.29
- MUANDA, F. N. (2010).** *Identification de polyphenols, Évaluation de leur activité antioxydante et étude de leurs propriétés biologiques.* (Doctoral dissertation). Ecole doctorale SESAMES. Université Paul Verlaine-Metz, 294. P.74.
- NACEIRI MRABTI, H. (2018).** *Étude Pharmacologique Toxicologique de l'Arbutus unedo L.* au Maroc. (Doctoral dissertation). Université Mohammed V de Rabat au Maroc. P. 64.
- NAIT SIDI AHMED, A. (2012).** *Mise en place d'un procédé d'extraction et de pré-purification de molécules bioactives à partir d'une culture énergétique « Salix miyabeana SX67».* Université de Sherbrooke. P. 24.

- NURDIN, R., NIKMAH, U. D and BOHARI. (2018).** Phytochemical and Antioxidant Activity of Avocado Leaf Extract (*Persea americana* Mill.). *Asian Journal of Scientific Research*. 11: 357-363.
- OJEWOLE, O., JOHN, A ., AMABEOKU., GEORGE, J. (2006).**Anticonvulsant Effect of *Persea americana* Mill. (Lauraceae) (Avocado) Leaf Aqueous Extract in Mice. *Phytotherapy Research: An International Journal Devoted to Pharmacological and Toxicological Evaluation of Natural Product Derivatives*, 20(8), 696-700.
- OGUNDAR, A. O., OLADEJO, B. O. (2014).** Antibacterial Activities of the Leaf and Bark Extract of *Persea Americana*. *American. Journal of Ethanomedicine*, 1, 06444-071.
- RABENASOLO, H., MAMPIONONA, E. (2002).** *Production d'huile d'avocat: etude de prefaisabilite technico-economique d'une unite d'extraction*. Universite d'antanarivo.P.77.
- RAINER, S., BOB, O., BERGH. (1992).** Origin of and Taxonomic Relationships within the Genus *Persea*. In *Proceedings of the Second World Avocado Congress*, 2, pp. 505-574.
- RAYMOND, CH., GARY A, DYKES. (2010).** Antimicrobial activity of crude epicarp and seed extracts from mature avocado fruit (*Persea americana*) of three cultivars. *Pharmaceutical Biology*, 48(7), 753-756.
- RE, R., PELLEGRINI, N., PROTEGGENTE, A., PANNALA, A., YANG, M. ET RICE-EVANS, C. (1999).** Antioxydant activity applying and inapoved ABTS radical cation decolorization assay free radical biology and medicine, 26: 1231-1237.
- SADOK, D., BENTOUNES, F. Z. (2016).** *Etude de l'activité insecticide des extraits de feuilles du Ricinus communis et Mentha piperita à l'égard d'Aphis spiraecola puceron vert des agrumes (Hemiptera: Aphididae)*. Université Abdelhamid Ibn Badis-Mostaganem. P.62.
- 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).
- TEHAMI, W. (2017).** *Caractérisation phytochimique et évaluation du potentiel, Antioxydant, antimicrobien et anti-inflammatoire de Salvia argentea*. Université de djillali liabes de Sidi- Bel-Abbès.
- TERNISIEN, A. (2002).** Fabrice Le Bellec, *Mon jardin tropical, Antilles, Réunion*, Editions Orphie, P. 413.

- TRAORE, M. (2014).** Mise au point de comprimés à base de *Persea americana* Mill. (Lauraceae) pour la prise en charge thérapeutique de l'hypertension artérielle. Thèse doctorat.
- VILKHU, K., MAWSON, R., SIMONS, L., BATES, D. (2008).** Applications and opportunities for ultrasound assisted extraction in the food industry — A review. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 9(2), 161-169.
- VINHA, Ana F., MOREIRA, Joana., BARREIRA, Sérgio. V. P. (2013).** Physicochemical Parameters, Phytochemical Composition and Antioxidant Activity of the Algarvian Avocado (*Persea americana* Mill.). *Journal of Agricultural Science*, 5(12), 100.
- WANG, L., WELLER, C. L. (2006).** Recent advances in extraction of nutraceuticals from plants. *Trends in Food Science & Technology*, 17(6), 300–312.
- WIENTARSIH, I., MADYASTUTI, R., FEBRAM, P. B., ALDOBRATA, A. (2012).** Anti Lithiasis Activity of Avocado (*Persea americana* Mill.) Leaves Extract in White Male Rats. *Journal of Biosciences March*, 19(1), 49-52.
- YASIR, M., DAS, S., KHARYA, M. D. (2010).** The phytochemical and pharmacological profile of *Persea americana* Mill. Vol 4 (7).

<http://www.Fruitrop.com>

<https://www.qcm-svt.fr/>

<https://www.researchgate.net>

<http://www.forum-algerie.com>

Résumé

L'intérêt grandissant porté pour les plantes provient du fait de la présence de substances actives présentant de nombreux effets biologiques bénéfiques. Dans la présente étude la plante *Persea americana* Mill. a été utilisée afin d'extraire les composés phénoliques et tester certaines de leurs activités biologiques (anti-inflammatoire et antidiabétique). Nous avons réalisé dans un premier temps un séchage des feuilles et des graines. Les taux d'humidité retrouvés dans les feuilles et les graines étaient voisins avec des valeurs de 53,32% et 48,61% respectivement.

Les différents résultats publiés sur l'étude phytochimique révèlent la richesse de cette plante en polyphénols totaux, en flavonoïdes, alcaloïdes, saponines et en tanins. Certains résultats montrent que les flavonoïdes obtenus à partir des feuilles de *P. americana* peuvent mimer l'activité de l'insuline. De plus, *P. americana* est dotée d'une activité anti-inflammatoire qui semble être plus prononcée dans les graines.

Mots clés : *Persea americana*, humidité, polyphénols, activités biologiques, anti-inflammatoire, antidiabétique.

Abstract

The growing interest in plants comes from the presence of active substances presenting many beneficial biological effects. In the present study, *Persea Americana* Mill. was used to extract phenolic compounds in order to evaluate some of their biological activities (anti-inflammatory and anti-diabetic). We firstly dried the leaves and seeds. The humidity levels found in the leaves and seeds were close with values of 53, 32% and 48, 61% respectively.

The different results published about the phytochemical study reveal the richness of this plant in total polyphenols, flavonoids, alkaloids, saponins and tannins. Some results showed that the flavonoids obtained from the leaves of *P. americana* can mimic the activity of insulin. Besides, *P. americana* has an anti-inflammatory activity that seems to be more pronounced in seeds.

Keywords: *Persea americana*, humidity, polyphenols, biological activities, anti-inflammatory, anti-diabetic.

ملخص

الإهتمام المتزايد بالنباتات الطبيعية في هذه الآونة الأخيرة ظهر نتيجة تواجد عناصر جد فعالة تملك العديد من الخصائص البيولوجية المفيدة . في هذه الدراسة تم استعمال عشبة *Persea americana* Mill. لغرض استخلاص مركباتها الفينولية واختبار بعض أنشطتها البيولوجية (المضادة للالتهابات والمضادة للسكري). قمنا أولاً بتجفيف الأوراق والبذور. مستويات الرطوبة الموجودة في الأوراق والبذور كانت قريبة بنسبة 53,32% و 48,61% على التوالي.

تكشف النتائج المختلفة المنشورة في دراسة الكيمياء النباتية عن ثراء هذا النبات في البوليفينول الكلي ، والفلافونيدات ، القلويدات ، الصابونين والتانينات. تظهر بعض النتائج أن مركبات الفلافونويد التي تم الحصول عليها من أوراق *P. americana* يمكن أن تحاكي نشاط الأنسولين. بالإضافة إلى ذلك ، لدى *P. americana* نشاط مضاد للالتهابات و يبدو أكثر وضوحاً في البذور.

الكلمات المفتاحية: *Persea americana* ، رطوبة ، بوليفينول ، أنشطة بيولوجية ، مضاد للالتهابات ، مضاد للسكري .