

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

UNIVERSITE ABDERRAHMANE MIRA - BEJAIA



FACULTE DE TECHNOLOGIE



DEPARTEMENT DE GENIE DES PROCÉDES

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

En vue de l'obtention du diplôme de Master en Génie des Procédés

Option Génie Alimentaire

Thème

*Caractéristiques chimiques et propriétés
antioxydantes de la goyave «*Psidium guajava*»*

Réalisé par :

- M^{elle} TENSAOUT Fatima
- M^{elle} GAOUA Asma

Soutenu le 01 juillet 2018, devant le jury composé de :

N. ROUBA	Maître de Conférences classe B, Université A. Mira Bejaia	Président
S. ADRAR	Maître de Conférences classe B, Université A. Mira Bejaia	Examineur
K. KOUACHI	Maître de Conférences classe A, Université A. Mira Bejaia	Promoteur
N. CHOUGUI	Maître de Conférences classe A, Université A. Mira Bejaia	Co-promoteur
E. BENRAMDANE	Doctorant Université A. Mira Bejaia	Invité

Année Universitaire 2017/2018

Remerciements

En préambule à ce mémoire nous remerciant ALLAH qui nous aide et nous donne la patience et le courage durant ces longues années d'étude.

*Ce mémoire a été réalisé au laboratoire de technologie alimentaire,
département des sciences alimentaires faculté des sciences de la nature et de la vie*

*Nous tenons tous particulièrement à adresser nos remerciements les plus
vifs d'abord à notre promotrice Mme K. Kouachi, qui nous a fait l'honneur de
nous inspirer ce sujet et nous guider tout au long de son élaboration, nous lui
sommes très reconnaissantes, pour ses conseils, sa disponibilité, et surtout sa
patience.*

*Nos sincères considérations et remerciements sont également exprimés aux
membres du jury : Mme N. ROUBA, qui nous fait honneur par sa présence en
qualité de présidente du jury ainsi que Mr H. BOUDRIS et qui
a accepté d'examiner ce travail et consacré de son temps pour son évaluation*

*Avec tout notre respect on tient à remercier notre Co-promotrice Mme N. CHOUGUI pour son aide, ses
orientations judicieuse, ses qualité d'ordre et d'efficacité et pour l'élaboration de ce travail. Ainsi que
pour E. BENRAMDANE et N. MEKHLLOUFI pour leur disponibilité et pour tout le temps qu'ils ont
consacré pour notre mémoire. Votre aide est très précieuse pour nous.*

*Nous remercions nos chers parents qui nous ont aidés à être ce que nous sommes et qui nous ont entourés
avec tant d'amour et d'affection.*

*Enfin, Nous souhaitant adresser nos remerciements les plus sincères à tous les enseignants et aux
personnes qui nous ont apporté leur aide et qui ont contribué à l'élaboration de ce mémoire ainsi qu'à la
réussite de cette formidable année universitaire*

DEDICACE

Je dédie ce modeste travail

A mes très chers parents que dieu les protège :

En témoignage de ma profonde affection. Qu'ils sachent que ce travail est en partie le fruit de leur soutien ; je leur suis très reconnaissante. Leur fierté à mon égard aujourd'hui est pour moi la meilleure des récompenses.

A mes chers frères et sœurs : Mehani, Nadjim, Leïla, Kamilia et

A mes deux bébés d'amour « mon neveu Massi et ma nièce Ritaj »

A la mémoire de mon grand frère TAHAR que dieu repose son âme en paix

A la mémoire mes grands parents maternels et paternels.

A mes cousines et cousins, tentes et oncles, voisins surtout Yaya, Tata Tiha et sa fille ouiza

A mes amis chers à mon cœur ADEL, FATI, Karima sans oublié toutes mes copines de C200

A

Ma binôme faty et toute sa famille

ASMA

DEDICACE

Je dédie ce modeste travail

A mes très chers parents que dieu les protège :

En témoignage de ma profonde affection. Qu'ils sachent que ce travail est en partie le fruit de leur soutien ; je leur suis très reconnaissante. Leur fierté à mon égard aujourd'hui est pour moi la meilleure des récompenses.

A ma grand mère, a mes chers frères et sœurs : Meriem, Bilal, Hamza

A mes cousines et cousins, tentes et oncles

A mes amis chers à mon cœur Lily, Saida, Nesrine, Katy, Fifi, Lynda sans oublié mes copine de chambre

A

Ma binôme faty et toute sa famille

FATIMA

Table de matiere

TABLE DE MATIERE

Introduction	1
---------------------------	----------

Partie I : Synthèse bibliographique

Chapitre I : Généralités sur la goyave

1. Généralités sur le Goyavier « <i>Psidium guajava</i> »	3
1.1. Origine et répartition géographiques	3
1.2. Description botanique	3
1.3. Taxonomie	5
1.4. Variétés	5
1.5. Climat et sol	7
1.6. Production mondiale	7
1.7. La goyavier en Algérie	8
1.8. Utilisation du goyavier	8
Références bibliographiques	9

Chapitre II : Activité antioxydants

1. Composition et valeur nutritionnelle de la goyave	11
2. Les antioxydants	12
2.1. Acide ascorbique : Vitamine C	13
2.2. Les caroténoïdes	14
2.3. Vitamine E	15
2.4. Composés phénoliques totaux	15
2.4.1. Les flavonoïdes	15
2.4.2. Les acides phénoliques	16
2.4.3. Les tanins	17
3. Rôle des antioxydants	18
4. Effets thérapeutiques de <i>Psidium guajava</i>	19
4.1. Activités antioxydante, antitumorale et anticancéreuse	19
4.2. Activité antimicrobienne	20

4.3. Activité Antidiarrhéique	20
4.4. Activité antidiabétique	20
4.5. Activité anti-inflammatoire.....	21
4.6. Activité Hépatoprotective	21
4.7. Effets cardio-vasculaire et hypertensif	21
Références bibliographiques	22

Partie II : Expérimentale

Matériel et méthodes

1. Appareil et produits chimiques	28
Appareils utilisés	28
Produits chimiques utilisés	29
2. Matrice végétale.....	29
2.1. Choix de la matrice	29
2.2. Situation géographique	29
2.3. Récolte et séchage.....	29
2.4. Broyages et tamisage	30
3. Analyses physico-chimiques	30
3.1. Mesure de pH.....	30
3.2. Acidité.....	30
3.3. Teneur en sucre (Brix)	31
3.4. Taux d'humidité.....	31
4. Extraction des composés phénoliques totaux	31
5. Dosage des antioxydants	32
5.1. Dosage des composés phénoliques totaux	32
5.2. Dosage des flavonoïdes	33
5.3. Dosage des tanins condensés (proanthocyanidines).....	33
5.4. Dosage des caroténoïdes.....	34
5.5. Dosage de la vitamine C	35
6. Activités antiradicalaire et antioxydante	35
6.1. Inhibition du DPPH (pouvoir antiradicalaire)	35

6.2. Test au phosphomolybdate	37
7. Analyse statistique.....	37
Références bibliographiques.....	38

Résultats et Discussion

1. Paramètres physico-chimiques du jus de goyave	40
2. Taux d'humidité des trois matrices étudiées	41
3. Teneur en antioxydants.....	42
3.1 Teneur en composés phénoliques totaux	42
3.2. Dosage des flavonoïdes	44
3.3. Dosage des tannins	45
3.4. Dosage des caroténoïdes	46
3.5. La vitamine C	47
4. Activités antioxydante et antiradicalaire	48
4.1. Activité antiradicalaire (Test au DPPH).....	48
4.2. Test au phosphomolybdate	51
5. Corrélation entre les activités antioxydantes et les teneurs en antioxydants.....	53
Références bibliographiques.....	54
Conclusion et Perspectives.....	57

Liste des abréviations

Abs	Absorbance.
AlCl₃ :	Chlorure d'Aluminium.
ANOVA :	Analyse de la variance.
A.g. sat	Acides gras saturés
A.g. mono insat	Acides gras mono insaturés
A.g. poly insat	Acides gras poly insaturés
BHA	HydroxytoluèneButylé
CPT	Composés Phénoliques Totaux.
CA	Caroténoïde
Da	Dalton
EQ AG	Equivalent Acide Gallique
EQ AA	Equivalent Acide Ascorbique
EQ	Equivalent Quercitrine
EC	Equivalent Cyanidine
E Eβ-C	Equivalent β -Carotène
EC50	Concentration Inhibitrice à 50%
Fe₂(SO₄)₃	Sulfate de fer (III)
HCl	Acide Chlorhydrique
H₃PMo₁₂O₄₀	Acide phosphomolybdique
H₃PW₁₂O₄₀	Acide phosphotungstique
H₂SO₄	Acide Sulfurique
HNE	Elasticité de Neutrophile l'Humaine
IR	l'Indice Réfraction
MF	Matière Fraîche

Abs	Absorbance.
MS	Matière Sèche
NaOH	Hydroxyde de sodium
NaH₂PO₄	Dihydrogénophosphate de sodium
Na₂CO₃	Carbonate de sodium
NaHCO₃	Bicarbonate de sodium
HO[•]	Radical hydroxyle
PMB	Phosphomolybdate
ROO[•]	Radical Peroxy
ROOH	Hydroperoxyde
TCA	Acide Trichloracétique
TH	Tanins Hydrolysables
TSS	Totaux Soluble Solide
UV	UltraViolet
Vit C	Vitamine C
Vit A	Vitamine A
V/V	Volume/Volume

LISTE DES TABLEAUX

Partie I : Synthèse bibliographique

Chapitre II : Activité antioxydante

Tableau 1 : Composition nutritionnelle de la goyave	11
Tableau 2 : Composition chimique de la goyave	12
Tableau 3 : Les antioxydants de la goyave	13

Partie II : Partie Expérimentale

Résultats et Discussion

Tableau 4 : Paramètres physico-chimiques du jus de goyave	40
Tableau 5 : Taux d'humidité des trois parties de la goyave	41
Tableau 6 : Teneurs en antioxydants des trois parties de la goyave étudiés	42
Tableau 7 : Activité antiradicalaire sur le DPPH (EC50) des différents échantillons	49
Tableau 8 : Pouvoir réducteur des trois échantillons sur le phosphomolybdate (EC50)	52
Tableau 9 : Les coefficients de corrélation entre les antioxydants dosés et les activités antioxydantes étudiées	53

LISTE DES FIGURES

Partie I : Synthèse bibliographique

Chapitre I : Généralités sur la goyave

Figure 1 : Distribution de la goyave dans le monde	3
Figure 2 : Description du goyavier : arbre (A) ; fruit (B) ; fleur (C) ; feuille (D)	4
Figure 3 : Fruit du goyavier « la goyave »	5
Figure 4 : Les variétés les plus fréquentes de la goyave en forme de pomme (A) et de poire (B).	6
Figure 5 : Différentes couleurs de la peau de la goyave	6
Figure 6 : Différentes couleurs de la pulpe de la goyave.	7

Chapitre II : Activité antioxydante

Figure 7 : Structure de l'acide ascorbique	14
Figure 8 : Structure chimique du β -carotène	14
Figure 9 : Structure de la vitamine E.	15
Figure 10 : Structure de base des flavonoïdes	16
Figure 11 : Acides hydroxybenzoïque (a); Acides hydroxycinnamiques (b); Coumarine	17
Figure 12 : Tanins hydrolysables	17
Figure 13 : Mode d'action des antioxydants par transfert d'un atome d'hydrogène	18
Figure 14 : Mode d'action des antioxydants par transfert d'électrons	19

Partie II : Partie Expérimentale

Matériels et méthodes

Figure 15 : Réduction de radical DPPH .	36
--	-----------

Résultats et Discussions

Figure 16 : Teneur en CPT des extraits des trois parties de la matrice végétale	43
Figure 17 : Teneur en flavonoïdes des extraits trois parties de la matrice végétale	44

Figure 18 : Teneur en tannins des extraits des trois parties de la matrice végétale	45
Figure 19 : Teneur en caroténoïdes des extraits trois parties de la matrice végétale	46
Figure 20 : Teneur en vitamine C des extraits de feuilles, pulpes et épiluchures de lagoyave	47
Figure 21 : Pourcentage d'inhibition de DPPH [*] des extraits de la goyave (feuilles, pulpes et épiluchures) et des standards (BHA et quercétine).	49
Figure 22 : Pouvoir réducteur des extraits testés (pulpes, feuille et épiluchures) de goyave et des deux standard (Quercétine et BHA)	52

INTRODUCTION

Le fruit du goyavier (*Psidium guajava*) dit communément la goyave est l'un des fruits les plus exploités en région tropicale. Il est souvent consommé frais, pour les variétés les plus charnues et les plus sucrées, ou transformé en jus et nectars. D'autre part, ce fruit est très utilisé dans la médecine traditionnelle pour ses pouvoirs et vertus nutritionnels dont les effets sont démontrés [1, 2]. De plus, la goyave présente une bonne source d'antioxydants tels que les composés phénoliques (acides phénolique, flavonoïdes,...), vitamine C et caroténoïdes [3-5], pouvant intervenir dans le bon maintien de la santé grâce à leurs propriétés anti-inflammatoire [6], anticancérigène [7] et antimutagène [8]. Dès lors, on comprend pourquoi cette matrice végétale est attiré l'attention de nombreux groupes de recherches, que ce soit dans l'académique ou dans l'industrie.

En Algérie, ce fruit est méconnu ou peu connu par notre communauté, ce qui implique qu'aucune étude scientifique n'a été réalisée. Historiquement, ce fruit a été introduit en Algérie dans les années 70 à titre expérimental. Ce n'est qu'en 1991, qu'un verger a été repris par un agriculteur dans la région de Fouka (Wilaya de Tipaza) pour pouvoir préserver ce fruit exotique.

Dans cette optique, nous nous proposons dans le présent travail de valoriser ce fruit issu de chez un particulier, de la région de la Kabylie (Aokas). A ce fait, nous avons orienté notre étude sur la composition phytochimique et les propriétés antioxydantes invitro sur trois parties composant la goyave, à savoir : les feuilles, les épiluchures et les pulpes de la matrice séchée.

Le présent document est divisé en deux parties :

- La première partie concerne une synthèse bibliographique partagée en deux chapitres : le premier est consacré aux généralités sur la goyave, suivi d'un second qui traite son activité antioxydante.
- La deuxième partie est consacrée à l'expérimental rassemblant :
 - Matériel et méthodes, où il est question du choix des matrices végétales, des analyses physico-chimiques, de l'extraction des composés phénoliques totaux, du dosage des antioxydants et enfin les activités antioxydantes des matrices végétales (antiradical : DPPH et pouvoir réducteur : test de phosphomolybdate).
 - Résultats et discussion où sont développés les résultats obtenus sur la composition en substances bioactives des différentes matrices de la goyave étudiées, ainsi que sur l'évaluation des activités anti-oxydantes.

Références bibliographiques

- [1] Pérez-Gutiérrez R M , Mitchell S and Solis R V (2008), *Psidium guajava* : A review of its traditional uses, phytochemistry and pharmacology, *Journal of Ethnopharmacology* , 117, 1 – 27
- [2] Sato, R., K. M. Dang, B. G. McPherson, A. C. Brown. (2010). Anticancer activity of guava (*Psidium guajava*) extracts. *Journal of Complementary and Integrative Medicine* 7 (1)
- [3] Gülçin, İ. (2012). Antioxidant activity of food constituents: an overview .*Arch Toxicol*, vol. 86, no 3, p. 345-391.
- [4] Fiedor, J., Burda. K, (2014). Potential Role of Carotenoids as Antioxidants in Human Health and Disease », *Nutrients*, vol. 6, no 2, p. 466-488.
- [5] Thenmozhi, S., Rajan, S. (2015). GC-MS analysis of bioactive compounds in *Psidium guajava* leaves, *journal of pharmacognoy and phytochemistry* 3(5) 162-166.
- [6] Okwu, D., O. Ekeke. (2003). Phytochemical screening and mineral composition of chewing sticks in South Eastern Nigeria. *Global Journal of Pure and Applied Sciences* 9(2):235-238.
- [7] El-Ahmady, S. H., M. L. Ashour, M. Wink. (2013). Chemical composition and anti-inflammatory activity of the essential oils of *Psidium guajava* fruits and leaves. *Journal of Essential Oil Research* 25 (6):475-481.
- [8] Borah, U., Dash, B., and Chakraborty, J. (2018). Assessment of periodic dissimilarity of phytochemical and antidiarrheal activity of ethanolic extract of *Psidium guajava* Linn (myrtaceae) leaves using wistar albino rats. *Asian journal of pharmaceutical and clinical research* 11, 431.

Synthèse bibliographique

Chapitre I: Généralité sur la goyave

1. Généralités sur le Goyavier « *Psidium guajava* »

1.1. Origine et répartition géographiques

L'origine géographique du goyavier est l'Amérique centrale, cet arbre exotique est maintenant naturalisé dans de nombreuses régions (Figure 1). Il se propage avec une telle rapidité et croit avec tant de vigueur qu'en moins d'un demi-siècle, il a envahi totalement certaines îles d'Océanie (Tahiti). On le trouve à l'état sauvage et cultivé au Mexique, aux Antilles, dans le Guatemala, le Brésil, la Thaïlande, le Pérou, la Chine [1, 2]. En Afrique il s'installe sous forme de petits îlots forestiers à travers les savanes côtières de la Côte d'Ivoire. Par contre, dans la zone Soudanaise, il demande quelques soins. Sa culture peut réussir, avec des arrosages, dans les oasis. En Algérie le goyavier est timidement cultivé sur le littoral, sans qu'il existe de plantation régulière.

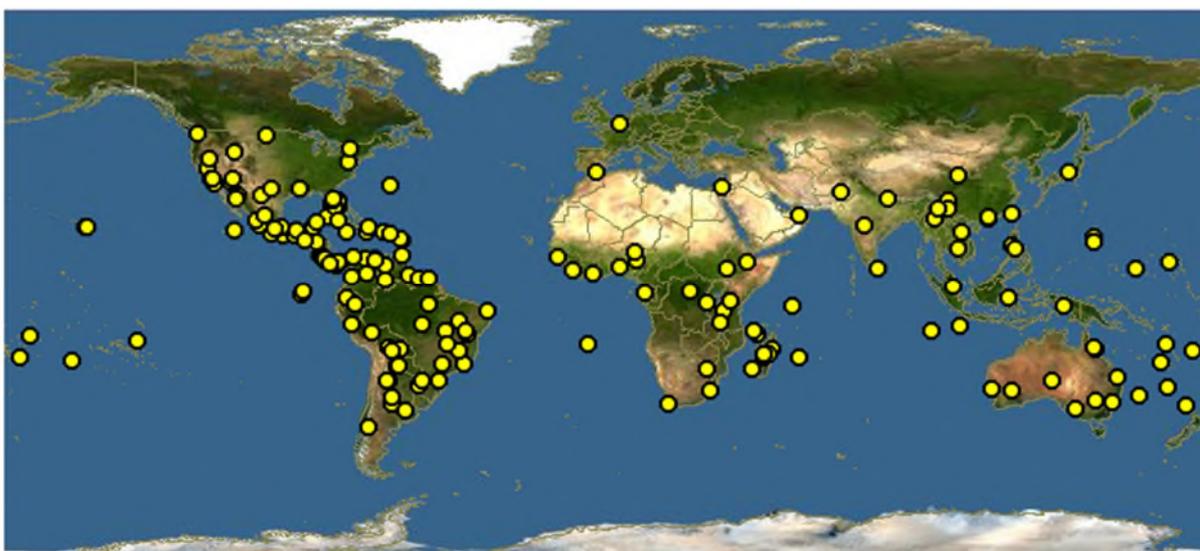


Figure 1 : Distribution de la goyave dans le monde [3]

1.2. Description botanique

Le goyavier pomme ou prune de sable (*Psidium guajava*) appelé communément goyavier est une espèce d'arbre fruitier exotique de la famille des Myrtaceae, possédant environ 133 genres et plus de 3,800 espèces [4]. Originaire de l'Amérique tropicale, l'arbre peut atteindre 8 m de haut, et vêtu d'une écorce marron très exfoliante. Son feuillage

persistant est composé de feuilles de forme oblongue de 15 cm de longueur et 7 cm de largeur [5].

Le goyavier a une floraison cyclique, il donne naissance à de magnifiques fleurs blanches aux étamines dorées et à l'odeur rafraichissante, qui ne sont que les prémices de la saveur très parfumée de son fruit : la goyave dont le stade de maturation est en juin (Figure 2). Cette grosse baie charnue, d'environ 8 cm de diamètre, cultivée depuis plus de 2000 ans est une véritable mine de vitamine C.



Figure 2 : Description du goyavier : arbre (A) ; fruit (B) ; fleur (C) ; feuille (D) [6]

La goyave (Figure 3) peut se présenter sous une forme ronde, ovale ou poire, avec un diamètre allant de 3 à 10 cm, et parfois peut atteindre 12 cm dans certains cultivars [7]. Sa peau (épluchure) est fine et fragile, avec une pulpe (chair) juteuse et fondante parsemée de petites graines. Son arôme est fort et caractéristique (saveur délicate, musquée, acidulée, rafraichissante) rappelant à la fois le goût de la pêche et de la fraise [8].

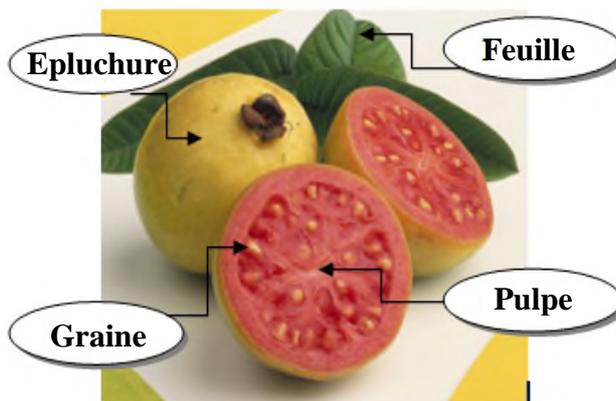


Figure 3 : Fruit du goyavier « la goyave » [9]

1.3. Taxonomie

La classification scientifique de la goyave, selon **S. Dakappa et al.** [10] est la suivante :

Règne : Plantae

Sous-règne : Tracheobionta

Division : Magnoliophyta

Classe : Magnoliopsida

Sous-classe : Rosidae

Ordre : Myrtales

Famille : Myrtaceae

Genre : Psidium

Espèce : Guajava

1.4. Variétés

De par le monde, on compte une centaine de variétés de goyave, toutes comestibles, mais qui diffèrent beaucoup entre elles par leur goût et leur aspect [11]. Les deux variétés (Figure 4) les plus fréquentes sont :

- La goyave en forme de pomme (*Psidium pomiferum* ou *pomifera*) possède une chair ferme de couleur rose saumon, dégageant un parfum musqué et de saveur douce. Elle est surtout dégustée en compote.

- La goyave en forme de poire (*Psidium pyrifera* ou *pirifera*) possède une chair rose carnée et son goût est sucré. Son parfum évoque la fraise, et comme la poire, sa pulpe est granuleuse.

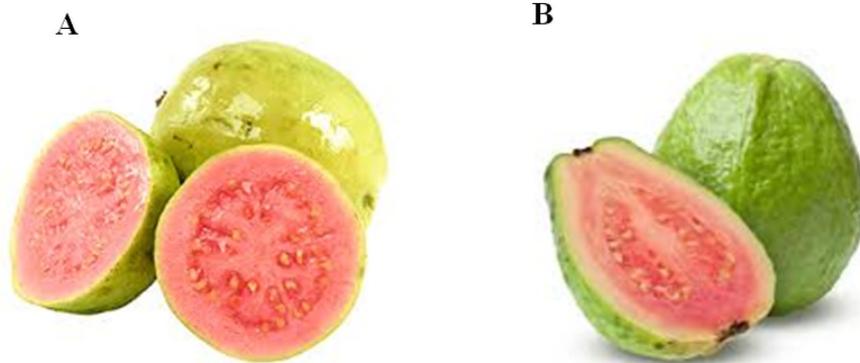


Figure 4 : Les variétés les plus fréquentes de la goyave en forme de pomme (A) et de poire (B). [9]

De plus, cette baie lorsqu'elle mûrit, sa peau fine passe du vert pâle au jaune et passe du rose au rouge chez certaines variétés (Figure 5). A noter, que la variété de couleur rouge est connue en tant que fruit de qualité inférieure [12]. Quand à sa chair juteuse et acidulée est de couleur crème à orange saumon, ou jaune clair, parfois peau blanche (Figure 6) [5].



Figure 5 : Différentes couleurs de la peau de la goyave [9]



Figure 6 : Différentes couleurs de la pulpe de la goyave.[9]

1.5. Climat et sol

En raison de sa nature rustique, le goyavier est cultivé avec succès dans les régions tropicales et subtropicales, jusqu'à 1500 m au-dessus du niveau de la mer. Cet arbre se développe sur une large gamme de sol (pH allant de 4,5 à 8,2) et tolère une hydromorphie temporaire de même qu'une certaine salinité. Il apprécie mieux un sol bien drainé et légèrement humide, et une exposition plein soleil. Toutefois, il pourra supporter un gel léger sur de très courte durée. Il faut, signaler que les pluies pendant la période de récolte détériorent la qualité du fruit [13].

1.6. Production mondiale

Statistiquement, aucune étude récente et précise n'a été établie sur le pays le plus producteur de la goyave. Toutefois, nous pouvons avancer celle établie dans les travaux de **Tiwari**. A titre d'exemple, la production en goyave était de 21 ; 4 ; 2,7 ; 2,6 et 2,3 millions de tonne en Inde, Chine, Kenya, Thaïlande et Indonésie respectivement durant l'année 2012/2013[14].

1.7. La goyavier en Algérie

En Algérie, la goyave est très peu cultivée, on ne l'a trouve qu'à Fouka (Wilaya de Tipaza), nommée par la population locale «goyabes». Selon Hadj Ahmed Hamada, seul agriculteur en Algérie à se spécialiser dans sa culture, ce fruit a été introduit à la fin des années 1970 à titre d'expérimentation. D'autre part, certains affirment que ce fruit a été introduit en Algérie directement du Moyen-Orient, d'autres pensent qu'il a été ramené d'Amérique Latine par les colons. Cette dernière hypothèse est la plus plausible puisque certaines maisons coloniales de Fouka ont toujours eu un ou deux goyaviers dans leurs jardins. Il a même été planté au Jardin d'Essais du Hamma, à Alger. En 1978, il a été créé un verger de 2 hectares au niveau d'un ex-domaine agricole social (Das) à Fouka, qui relevait à l'époque de la wilaya de Blida, qui porte aujourd'hui le nom de Domaine M'seguem-Abdelkader, sur la route de Douaouda. Abandonné en 1987, il a été repris en 1991 par Hadj Hamada pour pouvoir préserver ce fruit exotique. Aujourd'hui cet agriculteur, récolte près de 3 tonnes par ans, commercialisés uniquement à Fouka [15].

1.8. Utilisation du goyavier

La goyave a été employée comme culture vivrière et plante médicinale. Elle est principalement consommée comme fruit frais ou transformée en divers produits comme des jus, nectar, pâte, purée concentré, confiture, gelée, barres de sucrerie, gélatine, la confiserie, etc... [16, 17].

En Malaya, le bois est utilisé dans la menuiserie et les feuilles pour faire un colorant noir pour la soie, alors qu'au sud-est d'Asie, elles sont utilisées pour donner une couleur noire au coton. En Afrique, l'écorce est utilisée pour faire des colorants, des encres et des tatouages [18].

Références bibliographiques

- [1] **Singh, S. (2011).** Guava (*Psidium guajava* L.). Postharvest Biology and Technology of Tropical and Subtropical Fruits: Cocona to Mango: Elsevier, 213-246e.
- [2] **Camarena-Tello, J. C., H. E. Martínez-Flores, M. G. Garnica-Romo, J. S. Padilla-Ramírez, A. Saavedra-Molina, O. Alvarez-Cortes, M. C. Bartolomé-Camacho, J. O. Rodiles-López (2018).** Quantification of Phenolic Compounds and In Vitro Radical Scavenging Abilities with Leaf Extracts from Two Varieties of *Psidium guajava* L. *Antioxidants* 7 (3):34.
- [3] <https://www.discoverlife.org>
- [4] **Wilson, P. G., M. M. O'Brien, P. A. Gadesk, C. J. Quinn (2001).** Myrtaceae revisited: a reassessment of infrafamilial groups. *American Journal of Botany* 88 (11):2013-2025.
- [5] **Romocea, J.-E., C.-F. BLIDAR, L. POPP (2008).** The initiation of a tropic shrub species *Psidium guajava*. *Analele Universitatii din Oradea&58; Fascicula Biologie* 2015 (unknown):98-107.
- [6] **Adrian, J. A. L., N. Q. Arancon, B. W. Mathews, J. R. Carpenter (2012).** Proximate analysis, in vitro organic matter digestibility, and energy content of common Guava (*Psidium guajava* L.) and yellow, strawberry Guava (*Psidium cattleianum* Var. *lucidum*) tree parts and fruits as potential forage. *Journal of agricultural and food chemistry* 60 (42):10398-10405.
- [7] **Metwally, A., A. Omar, N. Ghazy, F. Harraz, and S. El Sohafy (2011).** Monograph of *Psidium guajava* L. leaves. *Pharmacognosy Journal* 3 (21):89-104.
- [8] **Lim, Y., T. Lim, and J. Tee. (2007).** Antioxidant properties of several tropical fruits: A comparative study. *Food chemistry* 103 (3):1003-1008.
- [9] sur google
- [10] **Dakappa, S. S., R. Adhikari, S. S. Timilsina, and S. Sajjekhan (2013).** A review on the medicinal plant *Psidium guajava* Linn.(Myrtaceae). *Journal of Drug Delivery and Therapeutics* 3 (2).
- [11] **Flores, G., K. Dastmalchi, S.-B. Wu, K. Whalen, A. J. Dabo, K. A. Reynertson, R. F. Foronjy, E. J. Kennelly (2013).** Phenolic-rich extract from the Costa Rican

- guava (*Psidium friedrichsthalianum*) pulp with antioxidant and anti-inflammatory activity. Potential for COPD therapy. *Food chemistry* 141 (2):889-895.
- [12] **Sahu, M., S. Pandey, S. Bharti (2016).** Topical Fruit Apple of the Poor's People (*Psidium guajava* L.). *Int. J. Life. Sci. Scienti. Res* 2 (5).
- [13] **Normand, F. (2002).** De la fleur au fruit: étude et modélisation de la floraison, de la fécondation-fructification et de la croissance du fruit chez le goyavier-fraise (*Psidium cattleianum*).
- [14] **Tiwari, R. K., N. C. Mistry, B. Singh (2013).** *Indian horticulture database. National Horticulture Board, Min. Agric., Gov. India.*
- [15] <https://www.djazairess.com>
- [16] **Jiménez-Escrig, A., M. Rincón, R. Pulido, and F. Saura-Calixto (2001).** Guava fruit (*Psidium guajava* L.) as a new source of antioxidant dietary fiber. *Journal of agricultural and food chemistry* 49 (11):5489-5493.
- [17] **Gutiérrez, R. M. P., S. Mitchell, R. V. Solis (2008).** *Psidium guajava*: a review of its traditional uses, phytochemistry and pharmacology. *Journal of ethnopharmacology* 117 (1):1-27.
- [18] **Argueta, V., L. Cano, M. Rodarte (1994).** Atlas de las plantas de la medicina tradicional mexicana: Instituto Nacional Indigenista. Vol. II. México:559 (2^{ème} édition).

Chapitre II : les activités antioxydantes

1. Composition et valeur nutritionnelle de la goyave

La goyave est un fruit peu chargé en sucre, sa teneur moyenne en glucides est de l'ordre de 8,92 g/100 g de fruit. Ces glucides sont constitués pour l'essentiel par des sucres simples : fructose (50%), glucose (40%) et saccharose (10%). Ces composants, sont responsables de l'essentiel de l'apport caloriques. Les autres constituants énergétiques ne sont présents qu'en faibles proportions : 2,55 g de protéines et 0,95 g de lipides pour 100 g. La goyave fournit ainsi 68 kCal/100 g, un apport très modéré, puisqu'il se situe au niveau de celui de la framboise ou de la groseille, fruits réputés peu énergétiques. Ce fruit présente aussi des omégas 3 et 6. De plus, c'est une source riche en fibres diététiques (0,1-1,8%), très présentes pendant la maturation du fruit et diminuent rapidement après murissement [1]. Les plus abondantes sont les pectines, très solubles, leur présence limite la montée du sucre dans le sang (glycémie). Les autres fibres insolubles, notamment les celluloses et les hémicelluloses, sont très efficaces pour lutter contre la paresse intestinale via leurs propriétés hyperlaxatives. Les acides organiques sont, également, présents dans le fruit et y sont relativement abondants (1,2 g/100 g) lui confèrent une saveur un peu acidulée et très rafraichissante. Il s'agit pour la plus grande part, d'acide citrique (60%) à saveur fraîche, et pour le reste d'acide malique, à saveur acidulée.

Sur la base d'une étude bibliographique [2], la valeur nutritionnelle de la goyave (dans 100 g du fruit) est synthétisée dans le Tableau 1.

Tableau 1 : Composition nutritionnelle de la goyave

Composés	Fruit (g/100g)
Energie (kcal)	68
Glucides	8,92
Protéines	2,55
Lipides	0,95
Fibres	5,4
Eau	80

D'autre part, la goyave se révèle riche en oligo-éléments (fer, zinc, cuivre...) et minéraux (magnésium, calcium, phosphore, acide pantothénique, riboflavine,...) [3]. A titre d'exemple la goyave peut présenter 18 mg /100 g en calcium, ce qui est moins courant pour un fruit. On trouve également un bon rapport potassium (417 mg/100 g) /

sodium (2 mg/100 g) qui lui confère des propriétés diurétiques. De plus, avec un taux de 228,3 mg/100 g de fruit, la goyave est 5 fois plus riche en vitamine C que les agrumes et trois fois plus que le kiwi ou le cassis. Elle renferme également la provitamine A (ou carotène) d'une valeur moyenne 0,26 mg/100 g, et la vitamine B3 qui atteint 1,2 mg, une valeur supérieure à celle de la plupart des fruits frais. A noter que la vitamine B3 permet une meilleure utilisation de la vitamine C et inhibe la synthèse du cholestérol et lutte également contre les troubles de la mémoire.

Le Tableau 2 regroupe quelques informations sur les compositions chimiques de la goyave [4].

Tableau 2 : Composition chimique de la goyave.

Composés	Fruit (mg/100g MF)
Calcium	18
Potassium	417
Sodium	2
Vit 'C'	228,3
Vit 'A'	0,26
Vit 'B3'	1,20
Vit 'B2'	0,040
Vit 'B1'	0,067
Manganèse	0,15
Magnésium	22
Phosphore	40
Cuivre	0,23
Fer	0,26
Sélénium	0,60
Zinc	0,23

MF : Matière Fraîche

2. Les antioxydants

Un antioxydant désigne toute substance présente à faible concentration par rapport au substrat oxydable, qui est capable de retarder, prévenir ou inhiber les dommages de l'oxydation causés par les radicaux libres dans l'organisme [5]. Généralement, en répertorie les antioxydants selon leur origine : les antioxydants endogènes de type enzymatique, plutôt impliqués dans la neutralisation des radicaux libres et les antioxydants

non enzymatiques, ceux d'origine exogène, donneurs de protons ou d'électrons, apportés souvent par l'alimentation [6].

D'après la littérature, la goyave est une source riche en composés phénoliques, flavonoïdes, tannins, caroténoïdes, pigments et vitamines qui sont reconnues comme agents actifs sur le stress oxydatif [7, 8]. Le Tableau 3 regroupe quelques informations sur les antioxydants de la goyave.

Tableau 3 : Les antioxydants de la goyave

Parties de la matrice	Antioxydants	Teneurs	Références
Feuilles	Tannin (mg/g MS)	3,81	[9]
	Flavonoïde (mg/g MS)	5,03	[10]
	Quercétine (mg/g MS)	4,47	[10]
	CPT (mg EAG/g MS)	575,3	[11]
	Vitamine C (mg/100g MS)	25	[12]
Fruits	Caroténoïdes (mg/100g MS)	1,53	[13]
	Vitamine C (mg/100MS)	491,6	[14]
	CPT (mg EAG/100gMS)	422,7	[14]
	Flavonoïdes (mg EQ/g100MS)	594	[15]
Épluchures	CPT (mg EGA/g MS)	39,65	[16]
	Flavonoïdes (mg EGA/g MS)	65	[16]

MS : Matière Sèche

CPT : Composés Phénolique Totaux

2.1. Acide ascorbique : Vitamine C

L'acide ascorbique (Figure 7) est le plus puissant des antioxydants hydrosolubles, capable de réagir directement avec les espèces réactives oxygénées et azotées. Il réduit l'anion superoxyde sous forme acide ou basique et limite ainsi la peroxydation lipidique en réagissant avec les radicaux peroxydes et les complexes Oxoferryle. De plus, lors de son oxydation en acide déhydroascorbique, l'acide ascorbique passe par une forme radicalaire intermédiaire (radical ascorbyle), qui joue un rôle essentiel dans la régénération de la vitamine E oxydée [17].

La goyave est l'une des meilleures sources de vitamine C, Cette teneur varie selon les différentes régions ; à titre d'exemple, à Brésil : 50-300 mg/100g de fruit, Hawaï et l'Inde : 350-479 mg/100g de fruit, et l'Afrique du sud : 450 mg/100g de fruit [18, 19]

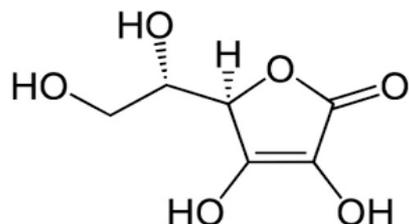


Figure 7 : Structure de l'acide ascorbique[20].

2.2. Les caroténoïdes

Les caroténoïdes sont des pigments fabriqués par les végétaux. Ils sont généralement responsables des couleurs rouge, jaune et orange des fruits et légumes [21]. Les plus importants sont le bêta-carotène (Figure 8), l'alpha-carotène et le lycopène. Leur structure polyène leur permet d'absorber la lumière et de neutraliser l'oxygène singulier et par l'absorption de son énergie excédante pour donner un oxygène moléculaire triplet et un caroténoïde activé. Ils peuvent également inhiber les espèces réactives de l'oxygène par transfert d'hydrogène pour devenir un radical caroténoïde stable [22].

Une étude réalisée sur une variété de la goyave (Horana red) a révélé que cette variété présente une très bonne source de β -carotène (2,0-5,8 $\mu\text{g/g}$ MF) [23]. Une étude récente réalisée sur la goyave (Ripe Pink de Costa Rica) [24] a révélé une teneur totale en caroténoïde ($\mu\text{g/g}$ MS) de 323,2 et 243,9 pour la pulpe et l'épluchure respectivement.

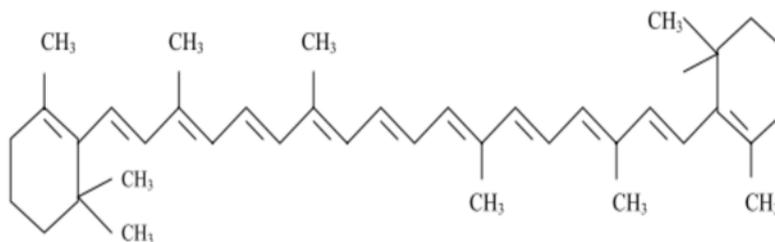


Figure 8 : Structure chimique du β -carotène[25].

2.3. Vitamine E

Tout comme la vitamine C, la vitamine E (Figure 9) permet de limiter la peroxydation lipidique via l'inhibition de l'étape de propagation en fixant le radical hydroxyle, et ainsi assurer un rôle de protection des membranes contre l'oxydation lipidique [26]. C'est aussi un antioxydant qui protège la peau et la maintien saine et tonifiée.

Jimenez-Escrig et al. [26] ont révélé que 1g d'épluchure et pulpe de goyave présente respectivement 104,1 mg/g MS et 54,0 mg/g MS de vitamine E.

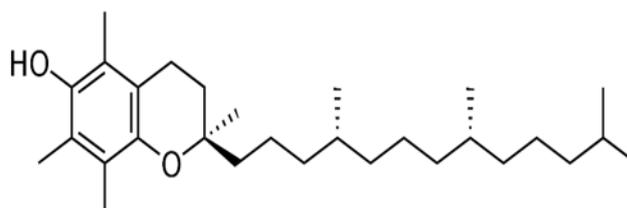


Figure 9 : Structure de la vitamine E. [27].

2.4. Composés phénoliques totaux

Les composés phénoliques totaux (CPT) sont des métabolites secondaires, d'un poids moléculaire élevé et produits par des végétaux. Ils participent à la défense de la plante contre les agressions de l'environnement (température, lumière) ou les pathogènes, et sont impliqués dans de nombreux processus physiologiques comme la croissance cellulaire [28].

La structure de base qui caractérise les CPT est la présence d'un ou plusieurs noyaux aromatiques auxquels sont directement liés un ou plusieurs groupement hydroxyles libres ou engagés dans une autre fonction (éther, ester). Ils sont communément subdivisés en flavonoïdes, acides phénoliques, tannins, stilbènes, lignanes [29].

La goyave peut contenir jusqu'à 9,33 mg EAG/g MS dans les feuilles 2,62 mg EAG/100g dans la pulpe et 7,79 mg EAG/100g dans l'épluchure [30, 31].

2.4.1. Les flavonoïdes

Les flavonoïdes constituent un groupe de plus de 6000 composés naturels appartenant à la famille des polyphénols [32]. Ils sont considérés comme des pigments quasiment universels des végétaux, souvent responsables de la coloration jaune, orange et rouge des fleurs, des fruits et parfois des feuilles. A l'état naturel les flavonoïdes se

trouvent le plus souvent sous forme d'hétérosides. Du point de vue structural, les flavonoïdes se répartissent en six classes : flavanols, flavones, flavanons, isoflavons et anthocyanidines [33].

Les flavonoïdes présentés dans la figure 10 sont des dérivés benzo-y-pyranne. Leur structure chimique de base est celle d'un diphenyle propane à 15 atomes de carbone (C6-C3-C6) constitué de deux noyaux aromatiques désignées par les lettres A et B, reliés par un hétérocycle oxygéné, désigné par la lettre C [34].

Les antioxydants les plus abondant dans la goyave sont des flavonoïdes (morin-3-*O*-lyxoside, morin-3-*O*-arabinoside, quercétine et quercetin-3-*O*-arabinoside) d'une teneur de 760 mg/100 g de fruit sec pour la pulpe et de 7783 mg QE/100g MS pour les feuilles [15, 35].

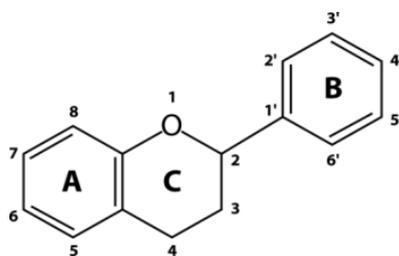


Figure 10: Structure de base des flavonoïdes [36]

2.4.2. Les acides phénoliques

Les acides phénoliques sont divisés en deux sous classes, les acides hydroxybenzoïque et les acides hydroxycinnamiques, basés sur une chaîne C1-C6 et C3-C6 respectivement. On trouve aussi, les coumarines qui dérivent des acides hydroxycinnamiques par cyclisation interne de la chaîne latérale (Figure 11). Ils sont présents dans les végétaux sous deux formes, libre ou liée. Ces acides phénoliques peuvent être libérés par hydrolyse acide, alcaline ou par des enzymes.

Concernant le fruit goyave, plusieurs acides phénoliques ont été identifiés tels que l'acide malique, l'acide gujanoïque, l'acide oleanolique, l'acide arsolique [8] et l'acide gallique (11,6 mg/100 mg) [37].

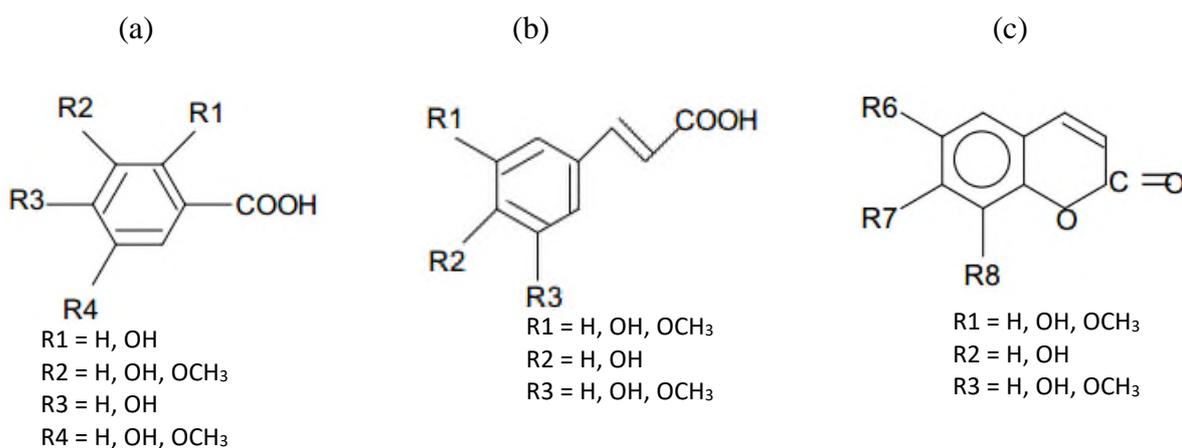


Figure 11: Acides hydroxybenzoïque (a); Acides hydroxycinnamiques (b); Coumarines (c) [38].

2.4.3. Les tannins

Les tannins sont des composés polyphénoliques, hydrosolubles, de masse moléculaire comprise entre 500 et 3000 Da, ayant la propriété de tanner la peau, c'est-à-dire de la rendre imputrescible. Cette propriété est liée à leur aptitude à se combiner à des macromolécules (protéines, polysaccharides,...) [39]. Elles existent dans presque chaque partie de la plante : écorce, feuilles, fruits et racines, et sont classées en deux groupes selon leur structure chimique : tannins hydrolysables et tanins condensés (Figure 12). Ces derniers sont des oligomères et des polymères de flavan-3-ols qui sont liés par des liaisons C-C difficiles à hydrolyser [40].

Toutes les parties du goyavier sont riches en tannins. Les feuilles présentent la teneur la plus élevée avec (20,4%), et la pulpe (14%) [41].

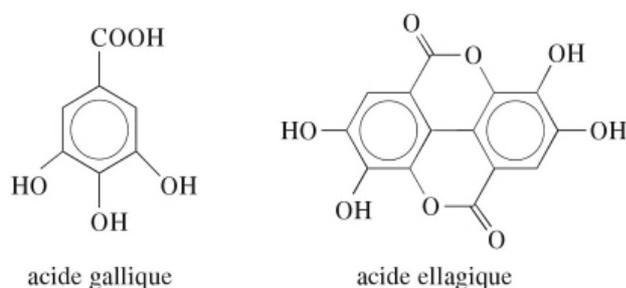


Figure 12 : Tanins hydrolysables [39]

3. Rôle des antioxydants

Le principe de l'activité antioxydante est basé sur la disponibilité des électrons à neutraliser les radicaux libres. La plupart des fruits ont une capacité antioxydante et notamment une capacité à inhiber les radicaux libres [42, 43]. Les propriétés antioxydantes et pharmacologiques associées à une plante sont généralement liées à la présence de composés phénoliques tels que les acides phénoliques et les flavonoïdes. De part leur structure, les polyphénols ont un fort caractère réducteur et donneur de protons qui se manifeste par des réactions rapides avec les espèces oxygénées réactives dont la production excessive (stress oxydant) est impliquée dans le développement de certaines pathologies dégénératives (maladies cardiovasculaires, cancers) [44].

Les antioxydants agissent selon différents modes :

- le transfert d'atome d'hydrogène, où celui-ci réagit avec les radicaux peroxydes $\text{ROO}\cdot$ qui sont alors stabilisés sous forme d'hydro peroxydes (ROOH) (Figure 13). Les antioxydants sous la forme A° sont stabilisés par l'effet mésomère (1). Ils peuvent ainsi freiner la phase de propagation, en se complexant avec d'autres radicaux pour former des produits chimiquement stables (2).

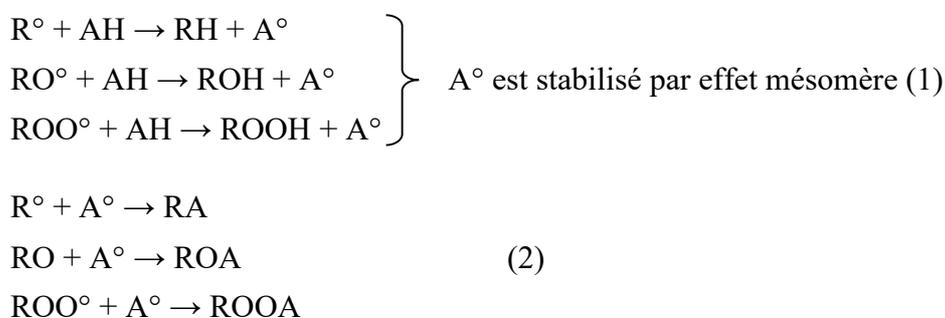


Figure 13 : Mode d'action des antioxydants par transfert d'un atome d'hydrogène

- le transfert d'électrons, autre mécanisme réactionnel dans lequel un radical cation est d'abord formé (Figure 14). Il s'en suit une déprotonation rapide et réversible en solution.

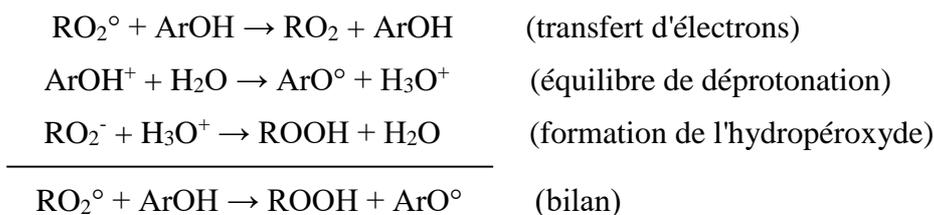


Figure 14 : Mode d'action des antioxydants par transfert d'électrons [45]

4. Effets thérapeutiques de *Psidium guajava*

Beaucoup de composés antioxydants peuvent être trouvés dans les fruits et les légumes, comprenant des composés phénoliques, caroténoïdes, anthocyanines et le tocophérol. Approximativement 20% des plantes connues ont été employés dans des études pharmaceutiques, avec un impacte positif sur la santé telles que le traitement du cancer et les maladies nocives [46].

Le *Psidium guajava* a une longue histoire d'une utilité traditionnelle pour un éventail des maladies. Une grande partie des utilisations traditionnelles ont été validé par la recherche scientifique. L'étude de toxicité chez les souris et d'autres modèles animaux montre que le fruit et la feuille n'ont aucun effet secondaire sur la santé humaine. La goyave a été intensivement étudiée en termes d'activité pharmacologique de ses composants importants, et les résultats indiquent l'activité antioxydant, antitumoral, anticancéreux, antimicrobienne, activité antidiabétique, activité antidiarrhéique, activité anti-inflammatoire, activité hépatoprotective, activités cardio-vasculaires et effets hypotendus.

4.1. Activités antioxydante, antitumorale et anticancéreuse

Les résultats récents ont indiqué que le *Psidium guajava* est une excellente source d'extrait méthanolique antioxydant phytochimique. Les feuilles révèlent une activité anti-d'oxydant très élevée. Les principes actifs sont : la quercétine, quercétine-3-O-glucopyranoside, acide ascorbique, caroténoïdes et les composés phénoliques [24, 47]. De plus, les feuilles du fruit sont très employées dans la médecine traditionnelle pour le traitement du cancer, de l'inflammation. L'extrait des feuilles joue un rôle substantiel contre l'oxydant, le cancer et la tumeur en vertu de sa puissance analyse antioxydante [48, 49].

Les feuilles sèches du *Psidium guajava* est extraites au moyen de l'eau chaude. L'extrait aqueux inhibe la viabilité de la variété de cellule de cancer (DU-145) d'une façon dépendante de la dose [50].

L'huile essentielle extraite à partir des feuilles de *Psidium guajava* est révélé être fortement efficace pour réduire la croissance du carcinome épidermique de bouche humaine (KB) et des variétés de cellule murines de la leucémie (P388) [51].

4.2. Activité antimicrobienne

Les extraits aqueux et organiques de *Psidium guajava* ont montrés l'activité antibactérienne indiquée contre des espèces de *Staphylococcus aureus*, de proteus, et des espèces de Shigella. Tandis qu'aucune activité n'a été observée contre les espèces de Citrobactérie, des Fecalis d'alcaligènes, et des espèces d'Aspergille. L'extrait aqueux des feuilles, des racines, d'écorces et de tiges de *P. guajava* possèdent une activité contre les bactéries *Bacillus subtilis* gram positif et pratiquement inactifs contre les bactéries gram négatives (*Escherichia coli* et *Pseudomonas aeruginosa*) [52, 53].

Une forte action microbienne de l'extrait de feuilles de *P. guajava* (aqueuse et méthanolique) a été observée contre la bactérie de l'élastase de *Pseudomonas aeruginosa* et de l'élastase de neutrophile l'humain (HNE). L'extrait a également montré une activité antimicrobienne in vitro (*E. coli*, le mirabilis de salmonella, de *S. aureus*, proteus et le dysenteria de Shigella) [54].

4.3. Activité Antidiarrhéique

Les feuilles de *P. guajava* sont traditionnellement utilisées comme des Antidiarrhéique. Cette activité est expliquée par l'effet spasmolytique, antibactérien, antiamoebique et phytochimique comme des flavonoïdes et des tannins ont été rapportés pour exhiber l'activité d'antidiarrhéique en dénaturant la protéine par conséquent formant les protéines-tannates d'interaction qui réduisent la perméabilité intestinale à la muqueuse [55, 56].

4.4. Activité antidiabétique

L'effet de l'écorce, des feuilles et du fruit de *P. guajava* en tant qu'agents antidiabétiques a été étudié par plusieurs auteurs [57].

L'administration de l'extrait aqueux des feuilles de *P. guajava* pour 30 j a révélé une diminution significative en glucose de sang, urée, glycogène de foie de poids corporel et cholestérol dans le sérum. Il a été observé que l'inhibition d'alpha-glucosidase qui a ralenti (chez les souris) la digestion de l'hydrate de carbone [58, 59].

L'extrait de feuille du *P. guajava* se compose de plusieurs composés, et parmi eux : le composé phénolique qui montré une inhibition efficace sur le glycation de l'albumine. Les tannins, les flavonoïdes, les triterpénoïdes pentacycliques, le guiajaverin, la quercétine, et d'autres composés chimiques actuels auraient des effets hypoglycémiques et hypotendus observés de l'extrait de feuille [60].

4.5. Activité anti-inflammatoire

Le *P. guajava* a été employé traditionnellement contre des perturbations gastro-intestinales et des maux respiratoires. L'inhibition de la lipoxigénase par l'huile essentielle des feuilles expliquent rationnellement leur utilisation pharmacologique sous forme d'inhalation d'améliorer plusieurs maux supérieurs de région respiratoire liés à l'inflammation [61].

4.6. Activité Hepatoprotective

L'effet hepatoprotective et antioxydant de l'extrait aqueux de feuilles de *P. guajava* chez des rats albinos de Wistar est bien étudié et soutenu par l'histopathologie. L'extrait aqueux des feuilles de la plante, possède une activité hepatoprotective intéressante. En effet, l'induction de dommages des cellules de foie saines a indiqué les propriétés hepatoprotective des extraits de feuilles [62, 63].

4.7. Effets cardio-vasculaire et hypertensif

Les maladies cardio-vasculaires sont communes dans la population globale, affectant la majorité d'adultes, après l'âge de 50 ans. Un extrait aqueux de feuilles de *P. guajava* a réduit de manière significative les phosphates et le malondialdéhyde (MDA) responsables de dommages myocardiques. Il a été également observé que l'extrait éthanolique aqueux de feuilles empêchait le dégagement intracellulaire de calcium. Il permet donc la prévention des maladies cardio-vasculaires, puisque son utilisation traditionnelle dans l'hypertension est bien établie [64, 65].

Références bibliographiques

- [1] **Joseph, B., Priya, R (2011)**. Phytochemical and biopharmaceutical aspects of *Psidium guajava* L. essential oil: a review. *Res J Med Plant* 5 (4):432-442.
- [2] **Sato, R., K. M. Dang, B. G. McPherson, A. C. Brown (2010)**. Anticancer activity of guava (*Psidium guajava*) extracts. *Journal of Complementary and Integrative Medicine* 7 (1).
- [3] **Lu, Y. Q., H. P. Liu, Y. Wang, X. Z. Zhang, Z. H. Han. (2013)**. Synergistic roles of leaf boron and calcium during the growing season in affecting sugar and starch accumulation in ripening apple fruit. *Acta Physiologiae Plantarum* 8 (35):2483-2492.
- [4] **Sheu, H.-C. C. M.-J., L.-Y. L. C.-M. Wu (2007)**. Nutritional Composition and Volatile Compounds in *Guava*. *Fresh Produce* 1 (2):132-139.
- [5] **Ouslimani N., Peynet J., Bonnefont-Rousselot D., Théron P., Legrand A., Beaudoux J.-L (2005)**. Metformin decreases intracellular production of reactive oxygen species in aortic endothelial cells. *Metabolism*, vol. 54, n° 6, p. 829-834.
- [6] **Benachour, S., R. Boughida, K. E. Ayouni. (2017)**. Effet préventif de pathologies hémolytiques liées au stress oxydatif des extraits de samares de *Fraxinus angustifolia*.
- [7] **Issa. R., Khater. S. a, Abu- Samak. M (2017)**. A Comparative Evaluation of Microwave and Conventional Soxhlet Extraction Methods for the Antioxidant, Hypoglycemic and Hypolipidemic Potentials of Jordanian *Psidium guajava* Raw Fruit Peel Extracts - SciAlert Responsive Version (2).
- [8] **Ikram E. H. K (2009)**. Antioxidant capacity and total phenolic content of Malaysian underutilized fruits », *Journal of Food Composition and Analysis*, vol. 22, n° 5, p. 388-393.
- [9] **Mailoa, M. N., Mahendradatta, M., Laga, A., Djide, N (2013)**. Tannin Extract Of Guava Leaves (*Psidium Guajava* L) .Variation With Concentration Organic Solvents, 2(9), 5.
- [10] **Nantitanon, W., Yotsawimonwat, S., Okonogi, S (2010)**. Factors influencing antioxidant activities and total phenolic content of *guava* leaf extract. *LWT - Food Science and Technology*, 43(7), s1095-1103.

- [11] He, Q., Venant. N (2004). Antioxidant power of phytochemicals from *Psidium guajava* leaf. *Journal of Zhejiang University-Science A* 5 (6):676-683.
- [12] Nwozo, S., Awe, S., Oyinloye, B (2014). In vitro antioxidant activity of extracts from leaves of ten commonly used medicinal plants 8211; a comparative study. *Oxidants and Antioxidants in Medical Science*, 3(3), 211.
- [13] Joshi, H., Kochhar, A., Boora, R. S. (2017). Organoleptic and Nutritional Evaluation of Value Added Products Developed from New Varieties of White and *Pink Fleshed Guavas*, (6).
- [14] Ellong, E. N., Billard, C., Adenet, S., Rochefort, K (2015). Polyphenols, Carotenoids, Vitamin C Content in Tropical Fruits and Vegetables and Impact of Processing Methods. *Food and Nutrition Sciences*, 06(03), 299–313
- [15] Lin.C.-Y., Yin.M.-C (2012). Renal Protective Effects of Extracts from Guava Fruit (*Psidium guajava* L.) in Diabetic Mice. *Plant Foods for Human Nutrition*, vol. 67, n° 3, p. 303-308.
- [16] Al. IM, A (2014). Total phenol, Total Flavonoids and Antioxidant Activity of Pomegranate peel. *International journal of ChemTech Research CODEN (USA): IGCRGG* Vol 6, No.11, pp 4656- 4661
- [17] Gülçin. İ (2012). Antioxidant activity of food constituents: an overview. *Arch Toxicol*, vol. 86, n° 3, p. 345-391.
- [18] Thaipong, K., Boonprakob, U., Crosby, K., Cisneros-Zevallos, L., Hawkins Byrne, D (2006). Comparison of ABTS, DPPH, FRAP, and ORAC assays for estimating antioxidant activity from *guava* fruit extracts. *Journal of Food Composition and Analysis*, 19(6–7), 669–675.
- [19] Waddington, G.,F. M. Cist. (1942). The vitamin C content of *Psidium guajava*. Paper read at Proceedings of Florida State Horticulture Society.
- [20] Diallo A.(2005). Etude de la phytochimie et des activités biologiques de *Syzygium guineense* Willd.(*Myrtaceae*) (Doctoral dissertation, Thèse. Université de Bamako, Mali: Faculté de Médecine, de Pharmacie et d'Odoto-Stomatologie), 13-14.

- [21] Moura.F. F. De, Miloff. A., Boy. E. (2015). Retention of Provitamin A Carotenoids in Staple Crops Targeted for Biofortification in Africa: Cassava, Maize and Sweet Potato *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, vol. 55, n° 9, p. 1246-1269.
- [22] Fiedor.J., Burda.K. (2014). Potential Role of Carotenoids as Antioxidants in Human Health and Disease », *Nutrients*, vol. 6, n° 2, p. 466-488.
- [23] Chandrika.U. G., Fernando.K. S. S. P., Ranaweera. K. K. D. S (2009).Carotenoid content and *in vitro* bioaccessibility of lycopene from guava (*Psidium guajava*) and watermelon (*Citrullus lanatus*) by high-performance liquid chromatography diode array detection .*International Journal of Food Sciences and Nutrition*, vol. 60, n° 7, p. 558-566.
- [24] Wilberg, V. C., D. B. Rodriguez-Amaya (1995). HPLC quantitation of major carotenoids of fresh and processed guava, mango and papaya. *LWT-Food science and Technology* 28 (5):474-480.
- [25] Rodriguez-Amaya, D. B (2001). "A guide to carotenoid analysis in foods," International Life Sciences Institute Press.
- [26] Jiménez-Escrig, A., M. Rincón, R. Pulido, F. Saura-Calixto. (2001). Guava fruit (*Psidium guajava* L.) as a new source of antioxidant dietary fiber. *Journal of agricultural and food chemistry* 49 (11):5489-5493.
- [27] LEE J, KOO N., AND MIN D B (2004). Reactive oxygen species, aging, and antioxidative Nutraceuticals.Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 3:21-33
- [28] Boizot, N. J.-P. Charpentier (2006). Méthode rapide d'évaluation du contenu en composés phénoliques des organes d'un arbre forestier .p. 4.
- [29] Cheynier, V (2005). Polyphenols in foods are more complex than often thought-. *The American journal of clinical nutrition* 81 (1):223S-229S.
- [30] Rojas-Barquera D, C.-E. Narváez-Cuenca (2009) .Determinación de vitamina C, compuestos fenólicos totales y actividad antioxidante de frutas de guayaba (*Psidium guajava* L.) cultivadas en Colombia .*Química Nova*, vol. 32, n° 9.
- [31] Thenmozhi, S., Rajan, S (2015). GC-MS analysis of bioactive compounds in *Psidium guajava* leaves, *journal of pharmacognoy and phytochemistry* 3(5) 162-166.

- [32] Seyoum, A. K. Asres., F. K. El-Fiky (2006). Structure–radical scavenging activity relationships of flavonoids. *Phytochemistry*, vol. 67, n° 18, p. 2058-2070.
- [33] Medi, M, (2004). Optimization of Chromatographic Conditions in Thin Layer Chromatography of Flavonoids and Phenolic Acids. *Croat. Chem. Acta*, p. 6.
- [34] Martínez-Flórez S, J. González-Gallego, J. M. Culebras (2002). Los flavonoides: propiedades y acciones antioxidantes. *Nutr. Hosp.*, p. 8.
- [35] Camarena-Tello, J. C., H. E. Martínez-Flores, M. G. Garnica-Romo, J. S. Padilla-Ramírez, A. Saavedra-Molina, O. Alvarez-Cortes, M. C. Bartolomé-Camacho, J. O. Rodiles-López. (2018). Quantification of Phenolic Compounds and In Vitro Radical Scavenging Abilities with Leaf Extracts from Two Varieties of *Psidium guajava* L. *Antioxidants* 7 (3):34.
- [36] Cushnie, T. P. T. A. J. Lamb. (2005). Antimicrobial activity of flavonoids. *International Journal of Antimicrobial Agents*, vol. 26, n° 5, p. 343-356.
- [37] Begum, S. S. I. Hassan, S. N. Ali, et B. S. Siddiqui (2004). Chemical constituents from the leaves of *Psidium guajava*. *Natural Product Research*, vol. 18, n° 2, p. 135_140.
- [38] Sarni-Manchad P., et Cheynier V. 2006. Les polyphénols en agroalimentaire, Éd Tec & Doc. *Coll. Sci. & Techn. Agroaliment.*, Lavoisier, Paris, 10
- [39] Redondo, L. M. P. A. Chacana, J. E. Dominguez, M. E. Fernandez Miyakawa (2014.). Perspectives in the use of tannins as alternative to antimicrobial growth promoter factors in poultry. *Frontiers in Microbiology*, vol. 5.
- [40] Frutos, P. G. Hervás, F. J. Giráldez, A. R. Mantecón (2004). Review. Tannins and ruminant nutrition. *Spanish Journal of Agricultural Research*, vol. 2, n° 2, p. 191.
- [41] Rahal, S. x M. R. Jeanne, S. Guinko, M. Nacro (2008). *J. SOC. Ouest-Afr. Chim* 025 ;55 -61 .
- [42] Omata, Y., Y. Yoshida, E. Niki (2010). Assessment of the antioxidant capacity of natural fruit extracts by inhibition of probe decay and plasma lipid peroxidation. *Bioscience, biotechnology, and biochemistry* 74 (3):531-535.
- [43] Rahal, A. (2014) Oxidative Stress, Prooxidants, and Antioxidants: *The Interplay*. *BioMed Research International*, vol. 2014, p. 1-19.

- [44] **DANGLES, O (2006)**. The Physico-Chemical Properties of Polyphenols. *Agrofood industry Hi-tech Lavoisier*:29-50.
- [45] **Marian, V. ,M. Izakovic ,M . mazur ,C.J.rhodes , J .Telser (2004)**.Role of oxygen radicales in DNA damage and cancer incidence .*Molecular and cellular biochemistry* 266: 37-56 .
- [46] **Suja Pandian, R., M. Jayalakshmi. (2018)**. Wodld journal of .pharmaceutical research
- [47] **Okwu, D., O. Ekeke. (2003)**. Phytochemical screening and mineral composition of chewing sticks in South Eastern Nigeria. *Global Journal of Pure and Applied Sciences* 9 (2):235-238.
- [48] **Ferlay, J., P. Autier, M. Boniol, M. Heanue, M. Colombet, P. Boyle. (2007)**. Estimates of the cancer incidence and mortality in Europe in 2006. *Annals of oncology* 18 (3):581-592.
- [49] **Ashraf, A., R. A. Sarfraz, M. A. Rashid, A. Mahmood, M. Shahid, . Noor (2016)**. Chemical composition, antioxidant, antitumor, anticancer and cytotoxic effects of *Psidium guajava* leaf extracts. *Pharmaceutical biology* 54 (10):1971-1981.
- [50] **Chen, H.-Y., G.-C. Yen (2007)**. Antioxidant activity and free radical-scavenging capacity of extracts from guava (*Psidium guajava* L.) leaves. *Food chemistry* 101 (2):686-694.
- [51] **Conforti, F., M. R. Loizzo, G. A. Statti, F. Menichini (2005)**. Comparative radical scavenging and antidiabetic activities of methanolic extract and fractions from *Achillea ligustica* ALL. *Biological and pharmaceutical bulletin* 28 (9):1791-1794.
- [52] **Chah, K., C. Eze, C. Emuelosi, C. Esimone (2006)**. Antibacterial and wound healing properties of methanolic extracts of some Nigerian medicinal plants. *Journal of ethnopharmacology* 104 (1-2):164-167.
- [53] **Tachakittirungrod, S., F. Ikegami, S. Okonogi (2007)**. Antioxidant active principles isolated from *Psidium guajava* grown in Thailand. *Scientia pharmaceutica* 75 (4):179-193.
- [54] **Gnan, S., M. Demello (1999)**. Inhibition of *Staphylococcus aureus* by aqueous *Goiaba* extracts. *Journal of ethnopharmacology* 68 (1-3):103-108.

- [55] Ezekwesili, J., U. Nkemdilim, C. Okeke (2010). Mechanism of antidiarrhoeal effect of ethanolic extract of *Psidium guajava* leaves. *Biokemistri* 22 (2).
- [56] Shakeera, B. M., K. Sujatha, G. Sridharan, R. Manikandan (2013). Antihyperglycemic and antihyperlipidemic potentials of *Psidium guajava* in alloxan-induced diabetic rats. *Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research* 6 (1):88-89.
- [57] Grover, J., S. Yadav, V. Vats. (2002). Medicinal plants of India with anti-diabetic potential. *Journal of ethnopharmacology* 81 (1):81-100.
- [58] Maurya, R., R. Singh, M. Deepak, S. Handa, P. P. Yadav, P. K. Mishra (2004). Constituents of *Pterocarpus marsupium*: an ayurvedic crude drug. *Phytochemistry* 65 (7):915-920.
- [59] Mukhtar, H., S. Ansari, Z. Bhat, T. Naved, P. Singh (2006). Antidiabetic activity of an ethanol extract obtained from the stem bark of *Psidium guajava* (*Myrtaceae*). *Die Pharmazie-An International Journal of Pharmaceutical Sciences* 61 (8):725-727.
- [60] Ojewole, J(2005). Hypoglycemic and hypotensive effects of *Psidium guajava* Linn.(*Myrtaceae*) leaf aqueous extract. *Methods and findings in experimental and clinical pharmacology* 27 (10):689-696.
- [61] El-Ahmady, S. H., M. L. Ashour, M. Wink (2013). Chemical composition and anti-inflammatory activity of the essential oils of *Psidium guajava* fruits and leaves. *Journal of Essential Oil Research* 25 (6):475-481.
- [62] Roy, C. K., J. V. Kamath, M. Asad (2006). Hepatoprotective activity of *Psidium guajava* Linn. leaf extract.
- [63] Chen, H.-H., P.-H. Wu, D. Lo, Y.-C. Pan, M.-C. Wu (2011). Hepatoprotective effect of guava (*Psidium guajava* L.) leaf extracts on ethanol-induced injury on clone 9 rat liver cells. *Food and Nutrition Sciences* 2 (09):983.
- [64] Yoshimoto, T., K. KADO, F. MATSUBARA, N. KORIYAMA, H. KANETO, D. TSURU (1987). Specific inhibitors for prolyl endopeptidase and their anti-amnesic effect. *Journal of pharmacobio-dynamics* 10 (12):730-735.
- [65] Conde Garcia, E., V. Nascimento, A. Santiago Santos (2003). Inotropic effects of extracts of *Psidium guajava* L.(*guava*) leaves on the guinea pig atrium. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research* 36 (5):661-668.

Partie expérimentale

Chapitre I: Matériels et méthodes

Dans le contexte de rechercher des antioxydants naturels, nous nous sommes intéressés à évaluer quelques propriétés antioxydantes de la goyave « *Psidium guajava* », et cela sur les trois parties la représentant : feuilles, épluchure et pulpe. A ce fait, deux axes ont été envisagés :

- Le premier axe concerne l'extraction des composés phénoliques par l'éthanol dilué suivi par la quantification de ces composés. Les dosages obtenus exprimées en mg/100 g de matière sèche (MS) sont déterminés en utilisant les réactifs suivants : le Folin-Ciocalteu pour les composés phénoliques, le trichlorure d'aluminium pour les flavonoïdes, le sulfate de fer (III) pour les tanins. De même, un dosage des caroténoïdes et acide ascorbique a été réalisé.
- Le second axe, traite l'activité antioxydante des extraits des trois parties du fruit. Pour cela, la mesure du pouvoir de piégeage du radical DPPH[•] ainsi que l'activité antioxydante par le test au phosphomolybdate ont été réalisés.

Enfin, les résultats obtenus des teneurs et de l'évaluation des activités antiradicalaire et antioxydante des différentes matrices ont été soumises à des analyses statistiques.

1. Appareil et produits chimiques

➤ Appareils utilisés

- Balance analytique
- Bain marie
- Broyeur électrique
- Centrifugeuse
- Etuve
- Réfractomètre
- pH-maitre
- Plaque agitatrice
- Rota vapeur
- Spectrophotomètre
- Tamiseur
- Vortex

➤ Produits chimiques utilisés

Solvants	Réactifs	Standards
Acétone	Carbonate de sodium (Na_2CO_3 , 2%)	Acide gallique
Acide sulfurique (H_2SO_4)	FolinCiocalteu	B- carotène
Acide oxalique	Chlorure d'aluminium (AlCl_3 , 2%)	BHA
Butanol 1	Sulfate de fer (III), ($\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$)	Vitamine C
Eau	DCPIP	Quercétine
Ethanol 96%	DPPH	
Acide chlorhydrique	NaH_2PO_4	
Hexane	$(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$	
Méthanol		
Hydroxyde de sodium (NaOH)		

2. Matrice végétale

2.1. Choix de la matrice

Le choix de cette matrice à savoir le goyavier, plus particulièrement son fruit : la goyave ainsi que ses feuilles, réside dans la valorisation de cette espèce méconnue auprès de notre population sur leur bienfait santé et usage médicinal.

2.2. Situation géographique

Le goyavier étudié dans cette présente étude provient de chez un particulier, adepte des fruits exotiques, de la région d'Aokas située sur le littoral méditerranéen, à environ 28 km à l'est de Bejaia.

2.3. Récolte et séchage

La récolte de la matrice végétale a été effectuée durant la période octobre-novembre 2017. Après avoir lavé et séché les feuilles et les fruits, ces derniers ont été séparés en trois parties : feuilles, épiluchures et pulpes, puis mis à sécher dans une étuve à 40°C pendant 2, 5 et 10 jours en moyenne pour chaque partie respectivement.

2.4. Broyages et tamisage

Après séchage, la matrice végétale (feuilles, épluchures et pulpes) destinée à l'extraction des composés phénolique a été broyée séparément à l'aide d'un broyeur électrique (SKANEX, Chine) jusqu'à obtention d'une poudre. Cette dernière a été par la suite tamisée à l'aide d'un tamiseur électrique (Retsch, Allemagne) pour retenir une granulométrie de 125 μm . Les poudres des différentes parties ainsi obtenues ont été conservées dans des flacons en verre opaque et stockées à l'abri de la lumière à température ambiante.

3. Analyses physico-chimiques

Les analyses physico-chimiques ont été réalisées, à l'exception du taux d'humidité, sur le jus de fruit frais. Ce dernier a été obtenu par filtration après avoir broyé et pressé la pulpe de goyave.

3.1. Mesure du pH

La valeur du pH d'une solution est directement liée à sa concentration en ions oxonium (H_3O^+) contenus dans une solution. Pour ce faire, le pH mètre a été étalonné au préalable avec des solutions tampons (pH 4 et pH 7), puis l'électrode du pH-mètre a été introduite dans un bécher contenant le jus de goyave. La valeur du pH est obtenue par simple lecture sur l'écran du pH-mètre.

3.2. Acidité

C'est une méthode qui consiste à neutraliser l'acidité par la solution d'hydroxyde de sodium (NaOH) en présence de phénolphtaléine comme indicateur coloré. A ce fait, un volume de 1 mL de jus de goyave a été dilué dans 9 mL d'eau distillée, auquel 2 à 3 gouttes de phénolphtaléine ont été additionnées. Le mélange a été maintenu sous agitation, puis titré avec NaOH (0,01N) jusqu'au virage de la couleur vers le rose qui doit persister pendant une dizaine de secondes. Le volume de NaOH ainsi obtenu est noté en mL. L'acidité est exprimée en gramme d'acide ascorbique par litre de jus de la matière fraîche suivant la formule suivante :

$$\text{Acidité} = \text{Nb} * \text{Vb} * (\text{MM}/\text{Va})$$

- Avec :
- Nb : Normalité de la solution d'hydroxyde de sodium (0,01N)
 - Vb : Volume de la solution d'hydroxyde de sodium (mL)
 - MM : Masse molaire de l'acide ascorbique (176,12 g/mol)
 - Va : Volume du jus (mL)

3.3. Teneur en sucre (Brix)

Le Brix est une échelle de mesure du pourcentage de matière solide soluble. Cette échelle sert à mesurer le pourcentage de sucre dans le fruit via un refractomètre (aus JENA, Allemagne) ainsi que l'indice de réfraction de la lumière d'une matrice. Cet indice s'observe par la déviation d'un faisceau lumineux suivant la nature du milieu dans lequel il se propage.

Un volume de jus est déposé entre les deux surfaces du prisme du refractomètre. Le taux de sucre, exprimé en pourcentage et l'indice de réfraction sont lus sur l'échelle de graduation.

3.4. Taux d'humidité

La détermination du taux d'humidité a été réalisée à partir du broyat sec pour chaque partie de la matrice. Une quantité de 2 g de chaque échantillon a été séchée à 105°C jusqu'à stabilité du poids de celui-ci. Le taux d'humidité (H %) est calculé selon la formule suivante :

$$H(\%) = \frac{P_{av} - P_{ap}}{P_{av}} \cdot 100$$

- Avec :
- P_{av} : poids de l'échantillon avant mise dans l'étude (g)
 - P_{ap} : poids de l'échantillon après sortie de l'étude (g)

4. Extraction des composés phénoliques totaux

L'extraction des composés phénoliques totaux (CPT) a été réalisée par macération (extraction solide/liquide). Pour cela, un poids de 5 g de la matrice végétale en poudre a été macéré dans 100 mL d'éthanol (70 %) à température ambiante sous agitation magnétique pendant 1 h. Le mélange a été par la suite filtré sur papier Wattman. L'opération a été répétée une seconde fois sur le retentât, dans les mêmes conditions, dans le but d'extraire le maximum de composés phénoliques. Les 2 filtrats obtenus ont été combinés et le solvant

a été évaporé à l'aide d'un évaporateur rotatif (BIOCO, Allemagne) à une température de 40°C. Les extraits ainsi obtenus ont été reconstitués dans du méthanol puis conservés au congélateur (-20°C). Le protocole d'extraction des CPT sont présentées sur la Figure 15.

5. Dosage des antioxydants

5.1. Dosage des composés phénoliques totaux

➤ *Principe*

Le réactif utilisé est le Folin-Ciocalteu, un mélange constitué d'acide phosphatungstique ($H_3PW_{12}O_{40}$) et d'acide phosphomolibdique ($H_3PMo_{12}O_{40}$) de couleur jaune [1].

Cette méthode colorimétrique est basée sur la réduction en milieu alcalin de mélange du réactif FolinCiocalteu par le groupement oxydable des composés phénoliques. Elle entraîne la formation d'un complexe molybdène-tungstène de couleur bleu qui absorbe aux environs de 750-765 nm [2].

➤ *Mode opératoire*

La teneur en CPT des différents extraits a été déterminée par la méthode de **Alimi et al.** [3]. Les étapes suivies pour le dosage sont comme suit : 2 mL de Na_2CO_3 (2 %) ont été additionnés de 100 μ L de chaque extrait. Après agitation et incubation pendant 2 min à température ambiante, 100 μ L de réactif Folin-Ciocalteu dilué (50/50 v/v) ont été ajoutés au mélange. L'ensemble des préparations ont été par la suite incubées à l'obscurité pendant 30 min. La lecture des absorbances a été réalisée grâce au spectrophotomètre visible (BIOTECH ENGINEERING,UK) contre un blanc à 760 nm.

Une courbe d'étalonnage a été réalisée en parallèle dans les mêmes conditions opératoires en utilisant l'acide gallique comme standard à différentes concentrations 0,05 ; 0,1 ; 0,2 ; 0,3 ; 0,4 mg/mL) (Annexe I.1). Les résultats sont exprimés en milligramme équivalent acide gallique par gramme de poudre sèche (mg EAG/g MS).

5.2. Dosage des flavonoïdes

➤ *Principe*

L'estimation de la quantité des flavonoïdes contenus dans les extraits de la matrice végétale est réalisée par la méthode colorimétrique au chlorure d'aluminium. Cette méthode spectrophotométrique est basée sur la propriété des flavonoïdes à former des complexes jaunes par liaison de leurs atomes d'oxygène présents sur les carbones C4 et C5 avec des métaux tels que l'aluminium présent sous forme de chlorure d'aluminium (AlCl_3) [4].

➤ *Mode opératoire*

La teneur en flavonoïdes des différents extraits a été déterminée par la méthode de **Quettier-Deleu et al.** [5]. Un volume de 1 mL de chaque extrait et 1 mL de la solution de chlorure d'aluminium ($\text{AlCl}_3, \text{H}_2\text{O}$) à 2 %, ont été mélangés dans des tubes à essai qui ont été ensuite agités et incubés pendant 10 min à l'obscurité. La lecture des absorbances a été réalisée par spectrophotomètre contre un blanc à 430 nm.

La teneur en flavonoïdes dans les extraits a été calculée par référence à une courbe d'étalonnage établie avec la quercétine (Annexe I.2). Les résultats sont exprimés en milligramme équivalent quercétine par gramme de matière sèche (mg EQ/g MS).

5.3. Dosage des tannins condensés (proanthocyanidines)

➤ *Principe*

Les tannins condensés ont été dosés suivant la méthode du Butanol-HCL, développée par **Wilfred et al.** [6]. Cette méthode est basée sur la réaction de dépolymérisation des tannins condensés en milieu acide, conduisant à la libération des anthocyanidines

➤ *Mode opératoire*

Un volume de butanol et d'acide chlorhydrique (3/2 (v/v)) a été préparé, auquel a été ajouté le sulfate de fer ($\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$) à raison de 30 mg/200 mL. De cette solution 2,5 mL ont été prélevés et additionnés à 250 μL de chaque extrait. Après agitation, le mélange a été laissé agir sous incubation à l'obscurité dans un bain marie à 95°C pendant 50 min. La lecture de l'absorbance a été réalisée par spectrophotomètre contre un blanc à 530 nm.

Les résultats sont exprimés en milligramme équivalent cyanidine par gramme de matière sèche (mg EQ/g MS). La formule adoptée pour le calcul de la teneur des tanins dans les extraits est la suivante :

$$C = (Abs * M * D) / \epsilon * L$$

Avec : - D : Facteur de dilution

- ϵ : coefficient d'extinction molaire (34700 mol/cm.L)

- L : Chemin optique (1cm)

- Abs : Absorbance de l'échantillon

- M : Masse molaire de la cyanidine (g/mol)

- C : Concentration (g/L)

5.4. Dosage des caroténoïdes

➤ *Principe*

L'extraction des caroténoïdes comporte deux phases : une phase apolaire (hexanique) qui permet de récupérer les caroténoïdes et une phase polaire (acétone et éthanol) pour éliminer les molécules hydrophiles [7].

La couleur est l'élément caractéristique des caroténoïdes et peut varier du jaune au rouge. Leur couleur est due à leur système de doubles liaisons conjuguées créant un chromophore, permettant ainsi l'absorption de la lumière visible entre 400 nm et 500 nm. Le degré de conjugaison du chromophore détermine les caractéristiques d'absorption du caroténoïde [8].

➤ *Mode opératoire*

Les caroténoïdes sont extraits par la méthode donnée par **Sass-Kiss et al.** [9] Un volume de 10 mL du mélange : Hexane/acétone/éthanol/eau = 2/1/1/1 (v/v/v/v), ont été additionnés à 0,5 g de poudre de feuilles, pulpes ou épluchures de la goyave. Après agitation à l'obscurité pendant 30 min, une centrifugation immédiate a été effectuée à 5000 tours/pendant 15 min. Le surnageant (phase hexanique) a été récupéré puis dilué pour mesurer son absorbance à 450 nm.

La concentration en caroténoïdes a été estimée en se référant à la courbe d'étalonnage en utilisant le β -carotène comme standard (Annexe I.3). Les résultats sont exprimés en milligramme équivalent β -carotène par 100 gramme de matière sèche (mg E β -C/100g MS).

5.5. Dosage de la vitamine C

➤ *Principe*

Le dosage est basé sur l'oxydation de la vitamine C (acide ascorbique) qui conduit à la réduction de 2,6-Dichlorophenol indophenol (DCPIP) de couleur initiale bleue (forme oxydée) vers la couleur rose (forme réduite) [10].

➤ *Mode opératoire*

La teneur en acide ascorbique est déterminée selon la méthode de **Mau et al.** [11]. Pour cela, 1g de poudre de chaque échantillon (feuilles, pulpes et épiluchures) a été mélangé avec 30 mL de solvant d'extraction (acide oxalique). L'ensemble a été laissé sous agitation à l'obscurité pendant 30 min. Le mélange a été filtré à travers du papier Wattman. Un volume de 0,5 mL de chaque filtrat a été mélangé avec 2,5 mL du réactif (DCPIP). La solution de DCPIP de couleur bleue, devient rose après réduction et l'absorbance a été mesurée à 515 nm.

La teneur en vitamine C de l'extrait a été estimée en se référant à la courbe d'étalonnage (Annexe I.4) en utilisant l'acide ascorbique comme standard. Les résultats sont exprimés en milligramme équivalent de vitamine C par gramme de matière sèche (mg EAA/g MS).

6. Activités antiradicalaire et antioxydante

6.1. Inhibition du DPPH (pouvoir antiradicalaire)

➤ *Principe*

Ce test, est une méthode qui permet de mesurer le pouvoir antiradicalaire des substances antioxydantes contenues dans un extrait. Le DPPH (2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl) est un radical libre de couleur violette qui devient jaune quand il est réduit en DPPH-H par un donneur de proton H^+ (Figure 16). De plus, l'intensité de la couleur est inversement proportionnelle à la capacité des antioxydants présents dans le milieu a donné des protons. La décoloration peut être suivie par spectrophotomètre à 517 nm [12]

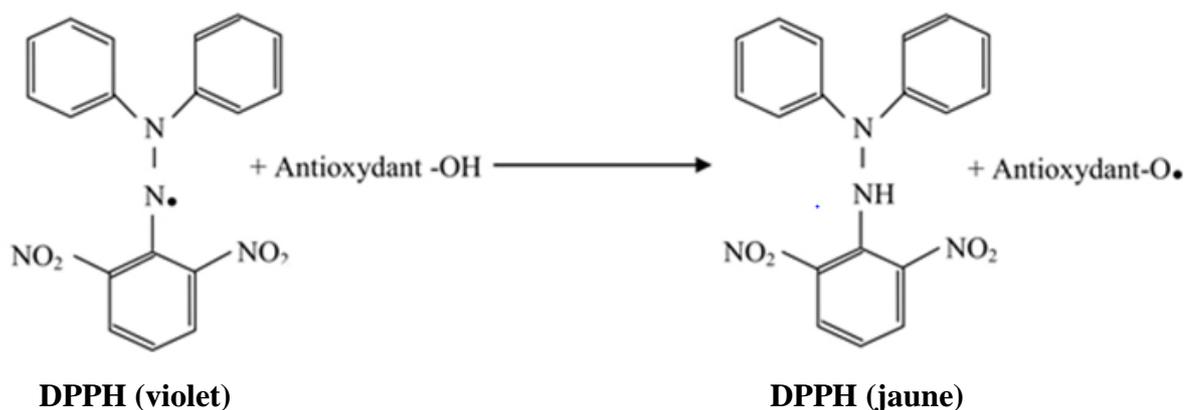


Figure 15 : Réduction de radical DPPH [13].

➤ **Mode opératoire**

Un volume de chaque extrait à différentes concentrations, a été mélangé avec 2,44 mL de solution de DPPH, préparé au préalable dans le méthanol ($6 \times 10^{-5} \text{M}$). Les solutions ont été mélangées au vortex puis incubées à l'obscurité pendant 1 h. Un contrôle a été préparé en remplaçant l'extrait par le méthanol. Les absorbances (Abs) ont été mesurées à 517 nm [14]. Deux standards (quercétine et BHA) sont préparés en parallèle à différentes concentrations.

Le pourcentage de réduction (d'inhibition) du radical DPPH[•] est calculé selon la relation ci-dessous :

$$\% \text{ d'inhibition} = \frac{\text{Abs contrôle} - \text{Abs échantillon}}{\text{Abs contrôle}}$$

La concentration (EC_{50}) de chaque extrait doit être calculée graphiquement afin de permettre l'inhibition de 50% de DPPH[•] (pourcentages d'inhibition en fonction de différentes concentrations de chaque extrait ou de standard testé).

A retenir, que l' EC_{50} est exprimée en mg/mL et calculée à partir de l'équation logarithmique de la courbe tracée (Annexe I.5).

6.2. Test au phosphomolybdate (PMB)

➤ Principe

La méthode au phosphomolybdate repose sur une simple réduction du molybdate, ce qui donne un complexe de couleur verdâtre [15].

➤ Mode opératoire

Le test au phosphomolybdate a été déterminé par la méthode de **Prieto et al.** [16]. Un volume de 2,5 mL de réactif de phosphomolybdate a été additionné à 200 µL de chaque extrait. Après agitation, les échantillons ont été incubés pendant 1h 30 min dans un bain marie à 95°C. Les absorbances ont été mesurées à 695 nm. Le BHA et la quercétine sont les deux standards utilisés comme référence pour la comparaison de la concentration (IC₅₀) des extraits.

Les IC₅₀ sont exprimées en mg/mL et sont calculées à partir de l'équation linéaire de la courbe tracée (les absorbances en fonction des concentrations).

7. Analyse statistique

Toutes les données obtenues représentent la moyenne de trois essais. Les paramètres de la statistique descriptive (moyennes et écart types) ont été calculés à l'aide du programme Excel de Microsoft office 2007. L'analyse de la variance entre les différents échantillons étudiés est faite au test ANOVA-LSD du logiciel STATISTICA 5.0 à niveau de signification de 0,05.

Les corrélations enregistrées entre les paramètres sont évaluées par le coefficient de corrélation de Pearson (r).

Références bibliographiques

- [1] **Boizot, N., J.-P. Charpentier (2006).** Méthode rapide d'évaluation du contenu en composés phénoliques des organes d'un arbre forestier. *Le Cahier des Techniques de l'INRA, Numéro spécial 2006: Méthodes et outils pour l'observation et l'évaluation des milieux forestiers, prairiaux et aquatiques*:79-82.
- [2] **Enneb, H., A. Belkadhi, F. Cheour, A. Ferchichi (2015).** Comparaison des composés phénoliques et du pouvoir antioxydant de la plante de henné (*Lawsonia inermis L.*). *Journal of New Sciences* 20.
- [3] **Alimi, H., N. Hfaiedh, Z. Bouoni, M. Sakly, K. B. Rhouma (2011).** Evaluation of antioxidant and antiulcerogenic activities of *Opuntia ficus indica* flowers extract in rats. *Environmental toxicology and pharmacology* 32 (3):406-416.
- [4] **El-Haci, I., F. Atik-Bekkara, A. Didi, M. Gherib, M. Didi (2012).** Teneurs en polyphénols et pouvoir antioxydant d'une plante médicinale endémique du Sahara algérien. *Phytothérapie* 10 (5):280-285.
- [5] **Quettier-Deleu, C., B. Gressier, J. Vasseur, T. Dine, C. Brunet, M. Luyckx, M. Cazin, J.-C. Cazin, F. Bailleul, F. Trotin (2000).** Phenolic compounds and antioxidant activities of buckwheat (*Fagopyrum esculentum Moench*) hulls and flour. *Journal of ethnopharmacology* 72 (1-2):35-42.
- [6] **Wilfred, V., R. Nicholson (2006).** Phenolic compound biochemistry. USA:Springer. New York, ISBN-10 1-4020-5164-6.
- [7] **Rodriguez-Amaya, D. B (1997).** Carotenoids and food preparation: the retention of provitamin A carotenoids in prepared, processed and stored foods: John Snow Incorporated/OMNI Project Arlington, VA.
- [8] **Degrou, A. E. (2013).** Etude de l'impact des procédés de transformation sur la diffusion des caroténoïdes: cas du lycopène de la tomate, Université d'Avignon.
- [9] **Sass-Kiss, A., J. Kiss, P. Milotay, M. Kerek, M. Toth-Markus (2005).** Differences in anthocyanin and carotenoid content of fruits and vegetables. *Food Research International* 8 (38):1023-1029.
- [10] **Lubis, N., R. Prasetiawati, W. Septiani (2017).** Determination of Vitamin C Red Guava (*Psidium guajava Linn*) Fruit Juice, with Variation of Beverage Packaging by

Titrimetric Method Using 2, 6-Dichlorophenol Indophenol. *World Academy of Science, Engineering and Technology, International Journal of Nutrition and Food Engineering* 4 (10).

- [11] **Mau, J.-L., S.-Y. Tsai, Y.-H. Tseng, S.-J. Huang (2005)**. Antioxidant properties of methanolic extracts from *Ganoderma tsugae*. *Food chemistry* 93 (4):641-649.
- [12] **Sanchez-Moreno, C. (2002)**. Methods used to evaluate the free radical scavenging activity in foods and biological systems. *Food Science and Technology International* 8 (3):121-137.
- [13] **Molyneux, P. (2004)**. The use of the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity. *Songklanakarin J. Sci. Technol* 26 (2):211-219.
- [14] **Brand-Williams, W., M.-E. Cuvelier, . Berset (1995)**. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT-Food science and Technology* 28 (1):25-30.
- [15] **Rizk, M. S. (1994)**. Metformin-selective PVC membrane electrode based on metforminium phosphomolybdate ion pair. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology* 61 (1):67-72.
- [16] **Prieto, P., M. Pineda, and M. Aguilar (1999)**. Spectrophotometric quantitation of antioxidant capacity through the formation of a phosphomolybdenum complex: specific application to the determination of vitamin E. *Analytical biochemistry* 269 (2):337-341.

Chapitre IV: Résultats et discussions

1. Paramètres physico-chimiques du jus de goyave

Les résultats des analyses physico-chimiques réalisées sur le jus de goyave, nous ont permis d'avoir une idée sur la qualité du fruit étudié via les résultats regroupés dans le Tableau 4.

Tableau 4 : Paramètres physico-chimiques du jus de goyave

Paramètre	Teneur
Brix(%)	13 ± 0,00
PH	4,42 ± 0,02
Acidité (g/L)	0,9 ± 0,00
IR	1,35 ± 0,00

IR : Indice de réfraction

Il ressort de ces résultats (Tableau 4) que la goyave étudiée présente une teneur en sucres totaux (Brix) de 13% avec un indice de réfraction (IR) de 1,35. Quand à son acidité elle est assez élevée, de l'ordre de 0,9 g/L avec un pH 4,4. Ces résultats s'accordent en partie avec ceux rapporté par **Jain et al.** [1]. En effet, ces auteurs ont obtenu, pour deux variétés de goyave *Allahabad Safeda* et *Red Flashed*, respectivement des Brix proches de 13,3 et 12,7%, des pH plus acides de 3,57 et 3,98 et des acidités 2 fois plus basses de 0,46 et 0,38 g/L.

D'autre part, un résultat similaire pour la valeur du pH (4,7) a été rapporté par **Tanwa et al.** [2] suite à leur étude sur la pulpe de *P. guajava*, récoltée en Inde. Cependant, ils ont observé un taux de sucre de 10,2% ; une valeur inférieure à celle trouvée dans la présente étude. De même, **Soares et al.** [3] ont enregistré un pH similaire de 4,54 lors d'une étude menée sur la goyave *Cortibel*, récoltée au Brésil, avec une teneur en sucre plus faible de 8,4% et d'une acidité aussi plus faible égale à 0,44%.

Les différences observées pourraient être expliquées par le type de variété, l'origine et le stade de maturité.

2. Taux d'humidité des trois matrices étudiées

L'objectif de sécher un produit est d'abaisser sa teneur en eau, de telle sorte que son activité d'eau soit portée à une valeur permettant sa conservation à une température ordinaire sur une longue durée.

Le taux d'humidité des poudres des trois matrices (feuilles, pulpes et épiluchures) de la variété étudiée sont donnés dans le Tableau 5.

Tableau 5 : Taux d'humidité des trois parties de la goyave

Echantillon	% d'humidité
Feuilles	8,08 ± 1,20 ^a
Pulpe	7,11 ± 0,54 ^a
Épiluchures	8,52 ± 0,08 ^a

^a : représente les différences non significatives à $P \leq 0,05$.

Les résultats des taux d'humidité obtenus après séchage à 105°C sont 8,52% pour les épiluchures, 8,08% pour les feuilles et 7,11% pour la pulpe. L'étude statistique ne révèle aucune différence significative à $P \leq 0,05$ (Tableau 5).

Dans une étude menée par **Afroze et al. [4]** sur les feuilles de *P. guajava* récoltées au Bangladesh, un taux d'humidité plus élevé de 15,35% a été obtenu après séchage sous air chaud entre 105°C-110°C. **Uttamborah et al. [5]** ont également enregistré au cours du séchage à 100-150°C, de la goyave récoltée au printemps et en automne, des taux d'humidité plus élevés de 14,67% et 14,64% respectivement. D'autre part, un taux d'humidité inférieur (1%) a été avancé dans les travaux menés par **Chakraborty et al. [6]** sur une variété de *P. guajava*, récoltée au Niger et séchée à température ambiante. De même **Okunrobo et al. [7]** ont observé un taux d'humidité de 4,77% sur une goyave mûre séchée à 50°C sous air chaud.

Cette différence de comportement révèle l'influence du mode de séchage de la matrice sur ses propriétés physico-chimiques. Ceci n'exclut pas l'influence de l'origine géographique, variété et degré de maturité de la matrice.

En ce qui concerne le taux d'humidité des épiluchures, aucune étude ou résultat n'ont été reportés dans la littérature.

3. Teneur en antioxydants

Les résultats des dosages de l'ensemble des antioxydants (composés phénoliques totaux, flavonoïdes, tanins, caroténoïdes, vitamine C) des trois extraits des différentes matrices de la goyave (feuilles, pulpes, épluchures), déterminé par spectrophotométrie, selon plusieurs protocoles, sont résumés dans le Tableau 6.

Tableau 6 : Teneurs en antioxydants des trois parties de la goyave étudiée.

Composants	Feuilles	Pulpes	Epluchures
CPT (g EAG/100g)	17,13 ± 0,38 ^a	1,76 ± 0,01 ^c	15,81 ± 0,197 ^b
Flavonoïdes (g EQ/100g)	2,01 ± 0,04 ^a	0,69 ± 0,06 ^c	1,01 ± 0,06 ^b
Tannins (g cyanidine/L)	0,34 ± 0,00 ^a	0,01 ± 0,00 ^c	0,23 ± 0,00 ^b
Caroténoïdes (mg Eβ-C/100g)	102,27 ± 1,42 ^a	29,31 ± 0,56 ^c	53,33 ± 2,49 ^b
Vitamine C (mg EAA/100g)	94,14 ± 9,61 ^c	297,52 ± 36,74 ^b	452,02 ± 104,43 ^a

a, b, c : représentent les différences significatives à $P \leq 0,05$. $a > b > c$

3.1. Teneur en composés phénoliques totaux

La détermination des composés phénoliques totaux (CPT) est basée sur une réaction d'oxydo-réduction, qui peut être également considérée comme une méthode permettant d'évaluer l'activité antioxydante. De ce fait, les échantillons les plus riches en composés phénoliques peuvent être également considérés comme les meilleurs antioxydants **Ponnusami et al. [8]**.

Les résultats de la teneur en CPT des extraits des différentes parties de la goyave (feuilles, épluchures et pulpes) sont reportés sur la figure 16.

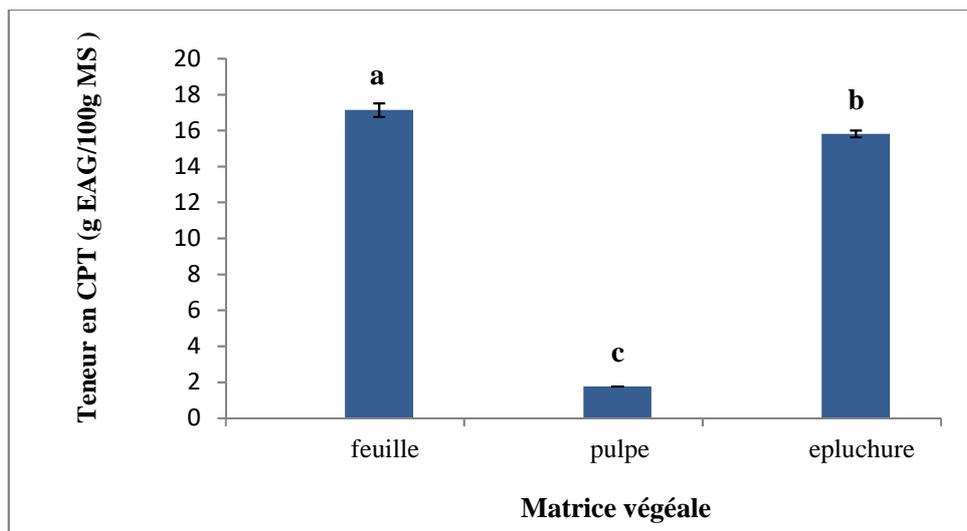


Figure 16 : Teneur en CPT des extraits des trois parties de la matrice végétale. a, b, c : représentent les différences significatives à $P \leq 0,05$. $a > b > c$

A l'issue des dosages effectués, il s'est avéré que les trois échantillons étudiés renferment des teneurs importantes en composés phénoliques totaux (CPT).

L'examen de ces résultats (Figure 16) montre que la quantité en composés phénoliques totaux varie d'une partie à une autre de la matrice étudiée. En effet, l'extrait des feuilles présente la teneur la plus élevée en CPT (17,13 g EAG/100 g MS) suivi par l'extrait d'épluchures (15,81 g EAG/100 MS). Par contre, l'extrait de pulpe renferme la quantité en CPT la plus faible (1,76 g EAG/100 MS) qui se révèle 9 à 10 fois moindre à celles enregistrées sur les précédentes parties de la matrice.

Beaucoup d'auteurs chercheurs ont obtenu des concentrations en CPT plus faibles. En effet, les travaux sur la goyave rapportés par **You et al. [9]** sur l'extrait éthanolique des feuilles ont montré un taux de l'ordre de 12,95 mg EAG/100g MS. Toutefois, il est important de signaler que ce taux varie avec la nature du solvant utilisé. En effet, ces mêmes auteurs, ont obtenu des taux en CPT de 14,13 mg EAG/1g MS, 13,079 mg EAG/1g MS et 10,36 mg EAG/1g MS dans l'acétone, le méthanol et l'eau respectivement. Parallèlement, il a été observé sur l'extrait éthanolique de la pulpe un taux de 1,02 mg EAG/1g MS. **You et al. [9]** et **Qian et al. [10]** ont montré respectivement un taux en CPT de l'ordre de 57,53 mg EAG/100g MS et 51,16 mg EAG/100g MS lors d'une extraction réalisée dans l'éthanol alcoolique.

D'autres auteurs ont enregistré des valeurs plus élevées tels que **Silva et al. [11]** qui ont étudié l'extrait éthanolique de la pulpe de goyave récoltée au Brésil durant décembre 2011. Ces auteurs ont révélé un taux en CPT de l'ordre de 17,23g EAG/100g MS. D'autres études ont révélé un taux en CPT de 19,351 g EAG/100g MS sur l'extrait éthanolique des feuilles d'une variété de goyave récoltées au Vietnam durant la période avril-juin 2013 [12].

3.2. Dosage des flavonoïdes

Les résultats de la teneur en flavonoïdes des extraits des feuilles, épluchures et pulpe de la goyave étudiés sont reportés sur la Figure 17.

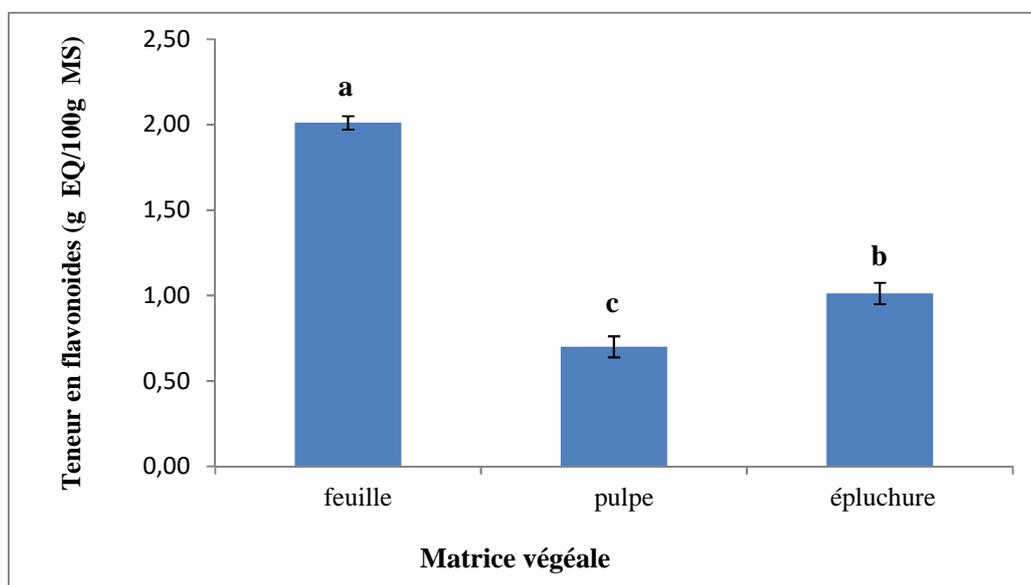


Figure 17 : Teneur en flavonoïdes des extraits des trois parties de la matrice végétale.

a, b, c : représentent les différences significatives à $P \leq 0,05$. $a > b > c$

Les histogrammes reportés sur la Figure 17 montrent que la quantité la plus élevée en flavonoïdes est obtenue avec l'extrait éthanolique des feuilles (2,01 g EQ/100 g MS). Ce résultat se révèle 2 fois et 3 fois plus élevé que celui obtenu avec l'extrait d'épluchures (1,01 g EQ/100 g MS) et de pulpe (0,69 g EQ/100 g MS) respectivement. Les différences observées sont significatives à $P \leq 0,05$.

En comparaison avec les résultats de la présente étude, l'extrait de feuilles est à l'inverse des travaux de **Camarena-Tello et al. [13]**, où des taux plus élevés en flavonoïdes dans différents solvants sont enregistrés sur deux variétés de la goyave

(*CalvilloSiglo XXI* et *Hidrozac*) récoltées au Mexique durant l'année 2015. Ces auteurs ont montré pour la variété *CalvilloSiglo XXI*, pour 100 g MS, des taux de flavonoïdes plus élevés de l'ordre de 10,854 g EQ dans l'eau, 23,945g EQ dans l'acétone et 10,748 g EQ dans le chloroforme. Quant à la variété *Hidrozac*, les taux de flavonoïdes pour 100 g MS, ont été de l'ordre de 7,783 g EQ dans l'eau, 13,588 g EQ dans l'acétone et 9,639g EQ dans le chloroforme.

D'autre part, un résultat similaire est reporté par **Lin et Yin [14]** sur des extraits éthanoliques de pulpe de goyave récoltée en Taiwan. Toutefois, ces auteurs ont mis en évidence le rôle de la saison de récolte sur la quantité extraite en flavonoïde. En effet, il a été montré que la teneur en flavonoïdes est supérieure lors d'une récolte en été (0,76 g/100g MS) comparais à celle en hiver (0,594 g/100g MS).

Cependant, aucune étude n'a été réalisée sur les épiluchures.

3.3. Dosage des tannins

L'analyse statistique des résultats de dosage des tanins des trois parties étudiées a révélé des différences significatives à $P \leq 0,05$ (Figure 18).

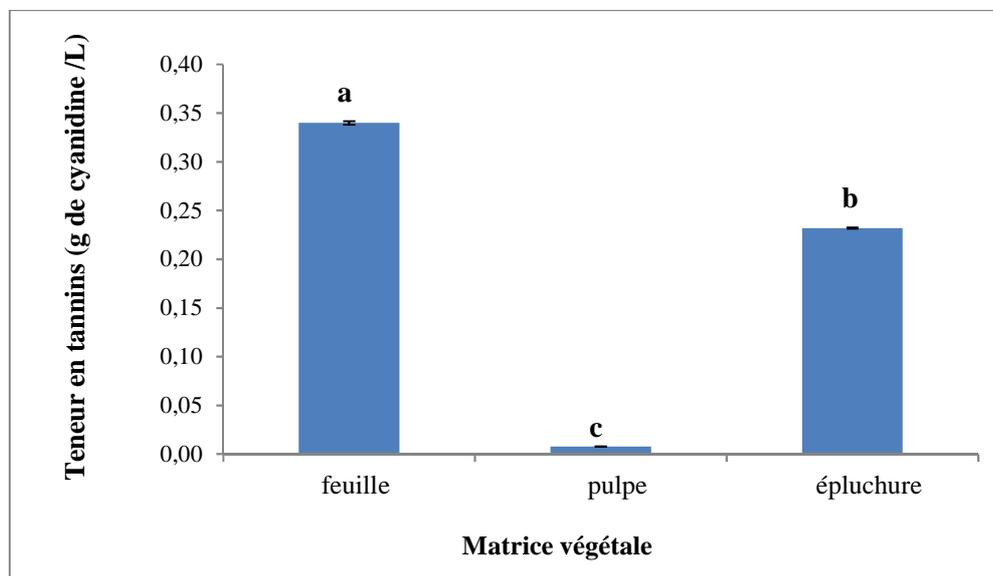


Figure 18 : Teneur en tanins des extraits des trois parties de la matrice végétale. a, b, c : représentent les différences significatives à $P \leq 0,05$. $a > b > c$

D'après les résultats reportés sur la Figure 18, il apparaît que la quantité en tanins enregistrée est faible sur l'ensemble des extraits étudiés. Cependant, la teneur la plus élevée est obtenue dans l'extrait des feuilles (0,34g EC/L) et se révèle 1,5 et 30 fois supérieure à celles consignées respectivement dans les extraits des épiluchures (0,23 g EC/L) et de pulpes (0,01 g EC/L).

Venkatachalam et al. [15] ont montré lors d'une étude sur la goyave récoltée dans la région Navi Mumbai située en Inde, une teneur en tanins dans un extrait méthanolique des feuilles de l'ordre de 346 mg/100g MS. **Mailoa et al. [16]** ont révélé une concentration en tanins de l'ordre de 183,5 mg/100g sur l'extrait éthanolique des feuilles de *P. guajava*.

3.4. Dosage des caroténoïdes

Les caroténoïdes sont présents dans de nombreux fruits et légumes, la majorité d'entre eux sont lipophiles. Les teneurs en caroténoïde des différents extraits testés (feuilles, pulpes et épiluchures) sont représentées sur la figure 19.

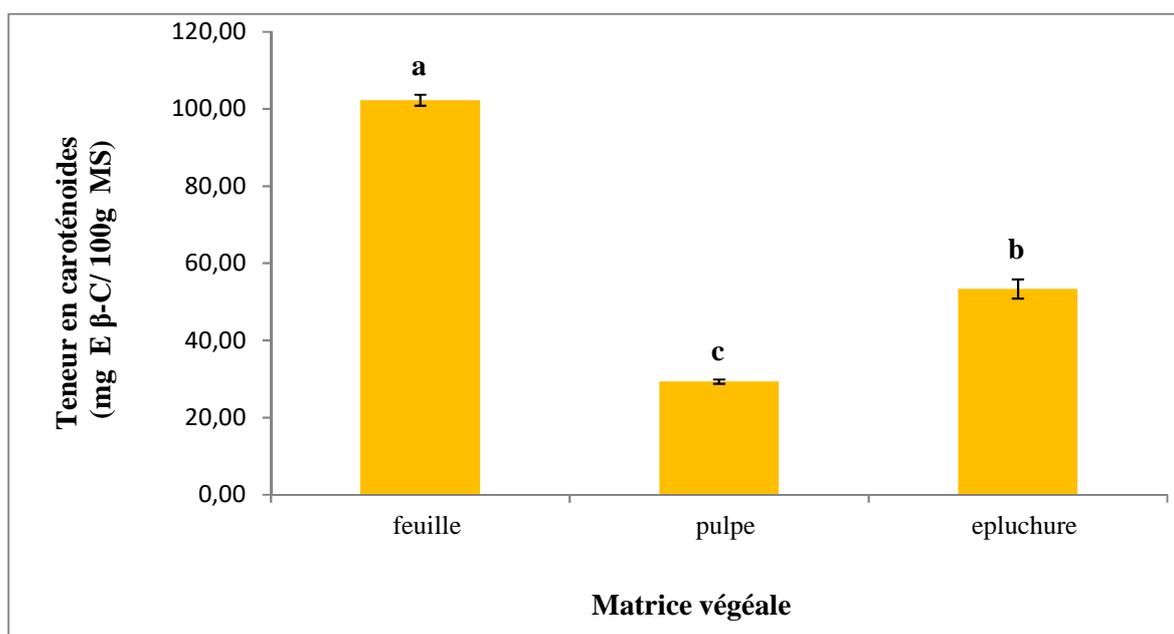


Figure 19 : Teneur en caroténoïdes des extraits des trois parties de la matrice végétale. a, b, c : représentent les différences significatives à $P \leq 0,05$. $a > b > c$

Selon les résultats relatifs aux dosages des caroténoïdes, il ressort que la variation de la teneur en caroténoïdes en fonction des parties de la variété étudiée est significative ($P \leq 0,05$). Il apparaît que l'extrait des feuilles renferme le taux le plus élevé en

caroténoïdes (100,27 mg E β -C/100g MS) comparé à l'extrait des épiluchures (53,33mg E β -C/100g MS) et de pulpes (29,31 mg E β -C/100g MS). Ces résultats laissent apparaître que la proportion en caroténoïdes n'est pas distribuée uniformément dans la goyave et qu'elle augmente de l'intérieur à l'extérieur dans cette plante.

Ellong et al. [17], ont obtenu un taux nettement plus faible sur l'extrait du fruit (0,604 mg E β -C/100g MS) cultivé en Martinique en comparaison à nos travaux. Une étude récente réalisée sur la goyave (*Ripe Pink*) de Costa Rica. **Rojas-Garbanzo et al. [18]** ont révélé une teneur totale en caroténoïde supérieure pour la pulpe (32,3 mg/100 g MS) et plus faible pour les épiluchures (24,39 mg/100 g MS) et cela correspondant au troisième stade de maturité du fruit.

3.5. La vitamine C

La vitamine C est la plus fragile des vitamines dans les aliments, elle est sensible à l'air, la lumière, la chaleur et les métaux surtout le fer et le cuivre. Les teneurs en vitamine C sont représentées sur la figure 20.

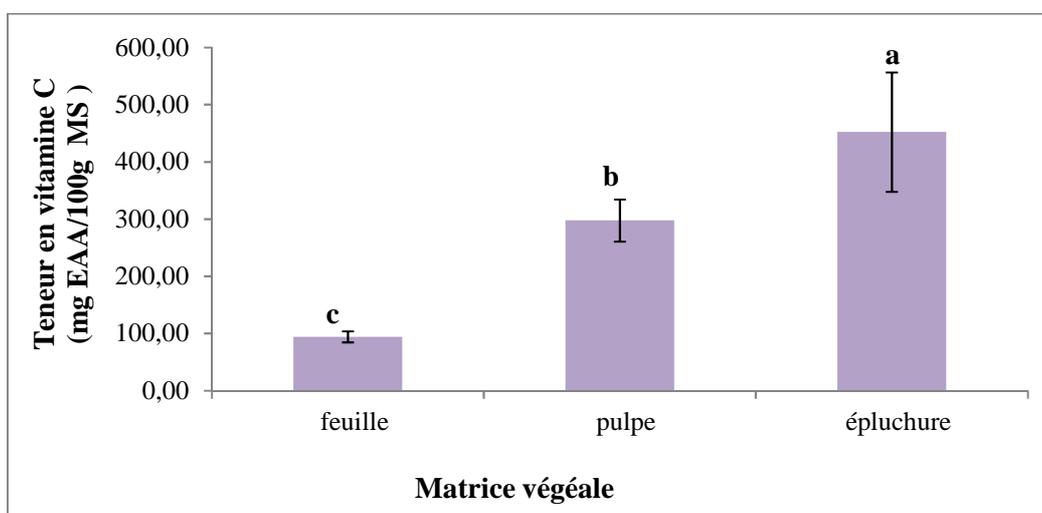


Figure 20 : Teneur en vitamine C des extraits des trois parties de la matrice végétale. a, b, c : représentent les différences significatives à $P \leq 0,05$.

L'analyse des résultats de la teneur en vitamine C consignés sur la Figure 20 révèle que cette vitamine est plus abondante dans les épiluchures. En effet, l'extrait éthanolique des épiluchures a enregistré un maximum de vitamine C (452,02 mg EAA/100g MS), tandis

que la pulpe et les feuilles referment des teneurs qui sont 1,5 à 5 fois plus faibles (297,52 mg et 94,14 mg EAA/100g MS en moyenne respectivement).

Ellong et al. [14] conforte nos résultats via leur étude sur la goyave de la région Faisalabad-Pakistan vis-à-vis du fruit à différents stades de maturité. Ils ont enregistré sur le fruit bien mûr (Fully-ripe) un taux en vitamine C de 247,93 mg EAA/100g MS. En revanche, **Gull et al. [19]** ont rapporté une quantité nettement supérieure de l'ordre de 491,6 mg EAA/100 MS sur une variété de goyave cultivée en Martinique. **Lin et Yin [17]** ont effectué une étude sur une variété de goyave dite perlière du Taiwan, récolté en hiver et en été. Ils ont montré des taux en vitamine C très faibles de l'ordre de 19,16 mg et 24,4 mg EAA/100g MS sur l'extrait éthanolique du fruit récolté respectivement en hiver et en été. Par ailleurs, **Nwozo et al. [20]** ont également rapporté un taux faible de 25 mg EAA/100g MS en vitamine C sur l'extrait des feuilles de la goyave récolté au Nigéria.

Les variations de teneurs en antioxydants observées peuvent être justifiées par plusieurs facteurs dont le type de variété, l'origine, le stade de maturité, la saison, les facteurs environnementaux (sol et climat), le solvant utilisé et les conditions d'extractions.

4. Activités antiradicalaire et antioxydante

4.1. Activité antiradicalaire (test au DPPH)

Le principe de ce test est basé sur la réaction de réduction du radical libre DPPH^{*} ayant une couleur violette par les antioxydants présents dans les extraits, suivi par une décoloration en un composé jaune qui représente la capacité des extraits à piéger ces radicaux libres [23]. La capacité à piéger ces derniers est proportionnelle à la concentration de la substance antioxydante [22].

Les pourcentages d'inhibition du radical libre DPPH^{*} des extraits éthanoliques de la goyave (feuilles, pulpes et épiluchures) ainsi que la BHA et la quercétine (antioxydants de référence) sont représentés sur la figure 21.

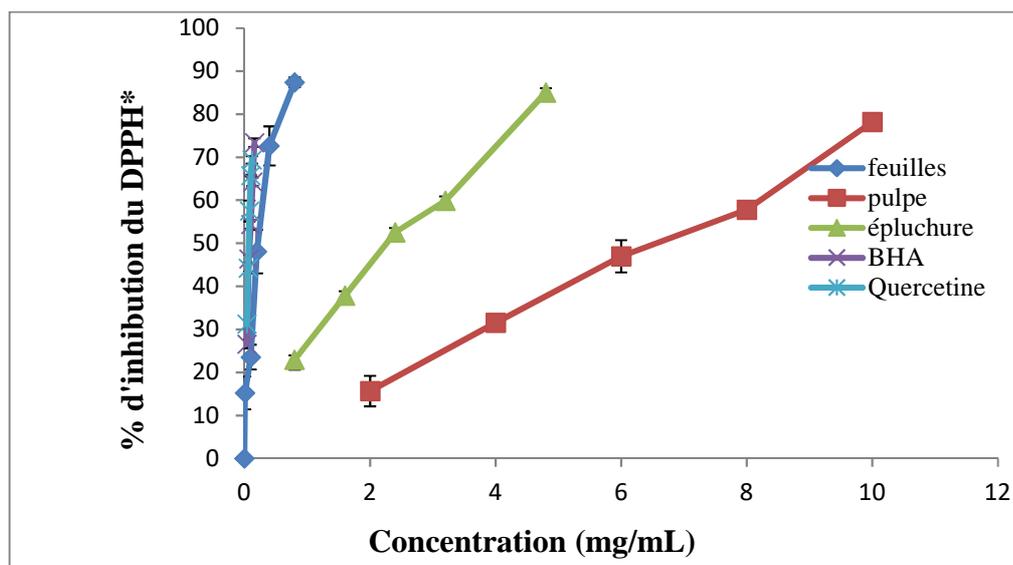


Figure 21 : Pourcentage d'inhibition de DPPH* des extraits de la goyave (feuilles, pulpes et épluchures) et des standards (BHA et quercétine).

L'observation directe des courbes représentées sur la Figure 21, laisse apparaître au premier abord, quelle que soit l'extrait étudié, que le taux d'inhibition en DPPH* augmente avec les concentrations des différents extraits utilisés.

Précisons que, la courbe obtenue avec des concentrations proches de 0 indique que l'échantillon possède la plus forte activité. Les courbes de la quercétine et du BHA sont les plus proches de la concentration 0, par conséquent sont considérées les plus actifs. De très près, est suivie celle de l'extrait de feuilles qui montre une bonne activité antiradicalaire qui est plus élevée comparée aux deux autres matrices de la goyave et dont les concentrations varient de 0,08 à 0,8 mg/mL pour des taux d'inhibition allant de 15,23 à 87,40% pour. Tandis que l'extrait d'épluchures montre un taux d'inhibition en DPPH* de 22,93-85,02% pour des concentrations 0,8-4,8 mg/mL, suivi de loin par l'extrait de pulpe avec 15,66-78,2% d'inhibition pour des concentrations 2-10 mg/mL.

Nos résultats sur la pulpe sont à l'inverse à ceux d'une étude menée par **Musa et al. [24]** et **Beyhan et al. [25]**, qui ont montré respectivement une activité anti-radicalaire nettement supérieure de l'ordre de 83,29% et 95,91% pour une faible concentration en extrait (0,08 mg/mL). Les travaux réalisés par **Aminu et al. [26]** ont révélé pour une concentration en extrait des feuilles de l'ordre de 0,5 mg/mL un taux d'inhibition en

DPPH* de 75%. Ce taux reste inférieur à nos résultats qui sont plus élevés dans la gamme de concentration 0,08 à 0,8 mg/mL.

Afin d'évaluer l'efficacité des différents extraits étudiés, il a été judicieux d'évaluer l'IC₅₀. Celle-ci est inversement liée à la capacité antioxydante d'un composé, car elle exprime la quantité d'antioxydant requise pour diminuer la concentration du radical libre DPPH* de 50%. De sorte que les valeurs inférieures d'IC₅₀ indiquent l'efficacité de l'extrait et induit par conséquent un pouvoir antioxydant plus fort [27].

Les résultats des EC₅₀ des échantillons étudiés sont regroupés dans le Tableau 7.

Tableau 7 : Activité antiradicalaire sur le DPPH* (IC₅₀) des différents échantillons

Échantillon	IC ₅₀ (mg/mL)
Feuilles	0,15 ± 0,02 ^c
Épluchures	1,86 ± 0,06 ^b
Pulpe	5,68 ± 0,04 ^a
BHA	0,06 ± 0,04 ^d
Quercitaine	0,07 ± 0,00 ^d

a, b, c, d : représentent les différences significatives à $P \leq 0,05$. $a > b > c > d$

Il ressort de ces résultats (Tableau 7) que l'activité antiradicalaire des feuilles est bien meilleure que celle des autres échantillons avec des différences significatives à $P \leq 0,05$. En effet, elle présente une IC₅₀ de 0,15mg/mL qui est environ 12 fois inférieure à celle de l'extrait d'épluchures (1,86 mg/mL) et plus de 37,8 fois à celle de l'extrait de pulpe (5,68 mg/mL).

Par ailleurs, ces résultats restent nettement supérieurs à ceux de la quercétine et du BHA, avec une IC₅₀ respectivement de l'ordre de 0,07 et 0,06 mg/mL. Ce qui indique que les échantillons étudiés sont moins actifs que les standards testés, particulièrement, la pulpe et les épluchures.

L'activité antiradicalaire de l'extrait de feuilles de la variété étudiée se montre supérieure à celle obtenue dans les travaux de **Ademiluyi et al.** [28] pour leur étude réalisée sur trois variétés de goyave récoltées au Niger. Ces auteurs, ont noté des IC₅₀ de 9,91mg/mL ; 0,89mg/mL et 0,73mg/mL pour les extraits de feuilles de *Short white fleshguava*, *Strippedguava* et *Pinkguava* respectivement. A l'inverse, les extraits de fruits de ces mêmes variétés possèdent une meilleure activité anti-radicalaire avec des IC₅₀

respectivement égales à 1,02 mg/mL, 0,88 mg/mL et 0,78 mg/mL. **Seo et al. [29]** ont rapporté dans leur étude sur les feuilles de *P. guajava*, récoltée en Corée, pour des concentrations allant de 50 à 500 µg/mL, une IC₅₀ qui varie de 0,023 à 0,095 mg/mL. Ces concentrations se révèlent très inférieures à celles trouvées dans la présente étude.

Il faut signaler, que peu de travaux ont été publiés sur l'activité anti-radicalaire sur les différentes parties de la goyave, plus particulièrement sur les épiluchures. Ceci ne nous a pas permis d'enrichir la discussion du résultat vis-à-vis de cette partie de la matrice.

4.2. Test au phosphomolybdate

Le test au phosphomolybdate (PMB) a été introduit pour la mesure du pouvoir réducteur des différents extraits des trois matrices de la goyave ainsi que celui des deux standards (BHA et la quercétine). Les résultats du pouvoir réducteur des trois échantillons sur le phosphomolybdate, exprimé en absorbance sont représentés sur la Figure 22.

L'observation directe des courbes représentées sur la Figure 22, laisse apparaître au premier abord, que l'augmentation de l'absorbance est proportionnelle à la concentration quel que soit l'échantillon. La courbe obtenue avec de faibles concentrations donc proches de 0 indique la forte activité de l'échantillon.

La courbe de la quercétine est la plus proche de la concentration 0, par conséquent elle est considérée comme la plus active. Celle-ci est suivie par celles du BHA et des extraits de matrices feuilles et épiluchures dont les concentrations (0,2 à 1 mg/mL) et les absorbances (0,13 à 0,56) sont proches. Cependant l'analyse statistique, montre un meilleur pouvoir réducteur de l'extrait des feuilles. Tandis que l'extrait de pulpe montre une faible activité antioxydante étant donné que des concentrations plus importantes (0,8 à 2 mg/mL) sont nécessaires pour atteindre des absorbances allant de 0,27 à 0,84, comme l'illustre l'évolution de sa courbe en Figure 23. D'ailleurs, l'absorbance 0,5 est obtenue à une concentration plus forte comparée aux deux premiers extraits.

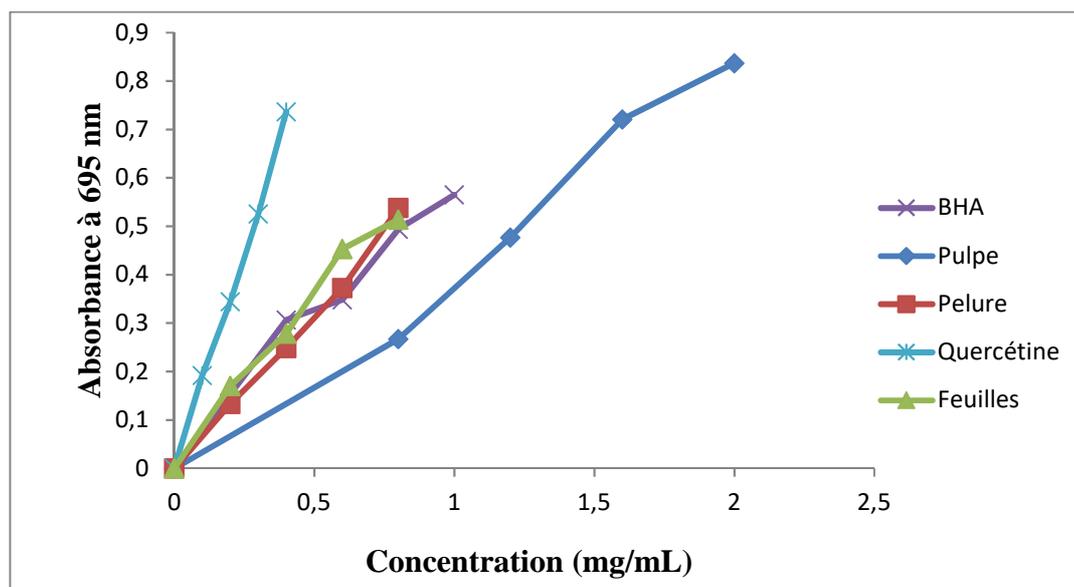


Figure 22 : Pouvoir réducteur des extraits testés (pulpe, feuilles et épluchures) de goyave et des deux standard (Quercétine et BHA).

Les activités antioxydantes du PMB exprimées par l'EC₅₀ de l'ensemble des extraits sont regroupées dans le Tableau 8

Tableau 8 : Pouvoir réducteur des trois échantillons sur le phosphomolybdate (EC₅₀)

Échantillon	EC ₅₀ (mg/mL)
Feuilles	0,72 ± 0,03 ^c
Épluchures	0,77 ± 0,00 ^b
Pulpe	1,22 ± 0,04 ^a
BHA	0,86 ± 0,00 ^e
Quercétine	0,27 ± 0,0 ^d

a, b, c, d, e : représentent les différences significatives à $P \leq 0,05$. $a > b > c > d > e$

Les résultats des EC₅₀ obtenus pour l'ensemble des échantillons (Tableau 8) sont proches mais révèlent des différences significatives à $P \leq 0,05$. En effet, le meilleur pouvoir réducteur du Mo(VI) en Mo(V) est enregistré avec l'extrait de feuilles (0,72 mg/mL), suivi de celui de l'extrait d'épluchures (0,77 mg/mL), et enfin de celui de l'extrait de pulpe (1,2 mg/mL). On note une performance appréciable des extraits, particulièrement,

des feuilles et des épiluchures qui est supérieure de celle du BHA (EC_{50} de 0,86 mg/mL). Celle de la quercétine est environ 2 fois supérieure uniquement (EC_{50} de 0,27 mg/mL).

5. Corrélation entre les activités antioxydantes et les teneurs en antioxydants

Le tableau 9 résume les corrélations entre les activités antioxydantes et les teneurs en antioxydants.

Tableau 9 : Les coefficients de corrélation entre les antioxydants dosés et les activités antioxydantes étudiées

Antioxydant	Les activités	
	IC ₅₀ DPPH*	EC ₅₀ PMB
CPT	-1,0*	-0,99*
Flavonoïdes	-0,9*	-0,73*
Tannins	-1,0*	-0,97*
Caroténoïdes	-0,9*	-0,80*
Vitamine C	-0,4*	-0,17*
DPPH	-	-0,97*

Les corrélations portant la lettre « * » sont significatives à $p \leq 0,05$.

PMB : Phosphomolybdate ; CPT : composés phénoliques totaux

D'après les résultats obtenus, excepté pour la vitamine C, des corrélations linéaires, élevées, négatives et significatives ont été observées entre les antioxydants dosés (composés phénolique, flavonoïdes, tannins et caroténoïdes) et les activités antioxydantes testées, particulièrement pour les composés phénoliques totaux et les tannins dont les coefficients de corrélation sont de $r = -1.0$ avec l'IC₅₀ (test au DPPH) et de -0,99 et 0,97 avec l'EC₅₀ (test au Phosphomolybdate). Cela montre probablement que ces composés contribuent plus aux activités antioxydantes des échantillons étudiés.

Références bibliographiques

- [1] **Jain, P. K. et P. K. Nema (2007)** . Processing of Pulp of Various Cultivars of Guava (*Psidium guajava L.*)for Leather Production ., p. 9.
- [2] **Tanwar, B. B. Andallu, S. Chandel (2014)** .Influence of Processing on Physicochemical and Nutritional Composition of *Psidium Guajava L.* (Guava) Products ., p. 8.
- [3] **Soares, F. D. T. Pereira, M. O. Maio Marques, A. R. Monteiro (2007)**. Volatile and non-volatile chemical composition of the white guava fruit (*Psidium guajava*) at different stages of maturity ., *Food Chemistry*, vol. 100, n° 1, p. 15-21.
- [4] **Afroze ,F. T. Hossain (2015)** . proximate analysis, phytochemical screening and antioxidant activity of *psidium guajava* leaves growing in coastal area of bangladesh ., *World Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, vol. 4, n° 05, p. 12.
- [5] **Borah*-U., Biswajit Dash, Jashabir Chakraborty (2018)**. Assessment of periodic dissimilarity of phytochemical and antidiarrheal activity of ethanolic extract of *psidium guajava linn (myrtaceae)* leaves using wistar albino rats .
- [6] **Okunrobo, L. K. Imafidon, A. Alabi, .Phytochemical, Proximate and Metal (2011)**. Content Analysis of the Leaves of *Psidium guajava* Linn (*Myrtaceae*) .*International Journal of Health Research*, vol. 3, n° 4.
- [7] **Ponnusami,V. S. Vikram, et S. N. Srivastava (2008)**. Guava (*Psidium guajava*) leaf powder: Novel adsorbent for removal of methylene blue from aqueous solutions .*Journal of Hazardous Materials*, vol. 152, n° 1, p. 276-286.
- [8] **Pedregosa.F.** . Scikit-learn: Machine Learning in Python .*machine learning inpython*, p. 6.
- [9] **You, D.-H. J.-W. Park, H.-G. Yuk, S.-C. Lee (2011)** .Antioxidant and tyrosinase inhibitory activities of different parts of guava (*Psidium guajava L.*) .*Food Science and Biotechnology*, vol. 20, n° 4, p. 1095-1100.
- [10] **Nihorimbere H. Qian ,V (2004)**. Antioxidant power of phytochemicals from *Psidium guajava* leaf .*Journal of Zhejiang University SCIENCE*, vol. 5, n° 6, p. 676-683.

- [11] **L. M. R (2014)**. Quantification of bioactive compounds in pulps and by-products of tropical fruits from Brazil .*Food Chemistry*, vol. 143, p. 398-40.
- [12] **Tuan,P. M (2016)**. Extraction and encapsulation of polyphenols from guava leaves .*Annals Food Science and Technology*,
- [13] **Camarena-Tello,J (2018.)**. Quantification of Phenolic Compounds and In Vitro Radical Scavenging Abilities with Leaf Extracts from Two Varieties of *Psidium guajava* L. *Antioxidants*, vol. 7, n° 3, p. 34, févr.
- [14] **Lin,C.-Y. ,M.-C. Yin (2012) .** Renal Protective Effects of Extracts from Guava Fruit (*Psidium guajava*L.) in Diabetic Mice .*Plant Foods for Human Nutrition*, vol. 67, n° 3, p. 303-308.
- [15] **Venkatachalam ,R. N., K. Singh, T. Marar (2012)**. Phytochemical screening in vitro antioxidant activity of *psidium guajava* .*Free Radicals and Antioxidants*, vol. 2, n° 1, p. 31-36.
- [16] **Mailoa,M. N., M. Mahendradatta, A. Laga, N. Djide (2013) .** Tannin Extract Of Guava Leaves (*Psidium Guajava*L) Variation With Concentration Organic Solvents . vol. 2, n° 9, p. 5.
- [17] **Ellong,E. N. C. Billard, S. Adenet, K. Rochefort, (2015)**. Polyphenols, Carotenoids, Vitamin C Content in Tropical Fruits and Vegetables and Impact of Processing Methods .*Food and Nutrition Sciences*, vol. 06, n° 03, p. 299-313.
- [18] **Rojas-Garbanzo,C. B. F. Zimmermann, N. Schulze-Kaysers, A. Schieber (2017)**. Characterization of phenolic and other polar compounds in peel and flesh of pink guava (*Psidium guajava* L. cv. 'Criolla') by ultra-high performance liquid chromatography with diode array and mass spectrometric detection .*Food Research International*, vol. 100, p. 445-453.
- [19] **Gull, J. B. Sultana, F. Anwar, R. Naseer, M. Ashraf,M. Ashrafuzzaman (2012)**. Variation in Antioxidant Attributes at Three Ripening Stages of Guava (*Psidium guajava* L.) Fruit from Different Geographical Regions of Pakistan .*Molecules*, vol. 17, n° 3, p. 3165-3180.

- [20] **Nwozo, S. S. Awe, et B. Oyinloye (2014)**. In vitro antioxidant activity of extracts from leaves of ten commonly used medicinal plants and 8211; a comparative study .*Oxidants and Antioxidants in Medical Science*, vol. 3, n° 3, p. 211.
- [21] **Thaipong, K., U. Boonprakob, K. Crosby, L. Cisneros-Zevallos, D. Hawkins Byrne (2006)**. Comparison of ABTS, DPPH, FRAP, and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts .*Journal of Food Composition and Analysis*, vol. 19, n° 6-7, p. 669-675.
- [22] **Mahmud, W. C. Lee, R. S. Pillai, S. Perumal, S. Ismail (2012)**. Antioxidant Activities of Essential Oil of *Psidium Guajava L.* Leaves .*APCBEE Procedia*, vol. 2, p. 86-91.
- [23] **Musa, K. H., A. Abdullah, K. Jusoh, et V. Subramaniam (2011)**. Antioxidant Activity of Pink-Flesh Guava (*Psidium guajava L.*): Effect of Extraction Techniques and Solvents. *Food Analytical Methods*, vol. 4, n° 1, p. 100-107.
- [24] **Beyhan, Ö., M. Elmasta, et F. Gedikli (2010)**. Total phenolic compounds and antioxidant capacity of leaf, dry fruit and fresh fruit of feijoa (*Acca sellowiana, Myrtaceae*) . p. 9.
- [25] **Aminu., M. (2012)**. Comparative in vitro Antioxidant Studies of Ethanolic Extracts of *Psidium guajava* Stem Bark and *Telfairia occidentalis* Leaf .p. 9.
- [26] **Bozin, B. N. Mimica-Dukic, I. Samojlik, A. Goran, et R. Igc (2008)** .Phenolics as antioxidants in garlic (*Allium sativum L., Alliaceae*) .*Food Chemistry*, vol. 111, n° 4, p. 925-929.
- [27] **Ademiluyi, A. O. G. Oboh, O. B. Ogunsuyi, et F. M. Oloruntoba (2016)**. A comparative study on antihypertensive and antioxidant properties of phenolic extracts from fruit and leaf of some guava (*Psidium guajava L.*) varieties .*Comparative Clinical Pathology*, vol. 25, n° 2, p. 363-374.
- [28] **Seo, J., S. Lee, M. L. Elam, S. A. Johnson, J. Kang, B. H. Arjmandi (2014)** Study to find the best extraction solvent for use with guava leaves (*Psidium guajava L.*) for high antioxidant efficacy », *Food Science & Nutrition*, vol. 2, n° 2, p. 174-18.

CONCLUSION

Conclusion générale

La goyave « *Psidium guajava* », une matrice végétale de la famille des Myrtaceae peu connu en Algérie a fait l'objet de notre étude dans le but de déterminer sa composition en substances bioactives et d'évaluer son potentiel antioxydant.

Quantitativement, l'évaluation du contenu des composés phénoliques totaux par la méthode de Folin-Ciocalteu a révélé la présence de quantités considérables en composés phénoliques totaux dans les trois parties de la matrice : feuilles, épiluchures et pulpes. Le taux le plus élevé a été obtenu pour l'extrait des feuilles (17,13 g EAG/100g MS) suivi par l'extrait des épiluchures (15,81g EAG/100g MS). Tandis que la pulpe révèle le taux le plus faible (1,7 EAG/100g MS).

De même, le dosage des flavonoïdes par la méthode d' $AlCl_3$, montre une présence plus marquée des flavonoïdes au niveau des feuilles (2,01 g EQ /100g MS) à l'opposé de la pulpe, où le taux a été le plus faible (0,69 g EQ /100g MS). Le même, ordre d'évolution a été obtenu au cours du dosage des tanins et des caroténoïdes. Ainsi, la concentration en antioxydants dosés sur les trois parties de la goyave étudiée suit l'ordre suivant :

Feuilles > épiluchures >>> pulpe.

La vitamine C est par contre concentrée dans l'épiluchure de goyave (452,02 mg EAA/100g MS) et correspond à 1,5 et 5 fois plus celles obtenues sur la pulpe et les feuilles respectivement.

Concernant les activités antioxydantes, évaluées par le pouvoir réducteur DPPH et le test de phosphomolybdate, les principaux résultats montrent une bonne capacité de piégeage du radical DPPH par l'extrait des feuilles qui s'avoisine à celle des standards le BHA et la quercétine, avec une IC_{50} de 0,15 mg/mL qui est environ 12 fois inférieure à celle de l'extrait d'épiluchures et plus de 37 fois à celle de l'extrait de pulpe. Par ailleurs, le même extrait a révélé un meilleur pouvoir réducteur du phosphomolybdate avec une EC_{50} moyenne de l'ordre 0,74 mg/mL suivi de très près de l'extrait d'épiluchure qui sont plus performants que du standard BHA.

D'autre part, nous avons pu établir, excepté pour la vitamine C, des corrélations linéaires, élevées, négatives et significatives entre les antioxydants dosés, plus particulièrement pour les composés phénoliques totaux et les tanins, et les activités antioxydantes testées.

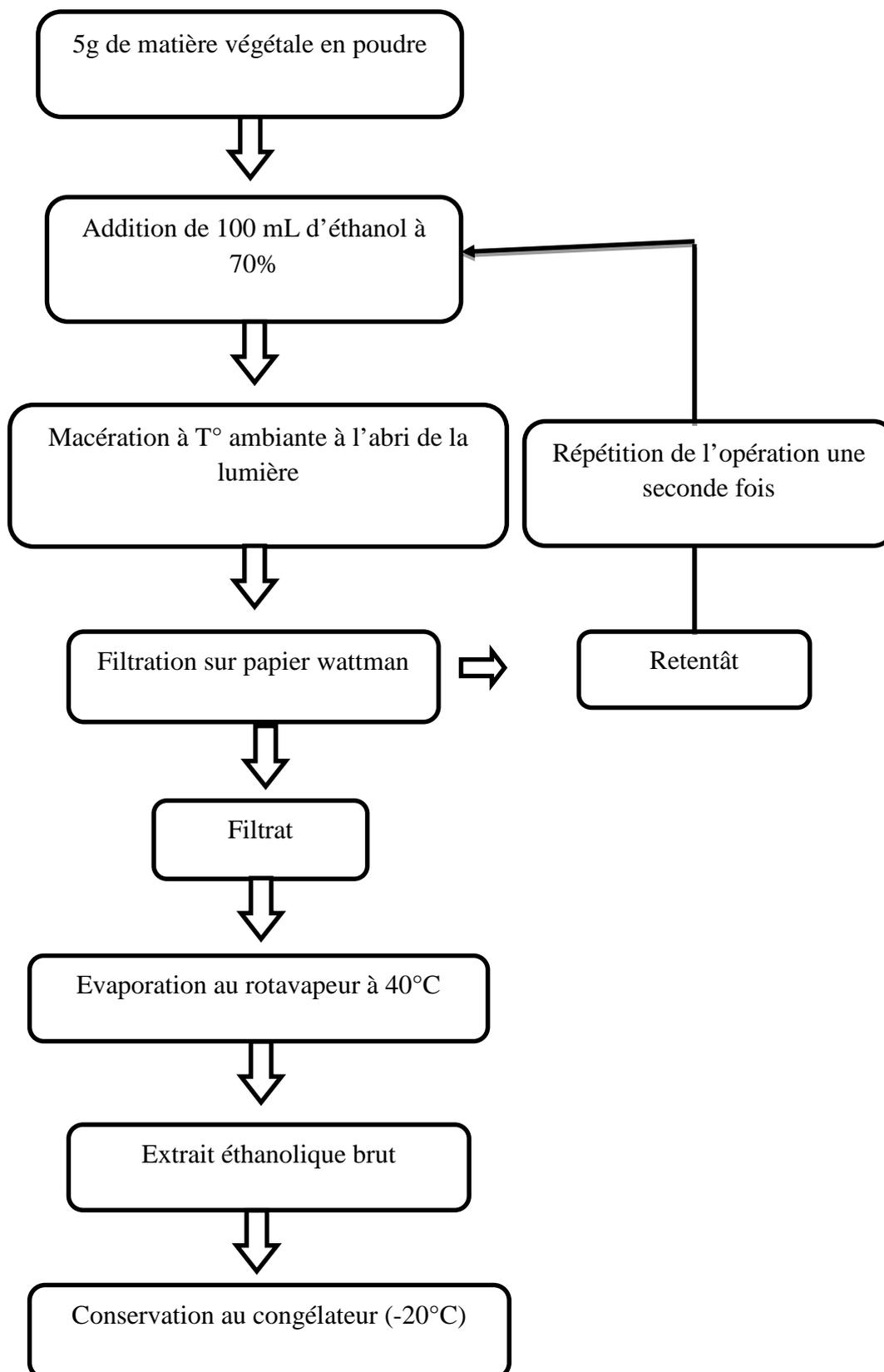
Perspectives

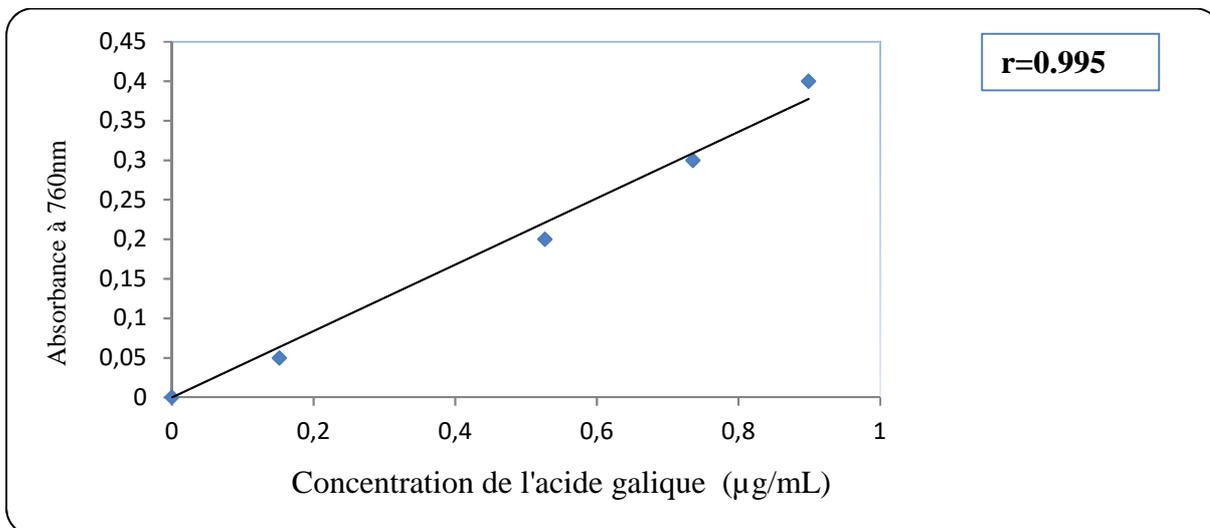
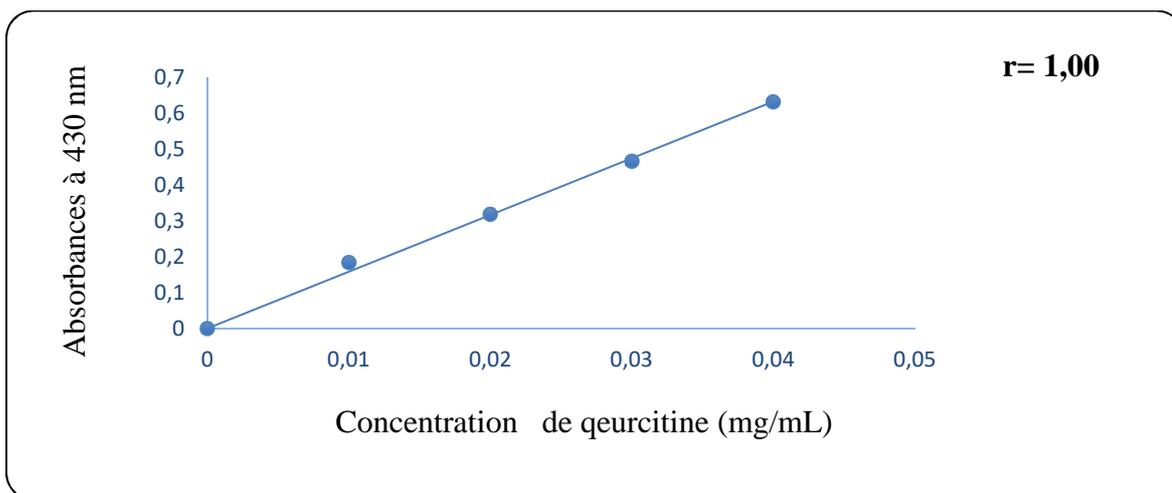
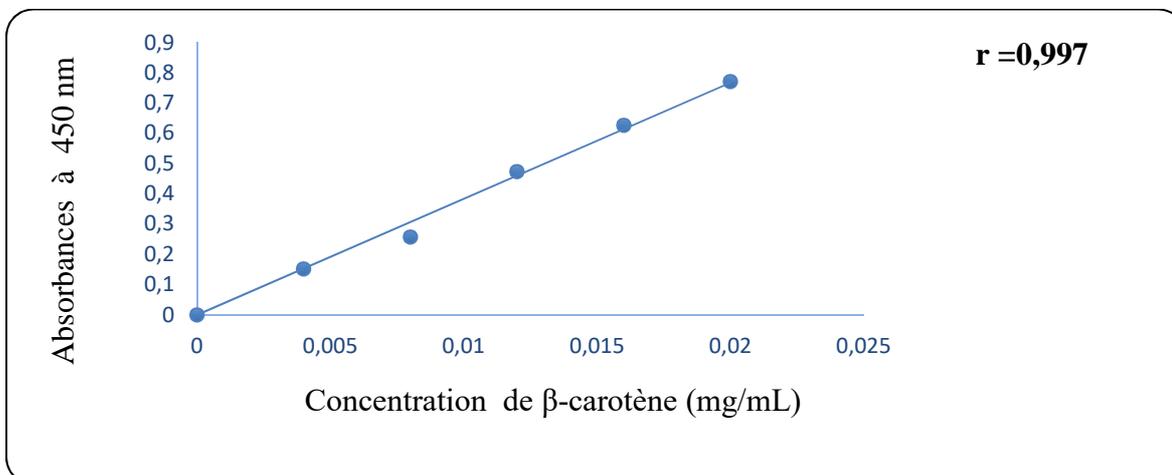
L'ensemble des résultats exposés sont encourageants et très prometteurs, et les perspectives qui en découlent sont nombreuses, parmi elles :

- Réaliser la même étude sur la matière fraîche de la goyave et comparer les résultats à ceux obtenus dans la présente étude.
- Explorer d'autres parties de la matrice, plus particulièrement les graines.
- Déterminer le profil des composés phénoliques par des techniques plus avancées telle que L'HPLC.
- Consacrer une partie de l'étude à des essais d'activités biologique (antibactérienne, anti-inflammatoire,...).

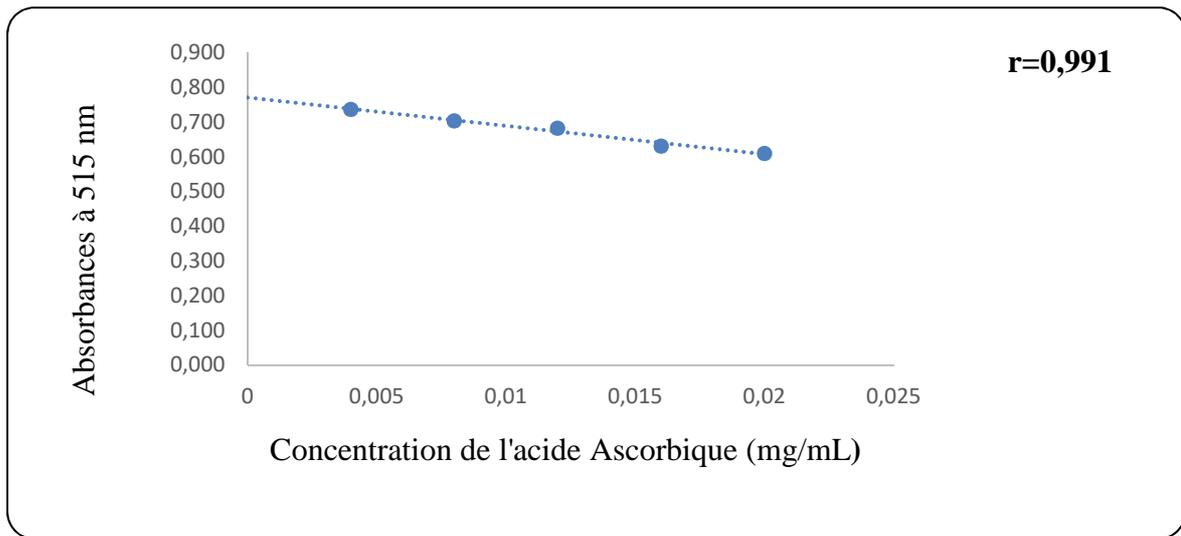
Annex

Annexe I : Protocole d'extraction des composés phénoliques totaux.



Annexe II : Courbes d'étalonnage**Annexe II.1 : Courbes d'étalonnage pour le dosage des composés phénoliques totaux****Annexe II.2 : Courbes d'étalonnage pour le dosage des flavonoïdes****Annexe II.3 : Courbes d'étalonnage pour le dosage des caroténoïdes**

Annexe II.4 : Courbes d'étalonnage de vitamine C



Annex III : Résultats de l'analyse statistique (Corrélations significatives marquées à $p < 0,05$) pour l'ensemble des composés dosés

Test LSD ; variable PPT (Feuille de données1)						
Groupes Homogènes, alpha = ,05000						
Erreur : MC Inter = 50197,, dl = 6,0000						
Cellule N°	matrice	PPT Moyenne	c	b	a	
2	pulpe	1642,04	****			
3	epluchure	14467,30		****		
1	feuilles	15756,54			****	

Corrélations (Feuille de données13)				
Corrélations significatives marquées à $p < ,05000$				
N=15 (Observations à VM ignorées)				
Variable	DPPH	Molybdate		
DPPH	1,00	0,84		
Molybdate	0,84	1,00		

Test LSD ; variable Carot (Feuille de données1)						
Groupes Homogènes, alpha = ,05000						
Erreur : MC Inter = 238,88, dl = 6,0000						
Cellule N°	matrice	Carot Moyenne	c	b	a	
2	pulpe	272,2600	****			
3	epluchure	487,8600		****		
1	feuilles	940,5467			****	

Test LSD ; variable DPPH (Feuille de données13)						
Groupes Homogènes, alpha = ,05000						
Erreur : MC Inter = ,00153, dl = 10,000						
Cellule N°	Var1	DPPH Moyenne	d	c	b	a
4	BHA	0,060000	****			
5	quercetine	0,070000	****			
1	feuilles	0,150000		****		
3	epluchure	1,860000			****	
2	pulpe	5,683333				****

Test LSD ; variable Tann (Feuille de données1)					
Groupes Homogènes, alpha = ,05000					
Erreur : MC Inter = ,32370, dl = 6,0000					
Cellule N°	matrice	Tann Moyenne	c	b	a
2	pulpe	3,8500	****		
3	epluchure	115,9600		****	
1	feuilles	169,9700			****

Test LSD ; variable Flav (Feuille de données1)					
Groupes Homogènes, alpha = ,05000					
Erreur : MC Inter = 712,88, dl = 6,0000					
Cellule N°	matrice	Flav Moyenne	c	b	a
2	pulpe	64,987	****		
3	epluchure	462,703		****	
1	feuilles	1848,700			****

Test LSD ; variable Molybdate (Feuille de données13)							
Groupes Homogènes, alpha = ,05000							
Erreur : MC Inter = ,00029, dl = 10,000							
Cellule N°	Var1	Molybdate Moyenne	e	d	c	b	a
4	BHA	0,080000	****				
5	quercetine	0,270000		****			
1	feuilles	0,725000			****		
3	epluchure	0,770000				****	
2	pulpe	1,200500					****

Test LSD ; variable humidité (Feuille)			
Groupes Homogènes, alpha = ,05000			
Erreur : MC Inter = ,53067, dl = 6,0000			
Cellule N°	Var1	humidité Moyenne	a
2	pulpe	7,106667	****
1	feuilles	8,026667	****
3	epluchure	8,523333	****

Annex IV: Produits utiliser

Nom		Fournisseurs
Ethanol	C ₂ H ₆ Pureté : 96% Densité : 0,81kg/l MW : 46g /mol	GPR RECTAPOR
Méthanol	CH ₄ O MW : 32g/mol Pureté : ≥ 99,7%	SIGMA-ALYRICH
Hexane	C ₆ H ₁₄ Pureté : ≥ 95% MW : 86g/mol	SIGMA-ALYRICH
Acétone	C ₃ H ₆ O MW : 58g/mol	BIOCHEM chemopharma
Butanol-1	C ₄ H ₆ O Pureté : 98.5% Densité : 0,8-0,82 Kg/l MW : 74g/mol	RECTAPUR
Acide ascorbique	C ₆ H ₈ O ₆ 99% MW : 176,13 g/mol Impuretés mg/Kg ppm (métaux lourds) : SO ₄ (10) ; Cl(20) ; Ca(50) ; Fe(2)	RANCHET
Acide oxalique	C ₂ H ₂ O ₄ (2 H ₂ O) Pureté : 99% Impuretés % max : Résidus sulfuriques (0,05) Pb (0,001) ; Fe (0,002) MW : 126g/mol	RECTAPUR
Chlorure d'Aluminium	AlCl ₃ Pureté : 98% Impuretés % max : Sulfate(SO ₄) : 0.01% Fer(Fe): 0.05% MW : 133,34 g/mol	BIOCHEM chemopharma
Acide chlorhydrique	HCl Pureté : 35-38 % MW :	BIOCHEM chemopharma

Annex V: Photos de matériel utilisés



Photo1 : Balance analytique



Photo 2 : Broyeur électrique



Photo 3 : Centrifugeuse



Photo 4 : Vortex



Photo 5 : Réfractomètre



Photo 6 : Tamiseur



Photo 7 : Spectrophotomètre



Photo 8 : Rotavapeur



Photo 9 : Etuve



Photo 10 : Bain marie



Photo 11 : pH mètre



Photo 12 : Plaque agitatrice

Références bibliographiques

Résumé

Ce travail s'inscrit dans le cadre de la valorisation d'un fruit *Psidium guajava* dit communément la goyave, récoltée dans la région de Bejaia (Aokas). L'étude, visait à l'extraction des antioxydants sur les extraits des trois parties du fruit (feuilles, épluchures et pulpe), au dosage de ces substances bioactives et l'évaluation de leurs activités antiradicalaire et antioxydante via le pouvoir réducteur DPPH et le test au phosphomolybdate.

L'évaluation quantitative des antioxydants présents dans la matrice végétale a permis de conclure que les extraits de feuilles sont les plus riches en composés phénoliques totaux, flavonoïdes, tanins et caroténoïdes. Un classement de ces antioxydants pour les trois parties de la goyave a été établi dans un ordre croissant suivants : Feuilles > épluchures >>> pulpe. La vitamine C, est plus concentrée dans l'épluchure et correspond respectivement à 1,5 et 5 fois plus à celles obtenues sur la pulpe et les feuilles. Quant aux activités antioxydantes, une bonne capacité de piégeage du DPPH^{*} est obtenue dans l'extrait des feuilles, avec une IC₅₀ 12 fois inférieure à celle de l'extrait d'épluchures et plus de 37 fois à celle de l'extrait de pulpe. Le même extrait de feuilles a révélé un meilleur pouvoir réducteur du phosphomolybdate avec une EC₅₀ voisine de l'extrait d'épluchure, et qui est plus performant que le standard BHA. A l'exception de la vitamine C, des corrélations linéaires, élevées, négatives et significatives ont été établies entre les antioxydants dosés.

Mots clés : *Psidium guajava*, activité antioxydante, DPPH

Abstract

This work is part of the development of a fruit *Psidium guajava* commonly known as guava, harvested in the region of Bejaia (Aokas). The study aimed at the extraction of antioxidants on the extracts of the three parts of the fruit (leaves, peels and pulp), the determination of these bioactive substances and the evaluation of their antiradical and antioxidant activities by DPPH reducing power and phosphomolybdate test.

The quantitative evaluation of the antioxidants present in the plant matrix made it possible to conclude that the leaf extracts are rich in total phenolic compounds, flavonoids, tannins and carotenoids. A ranking of these antioxidants for all three parts of guava was established in increasing order following: Leaves > peels >>> pulp. Vitamin C is more concentrated in the peel and corresponds respectively to 1.5 and 5 times more than those obtained on the pulp and leaves. The main results show a good ability to trap DPPH^{*} by the leaf extract, with an IC₅₀ 12 times lower than that of the peel extract and more than 37 times that of the extract of pulp. The same leaf extract revealed a better reducing power of phosphomolybdate with an EC₅₀ close to the peel extract, and which is more efficient than the BHA standard. With the exception of vitamin C, linear, high, negative and significant correlations were established between the antioxidants assayed.

Key words : *Psidium guajava*, antioxidant activity, DPPH