

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



UNIVERSITE DE BLIDA 1

Faculté Des Sciences De La Nature Et De La Vie

Département Des Biotechnologies



MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

En vue de l'obtention du diplôme de Master II en science agronomique

Option : Phytopharmacie et protection des végétaux

Thème

Contribution à l'étude phytochimique et évaluation de l'activité
antimicrobienne des extraits de fruit de la goyave
« *Psidium guajava* L. »

Présenté par :

M^{elle} Mahiéddine Chérifa

et

M^{elle} Hattali Zineb

Soutenu devant les membres de jury :

Président :	M ^{me} BENRIMA. A	Professeur	U. Blida 1
Examineur :	M ^{me} DJEMAI. I	MCA	U. Blida 1
Promotrice :	M ^{me} DEBIB. A	MCA	U. Blida 1
Co-promotrice :	M ^{elle} MOUALHI N	Doctorante	U. Blida 1

2019 - 2020

Remerciements

En préambule à ce mémoire nous remerciant ALLAH qui nous aide et nous donne la patience, le courage durant ces longues années d'étude. Ce mémoire a été réalisé au laboratoire de phytopharmacie, département des biotechnologies faculté des sciences de la nature et de la vie.

*Nous tenons tout particulièrement à adresser nos remerciements les plus vifs d'abord à notre promotrice **Dr Debib Aicha**, 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 : **Pr Benrima. A** qui nous fait honneur par sa présence en qualité de présidente du jury ainsi que **Dr Djemai. F** 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 **Melle Moulhi N** pour son aide, ses orientations judicieuses, ses qualités d'ordre et d'efficacité et pour l'élaboration de ce travail. 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.

Dédicace

Je remercie dieu pour son aide dans la réalisation de cette recherche

*Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime le dévouement et le respect que j'ai toujours eu
pour vous.*

*A celui qui m'a donné tout ce qu'il possédait pour que je puisse réaliser ces espoirs pour lui, à celui qui s'est
occupé de mon éducation et de ma première école de la vie*

*Mon cher père que dieu prolonge sa vie Symbole de la bonté par excellence la source de tendresse et exemple
de dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager. Ta prière et ton bénédiction n'ont été d'un grand secours
pour mener à bien mes études.*

Aucune dédicace ne saurait être assez éloquent pour exprimer ce que tu mérites pour tout le sacrifice

*Je dédie ce travail en témoignage de mon profond amour, le tout puissant, te préserver et t'accorder santé,
langue vie et bonheur Ma mère*

A mon très cher frère Hicham, son épouse Zahra

A ma très chère sœur Ftissem, son mari Youcef et ces enfants Anes et Denis

A ma chère petite sœur présente dans tous mes moments Mimi

A mes cousines et cousins, tentes et oncles, voisins sur tout Hafida Safou Imen et Midou

A tous les membres de ma famille petits et grands

*A notre chère et dynamique promotrice Mme Debib un remerciement particulière et s'insère pour tous
vos efforts fournis, vous avez toujours été présente*

Que ce travail soit un témoignage de ma gratitude et mon profond respect

A notre Co promotrice assistant Melle Moulhi Noussaiba

A mes chères amis à mon cœur Asma Houria Imene Ahlem Marwa Bessma

Sans oublier toutes mes collègues de phytopharmacie

Ma binôme Hattali Zineb et tout sa famille

Chou Chou

Je dédie ce travail

*A ma famille, elle qui m'a doté d'une éducation digne, son amour a fait de moi ce que je suis
aujourd'hui :*

*Particulièrement à mon père **Hattali boubkeur** l'homme de ma vie paix a son âme, pour tous
les sacrifices qui avait fait pour moi, pour le gout à l'effort qu'il a suscité pour moi, de par sa
rigueur.*

A toi ma maman ma raison de vivre mon amour éternel mon soutien quotidien

*Et à mon grand-père mon deuxième papa, ceci est ma profonde gratitude pour ton éternel
amour, que ce rapport soit les meilleurs cadeaux que je puisse l'offrir*

*A vous mes frères Salim et belkacem qui m'avez toujours soutenu et encouragé durant ces
années*

*A vous aussi mes cousins et mes cousines, mes tantes et mes chers oncles paternel et maternel
merci pour votre soutien*

A vous aussi mes deux grand-mère dieux leur prolonge leur vie

Sans oublier ma meilleure amie Linda a qui été toujours à mes coté

*A notre chère et dynamique promotrice **Mme Debib** un remerciement particulière et s'insère
pour tous vos efforts fournis, vous avez toujours été présente*

Que ce travail soit un témoignage de ma gratitude t mon profond respect

*A notre Co-promotrice assistant **Melle Moulhi Noussaiba***

Ma binôme chouchou et tout sa famille

Zineb

Contribution à l'étude phyto-chimique et évaluation de l'activité antimicrobienne des extraits de fruits de la goyave

« *Psidium guajava* L. »

Résumé

Les recherches actuelles sont focalisées sur les molécules douées d'activités biologiques d'origine naturelle. Ce travail s'inscrit dans le cadre de la valorisation d'un fruit *Psidium guajava* dit communément la goyave, récoltée dans la région de Tipaza (Fouka).

Le but de l'étude, est d'extraire des substances phytochimiques à partir de quatre parties du fruit (jus, épiluchures, pépins et pulpe), au dosage de ces substances bioactives et l'évaluation de leur activité antimicrobienne par la méthode de diffusion en milieu solide.

L'analyse de screening phyto-chimique a permis de mettre en évidence la présence de quantités considérables en composés phénoliques totaux : des polyphénols, des flavonoïdes, des tanins dans les extraits de ce fruit. Ainsi, que l'évaluation quantitative des métabolites secondaires présents dans la matrice végétale a permis de conclure que les extraits de jus sont les plus riches en composés phénoliques totaux, flavonoïdes, tanins et caroténoïdes.

En outre, l'analyse des résultats de l'activité antimicrobienne a montré que les extraits de ce fruit présentent une activité inhibitrice de croissance très forte vis-à-vis de plusieurs souches bactériennes et fongiques testées.

Mots clés : Activité antimicrobienne, Goyave, *Psidium guajava*, Screening phytochimique.

Contribution to the phytochemical study and evaluation of the antimicrobial activity of guava fruit extracts

«*Psidium guajava* L.»

Abstract

Current research focuses on molecules with biological activities of natural origin. This work is part of the valorization of a fruit *Psidium guajava* commonly known as the guava, harvested in the region of Tipaza (Fouka).

The purpose of the study is to extract phytochemicals from four parts of the fruit (juices, peels, seeds and pulp), to test these biologically active substances and to evaluate their antimicrobial activity by a solid media diffusion method.

The phyto-chemical screening analysis revealed the presence of considerable quantities of total phenolic compounds polyphenols, flavonoids, and tannins in the extracts of this fruit. Thus, the quantitative evaluation of the secondary metabolites present in the plant matrix led to the conclusion that the juice extracts are the richest in the total of phenolic compounds, flavonoids, tannins and carotenoids.

Furthermore, analysis of the results of the antimicrobial activity showed that the extracts of this fruit exhibit very strong inhibitory activity against growth against several of the bacterial and fungal strains tested.

Keywords: Antimicrobial activity, Guava, *Psidium guajava*, Phytochemical screening.

المساهمة في دراسة الكيمياء النباتية وتقييم النشاط المضاد للميكروبات لمستخلصات فاكهة الجوافة "بسيديوم جوافا إل."

ملخص

يركز البحث الحالي على الجزئيات ذات الأنشطة البيولوجية التي تحدث بشكل طبيعي. هذا العمل هو جزء من ترمين ثمرة بسيديوم جوافا، والمعروفة باسم الجوافة، والتي يتم حصادها في منطقة تيبازة (فوكا). الهدف من الدراسة هو استخراج المواد الكيميائية النباتية من أربعة أجزاء من الفاكهة (عصير، قشور، بذور ولب)، ومعايرة هذه المواد النشطة بيولوجيا وتقييم نشاطها كمضاد للميكروبات بطريقة الانتشار. في وسط صلب.

أظهر تحليل الفحص الكيميائي النباتي وجود كميات كبيرة من المركبات الفينولية الكلية: البوليفينول، الفلافونويد، التانينات في مستخلصات هذه الفاكهة. وبالتالي، فإن التقييم الكمي للمستقلبات الثانوية الموجودة في مصفوفة النبات جعل من الممكن استنتاج أن مستخلصات العصير هي الأغنى في إجمالي المركبات الفينولية والفلافونويد والعفص والكاروتينات.

علاوة على ذلك، أظهر تحليل نتائج النشاط المضاد للميكروبات أن مستخلصات هذه الفاكهة أظهرت نشاطاً مثبطاً قوياً للنمو ضد العديد من السلالات البكتيرية والفطرية المختبرة.

الكلمات المفتاحية: نشاط مضادات الميكروبات، الجوافة، بسيديوم جوافا، الفحص الكيميائي النباتي.

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Valeur nutritionnelle de la goyave.....	15
Tableau 2 : les compositions chimiques de la goyave.....	16
Tableau 3 : Paramètres physico-chimiques du jus de goyave.....	33
Tableau 4 : Analyses phytochimiques de différents extraits d'écorces de fruits <i>P. guajava</i> .	35
Tableau 5 : Analyses phytochimiques de deux extraits de jus <i>P. guajava</i>	36
Tableau 6 : Les résultats des screening phytochimiques de pulpe de goyave	37
Tableau 7 : Les résultats des screening phytochimiques sur les pépins de goyave.....	38
Tableau 8 : Activité antibactérienne d'extraits éthanoliques et de chloroforme de fruits de goyave	46
Tableau 9 : Résultats des tests antimicrobiens exprimé en pourcentage d'inhibition...	46
Tableau 10 : Activité antibactérienne des extraits aqueux et extrait éthanolique de <i>Pisidium guajava</i> contre <i>Escherichia coli</i> et <i>Staphylococcus aureus</i>	47
Tableau 11 : Résultats de l'effet synergétique antibiotiques- extrait de peau <i>P. guajava</i> , vis-à-vis le SARM et <i>S.aureus</i> à coagulase positif.	48

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Distribution de la goyave dans le monde.....	4
Figure 2 : Les variétés les plus fréquentes de la goyave.....	6
Figure 3 : Différentes couleurs de la peau de la goyave.....	6
Figure 4 : Différentes couleurs de la pulpe de la goyave.	7
Figure 5 : Fruit du goyavier « la goyave »	7
Figure 6 : Fleur et jeunes fruits de la goyave.....	8
Figure 7 : Description du goyavier.....	9
Figure 8 : Structure de base des flavonoïdes.....	19
Figure 9 : Acides hydroxybenzoïque (a) ; Acides hydroxycinnamiques (b) ; Coumarines (c)	20
Figure 10 : Tanins hydrolysables.....	21
Figure 11 : Cellule bactérienne et modes d'action des antibiotiques.....	23
Figure 12 : la résistance aux antibiotiques (mutation)	25
Figure 13. Les mécanismes d'acquisition de la résistance bactérienne.	26
Figure 14 : Localisation du site d'échantillonnage	28
Figure 15. Représentation de la variété de goyave utilisée dans le cadre de notre étude.....	29
Figure 16. Les composants de goyave utilisés dans le cadre de notre étude.....	29
Figure 17 : Protocole d'extraction des polyphénols par l'éther de pétrole	30
Figure 18 : Protocole d'extraction des polyphénols par méthanol et l'acétone	31
Figure 19 : Taux d'humidité de <i>psidium guajava</i>	34
Figure 20 : Teneur en CPT des extraits de différentes parties de la matrice végétale.....	39
Figure 21 : Teneur en flavonoïdes des extraits des deux parties de la matrice végétale.....	41

Figure 22 : Teneur en tanins des extraits des deux parties de la matrice végétale.	42
Figure23 : Profil des composés phénoliques (HPLC-DAD) de la goyave	43
Figure 24 : Analyse HPLC-MS-DAD d'extrait de goyave.....	43
Figure 25 : Chromatogrammes de substances phénoliques de la goyave.....	44
Figure 26 : Activité antibactérienne des extraits éthanoliques de la goyave envers certains pathogènes sélectionnés	45
Figure. 27 : Moyenne des inhibitions de croissance (diamètres des zones d'inhibition) en mm produites par 20 mg / ml (équivalent à 5 µg / ml du composé actif) d'extrait de <i>Psidium guajava</i> sur 10 bactéries diarrhéiques courantes.....	49
Figure 28 : Inhibitions moyennes de croissance (diamètres des zones d'inhibition) en mm produites par 1 mg / ml d'extrait (CMI) de <i>Psidium guajava</i> sur les 3 plus sensibles des 10 bactéries diarrhéiques courantes. La CMI pour les 7 autres organismes était de 10 mg / ml (équivalent à 2,5 µg / ml du composé actif) d'extrait de <i>Psidium guajava</i>	49
Figure 29 : Activité antifongique de l'extrait méthanolique et éthanolique de P.guava	50
Figure 30 : Analyse d'antibiogramme d'extrait méthanolique et éthanolique de feuilles et fruits contre les agents pathogènes fongiques.....	51

LISTE DES ABREVIATIONS

EPN	Entomopathogene
HNE	l'élastase de neutrophile humaine
MDA	Malon aldéhyde
VA	Vitamine A
VC	Vitamine C
VB1	Vitamine B1
VB2	Vitamine B2
VB3	Vitamine B3
AA	Acide ascorbique
VE	Vitamine B
INH	Isoniazide
CMI	Concentration minimal inhibitrice
CMB	Concentration minimal bactéricide
PLP	Protéines liant les pénicillines
BLSE	Béta lactamases a spectre étendu
CPT	Composé phénolique totaux
CA	Caroténoïdes
TH	Tannins hydrolysables
MF	Matière fraiche
MS	Matière sèche
Na₂Co₃	Carbonate de sodium

Na₂S₂O₃	Thiosulfate de sodium
KMnO₄	Permanganate de potassium
Fe₂(So₄)	Sulfate de fer
CH₃CooH	Acide acétique
Alcl₃	Trichlorure d'aluminium
CMI	Inhibition moyenne de croissance



TABLE DES MATIERES



TABLE DES MATIERES

Introduction.....	1
-------------------	---

Partie I : Synthèse bibliographique

CHAPITRE I : Généralités sur la goyave

1. Présentation de l'espèce « <i>Psidium guajava</i> »	3
1.1. Généralité	3
1.2 Taxonomie	3
2. Ecologie et répartition géographique	4
3. Variétés	5
4. Description botanique.....	7
5. Différentes utilisations de la goyave.....	10
5.1 Utilisation alimentaire.....	10
5.2 Utilisation industriel.....	10
5.3 Utilisation beauté.....	10
5.4 Utilisations médicinales traditionnelles.....	10
6. Activités biologiques de <i>Psidium guajava</i>	11
6.1 Activités antioxydantes.....	11
6.2. Activité antimicrobienne.....	12
6.3. Activité Anti diarrhéique.....	12
6.4. Activité antidiabétique et hépatoprotection	12
6.5. Activité anti-cancéreuse	13
7. Allergie.....	13

8. Composition et valeur nutritionnelle de la goyave.....	14
8.1 Valeurs nutritive de la goyave.....	14
8.2 Substance chimique.....	15
8.3 Les substances phytochimiques de la goyave.....	16
8.3.1. Acide ascorbique et autres vitamines antioxydants.....	16
8.3.2. La vitamine E.....	17
8.3.3. Caroténoïdes et lycopène.....	17
8.3.4. Fibre alimentaire.....	17
8.3.5 Composés polyphénoliques de la goyave.....	18

CHAPITRE II : Activité antimicrobienne

1. Infection microbienne et antibiothérapie.....	22
2. Antibiotiques.....	22
3. Mécanisme d'action des antibiotiques50.....	23
3.1 Quel est le mécanisme d'action ?.....	23
3.2 Modes d'action antimicrobiens ou antibiotique	23
4. Résistance aux antibiotiques.....	24
4.1. Principaux mécanismes de résistance aux antibiotiques.....	25

Partie II : Expérimentale

CHAPITRE I : Matériel et méthodes

1. Objectif.....	27
2. Lieu et période d'étude	27

3. Matériel	28
3.1 Matériel non biologique	28
3.3. Matériel végétal	28
4. Extraction	29
4.1 Extraction des polyphénols par macération à l'eau.....	30
4.2. Extraction par les solvants organiques.	30
4.3. Dosage des composés poly phénoliques.....	32

CHAPITRE II : Résultats et Discussion

I. Etude phytochimique	33
1. Paramètres physico-chimiques du jus de goyave.....	33
2. Taux d'humidité des poudres des pulpes.....	34
3. Screening phyto-chimique.....	35
3.1 Dosage spectrophotométrie des poly phénoliques totaux.....	39
3.2 Dosage des flavonoïdes.....	41
3.3 Dosage des tannins.....	41
4. L'identification des composés phénoliques par HPLC.	42
II. Activité antimicrobienne	45
1. Activité antibactérienne.....	45
2. Activité antifongique.....	50
Conclusion	52
Référence bibliographique	53
Annexe	65



INTRODUCTION



Les remèdes et les traitements naturels sont uniquement composés d'ingrédients issus de la nature. L'homme sait depuis des millénaires utiliser les plantes pour se soigner naturellement mais l'arrivée de la médecine moderne a fait disparaître certains traitements naturels qui s'avèrent pourtant tout aussi efficaces.

Les traitements naturels se révèlent être également très efficaces pour bon nombre de problèmes, selon L'OMS, 80% des populations vivants dans les pays en développement sont tributaire de la médecine traditionnelle pour leurs besoins en soin de santé **(EKoumou., 2003)**

Les plantes médicinales représentent aujourd'hui une source inépuisable des substances et composés naturels bioactifs qui ont une longue histoire de pertinence clinique en tant que source d'agents chimiothérapeutiques **(Cushnie et al., 2005)**

Plusieurs d'espèce des plantes ont été criblées pour leur activité antimicrobienne mais relativement peu ont été jugée suffisamment actives **(Poyart-salmeron, 1990 et Menge, 2000)** et non toxique pour les hommes **(Izzo, 2004)**

Le goyavier « *Psidium guajava* » est un arbre fruitier appartient à la famille des myrtacées et d'origine d'Amérique latine, c'est un petit arbuste cultivé dans les pays tropicaux et subtropicaux **(Vijaya Anand et al., 2020)**

La goyave est l'un des fruits les plus complets que nous a offerts la nature. Ce fruit a une riche histoire de l'utilisation de la médecine ; récemment devenue un grand intérêt pour les scientifiques qui se livrent eux-mêmes dans la recherche pharmaceutique, nutritionnelles et pharmacologiques et dans le développement de nouveaux médicaments en raison de sa teneur élevée en composés organiques et inorganiques comme les métabolites secondaires, par exemple les antioxydants, les polyphénols, les composés antiviraux et les composés anti-inflammatoires et antidiabétiques **(Naseer et al., 2018 ; König 2019 „al et)**. Son apport à l'organisme est inestimable car elle est riche en phosphore, niacine, potassium, vitamines A et B, C, fer, calcium, acide folique, et les acides organiques **(Vijaya Anand et al., 2020)**

Ce fruit est doté par plusieurs activités biologiques. Il est utilisé pour traiter de multiples troubles de santé : réduire la glycémie, améliorer la digestion et faire baisser le cholestérol élevé (Vijaya Anand et al., 2020).

Le goyavier a été introduit en Algérie à la fin des années 1970 à titre d'expérimentation donc il reste peu connu on les trouve spécifiquement dans la région de Fouka Wilaya de Tipaza. Notre travail s'inscrit dans le cadre d'une contribution à une meilleure connaissance de cette plante médicinale dans notre région, de découvrir certains constituants chimiques et l'étude de l'activité antimicrobienne de son fruit.

Notre travail s'articule autour de deux principales parties, à savoir :

- Dans la première partie nous abordons un aperçu bibliographique qui fait le point sur des généralités sur la goyave « *Psidium guajava* », l'étude phyto-chimique de ce fruit et l'activité antimicrobienne.
- Dans la seconde partie nous proposons l'étude phyto-chimique et l'évaluation de l'activité antimicrobienne afin de déterminer l'efficacité des extraits polyphénoliques vis-à-vis des souches microbiennes. Cette partie est axée sur la présentation de la méthodologie du travail et sur les résultats attendus car nous n'avons pas pu terminer notre partie expérimentale à cause de la pandémie COVID-19

Nous clôturons notre étude par une conclusion générale et des perspectives.



SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE





CHAPITRE I

GENERALITES SUR LA GOYAVE



CHAPITRE I : Généralités sur la goyave

1. Présentation de l'espèce Goyavier « *Psidium guajava* L. »

1.1 Généralité

Le genre *Psidium* appartient à la famille des Myrtacées, qui est considérée comme originaire des régions tropicales du Sud Amérique. Il comprend environ 150 espèces de petits arbres et arbuste dans lesquels seuls 20 espèces produisent des fruits comestibles et le reste est sauvage avec qualité inférieure des fruits (**Mani A, et al., 2011**). Aujourd'hui est considéré comme mineur sur le plan commercial commerce mondial, mais il est largement cultivé sous les tropiques, enrichissant le régime alimentaire de centaines de millions de personnes dans ces zones de monde. L'espèce la plus cultivée est *Psidium guajava* L. qui est la goyave.

1.2 Taxonomie

La classification scientifique de la goyave, selon **Dakappa,S et al., (2013)**., est la suivante :

<i>Règne</i>	Plantae
<i>Sous règne</i>	Tracheobionta
<i>Division</i>	Magnoliophyta
<i>Classe</i>	Magnoliopsida
<i>Sous classe</i>	Rosidae
<i>Ordre</i>	Myrtales
<i>Famille</i>	Myrtaceae
<i>Genre</i>	<i>Psidium</i>
<i>Espèce</i>	<i>Psidium guajava</i>

2. Ecologie et répartition géographique

Le goyavier tire son origine de l'Amérique Tropicale (**Leroy, 1968**). Il tire son nom du mot indien guyaba, sous lequel on le désignait à Saint-Domingue. 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).

Il existe à l'état sauvage et à l'état cultivé au Mexique, dans toutes les Antilles, le Guatemala, le Venezuela, les Guyanes, le Pérou et le Brésil oriental (**Abeele et Vandenput, 1951**). Originaire des forêts tropicales humides et sèches, on le trouve également sur les rives des fleuves.

En Europe, il n'est pas très rustique et ne résiste pas à des températures négatives prolongées. (**Singh S, et al., 2011**)

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 (**figure 1**).

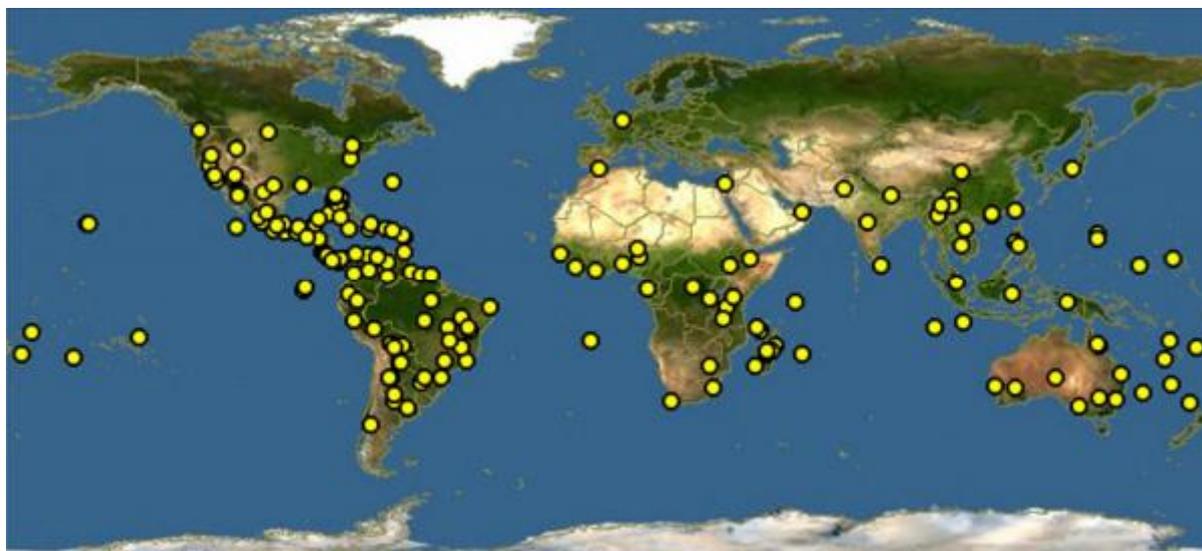


Figure 1. Distribution de la goyave dans le monde (**Google, 2020**)

En Algérie le goyavier est timidement cultivé sur le littoral, sans qu'il existe de plantation régulière. Il produit à Fouka (Tipaza) Exotisme dans la Mitidja. Il a été introduit à la fin des années 1970 à titre d'expérimentation, selon Hadj Ahmed Hamada, le seul agriculteur

en Algérie à se spécialiser dans la culture de ce fruit. En septembre et octobre, c'est la saison des goyaves communément appelées par la population locale les « goyaves» ou «djewaffa» au Moyen-Orient.

La goyave est très prisée par les habitants de Fouka et quelques familles des localités limitrophes (Koléa, Bou-Ismaïl...). Les Algériens en consomment beaucoup au point où ils viennent, notamment d'Alger, pour l'acheter à Fouka. « Le principe de ce fruit est ou bien on l'aime ou bien on ne l'aime pas ».

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. (Souad L, 2009)

3. Variétés

Plus de 100 variétés de goyaves sont identifiées dans le monde et on les différencie les unes des autres par leur saveur et leur aspect. Côté apparence, vous en trouverez à la peau blanche tirant sur le vert, et d'autres à la peau violette. (Flores G, et al., 2011) Leur épiderme peut être craquelée ou pas.

Parmi les variétés les plus commercialisées, citons :

- *Psidium pyrifera* ou *pirifera* dont la forme ressemble à une poire (**figure 2**). La pulpe peut être jaune clair, rose ou blanche. Cette variété de goyave convient parfaitement à la préparation des confitures et des confiseries
- *Psidium pomiferum* ou *pomifera* en forme de pomme (**figure 2**) possède une chair rose saumon dégageant un beau parfum musqué.

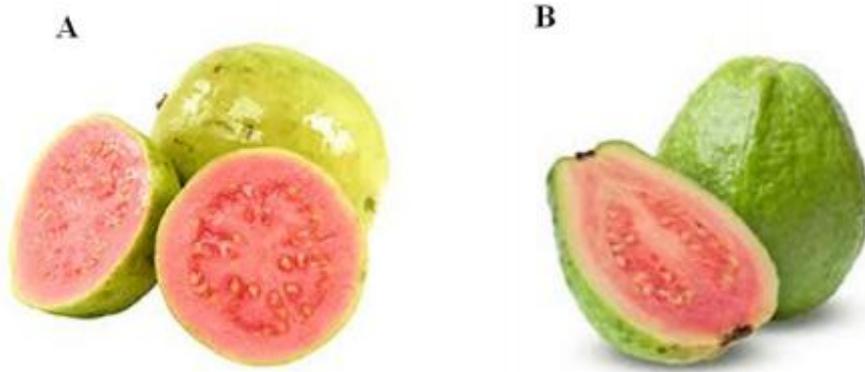


Figure 2. Les variétés les plus fréquentes de la goyave
(Forme de pomme (A) et de poire (B)). (Google, 2020)

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. À noter, que la variété de couleurs rouges est connue en tant que fruit de qualité inférieure (Sahu M, et al.,2016). Quant à sa chair juteuse et acidulée est de couleur crème à orange saumon, ou jaune clair, parfois peau blanche (Romocea J, et al.,2008).



Figure 3. Différentes couleurs de la peau de la goyave (Google, 2020)

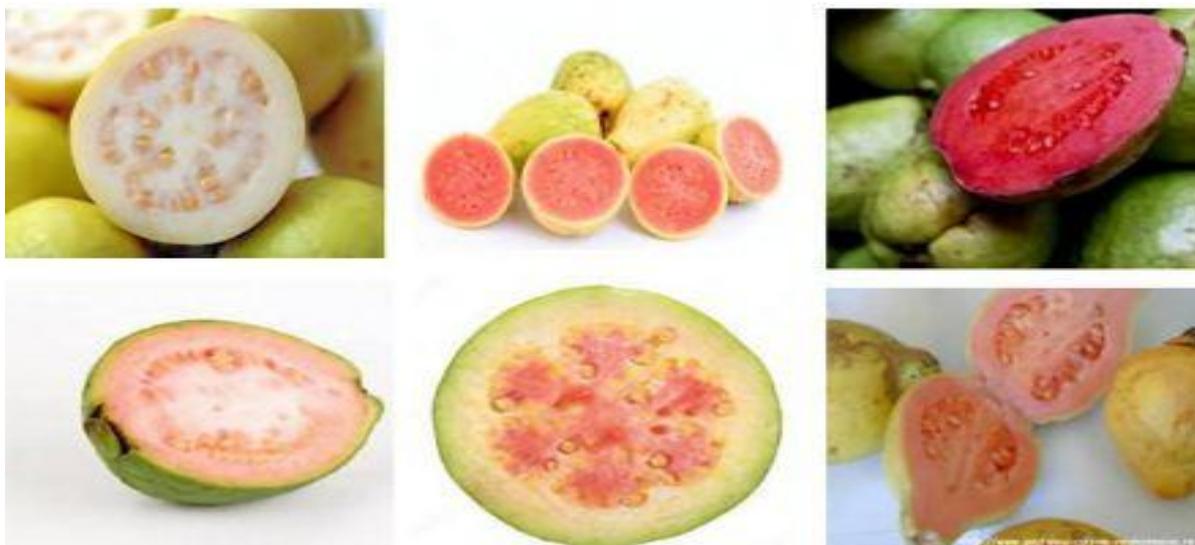


Figure 4. Différentes couleurs de la pulpe de la goyave. (Google, 2020)

4. Description botanique

Le goyavier est un arbre de taille moyenne qui peut atteindre 8 m de hauteur, la confusion vient du fait qu'à la réunion on appelle « goyavier » le *Psidium littorale* ainsi que son fruit, est pied de goyave l'arbre qui produit les goyaves. Les feuilles de forme oblongue sont couvertes d'un fin duvet sur la face inférieure. Elles peuvent atteindre 15 cm de long et 7 cm de large (**figure 5**). Il est pollinisé par les insectes. (Marton J, et al., 1987). Les fleurs sont un peu voyantes, les pétales blanchâtres jusqu'à 2 cm de long, les étamines nombreuses (**figure 6**).

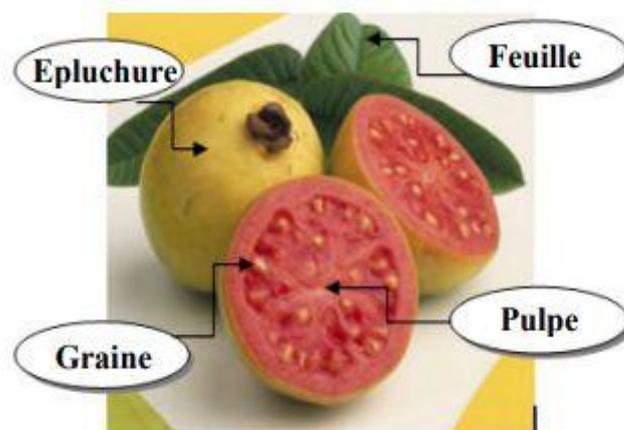


Figure 5. Fruit du goyavier « la goyave » (Google, 2020)



Figure 6. Fleur et jeunes fruits de la goyave (Google, 2020)

La forme de la goyave varie de ronde, ovoïde à poire, et avec un moyen diamètre et poids allant respectivement de 4 à 10 cm et de 100 à 400 g (**figure 7**) (Mitra, 1997). La goyave est une baie composée d'un mésocarpe charnu d'épaisseur variable et d'un endocarpe plus doux avec de nombreuses petites graines dures de couleur jaunâtre enrobées partout (Malo et Campbell, 1994 ; Marcelin et al., 1993). Elle résiste à la dégradation enzymatique et représente 74% du tissu mésocarpe, tandis que l'endocarpe est riche en cellules parenchymateuses, ce qui lui donne une texture plus douce. (Marcelin et al., 1993).

La pulpe de goyave contient deux types de tissus de la paroi cellulaire : cellules de pierre et cellules de parenchyme. Les cellules de pierre sont ligneuses très lignifiées matière responsable d'une sensation sableuse ou granuleuse caractéristique dans la bouche.



Arbre



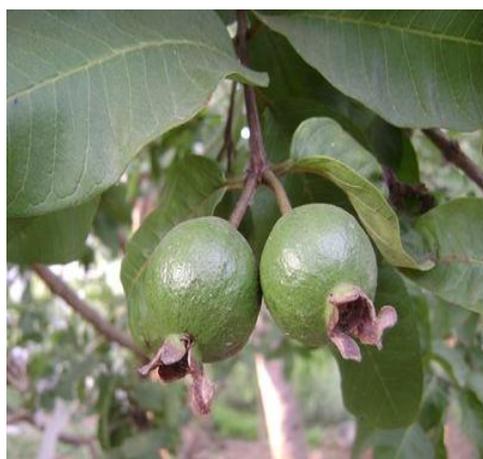
feuilles



Fleur



Goyave verte



Fruit vert



Goyave rouge

Figure 7. Description du goyavier (Google, 2020)

5. Différentes utilisations de la goyave

5.1 Utilisations alimentaire

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, p/urée concentré, confiture, gelée, barres de sucrerie, gélatine, la confiserie, etc... (Jiménez E, et *al.*,2001).

5.2 Utilisations industriels

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 (Argueta V, 1994)

5.3 Utilisations beauté

La goyave présente aussi des vertus en cosmétologie, pour les cheveux notamment, elle en limite la perte ; elle est astringente et redonne de l'éclat à la peau ; ainsi elle peut être utilisée comme une lotion nettoyante.

Ce fruit est un bon gommage naturel Anti-Acnéique et contre les points noirs grâce à ses propriétés qui soulagent les irritations cutanées.

De plus les propriétés antibactériennes de la goyave, éliminent les bactéries buccales, assurant ainsi une meilleure haleine. (Argueta V, 1994)

5.4 Utilisations médicinale traditionnelle

Les racines, l'écorce, les feuilles et les fruits immatures, en raison de leur astringence, sont couramment utilisées pour stopper la gastro-entérite, la diarrhée et la dysenterie, sous les tropiques.

Les feuilles écrasées sont appliquées sur les plaies, les ulcères et les endroits rhumatismaux, et les feuilles sont mâchées pour soulager les maux de dents.

La décoction de feuilles est prise comme remède contre la toux, la gorge et les maux de poitrine, gargarisée pour soulager les ulcères buccaux et les gencives enflammées ; et également pris comme emménagogue et vermifuge, et un traitement pour la leucorrhée. Il a été efficace pour arrêter les vomissements et la diarrhée chez les patients atteints de choléra. Il est également appliqué sur les maladies de la peau.

Une décoction des nouvelles pousses est prise comme fébrifuge, elle ainsi combinée de feuilles et d'écorce est administrée pour expulser le placenta après l'accouchement.

L'infusion de feuilles est prescrite en Inde dans les affections cérébrales, la néphrite et la cachexie. Un extrait est administré dans l'épilepsie et la chorée et une teinture est frottée sur la colonne vertébrale des enfants en convulsions. (Anita B., 2013)

6. Activités biologiques de *Psidium guajava*

6. 1. Activité antioxydant

La goyave est très riche en antioxydants qui contribuent à réduire l'incidence des maladies dégénératives telles que le dysfonctionnement cérébral, l'inflammation, les maladies cardiaques, le cancer, l'artériosclérose et l'arthrite (Feskanich et al., 2000). Dans les fruits, les oxydants les plus abondants sont les polyphénols et l'acide ascorbique. Les polyphénols sont pour la plupart des flavonoïdes et sont principalement présents sous forme de glycoside et d'ester. L'acide élagique libre et les glycosides de l'apigénine et de la myricétine sont présents dans la goyave (Nasser et al., 2018).

Les extraits de goyave influencent aussi la production de sperme. Il peut augmenter la concentration de spermatozoïdes en raison de la présence d'antioxydants. L'extrait éthanolique peut augmenter la qualité et la quantité du sperme. Ainsi, il peut être utilisé pour le traitement des hommes infertiles. Il est caractérisé par une teneur élevée en acide protocatéchique, quercétine, acide férulique, acide ascorbique, quercétine, acide gallique et acide caféique qui sont des antioxydants importants.

6.2. Activité antimicrobienne

Les extraits aqueux et organiques de *Psidium guajava* ont montré 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 *Citrobacter*, *Enterobacter fecalis*, *Enterobacter Alcaligènes*, et *Aspergillus* (Sato et al., 2002).

Dans une autre étude, une action fongicide contre les souches d'*Arthrimum sacchari* M001 et *Chaetomium funicola* M002 a été observée à partir de l'extrait méthanolique de fruits mûrs (Sato et al., 2002)

6.3. Activité Anti diarrhéique

La diarrhée est un problème majeur dans le monde. Le fruit mûr de la goyave a été signalé comme laxatif utilisé pour traiter la constipation. Des études indiquent que le fruit de goyave est plus efficace antidiarrhéique lorsqu'il est utilisé avec la peau, mais s'il est pris en grande quantité, les fruits non mûrs provoquent une indigestion, des vomissements (Conway, 2001).

La quercétine, le composant principal de la goyave, est responsable de l'inhibition du mouvement intestinal et de la réduction de la perméabilité capillaire dans la cavité abdominale et de l'inhibition de l'augmentation de la sécrétion aqueuse qui se produit dans la maladie diarrhéique aiguë (Lozoya et al., 2002). D'autres études indiquent qu'une lectine spécifique du galactose dans la goyave se lie à *Escherichia coli*, empêchant son adhésion à la paroi intestinale et empêchant ainsi son adhésion à la paroi intestinale et empêchant ainsi l'infection résultant de la diarrhée (Coutino et al., 2001 ; Naseer et al., 2018)

6.4. Activité antidiabétique et hépato-protectrice.

Il a été rapporté que le *Psidium guajava* diminue la glycémie. Il a été démontré que l'extrait de fruit de goyave rétablit considérablement la perte de poids corporel et réduit le taux de glucose sanguin dans la condition diabétique. Dans un modèle expérimental sur les rats rendus diabétiques par injection de la Streptozotocine, l'extrait de fruit de goyave administrée à une dose de 125 et 250 mg / kg protège les tissus pancréatiques, y compris les cellules bêta

de Langerhans contre l'oxydation et réduit ainsi la perte de cellules bêta insulino-positives et la sécrétion d'insuline (**Huang et al., 2011**).

Dans une autre étude (**Rai et al., 2010**) ont constaté, une diminution significative des triglycérides TG ($P < 0,01$), du cholestérol total ($P < 0,01$), du HDL-cholestérol ($P < 0,001$), du VLDL-cholestérol ($P < 0,001$) et LDL-cholestérol ($P < 0,01$), et des marqueurs hépatiques ; la phosphatase alcaline ALKP ($P < 0,01$), Aspartate Amino-Transférase AST ($P < 0,05$) et alanine amino transferase ALT ($P < 0,05$) ont été observés après 21 jours de traitement d'extraits aqueux de fruits crus par rapport au groupe non traité.

6.5. Activité anti-cancéreuse

L'activité anticancéreuse (cancer du sein MCF-7) de l'extrait méthanolique de la peau du fruit *Psidium guajava* a été étudiée *in vitro* sur des Lignées cellulaires MCF-7 contre lignée cellulaire normale. Les valeurs ont révélé que l'activité antiproliférative était observée dans les cellules MCF-7 lorsque ont été traité avec différentes concentrations d'extrait d'écorce de fruit ; l'activité anti-proliférative cellulaire était directement proportionnelle à concentration de l'extrait (**Arockia et al., 2017**).

7. Allergie

En raison de ses nombreux avantages, c'est un fruit très populaire parmi de nombreuses personnes. Mais certains contenus du fruit peuvent ne pas convenir à certains types de corps. Il peut provoquer une variété de symptômes allergiques chez la plupart des gens.

L'allergie aux fruits de goyave est presque la même que les autres allergies aux fruits. Certains symptômes d'allergie aux fruits de la goyave surviennent en touchant uniquement ses feuilles ou son bois. Les autres symptômes allergiques comprennent :

- Infection des voies respiratoires supérieures : toux, essoufflement, etc.
- Infection cutanée : eczéma, urticaire, éruptions cutanées, etc.
- Gonflement du visage, du cou, de la gorge et des lèvres.
- Les infections digestives comprennent la diarrhée, les douleurs, les vomissements, etc.

La gravité des symptômes allergiques aux fruits de goyave dépend du temps d'exposition, de la sensibilité de l'individu aux fruits et de la quantité de fruits ingérée. (**Husnain ,2017**).

8. Composition et valeur nutritionnelle de la goyave

8.1 Valeurs nutritive 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 fruits. 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 calorique. 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.

Elle 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 diminue rapidement après murissement (**Naseer et al.2018**).

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 (**Thaipong,K et al.,2006**), la valeur nutritionnelle de la goyave (dans 100 g du fruit) est synthétisée dans le Tableau 3.

Tableau 1. Valeur nutritionnelle de la goyave (dans 100 g du fruit) (Naseer et al.2018).

<i>Pour 100 g</i>	
Calories	68 kcal
Eau	81 g
Glucides	14,3 g
Protéines	2,6 g
Lipides	0,9 g
Fibres alimentaires	5,4 g
Vitamine C	228 mg
Vitamine A	31 mg
Potassium	417 mg

8.2. Substances chimiques

D'autre part, la goyave se révèle riche en oligo-éléments (fer, zinc, cuivre...) et minérale (magnésium, calcium, phosphore, acide pantothénique, riboflavine, ...) (Waddington G, et al., 1942). À 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 confèrent des propriétés diurétiques.

De plus, avec un taux de 228,3 mg/100 g de fruits, 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. À 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 (Diallo A, 2005) :

<i>Composé</i>	Fruit (mg /100g MF)
<i>Calcium</i>	18
<i>Potassium</i>	417
<i>Sodium</i>	2
<i>Vit C</i>	228.3
<i>Vit A</i>	0,26
<i>Vit B3</i>	1,20
<i>Vit B2</i>	0,040
<i>Vit B1</i>	0,067
<i>Manganèse</i>	0, 15
<i>Magnésium</i>	22
<i>Phosphore</i>	40
<i>Cuivre</i>	0,23
<i>Fer</i>	0,26
<i>Sélénium</i>	0,60
<i>Zinc</i>	0,23

8 .3. Les substances phyto chimiques de la goyave

Les substances phyto -chimiques peuvent être définies comme des composés biologiquement actifs présents dans les aliments, nutritifs ou non nutritifs, qui préviennent ou retardent les maladies chroniques chez l'homme et animaux. Ils peuvent également être définis comme des ingrédients alimentaires qui offrent des avantages pour la santé au-delà de leur valeur nutritionnelle (revue par Ho et *al.*, 1992).

8.3.1. Acide ascorbique et autres vitamines antioxydants

Les goyaves sont considérées comme une excellente source d'acide ascorbique, trois à six fois plus élevé que le contenu d'une orange et après les cerises d'acérola, il a la deuxième concentration la plus élevée parmi tous les fruits.

La teneur en acide ascorbique de la goyave varie de 60 à 100 mg / 100 g dans certains cultivars, et de 200 à 300 mg / 100 g dans d'autres, tandis que des rapports plus élevés vont de 800 à 1000 mg / 100g (**Mitra, 1997**). La goyave contient également de l'alpha tocophérol (vitamine E) à près de 1,7 mg / 100 g (**Ching et Mohamed, 2001**), qui est un important antioxydant alimentaire liposoluble.

8.3.2. La vitamine E

Tout comme la vitamine C, la vitamine E 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 (**Jimenez-E et al., 2001**). C'est aussi un antioxydant qui protège la peau et le maintien sain et tonifiée.

(**Jimenez-E et al., 2001**). Ont révélé que 1g d'épluchure et pulpe de goyave présentent respectivement 104,1 mg/g MS et 54,0 mg/g MS de vitamine E.

8.3.3. Caroténoïdes et lycopène

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 μ g/g MF) (**Chandrika U, et al., 2009**).

Une étude récente réalisée sur la goyave (**Ripe Pink de Costa Rica**) (**Wilberg V, et al., 1995**) a révélé une teneur totale en caroténoïde (μ g/g MS) de 323,2 et 243,9 pour la pulpe et l'épluchure respectivement.

La teneur en lycopène de la variété « Beaumont » de goyave a été estimée à 5-7 mg / 100g de fruits. Mercadante et ses partenaires (1999) ont isolé seize caroténoïdes de la goyave, dont treize ont été signalés comme caroténoïdes de goyave pour la première fois. Dans une autre étude faites aux goyaves brésiliennes, la concentration de β -carotène dans les fruits mûrs variait de 0,3 mg / 100 g à 0,5 mg / 100 g ; tandis que la concentration de lycopène variait de 4,8 mg / 100 g à 5,4 mg / 100 g (**Wilberg et Rodriguez-Amaya, 1995**).

8.3.4. Fibre alimentaire

Les fibres alimentaires dans les fruits et légumes ont été associées à une réduction du côlon et d'autres risques de cancer. La teneur en fibres solubles est généralement associée à un risque réduit de maladie cardiovasculaire. Dans une étude réalisée sur un certain nombre de fruits tropicaux, la goyave a montré teneur la plus élevée en fibres alimentaires totales et solubles avec des valeurs de 5,60 et 2,70 g / 100 g respectivement (**Gorinstein et al., 1999**).

La fibre totale et soluble présente dans la goyave est concentration extrêmement élevée par rapport non seulement aux tropiques, mais à tous les fruits et des légumes. La fibre de pulpe et d'écorce de goyave a été testée pour ses propriétés antioxydants et s'est avéré être une puissante source de composés qui éliminent les radicaux, probablement teneur en polyphénols liés à la paroi cellulaire (2,62-7,79% p / p) présents dans chaque fibre isoler (**Jimenez-Escrig et al., 2001**).

8.3.5. Composés poly phénoliques de la goyave

Les polyphénols sont les composés phyto-chimiques les plus abondants dans notre alimentation, et les fruits sont les principaux contributeurs (**Jimenez-Escrig et al., 2001**). Actuellement, des études limitées existent identification et quantification des polyphénols goyaves.

Gorinstein et al., (1999) a mené une étude comparative entre plusieurs fruits tropicaux et subtropicaux et trouvé la goyave figure parmi les trois premiers enquêtés pour les concentrations d'acide gallique (.374 mg / 100 g), les composés phénoliques totaux (4,95 mg / 100 g) et les fibres alimentaires totales et solubles les plus élevées des fruits étudiés.

La goyave est quelque peu inhabituelle dans son contenu phénolique sa teneur en myricétine (55 mg / 100 g) et en apigénine (58 mg / 100 g) présente dans les tissus comestibles, mais ne contient pas les plus communs flavonoïdes quercétine et kaempférol (**Miean et Mohamed, 2001**) qui sont abondants dans autres fruits et légumes.

Misra et Seshadri (1967) ont identifié des procyanidines, ou tanins condensés dans les cultivars blancs et roses, concentrés dans la peau et les graines, mais très peu dans la pulpe. De

plus, l'acide ellagique libre a été isolé dans les deux variétés (0,2 mg / 100g en rose, 0,05 mg / 100g en blanc). Dans toute la goyave, les polyphénols sont concentrés dans la peau, suivie de la pulpe (**Bashir et Goukh, 2002**).

Selon des travaux menés par **Ito et al., (1987)** la goyave immature contient environ 65% de tanins condensés de ses polyphénols totaux, qui diminuent de façon spectaculaire à mesure que le fruit grandit et se développe. Cependant, à pleine maturité, ce pourcentage augmente à 76 et 80% des polyphénols totaux pour la variété rose et blanche respectivement. La diminution de l'astringence de la goyave pendant la maturation a été attribuée à une augmentation de la polymérisation des tanins condensés qui forment un polymère insoluble d'un ester arabinose soluble / astringent de l'acide hexahydroxydiphénique, précurseur de l'acide ellagique (**Goldstein et Swain, 1963 ; Misra et Seshadri, 1967 ; Mowlah et Ito, 1982 ; Ito et al., 1987**).

- **Les flavonoïdes**

Les flavonoïdes constituent un groupe de plus de 6000 composés naturels appartenant à la famille des polyphénols (**Seyoum A. et al., 2006**). 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 (**Medi M., 2004**) (**Figure 8**).

Les antioxydants les plus abondants 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 (**Lin C. et al., 2012 ; Camarena T. et al., 2018**).

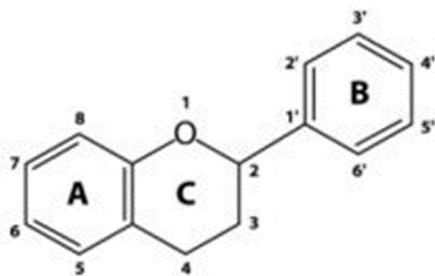


Figure 8. Structure de base des flavonoïdes (Cushnie T. *et al.*, 2018)

- **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 9**). Concernant le fruit goyave, plusieurs acides phénoliques ont été identifiés tels que l'acide malique, l'acide gujanoïque, l'acide oleanolique, l'acide arsolique (Ikram E. *et al.*, 2009) et l'acide gallique (11,6 mg/100 mg) (Begum S. *et al.*, 2004).

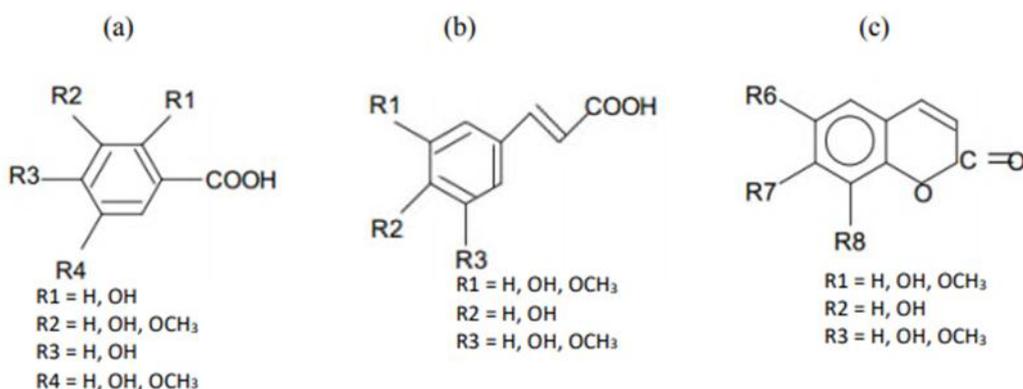


Figure 9. Acides hydroxybenzoïque (a) ; Acides hydroxycinnamiques (b) ; Coumarines (c) (Sarni M. *et al.*, 2006).

- **Les tanins**

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 avec des macromolécules (protéines, polysaccharides,) (Ferlay J. et al., 2007).

Toutes les parties du goyavier sont riches en tannins. Les feuilles présentent la teneur la plus élevée avec (20,4%), et la pulpe (14%) (Rahal S. et al., 2008).

Toutes les plantes en contiennent à des degrés différents permettent de stopper les hémorragies et de lutter contre les infections. (Figure 10)

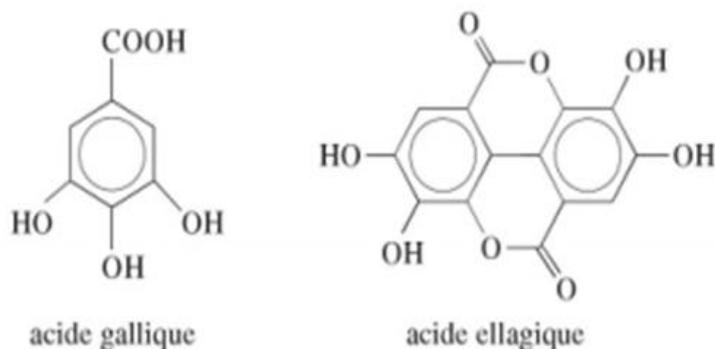


Figure 10. Tanins hydrolysables (Redondo L. et al., 2014)



CHAPITRE II

ACTIVITE ANTIMICROBIENNE



CHAPITRE II : Activité antimicrobienne

1. Infection microbienne et antibiothérapie

Les infections microbiennes sont causées par différents microorganismes pathogènes tels que les bactéries, les virus, les parasites ou les champignons (**Alwash et al., 2013**), et sont la cause des maladies les plus fatales et des épidémies les plus répandues. La thérapeutique des infections bactériennes se base principalement sur l'usage des antibiotiques qui inhibent sélectivement certaines voies métaboliques des bactéries, sans exercer habituellement d'effets toxiques pour les organismes supérieurs (**Bergogne-Berezin et Dellamonica, 1995**).

Cependant, la prescription à grande échelle et parfois inappropriée de ses agents peut entraîner la sélection de souches multirésistantes, d'où l'importance d'orienter les recherches vers la découverte de nouvelles voies qui constituent une source d'inspiration de nouveaux médicaments à base de plantes (**Billing et Sherman, 1998**). Il y a deux sources majeures pour la recherche de nouveaux antibiotiques : les produits naturels et les molécules synthétiques.

2. Antibiotiques

Un antibiotique est défini comme un composé chimique dérivé ou produit par des organismes vivants (des champignons ou des bactéries), capable à de faibles concentrations d'inhiber la croissance microbienne (**Evans WC., 1989**). Cette définition est limitée à des antibiotiques produits par des micro-organismes, mais celle-ci peut être étendue pour inclure des substances similaires présentes dans les plantes supérieures, qui ont de nombreuses façons de générer des composés antimicrobiens pour les protéger contre les pathogènes (**Kuc J., 1990**). Les surfaces végétales externes sont souvent protégées par des biopolymères tels que les cires, les esters d'acides gras comme la subérine et la cutine. En outre, les tissus externes peuvent être riches en composés phénoliques, alcaloïdes, terpénoïdes et d'autres composés qui inhibent le développement de champignons et de bactéries (**Kuc J., 1985**).

3. Mécanisme d'action des antibiotiques

3.1 Quel est le mécanisme d'action ?

Le mécanisme d'action est la manière biochimique dont un médicament est pharmacologiquement efficace. Cela peut être une cible spécifique où le médicament se lie comme une enzyme, comme c'est le cas avec de nombreux antibiotiques, ou un récepteur. Il décrit le processus biochimique spécifiquement au niveau moléculaire. (Patrice C et al.,2009).

3.2 Modes d'action antimicrobiens ou antibiotiques

L'action antibactérienne s'inscrit généralement dans l'un des quatre mécanismes, dont trois impliquent respectivement l'inhibition ou la régulation des enzymes impliquées dans la biosynthèse de la paroi cellulaire, le métabolisme et la réparation des acides nucléiques ou la synthèse des protéines. Le quatrième mécanisme implique la perturbation de la structure de la membrane (Patrice C et al.,2009). (Figure 11).

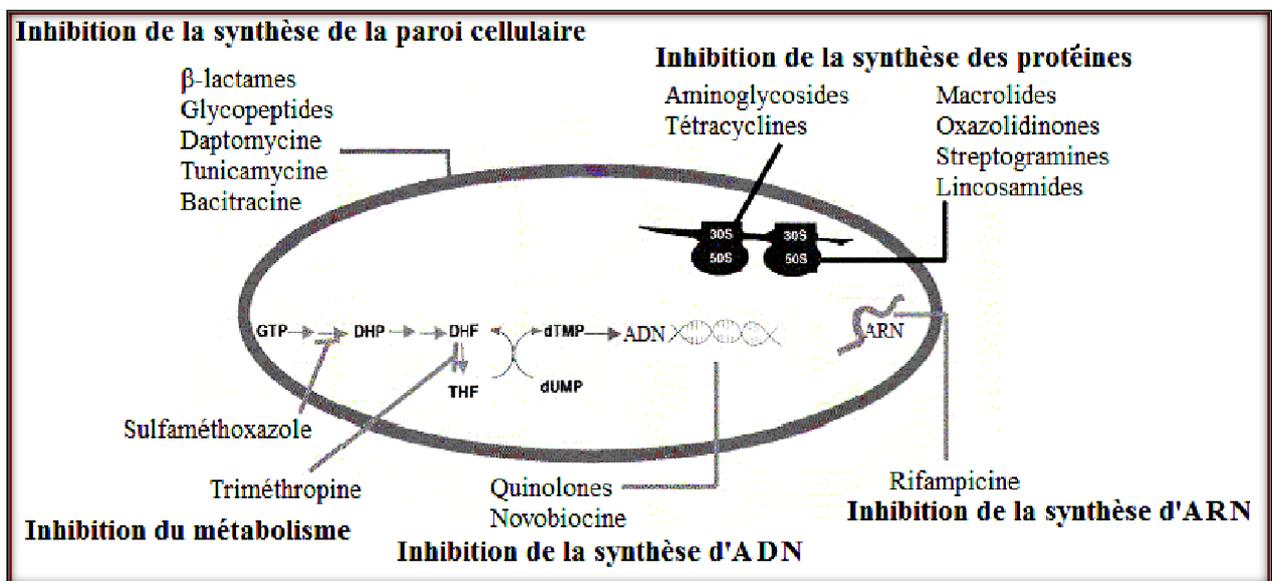


Figure 11. Cellule bactérienne et modes d'action des antibiotiques (Patrice C et al.,2009).

4. Résistance aux antibiotiques

La résistance microbienne aux antibiotiques est définie comme une résistance d'un micro-organisme à un médicament antimicrobien auquel il était précédemment **sensible** (Alwash *et al.*, 2013). Cette résistance provient de l'utilisation intensive d'antibiotiques à des fins humaines, vétérinaire et agricole, causant leur libération continue dans l'environnement et l'évolution des gènes de résistance (Rizzo *et al.*, 2013 ; Sahu *et al.*, 2012), les maladies d'immunosuppression peuvent causer aussi le développement de cette résistance (Sivananthan, 2013).

On distingue :

- **La résistance naturelle** concerne toutes les souches d'une espèce bactérienne et préexiste à l'usage des antibiotiques. Cette résistance est chromosomique et a un caractère permanent transmissible aux cellules filles lors de la réplication bactérienne (Pascale, 2014). Ou intrinsèque est un caractère d'espèce qui touche toutes les bactéries de l'espèce considérée. Elle est stable, transmise à la descendance (elle a pour support génétique le chromosome bactérien) mais elle n'est pas ou peu transmissible sur un mode horizontal (d'une bactérie à l'autre au sein d'une même espèce ou entre espèces différentes) (Lozniewski *et al.*, 2010)

- **La résistance acquise** ne concerne qu'une partie des souches d'une espèce bactérienne normalement sensible et apparaît à la suite de l'utilisation des antibiotiques. L'acquisition d'un nouveau mécanisme de résistance résulte :
 - Soit d'une mutation survenant sur le chromosome bactérien (**figure 12**)
 - Soit de l'acquisition d'une information génétique provenant d'une bactérie déjà résistante (Pascale L, 2014).

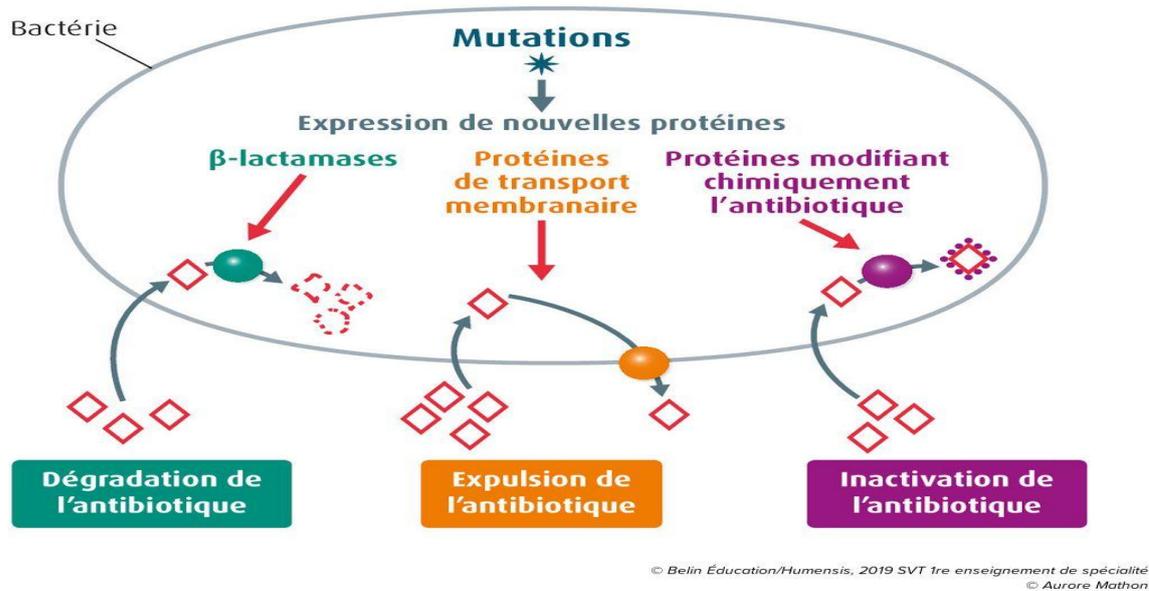


Figure 12 : la résistance aux antibiotiques (mutation) (Humensis C, 2019).

4.1. Principaux mécanismes de résistance aux antibiotiques

Trois principaux mécanismes de résistance sont actuellement connus (Figure 13) :

- **Inactivation de l'antibiotique** par une enzyme bactérienne, c'est la situation la plus fréquente.
- **Diminution de la quantité d'antibiotique atteignant la cible** : L'antibiotique n'est pas modifié, mais il ne peut pas accéder à sa cible au sein de la bactérie :
 - Soit parce qu'il ne peut plus y pénétrer en raison de la baisse de la perméabilité membranaire.
 - Soit parce qu'il est expulsé activement vers l'extérieur de la bactérie par des protéines jouant le rôle de pompe (systèmes d'efflux).
- **Modification de la cible**
 - **Modifications quantitatives** : par exemple, l'absence de paroi chez les bactéries du genre *Mycoplasma* est responsable de leur résistance naturelle aux β-lactamines.

- **Modifications qualitatives** : la modification de la structure de la cible peut diminuer son affinité pour l'antibiotique. C'est un mécanisme fréquent de résistance acquise.
- **Protection de la cible** : c'est une protection réversible de la cible (par des protéines empêchant la fixation des quinolones, par exemple). (Pascale, 2014)

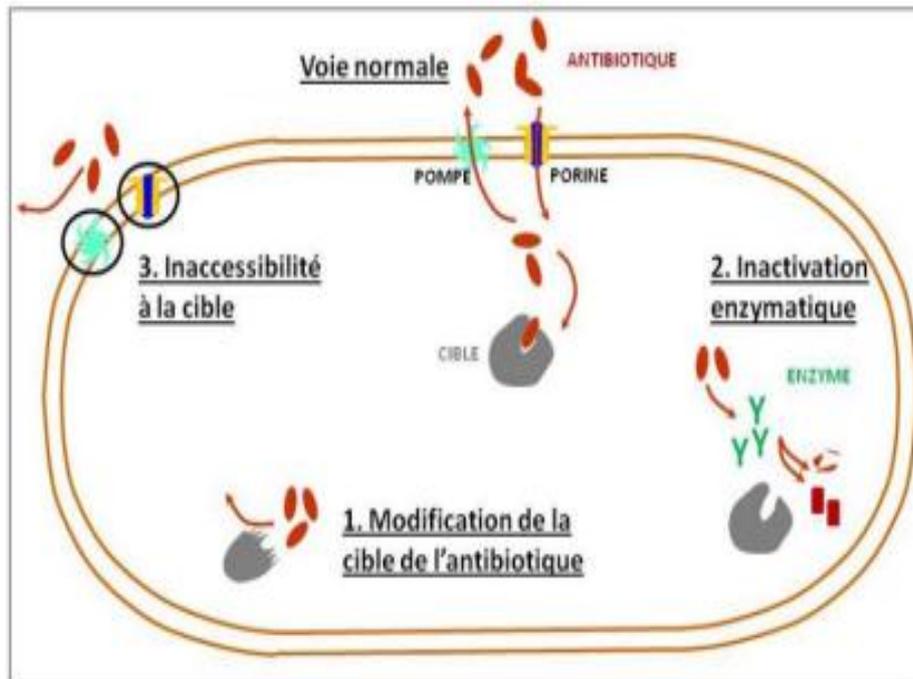


Figure 13. Les mécanismes d'acquisition de la résistance bactérienne.

(Source Millemann, 2010)



PARTIE EXPERIMENTALE





CHAPITRE I

MATERIEL ET METHODES



CHAPITRE I : Matériel et méthodes

1. Objectif

Notre travail vise à extraire les constituants phyto-chimiques « les polyphénols » et d'évaluer *in vitro* l'activité antimicrobienne des extraits organiques et de l'extrait aqueux, préparés à partir du fruit *Psidium guajava* vis-à-vis des souches microbiennes, pour cela nous avons fixé les objectifs suivants :

1. Extraction des composés phénoliques du fruit *Psidium guajava* L par des solvants à polarité croissante (Ether de pétrole, Méthanol, Acétone, Eau distillée).
2. Analyse qualitative et quantitative du contenu en polyphénols des différents extraits préparés.
3. Evaluation de l'activité antimicrobienne des extraits préparés.

2. Lieu et période d'étude

Notre étude s'était prévue d'être réalisée pendant une durée de trois mois, allant du 01/03/2020 aux 30/06/2020 au niveau du :

- Laboratoire de phytopharmacie et protections des végétaux du département de biotechnologie de l'université de Blida 1 pour l'extraction des polyphénols.
- Du Centre de Recherche Scientifique et Technique en Analyses Physico-chimiques (CRAPC) de Bou-Ismaïl pour faire la chromatographie en phase liquide à haute performance (CLHP) et l'activité antimicrobienne des extraits préparés, mais à cause de la situation sanitaire de l'épidémie du COVID-19 nous n'avons pu réaliser que 20 jours de pratique ou nous avons terminé la partie extraction et dosage des polyphénols seulement.

3. Matériel

3.1 Matériel non biologique

Le matériel non biologique est représenté par : la verrerie, l'appareillage (**Annexe 01**), les colorants et réactifs, les milieux de culture les disques d'antibiotiques (**Annexe 02**)

3.2. Matériel végétal

Des fruits de la goyave mûrs ont été récoltés dans la commune de Fouka, province de Tipaza au mois de novembre 2019 et la confirmation de l'espèce est réalisée au niveau du laboratoire de phytopharmacie de la faculté des sciences de la nature et de la vie de l'université de Blida 1. Le positionnement géographique de site de récolte est montré dans la (**figure 15**)

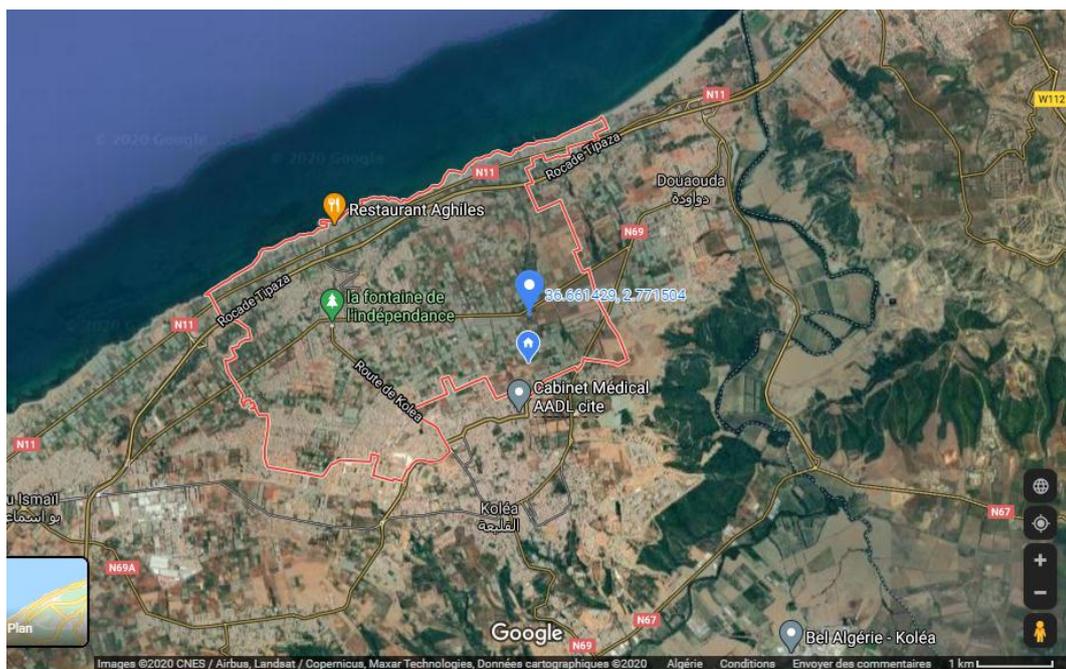


Figure 14 : Localisation du site d'échantillonnage (Google Earth,2020)



Figure 15 : Représentation de la variété de goyave utilisée dans le cadre de notre étude.

(Google, 2020)

4. Extraction

Il s'agit d'extraire et de libérer les molécules phyto-chimiques présentes dans des structures vacuolaires par rupture de tissu végétal et par diffusion. En utilisant des solvants organiques qui accélèrent et augmentent le rendement d'extraction.

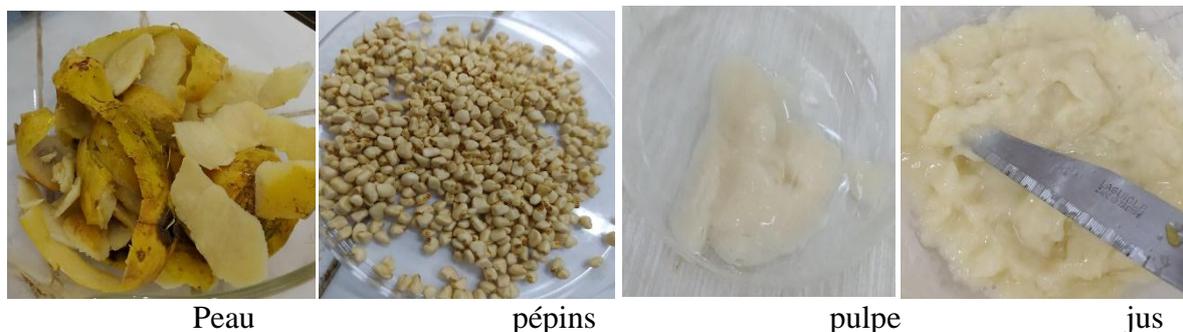


Figure 16 : Les composants de la goyave utilisés dans le cadre de notre étude

(Originale, 2020)

Les extraits phénoliques de la goyave ont été obtenus à partir de quatre parties :

- La peau : a été épluchée manuellement
- Des pépins : séchés et broyés après une séparation manuelle
- La pulpe : recueillie sous forme de jus
- Jus

4.1. Extraction des polyphénols par macération à l'eau (Debib et al., 2014)

L'extraction est une opération qui consiste à laisser 25g de matériels végétaux «peau, pépins : broyée et 25ml de jus, pulpe" agitée pendant 24h avec 250 ml d'eaux distillées par l'agitateur à hélice. Puis filtrée sur un papier filtre Wathman (n°:1), et évaporé à l'aide d'un rota vapeur, les résidus obtenus sont conservés à 4°C.

4.2. Extraction des polyphénols par les solvants organiques

✓ Extractions des polyphénols par l'éther de pétrole (Debib et al., 2014)

Chaque 25g de matériel végétal la peau et pépins "broyée de manière à ce que la surface en contact avec le solvant soit la plus grande possible " et de 25ml de jus et de la pulpe agitée avec 500ml d'éther de pétrole 96% pendant 24h par à l'aide d'un agitateur à hélice à température ambiante.

Le mélange est filtré et concentré au rota vapeur à la température de 30°C, afin d'obtenir l'extrait d'éther de pétrole

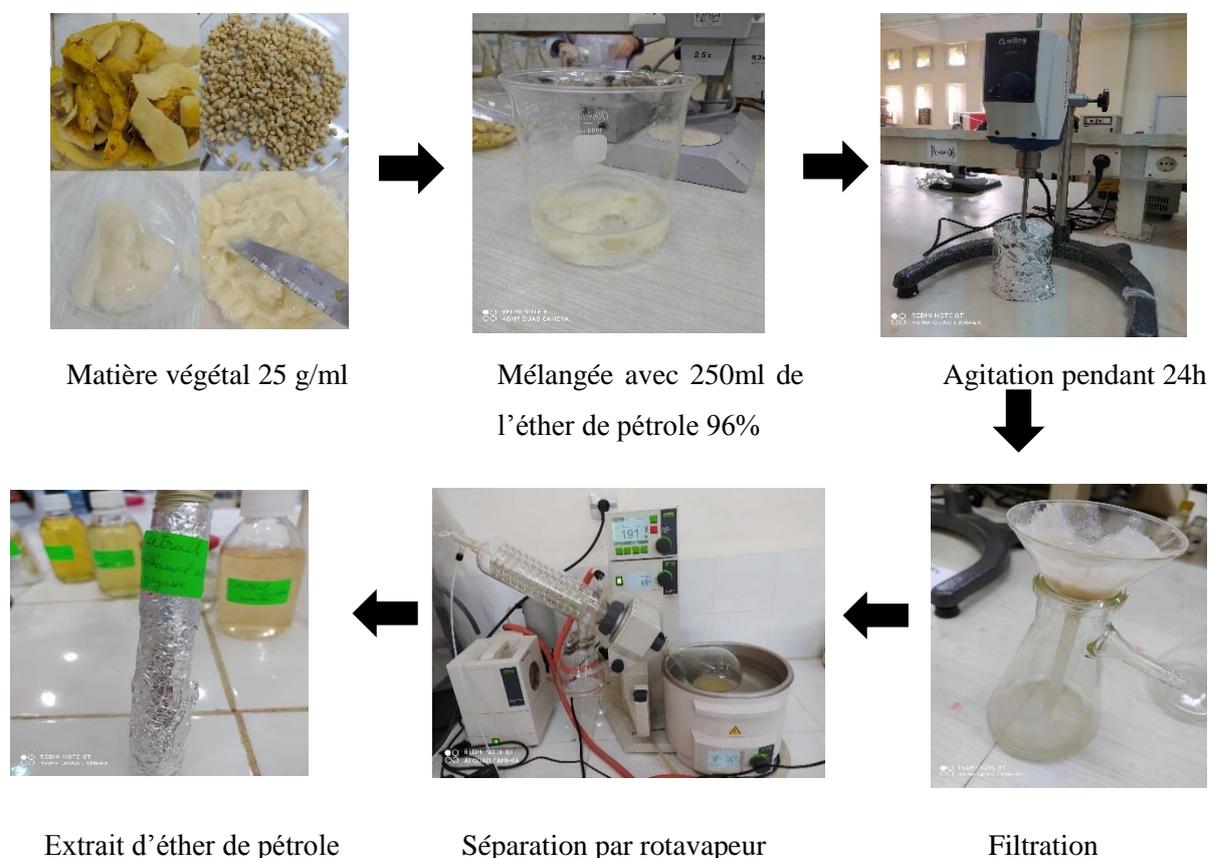


Figure 17 : Protocole d'extraction des polyphénols par l'éther de pétrole (Originale, 2020)

✓ **Extraction des polyphénols par le méthanol et l'acétone : (Boizot et Charpentier, 2006)**

25g/ml de chaque partie du matériel végétal "peau, pépins, pulpe, jus" était mis en contact avec 250 ml du méthanol et acétone à 80% (mélanger chaque 200 ml du méthanol et acétone avec 50 ml d'eau distillée), qui subit une agitation pendant 24h à l'aide d'un agitateur à hélice. Puis sont filtrés et évaporés à l'aide d'un rota vapeur afin d'obtenir l'extrait méthanolique et l'extrait d'acétone des quatre parties.

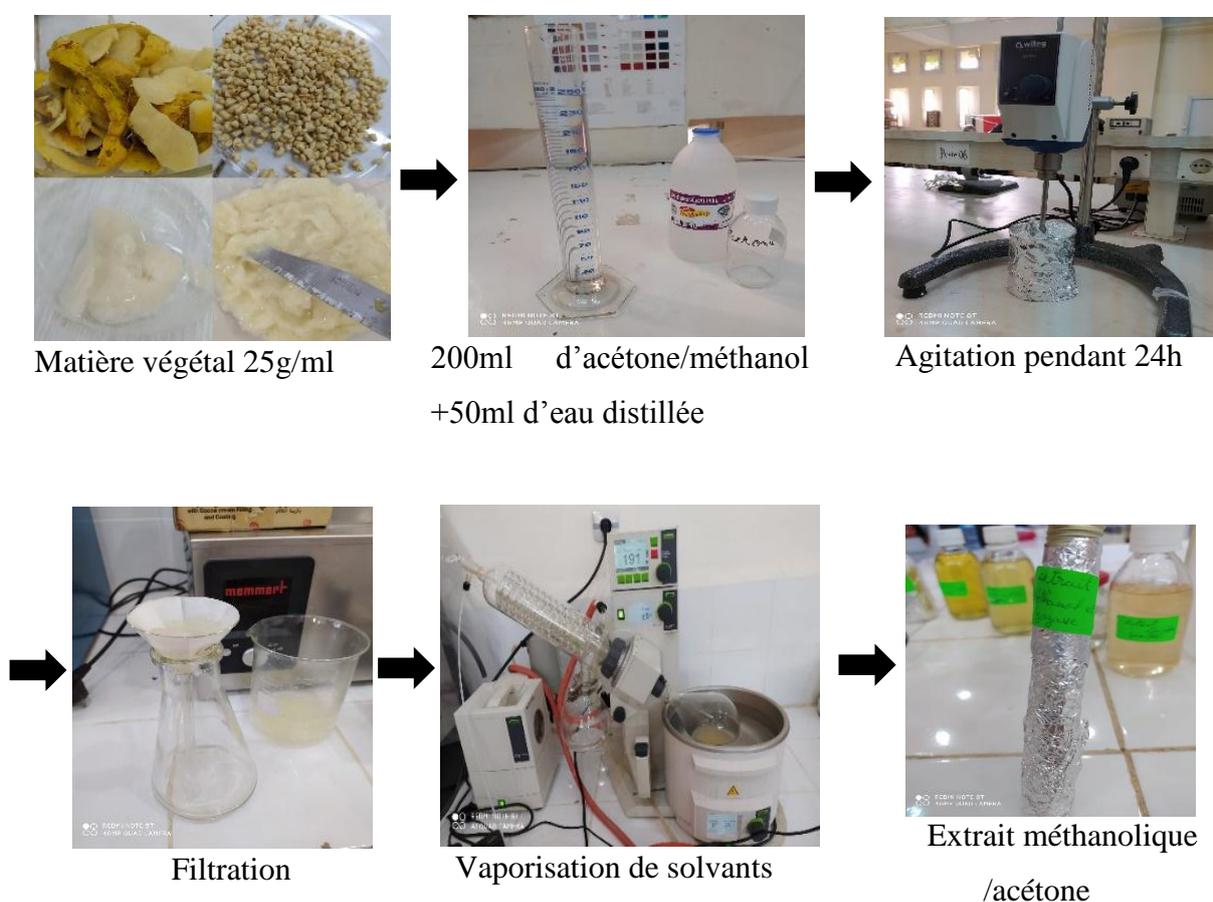


Figure 18 : Protocole d'extraction des polyphénols par méthanol et l'acétone (Originale, 2020)

Les rendements d'extraction ont été calculés selon la formule suivante :

$$R = \frac{\text{Masse d'extrait obtenu}}{\text{Masse des goyaves analysées}} \times 100$$

5. Dosage des polyphénols totaux

Les polyphénols sont estimés par la méthode de Folin-Ciocalteu décrite dès 1965 par Singleton et Rossi. Et modifiée ensuite par plusieurs auteurs (**Singleton et al., 1999**).

➤ Principe

Les composés phénoliques réagissent avec le réactif de Follin-ciocalteu. Ce dernier est composé d'un mélange jaune d'acide phosphotungstique ($H_3PW_{12}O_{40}$) et d'acide phosphomolybdique ($H_3PM_{12}O_{40}$) qui se réduit lors de l'oxydation des polyphénols, en oxyde bleu de tungstane (W_8O_{23}) et de molybdène (MO_8O_{23}). La coloration produite, dont l'absorption maximum est comprise entre 725 et 765nm est proportionnelle aux taux des composés phénoliques

Le protocole de dosage des composés phénoliques totaux utilisé dans notre travail est celui décrit par **Hayouni et al. (2007)** avec quelques modifications. Les extraits ont été dilués pour avoir une absorbance comprise entre 0.8 et 1. Ensuite, 500µl du réactif de Folin-Ciocalteu (dilué à 1/10) et 1ml d'eau distillée ont été ajoutés à 100µl de l'extrait végétal dilué. Les solutions sont bien mixées et incubées à température ambiante. Après 1min, 1.5ml d'une solution de carbonate de Sodium (Na_2CO_3) à 20 % ont été ajoutés. Les mélanges ont été bien agités et incubés à l'abri de la lumière et à température ambiante pendant deux heures. La lecture de l'absorbance à 765 nm se fait grâce à un spectrophotomètre à UV (Ultraviolet) visible, notons qu'une droite d'étalonnage est préalablement réalisée avant l'analyse avec de l'acide gallique (0, 12.5, 25, 50, 100 et 200 µg/mL) dans les mêmes conditions que les échantillons à analyser. Les résultats sont exprimés en milligramme d'équivalent d'acide gallique par 100 grammes de goyave (mg EAG/100g d'extraits).



CHAPITRE II

RESULTATS ET DISCUSSION



CHAPITRE II : Résultats et discussion

Les résultats attendus de notre étude n'ont été pas terminés à cause de la pandémie de Corona virus (Covid-19), donc on a essayé d'analyser les résultats des travaux antérieurs sur l'extraction et le dosage des polyphénols totaux et l'activité antimicrobienne des extraits phénoliques de la goyave *psidium guajava* L.

1. Paramètres physico-chimiques du jus de goyave

Plusieurs études ont été intéressées à l'étude des paramètres physico-chimiques du jus de goyave qui permet d'avoir une idée sur la qualité du fruit étudié. Les principaux résultats sont regroupés dans le **Tableau 3**.

Tableau 3 : Paramètres physico-chimiques du jus de goyave

Paramètres	Teneur
Brix %	8,4%, 10,2% et 13%.
PH	4.72
Acidité (g/L)	0,44.

Il ressort de ces résultats (**Tableau 3**) que la goyave présente un taux de Brix (teneur en sucre totale) varie entre 8,4% (**Soares et al.2007**), 10,2% (**Tanwa et al.2014**) et 13% (**Jain et al.2007**). Les valeurs de PH enregistrés par les auteurs précédents ont été proches de 4.72 %

(**Soares et al 2007**). Ont enregistré lors d'une étude menée sur la goyave *Cortibel*, récoltée au Brésil, une acidité aussi plus faible égale à 0,44%. De même les résultats rapportés par (**Chyau et al. (1992)** et **Tansouat et Gaoua, 2018**), ont démontré que l'acidité du fruit de la goyave varie de 0.31 à 0.9 % respectivement, Cette acidité peut s'expliquer par le type de variété, l'origine, l'effet du stockage, l'état physiologique du fruit lors de la récolte et la région de collecte.

(**Lee et al., 2010**) ont suggéré que l'acidité de fruit est liée aux taux de l'acide ascorbique, de l'acide malique et l'acide citrique. Selon les mêmes auteurs l'acide citrique est le composant

majeur de tous les acides organiques et la réduction de leur concentration pendant la maturation, associée à une concentration accrue de sucres (galactose et fructose), est liée à l'augmentation de l'acidité des fruits.

2. Taux d'humidité

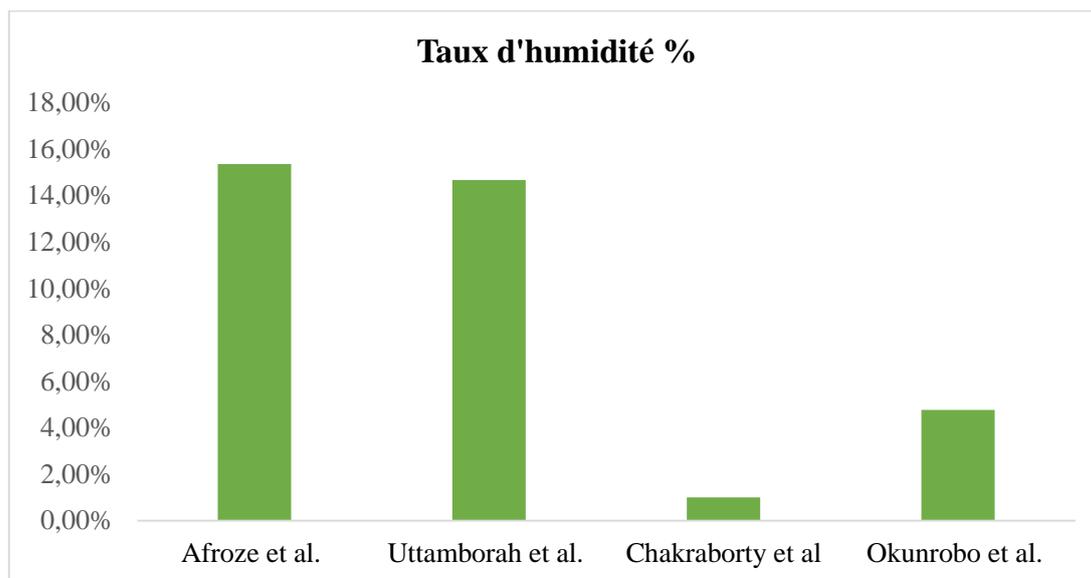


Figure 19 : Taux d'humidité de *Psidium guajava*

Dans une étude menée par (Afroze et al., 2015) (Figure19) sur la pulpe de *P. guajava* récoltées au Bangladesh, un taux d'humidité de 15,35% a été obtenu après séchage sous air chaud entre 105°C-110°C. (Uttamborah et al., 2018) ont également enregistré au cours du séchage à 100-150°C, de la goyave récoltée au printemps et en automne, des taux d'humidité proche de 14,67% et 14,64% respectivement. D'autre part, un taux d'humidité inférieur (1%) a été révélé dans les travaux menés par (Chakraborty et al., 2011) sur une variété de *P. guajava*, récoltée au Niger est séchée à température ambiante. De même (Okunrobo et al., 2008) ont observé un taux d'humidité moyenne de 4,77% sur une goyave mûre séchée à 50°C sous air chaud.

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

3. Screening phyto-chimique

L'étude phyto-chimique a permis de déterminer les grandes familles des composés chimiques que les extraits du fruit *Psidium guajava* peuvent contenir. Plusieurs études ont montré la présence de composés phénoliques dans le jus, pulpe, peau et pépins dont le jus et la pulpe sont très riches en métabolites secondaires bénéfiques, quant à la peau et les pépins, elles contiennent une faible teneur en substance phyto-chimique.

• Peau

Les résultats des analyses phyto-chimique d' (Arockia et al., 2017) de différents extraits de la peau de fruit *P. guajava* en utilisant quatre solvants différents ; le méthanol, l'hexane, l'eau distillée et l'acétate d'éthyle, sont résumés dans le tableau 4.

Tableau 4 : Analyses phyto-chimiques de différents extraits d'écorces de fruits *P. guajava*

Composés phytochimiques	Méthanol	Hexane	Acétate	D'éthyle aqueux
Flavonoïdes	+	+	-	-
Saponines	+	-	-	-
Phénol	+	+	-	-
Tanins	+	-	-	-
Alcaloïdes	+	-	+	+
Terpénoïdes	-	-	+	-
Les glucides	+	-	-	-
Anthraquinones	-	+	-	-
Glycosides	-	-	+	+
Stéroïdes	+	+	-	-
Protéine	-	-	-	-

Présence : (+) Absence : (-)

(Arockia et al., 2017)

D'après ces résultats, l'extrait méthanolique est riche en flavonoïdes, en saponines, en phénol, en alcaloïdes, en tanins, en Glucides et en stéroïdes. Dans l'extrait d'hexane les résultats étaient positifs pour les trois classes ; flavonoïdes, phénol, anthraquinones et stéroïdes. Par contre l'extrait aqueux était riche en alcaloïdes, en terpénoïdes et en glycosides. Enfin pour l'extrait d'acétate d'éthyle les résultats étaient positifs seulement pour deux classes (alcaloïdes et glycosides). Les chercheurs ont signalé une absence totale de des saponines, des alcaloïdes, des terpénoïdes, des tanins, des glucides, des glycosides et des protéines.

• Jus

Selon l'étude réalisée par (Deepa *et al.*, 2015) et ce de (Vikrant *et al.*, 2012) sur l'extrait aqueux et extrait éthanolique de jus de goyave (Tableau 5), le criblage phytochimique préliminaire des extraits a montré divers degrés de présence de métabolites secondaires. Il a révélé une forte présence de substances chimiques telles que les tanins, les phénols, les stéroïdes et les flavonoïdes dans l'extrait aqueux et l'extrait éthanolique. Ainsi une présence modérée de glycosides, carbohydatants et les betacyanines ont été montrés dans les deux extraits.

Les auteurs ont signalé que la présence des anthocyanines n'a été mise en évidence que dans l'extrait éthanolique de jus de *p.guajava* L. En revanche une absence totale a été enregistrée pour les saponines, les alcaloïdes et les protéines.

Tableau 5 : Analyses phytochimiques de deux extraits de jus *P. guajava*

Métabolites secondaire	Extrait éthanolique	Extrait aqueux
Carbohydate	+	+
Tannins	++	++
Saponines	-	-
Flavonoïdes	++	++
Alcaloïdes	-	-
Anthocyanine	+	-
Betacyanines	+	+
Glycosides	+	+
Protéines	-	-
Stéroïdes	++	++
Phénols	++	++

- Test négative, + Présence moyenne, ++ Présence abondante

- **Pulpe**

L'étude de (Mada-hary, 2015) sur le screening phytochimique de pulpe de goyave, a révélé la présence de substances chimiques qui sont récapitulées dans le **tableau 6**.

Tableau 6 : Les résultats des screening phytochimiques de pulpe de goyave

Métabolite secondaire	Pulpe de <i>P. guajava</i>
Coumarines	-
Flavonoïdes	-
Anthocyanines	-
Leucoanthocyanes	++
Tanins condensés	++
Tanins hydrolysables	-
Quinones	-
Phénols	+
Stérols insaturé	++
Stéroïdes lactonique	++
Triterpènes	++
Alcaloïdes	-
Stéroïdes	++
Cardioïdes	++
Iridoides	+
Saponines	-
Hétérosides cyanogènes	-

- Test négative, + présence moyenne, ++ présence abondante

(Madahary,2015)

D'après les résultats du tableau 11, la pulpe de *P. guajava* est riche en métabolites secondaires responsables de nombreuses activités biologiques. Elle renferme des leucoanthocyanes, des stérols insaturés, des stérols lactoniques, des triterpènes, des stéroïdes, des tanins, des cardénolides et d'autres composés phénoliques. Certains auteurs ont trouvé des

concentrations élevées de caroténoïdes (Bêta-carotène, lycopène et bêta-cryptoxanthine), vitamine C et polyphénols dans la pulpe de goyave (**Oliveira Dda S. et al., 2010 ; Ramírez A. Delahaye EP, 2011**).

D'après les résultats (**Oloyede, 2005**), la pulpe de *P. guajava* est pauvre en flavonoïdes et riches en acides phénoliques et en tanins qui sont responsables de nombreuses activités biologiques et la richesse de cette partie de fruits en ces substances montre ses intérêts pharmacologiques mais un peu moins que l'extrait de jus.

- **Pépins**

D'après (**Baby Joseph (2011)**), les pépins de *P. guajava* sont riches en flavonoïdes, vinylpropionate, quercitrines, glycosides, protéines et les phénols, Les saponines, les alcaloïdes, et carbohydrate. Ces résultats corroborent avec ceux de (**Pelegrini et al., (2008)**), qui ont suggéré que les pépins de la goyave ont une faible teneur en flavonoïde pratiquement absentes, mais ils présentent des tanins, des cardénolides et d'autres composés phénoliques.

Tableau 7 : Les résultats des screening phytochimiques sur les pépins de goyave

Métabolites secondaires	Extrait éthanolique de pépins
Carbohydate	-
Tannins	-
Saponines	-
Flavonoïdes	+
Alcaloïde	-
Vinylpropionate	+
Quercitrines	+
Glycosides	+
Protéines	+
Phénols	+

- Test négative + Test positive

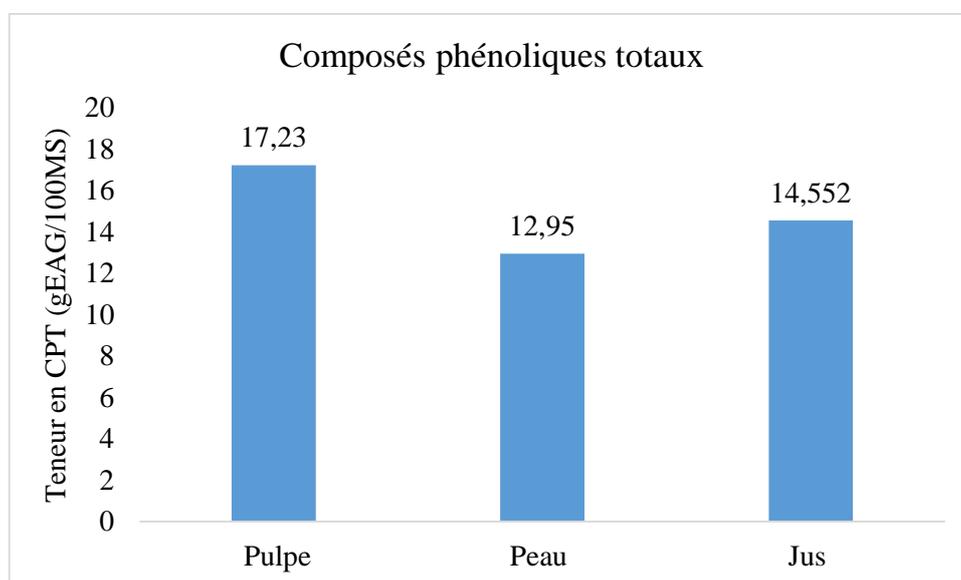
(**Baby Joseph (2011)**)

(**Castro-Vargas et coll. et Ojewole**) ont extrait et identifié des niveaux significatifs de caroténoïdes et de composés phénoliques totaux à partir de graines de goyave. Les graines présentent des activités antimicrobiennes, gastro-intestinales et anticarcinogènes probablement

dues à la présence de phénols et glycosides dans la composition (**Pelegrini PB, et al., 2008 ; Salib JY, Michael HN 2004**)

3.1. Dosage spectrophotométrie des polyphénols totaux

Selon la littérature scientifique (**Khan et al., 2015 ; Arockia et al., 2017**) la quantité en composés phénoliques totaux variés d'une partie de fruit à une autre (**figure 20**). Rapportent que la pulpe est la partie la plus riche en composés phénoliques (**Pedregosa.F.et al.**)



CPT : contenu phénolique total, EAG : équivalent acide gallique, MS : matière sèche)

Figure 20 : Teneur en polyphénols totaux des extraits de différentes parties du fruit *P. guajava*. (**You et al., 2011**)

Beaucoup d'auteurs ont obtenu des concentrations en CPT plus faibles que ceux de (**Pedregosa.F.et al.**) En effet, les travaux sur la goyave rapportés par (**You et al., 2011**) sur l'extrait éthanolique de la peau 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.

Les travaux sur la goyave rapportés par (**Moni G et al., 2018**) sur les extraits éthanoliques de jus de goyave ont montré un taux de l'ordre de 14,552 g EAG/100g MS.

D'autres auteurs ont enregistré des valeurs plus élevées telles que (**Silva et al.**) 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. (**Tuan. M 2016**). Cependant, aucune étude n'a été réalisée sur les pépins.

Selon les résultats, on distingue que la teneur en polyphénols des parties (peau, pépins, jus, pulpe) dépend la polarité de solvant et du mode d'extraction.

En fait, la solubilité des polyphénols est gouvernée par le type de solvant utilisé, leur degré de polymérisation ainsi que de leur interaction avec d'autres constituants et la formation de complexes insolubles. Selon (**Seidel 2005**), l'eau et le méthanol sont deux solvants polaires qui extraient particulièrement les flavonoïdes glycosylés et les tannins. Tandis que les flavonoïdes aglycones sont extraits par les alcools ou les mélanges eau-alcool (**Marston et Hostettmann, 2006**).

Généralement et selon la littérature scientifique Le contenu polyphénolique varie qualitativement et quantitativement selon plusieurs facteurs :

- Facteurs climatiques et environnementaux : la zone géographique, sécheresse, sol, agressions et maladies...etc. (**Arockia et al., 2017**).
- Le patrimoine génétique, la période de la récolte et le stade de développement de la plante, le type de polyphénol, l'état de santé du fruit, la méthode de récolte et de stockage (**Araújo et al., 2018**).

La méthode d'extraction et la méthode de quantification peuvent également influencer l'estimation de la teneur des phénols totaux (**Lee et al., 2003**).

3.2 Dosage des flavonoïdes

Les résultats de la teneur en flavonoïdes des extraits des épiluchures et pulpe de la goyave étudiée sont schématisés dans la **Figure 21**.

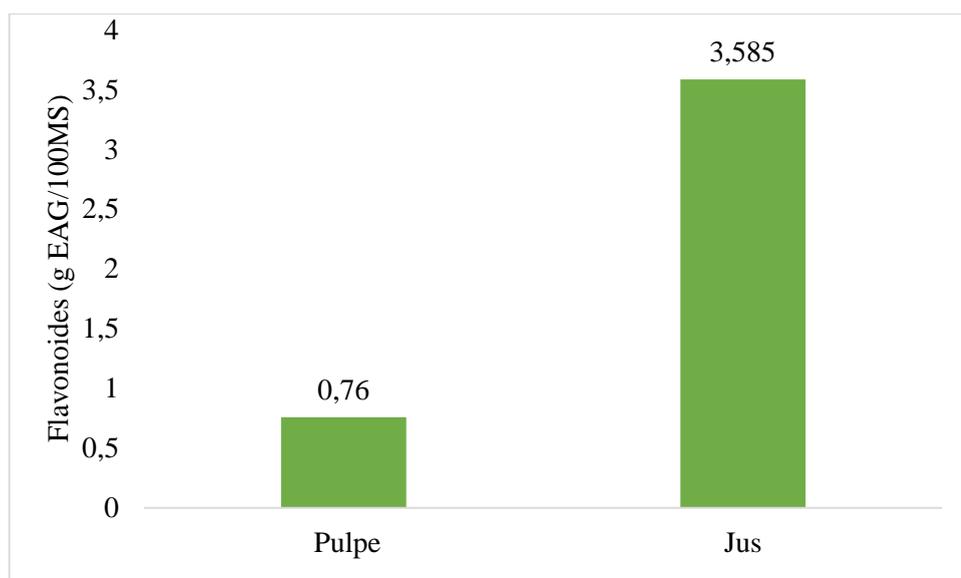


Figure 21 : Teneur en flavonoïdes des extraits des deux parties de la matrice végétale.

(Moni G *et al.*, 2018)

(Moni G *et al.*, 2018) ont signalé que la quantité la plus élevée en flavonoïdes est obtenue avec l'extrait éthanolique de jus (3,585g EQ/100 g MS). D'autre part, un résultat similaire est reporté par (Lin et Yin, 2012) 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, selon nos recherches aucune étude n'a été réalisée sur le taux des flavonoïdes dans les épiluchures et les pépins.

3.3 Dosage des tannins

Les résultats de la teneur en tannins de (Sereme A *et al.*, 2008) (Figure22) des extraits des épiluchures et jus de la goyave sont représentés dans la Figure 33. Selon ces résultats la teneur la plus élevée est obtenue dans l'extrait des épiluchures (31 g/100g MS). Au contraire, un taux nettement plus faible a été enregistré dans l'extrait du jus (3,1g/100g MS).

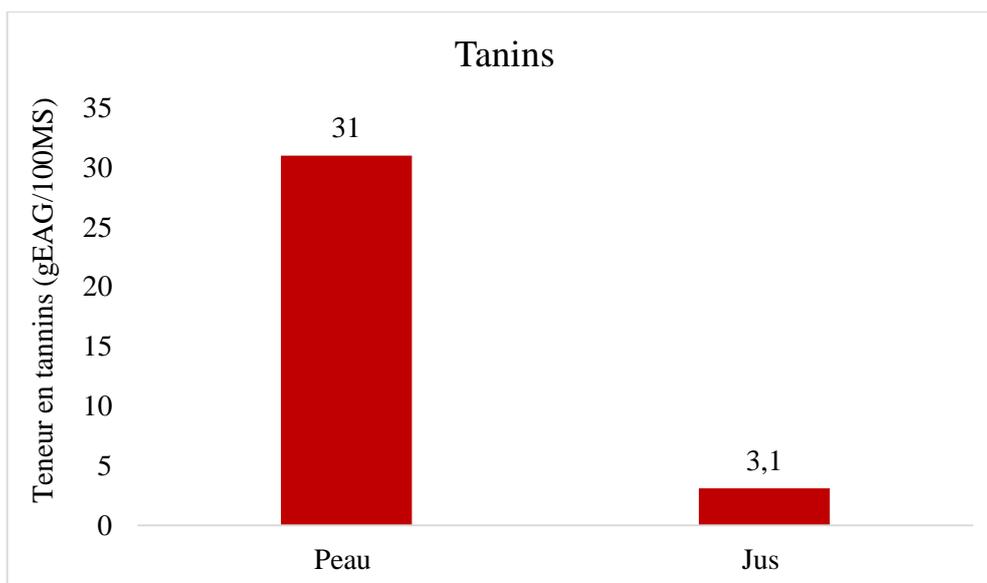


Figure 22 : Teneur en tanins des extraits des deux parties de la matrice végétale.

(Sereme A et al., 2008)

(Sereme A et al., 2008) ont obtenu un taux nettement plus faible sur l'extrait du jus (3,1g/100g MS). Cependant, la teneur la plus élevée est obtenue dans l'extrait des épiluchures (31 g/100g MS).

4. L'identification des composés phénoliques par HPLC.

Selon l'étude de (Blancas-Benítez et al. 2019), (figure 23), L'acide gallique a été le principal composé trouvé dans la goyave, et son pourcentage de détection a augmenté pendant la digestion *in vitro*. La même observation a été constatée pour les acides chlorogéniques, coumarique et hydroxycinnamique dans la goyave.

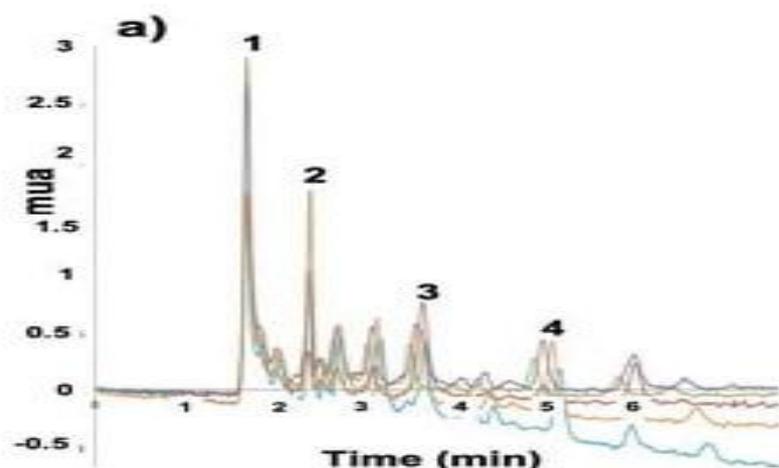


Figure 23 : Profil des composés phénoliques (HPLC-DAD) de la goyave (a)
1 : acide gallique, 2 : acide chlorogénique, 3 : acide coumarique, 4 : acide hydroxycinnamique.

(Blancas-Benítez *et al.*, 2019)

D'après (Rojas-Garbanzo *et al.* 2017), Divers groupes de polyphénols constituent le profil phénolique des extraits de la goyave rose (fig.24). Ces composés variaient des simples acides phénoliques tels que l'acide gallique aux oligomères tels que les pro anthocyanidines aux tanins condensés. Cependant, il n'a pas été possible d'obtenir des spectres UV clairs en raison du chevauchement des pics et des faibles intensités. Par conséquent, la quantification des polyphénols individuels n'a pas été réalisée.

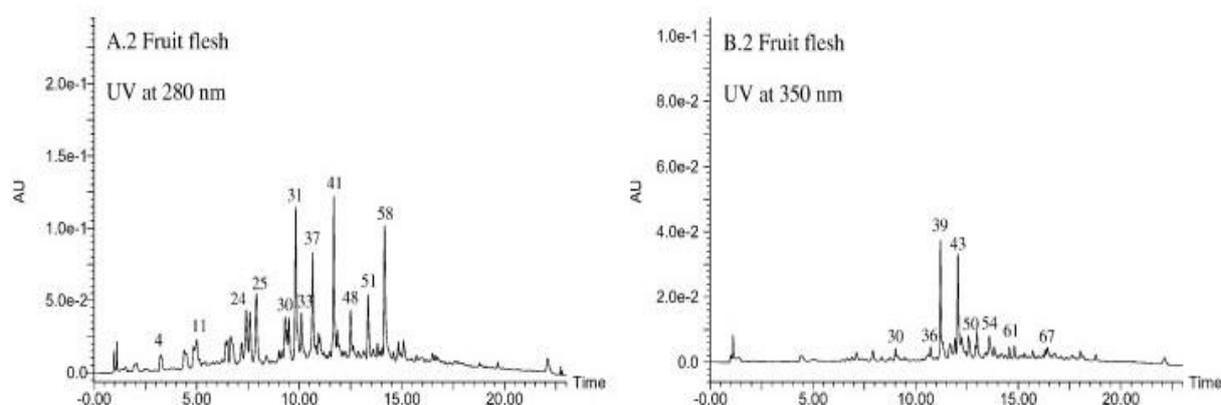


Figure 24 : Analyse HPLC-MS-DAD d'extrait de goyave (Rojas-Garbanzo *et al.*, 2017).

Le principal composé polaire dans la peau était le composé 41, la catéchine, suivi du cinnamoyl-O-hexoside. Sur la base de la hauteur des pics, le niveau de composé 31 est le double de son niveau dans la peau. Le diméthoxycinnamoyl-O-hexoside (39) était le principal (polyphénol dans la peau, suivi de la nothofagine (43) et du glucuronide de quercétine19 (49).

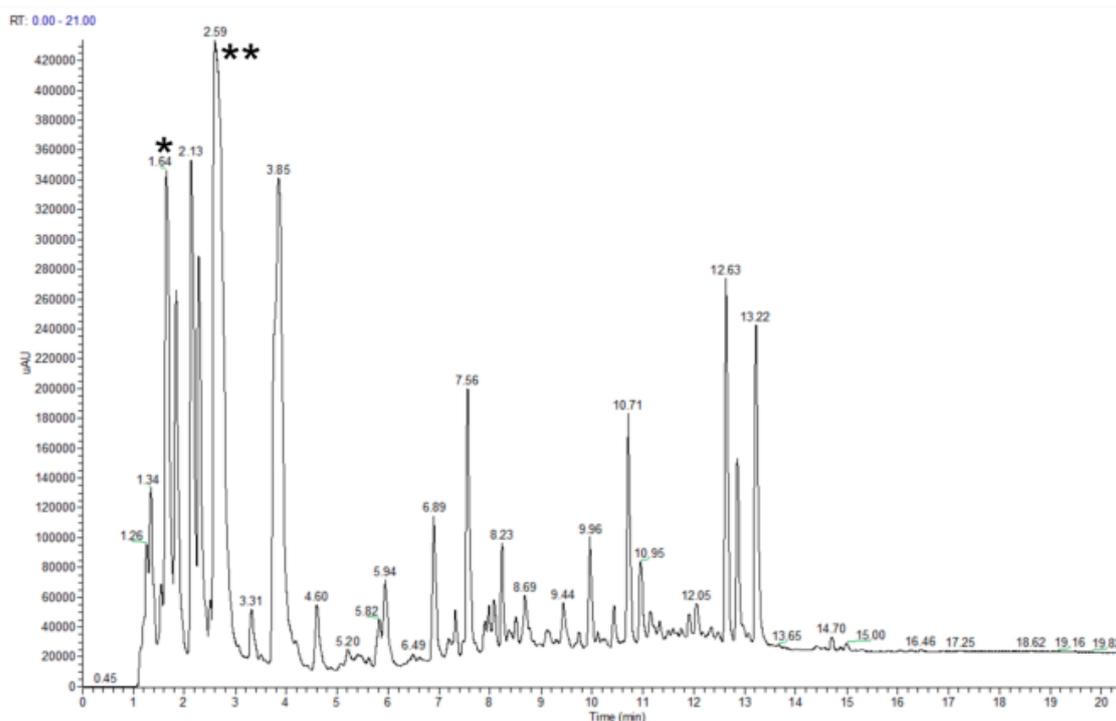


Figure 25 : Chromatogrammes de substances phénoliques de la goyave (**Rojas-Garbanzo et al., 2017**)

Dans une autre étude récente (**Kong et al., 2019**) l'analyse HPLC couplée à la spectroscopie de masse de l'extrait éthanolique du fruit de la goyave par macération a révélé quatre composés phénoliques (Figure 28) ; 5-hydroxyméthylfurfural (2,76 mg / mL), Acide kojique (0,33 mg / mL) 2,3-butanediol et l'acide acétique et 3,5-Dihydroxy-2-méthyl4H-pyran-4-one.

II. Activité antimicrobienne

Activité antibactérienne

Dans l'étude de (Yeshiwas et al., 2018) sur l'activité antibactérienne des extraits éthanoliques de fruit de goyave vis-à-vis certaines souches pathogènes sélectionnées (tableau 11) et la figure 36, les résultats ont montré un effet inhibiteur sur les quatre germes pathogènes testés (*S. aureus*, MRSA, *Streptococcus sp* et *Escherichia coli*). L'antibiotique standard (témoin positif) utilisé dans cette étude était l'amoxicilline (AML). Alors que l'eau était utilisée comme témoin négatif et n'a montré aucune zone d'inhibition contre les organismes testés.

Une variation significative a été observée dans les activités antibactériennes (zones d'inhibition) des différents extraits. Le **tableau 8** montre l'effet inhibiteur contre les quatre agents pathogènes des extraits éthanoliques de la goyave à chair blanche. La zone d'inhibition des extraits éthanoliques de goyave à chair blanche contre tous les agents pathogènes testés était significativement plus grande (24,33-29,33 mm) que l'extrait chloroformique. Ce dernier n'a eu aucun effet inhibiteur sur l'ensemble des microorganismes testés. Le résultat de cette étude a montré que l'activité antibactérienne des extraits de fruits éthanoliques de goyave blanche était efficace contre *S. aureus*, MRSA, *Streptococcus sp*, et *Escherichia coli*. Par rapport au standard l'amoxicilline. Ces résultats corroborent avec beaucoup d'études qui ont confirmé que les extraits bruts éthanoliques présentent une activité antimicrobienne considérablement plus élevée par rapport aux extraits bruts chloroformiques (Bajalan et al., 2017 ; Fakhfakh et al., 2017 ; Giacomini et al., 2017 ; Meng et al., 2017 ; Nair et al., 2017 ; Palanisamy et al., 2017 ; Paliwal et al., 2017 ; Sagbo et al., 2017).



Staphylococcus aureus

MRSA

Escherichia coli

Figure 26 : Activité antibactérienne des extraits éthanoliques de la goyave envers certains pathogènes sélectionnés (Yeshiwas et al., (2018))

Tableau 8 : Activité antibactérienne d'extraits éthanoliques et de chloroforme de fruits de goyave

Organisme testé	Zone moyenne d'inhibition (en mm) ± ET		
	Extraits d'éthanol	Extraits de chloroforme	Médicament standard
<i>Staphylococcus aureus</i>	26,67±0.58	00,00± 00,00	14 ,00
<i>S. aureus MRSA</i>	24,33±0.58	00,00± 00,00	12,00
<i>Streptococcus sp.</i>	29,33±0.58	00,00± 00,00	10,00
<i>Escherichia coli</i>	25,67±0.58	00,00± 00,00	11,00

(Yeshiwas et al., 2018)

Dans une autre étude réalisée par (koffi et al., 2013), les résultats des tests antimicrobiens réalisés en utilisant la méthode de dilution en milieu liquide couplée à la méthode de diffusion en milieu gélosé des extraits éthanolique, aqueux et chloroformique. les résultats sont exprimés en pourcentage d'inhibition des germes par les extraits (Tableau 14).

Tableau 9 : Résultats des tests antimicrobiens exprimé en pourcentage d'inhibition.

	Eau (%)	Ethanol (%)	Chloroforme (%)
<i>Esherichia coli</i>	99,14	9,76	8,21
<i>Salmonella spp.</i>	74,14	79, 8	00,00
<i>Staphylococcus aureus</i>	84,30	87,47	25,00
<i>Candida albicaus</i>	54, 80	62,25	36,00

Il ressort de ces résultats que l'extrait aqueux de peau de *P. guajava* a une action très marquée sur *E. coli* et que l'extrait aqueux c'est révélé le plus actif en comparaison avec l'extrait éthanolique et l'extrait de chloroforme. Cette observation est confirmée aussi par les travaux de plusieurs qui ont démontré in vitro l'activité antibactérienne significative des extraits de *P.guajava* sur *E. coli*, *Salmonella typhi*, *Salmonella entiridis*, *Proteus mirabilis*, *Shigella dysenteriae*, *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus spp*, *Pseudomonas spp*, *Shigella sp*,

Bacillus cereus, *Bacillus spp.*, *C. albicans* (Gnan et Demello, 1999 ; Arima et Danno, 2002 ; Taylor, 2007).

(Sanchez et al. 2005) ont évalué l'activité antibactérienne de *P. guajava* vis-à-vis des bactéries Gram positif et Gram négatifs. En testant des extraits éthanoliques et aqueux des feuilles, peau et racine de *P. guajava* contre *S. aureus*, ils ont montré que les extraits de la plante induisaient une activité plus remarquable quand on utilise l'éthanol ou un mélange éthanol eau comme solvant que l'eau seule. D'autre part l'étude menée par (Nwinyi et al., 2008) sur *E. coli* et *S. aureus*, ont constaté les mêmes observations (Tableau 10).

Tableau 10 : Activité antibactérienne des extraits aqueux et extrait éthanolique de *Pisidium guajava* contre *Escherichia coli* et *Staphylococcus aureus*.

	Zone d'inhibition (mm)							
	Extrait aqueux				Extrait éthanolique			
	10 ⁰	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁰	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³
<i>E.coli</i>	16	9	-	-	21	12	9	-
<i>S.aureus</i>	11	8	-	-	14	11	8	-

(-) = Aucune inhibition de la croissance ; (10₀, 10₁, 10₂, 10₃) = Dilution différente

(Nwinyi et al., 2008)

(Berdy et al., 1981) ont attribué les effets antibactériens des extraits de goyave aux flavonoïdes, guajaverine et acides psydioliques présents dans le fruit. Les flavonoïdes sont connus pour être inhibiteurs de *S. aureus* et il a été utilisé dans le traitement des tissus enflammés (Ali et al., 1996). Il a été établi que les pectines et les tannins trouvées dans le fruit de goyave se lient à *E. coli*, empêchant ainsi son adhésion à la paroi intestinale et le risque d'infection (Berdy et al., 1981 ; Mota et al., 1985). Dans une autre étude réalisée par (Suzanne A. et al., 2016) sur les différentes parties de fruits de *P. guajava*, seuls les extraits aqueux de peaux ont montré un effet antimicrobien. À des concentrations de 10%, les *Staphylococcus aureus* à coagulase positif et les MRSA sont inhibés avec un diamètre de zone d'inhibition de 20 mm (Tableau 16).

Dans la même étude (**Suzanne A. et al., 2016**), ont montré que lorsque le SARM a été exposé à ¼ de CMI d'extraits aqueux de peaux de *P. guajava* avec différents antibiotiques, sa sensibilité à la vancomycine, à l'oxacilline et la céfoxitine aient restauré de manière significative ce qui confirme l'effet synergétique entre l'extrait et les antibiotiques (tableau 14).

Tableau 11 : Résultats de l'effet synergétique antibiotiques- extrait de peau *P. guajava*, vis-à-vis le SARM et *S.aureus* à coagulase positif. (**Suzanne A. et al., 2016**)

	Zone d'inhibition (mm)			
	MRSA		<i>S.aures</i>	
Extraits	-	+	-	+
Antibiotique	+	+	+	+
Vancomycine	0	16	16	26
Gentamycine	0	23,3	22	21
Oxacilline	0	22	45	30
Céfoxitine	0	22,6	70	30

0 : pas de zone d'inhibition. - : Aucun extrait ajouté. + : extrait ajouté.

(**Agourram A et al. 2013**) et (**belkhir M et al., 2013**) ont constaté que les bactéries Gram positives étaient plus sensibles à l'effet de la peau *P.guajava* par rapport à Gram négatif. Cet effet pourrait être attribué à la structure de la bactérie Gram négatif paroi cellulaire qui fournit un niveau de résistance intrinsèque à certaines substances hydrophiles et empêchant ainsi la pénétration des composés bioactifs de l'extrait aqueux dans la cellule bactérienne (**Sanches NR et al., 2005**).

Dans l'étude de (**Lutterodt et al., 1999**) sur effets antimicrobiens et anti diarrhéique de l'extrait de *Psidium Guajava* à une concentration de 20 mg / ml, la croissance des 10 souches de bactéries les plus impliquées dans les diarrhées courantes a été inhibée (**Fig.27**)

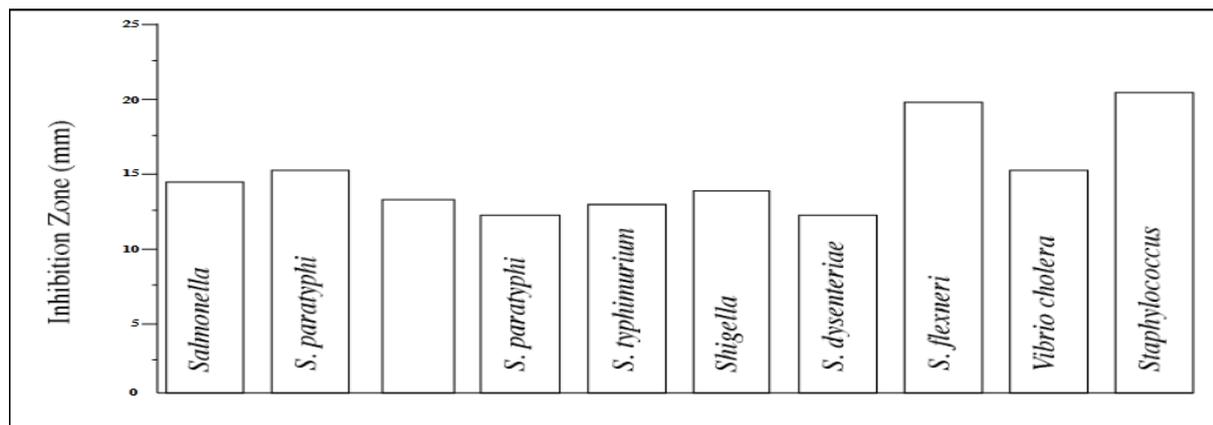


Figure. 27 : Moyenne des inhibitions de croissance (diamètres des zones d'inhibition) en mm produites par 20 mg / ml (équivalent à 5 µg / ml du composé actif) d'extrait de *Psidium guajava* sur 10 bactéries diarrhéiques courantes.

(Malays J Med Sci. (1999))

Une CMI de 10 mg / ml a été obtenue pour les sept souches les plus sensibles. *Shigella flexneri*, *Vibrio cholerae* et *Staphylococcus aureus*, ont montré une valeur CMI de 1 mg / ml. La plus grande sensibilité (zone d'inhibition de 11 mm) a été mise en évidence par *Staphylococcus aureus* (figure 28).

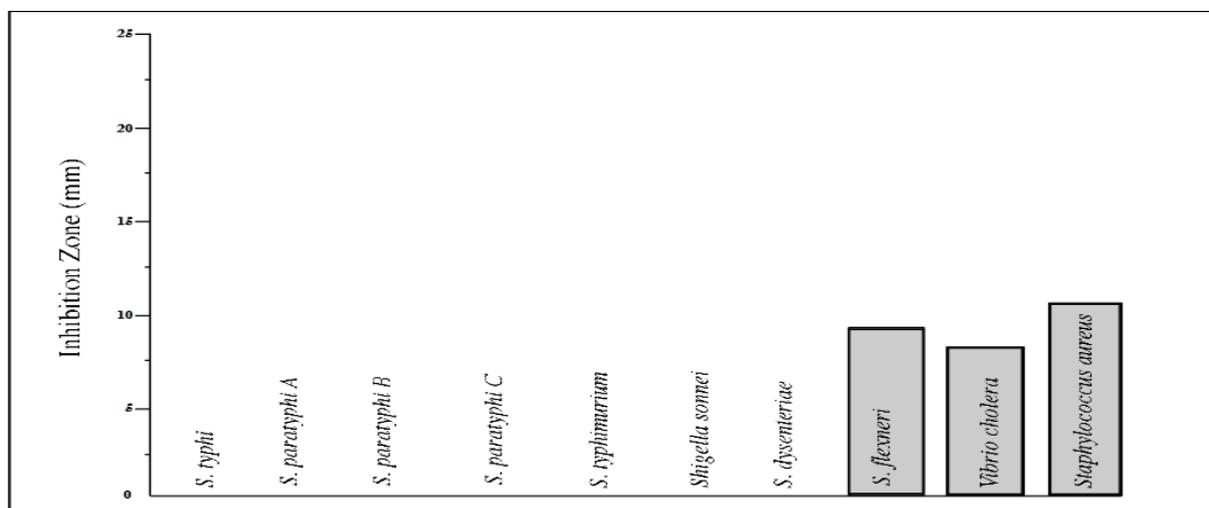


Figure 28 : Inhibitions moyennes de croissance (diamètres des zones d'inhibition) en mm produites par 1 mg / ml d'extrait (CMI) de *Psidium guajava* sur les 3 plus sensibles des 10 bactéries diarrhéiques courantes. La CMI pour les 7 autres organismes était de 10 mg / ml (équivalent à 2,5 µg / ml du composé actif) d'extrait de *Psidium guajava*

(Malays J Med Sci. 1999)

Ces résultats sont très intéressants et justifient l'utilisation de l'extrait de la peau de la goyave pour traiter les gastro-entérites. Il est intéressant de noter que l'extrait pourrait être utilisé contre les *Salmonelles* qui causent les intoxications alimentaires et les salmonelles les plus virulentes qui causent la fièvre typhoïde et paratyphoïde. L'étude a également montré que *Vibrio cholerae* est très sensible aux effets de l'extrait. (Lutterodt GD, 1992)

Les résultats de (Lutterodt GD et Maleque A 1988) ont également montré que *S. aureus*, un organisme commun d'intoxication alimentaire, était le plus sensible de toutes les bactéries étudiées. Comme *S. aureus* est également couramment impliqué dans les plaies infectées, il serait intéressant de supposer que l'extrait pourrait être utilisé comme alternative dans leur traitement

2. Activité antifongique

L'activité antifongique des extraits du fruit de la goyave a été étudiée par plusieurs auteurs, (Pandey Amit et al., 2011) ont signalé que les extraits du fruit *Psidium guajava* sont dotés d'une activité antifongique plus élevée par rapport aux extraits de feuilles. D'après cette étude, les solvants ; éthanol, méthanol et d'acétate d'éthyle ont montré les meilleurs rendements d'extraction et le meilleur effet antimicrobien par rapport à l'extrait aqueux.

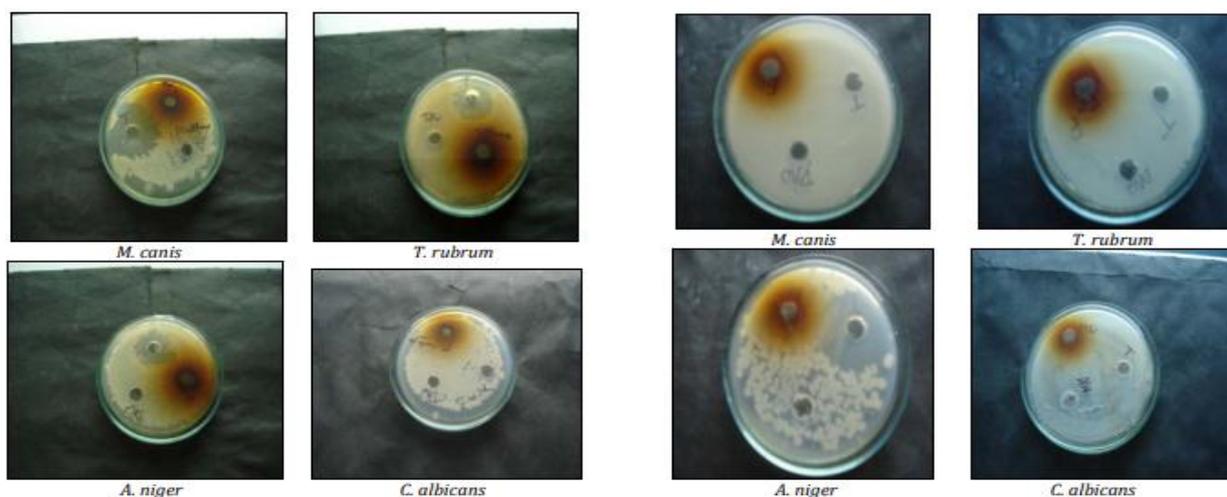
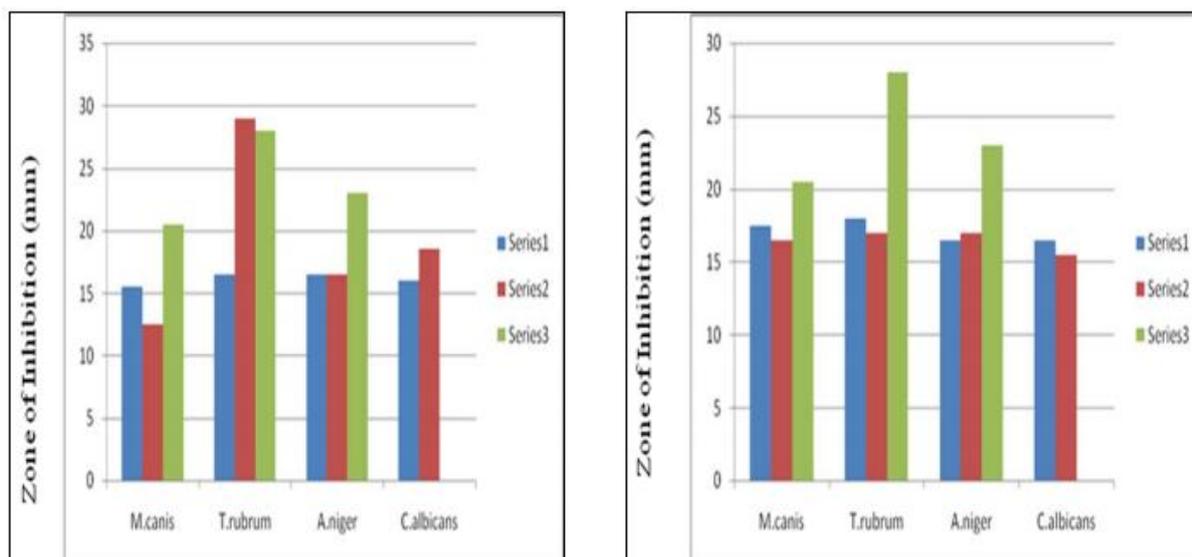


Figure 29 : Activité antifongique de l'extrait méthanolique et éthanolique de *Psidium guajava* sur quatre espèces de champignons (*Trichophyton Rubrum*, *Candida albicans*, *Microsporium canis* ; *Aspergillus niger*) (Pandey Amit et al., (2011))

L'analyse de l'antibiogramme (**figure 30**) a montré que le meilleur effet antifongique a été observé pour l'extrait méthanolique contre *Trichophyton. rubrum* avec une zone d'inhibition de 29 mm. Les CMI les plus faibles ont été obtenues pour cette souche ; 1,98 mg / ml dans l'extrait méthanolique et l'extrait éthanolique et 0,33 mg / ml pour l'extrait d'acétate. Les auteurs de ce travail signalent que les composés antifongiques que l'on trouve principalement dans le *Psidium guajava* étaient des tanins, des phlobatanins, des saponines, des terpénoïdes et des alcaloïdes. Ces résultats sont contradictoires avec les résultats de l'étude menée par (**BK Dutta, TK Das, 2000**) qui ont confirmé que l'extrait de la goyave ne présente aucune propriété fongistatique ou fongicide contre *Candida albicans* .

Dans une autre étude (**Sato et al., 2002**), ont mis en évidence l'action fongicide de l'extrait méthanolique du fruit de la goyave mûr contre *Arthrimum sacchari* et *Chaetomium funicola*



Série 1 = Feuilles, Série 2 = Fruits, Série 3 = Tétracycline

Série 1 = Feuilles, Série 2 = Fruits, Série 3 = Tétracycline

Figure 30 : Analyse d'antibiogramme d'extrait méthanolique et éthanolique de feuilles et fruits contre les agents pathogènes fongiques (**Sato et al., 2002**)



CONCLUSION



De nos jours, l'utilisation des plantes médicinales en phytothérapie a reçu un grand intérêt dans la recherche biomédicale, agro-alimentaire et industrielle. Ce regain d'intérêt vient d'une part du fait que les plantes médicinales représentent une source inépuisable de substances et de composés naturels bioactifs.

Dans ce cadre, ce travail a été mené dont l'objectif était l'étude phytochimique et l'évaluation de l'activité antimicrobienne des extraits préparés à partir des différentes parties (pulpe, peau, pépin, jus) du fruit de la goyave « *Psidium guajava* L. » mais à cause de la pandémie sanitaire COVID-19 on n'a pas pu terminer la partie pratique de notre étude, ainsi, il a été intéressant de compléter ce travail par l'étude des résultats des autres chercheurs.

Selon notre analyse des travaux antérieurs on a pu conclure que ce fruit est très riche en composés phénoliques ainsi il est doté d'un spectre d'activité antimicrobienne large.

De ce fait, on a révélé que les rendements des extraits de goyave sont plus élevés dans la peau suivie par l'extrait de jus et l'extrait de pépin, alors que la pulpe est la partie la plus pauvre en polyphénols.

L'analyse de screening phytochimique étudié par plusieurs auteurs a permis de mettre en évidence les polyphénols, les flavonoïdes, les tanins, les terpénoïdes, les anthraquinones, les stéroïdes, les alcaloïdes, les glycosides et les caroténoïdes dans les extraits du fruit. Au contraire les auteurs ont signalé une absence totale des coumarines et des saponines.

L'ensemble des résultats montre que les extraits de *Psidium guajava* L. doué d'activités antimicrobiennes remarquables. En effet, la sensibilité des souches bactériennes aux différents extraits suggère leur possible utilisation en thérapeutique comme alternative naturelle aux agents chimiothérapeutiques. De même les extraits du fruit représentent un outil très intéressant pour établir leur utilité comme agents antimicrobiens en protection des végétaux. Ces substances naturelles riches en composés antifongiques et antioxydants sont considérées comme alternatives importantes pour supplanter les substances synthétiques utilisées en thérapeutique, en agroalimentaire ou en industrie pharmaceutique.

Cette étude ouvre la voie à une plus grande attention à la recherche et l'identification des composés actifs responsables des activités de cette usine biologique. D'autres études devraient être menées pour élucider le mécanisme d'action exacte par lequel les extraits exercent surtout leur effet antimicrobien.



REFERANCES
BIBLIOGRAPHIQUES



A. Mani, R. Mishra, et G. Thomas. 2011. Elucidation of diversity among *Psidium* species using morphological and SPAR methods, *Journal of Phytology*, vol. 3, pp. 53–61

AA Estrada-Luna, FT Davies, JN Egilla. 2000. Mycorrhizal fungi enhancement of growth and gas exchange of micro propagated guava plantlets during ex vitro acclimatization and plant establishment. *Mycorrhiza*; 10:1-8

Agourram A, Ghirardello D, Rantsiou K, Zeppa G, Belviso S, Romane A, et al. 2013. Phenolic content, antioxidant potential and antimicrobial activities of fruit and vegetable by-product extracts. *Int J Food Prop*; 16(5):1092-104.

Ali AM, Shamsuzzaman M, Rahman HM, Hoque MM .1996. Screening of different solvent extracts of the bark of *Psidium guajava* from antibacterial activity. *Bangladesh. J. Sci Industr. Res.* 31: 15 -165.

Alwash M. S., Ibrahim N. and Ahmad W. Y., 2013. Identification and mode of action of antibacterial components from *Melastoma malabathricum* linn leaves. *American Journal of Infectious Diseases* 9(2): 46-58.

Anita. B. 2013. Compliments alimentaires [en ligne]. Disponible sur : <https://www.complements-alimentaires.co/goyavier/> (consulté le 11/04/2020)

Argueta, V., L. Cano, M. Rodarte.1994. Atlas de las plantas de la medicina tradicional mexicana: Instituto Nacional Indigenista. Vol. II. México : 559 (2ème édition)

Arima H. et Danno G. 2002. Isolation of antimicrobial compounds from Guava (*Psidium guajava* L.) and their structural elucidation. *Biosci. Biotechnol. Biochem.* 66(8):1727-30.

Arockia Elizabeth Josephine S, Seetharaman S, Indra V, Lakshmi Praba S, Sheela D. 2017. A study on phytochemical profiling, antibacterial and anticancer activity of *Psidium guajava* L. fruit peel extracts against MCF-7 cell line, *International Journal of Zoology Studies* 2 (6) ; 177-181

- Bajalan, I., Rouzbahani, R., Pirbalouti, A.G., Maggi, F., 2017.** Antioxidant and antibacterial activities of the essential oils obtained from seven Iranian populations of *Rosmarinus officinalis*. *Industrial Crops and Products*. 107, 305-311.
- 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, no 2, p. 135_140.
- Belkhir M, Rebai O, Dhaouadi K, Sioud B, Amri M, et Fattouch S. 2013.** Antioxidant and antimicrobial activities of Tunisian azarole (*Crataegus azarolus* L.) leaves and fruit pulp/peel polyphenolic extracts. *Int J Food Prop* ; 16(6):1380-93.
- Berdy J., Aszalos A., Bostian M., et Mcnitt K.L. 1981.** *CRC Handbook of antibiotic compounds*. Boca Raton, CRC Press, vol. 8, Part 1.
- Bergogne-Berezin E. et Dellamonica P., 1995.** *Antibiothérapie en pratique clinique*. Ed. Masson, Paris.
- Billing J. et Sherman P.W., 1998.** Antimicrobial functions of spices: why some like it hot. *Q. Rev. Biol.* 73: 3-49.
- BK Dutta, TK Das.2000.** In vitro study on antifungal property of common fruit plants. *Biomedicine*. 20:187-189.
- Blancas-Benítez, F.J., Montalvo-González, E., González-Aguilar, G.A and Sáyago-Ayerdi, S.G. 2019.** In vitro bioaccessibility and release kinetics of phenolic compounds from guava (*Psidium guajava* L.) and soursop (*Annona muricata* L.) pulp. *TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, 22 (1) : 1-7.
- Boizot, N., Charpentier, J. 2006.** Méthode rapide d'évaluation du contenu en composés phénoliques des organes d'un arbre forestier. *Journal Cahier des Techniques de l'INRA* 79-82.
- 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.

Castro-Vargas HI, Rodríguez-Varela LI, Ferreira SRS, Parada-Alfonso F. 2010. Extraction of phenolic fraction from guava seeds (*Psidium guajava* L) using supercritical carbon dioxide and co-solvents. *J Supercrit Fluids* 51: 319-324.

Chandrika.U. G., Fernando.K. S. S. P., et 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, no 7, p. 558-566.

Copyright. H. 2020 - Belin Éducation [en ligne]. Disponible sur : <https://manuelnumeriquemax.belin.education/svt-premiere/topics/simple/svt1-ch16-277-01> (consulté le : 2 /09/2020)

Cushnie. T.P et Lamb A.J, 2005. Antimicrobial activities of flavonoids. *Int. J. Antimicrob. Agents* ; 26:343.

Dakappa, S. S., R. Adhikari, S. S. Timilsina, et S. Sajjekhan .2013. A review on the medicinal plant *Psidium guajava* Linn.(Myrtaceae). *Journal of Drug Delivery and Therapeutics* 3 (2).

Debib A., Tir-touil A., Mothana RA., Meddah B et Sonnet P., 2014. Phenolic content, antioxidant and antimicrobial activities of two fruit varieties of *Algerian Ficus carica L.* *Journal of Food Biochem.* 38: 207–215.

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.

Ekoumou C., 2003. Étude photochimique et pharmacologiques de Biologie clinique. Volume 64, Numéro 1, 37-51.

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, no 03, p. 299-313.

Evans WC. 1989. Trease and Evans' Textbook of Pharmacognosy, 13th (ed), Bailliere, Tindall, London: 26-35.

Fakhfakh, N., Abdelhedi, O., Jdir, H., Nasri, M., Zouari, N., 2017. Isolation of polysaccharides from *Malva aegyptiaca* and evaluation of their antioxidant and antibacterial properties. *International journal of biological macromolecules*.105, 1519-1525.

Farinazzi-Machado FMV, Barbalho SM, Guiguer EL, Souza MSS, Bueno PCS et al. 2012. Effects of *Psidium guajava* on the metabolic profile of Wistar rats. *Journal of Med Plant Reserch*.

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.

Feskanich D, Ziegler RG, Michaud DS, Giovannucci EL, Speizer FE, Willett WC, Colditz GA. 2000. Étude prospective de la consommation de fruits et légumes et du risque de cancer du poumon chez les hommes et les femmes. *J Natl Cancer*. 92: 1812–23.

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.

Giacomini, D., Musumeci, R., Galletti, P., Martelli, G., Assennato, L., Sacchetti, G., Guerrini, A., Calaresu, E., Martinelli, M., Cocuzza, C., 2017. 4-Alkyliden-azetidiones modified with plant derived polyphenols: Antibacterial and antioxidant properties. *European journal of medicinal chemistry*. 140, 604-614.

Gnan, S.O. and Demello, M.T. 1999. Inhibition of *Staphylococcus aureus* by aqueous *Goiaba* extracts. *J. Ethnopharmacol*. 68: 103-108.

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, no 3, p. 3165-3180.

Harborne J.B., 1980. Plant Phenolics: *Encyclopedia of Plant Physiology*. New series. Volume (n°8), P.329-402.

Hayouni E.A., Abedrabba M., Bouix M et Hamdi M., 2007. The effects of solvents and extraction method on the phenolic contents and biological activities in vitro of Tunisian (*Quercus coccifera* L) and (*Juniperus phoenicea* L) fruit extracts. *Food Chem*.105:1126-34.

Huang Chin-Shiu, Yin Mei-Chin, Chiu Lan-Chi. 2011. potentiel antihyperglycémique et antioxydant du fruit de *Psidium guajava* chez les rats diabétiques induits par la streptozotocine, *Food Chemical and Toxicology*. 41: 2189-2195.

Husanain. 2017. Guava allergy symptoms and treatment [en ligne]. Disponible sur : <https://fruitsfacts.com/guava-allergy-symptoms-treatment/> (consulté le : 11/04/2020)

Ikram E. H. K. 2009. Antioxidant capacity and total phenolic content of Malaysian underutilized fruits », *Journal of Food Composition and Analysis*, vol. 22, no 5, p. 388-393.

Izzo A.A., 2004. Drug interactions with St. John's Wort (*Hypericum perforatum*): a review of the clinical evidence. *Int J Clin Pharmacol Ther*; 42(3):139-148.

J Sato, K Goto, F Nanjo, S Kawai, K Murata. 2002. Antifungal activity of plant extracts against *Arthrinium sacchari* and *Chaetomium funicola*. *Journal of Bioscience and Bioengineering*. 90:442-446

Jean-François LEROY, 1968. Les fruits tropicaux et subtropicaux. Presses universitaires de France, Paris. 128pp.

Jiménez-Escrig, A., M. Rincón, R. Pulido, et 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.

Khan, A.A.H., Naseem., Vardhini, B.V. 2015. Evaluation of Nutraceuticals in Fruit Extracts of *Psidium Guajava* L. *Next Generation DNA Led Technologies*, 81-89.

Koffi A.G., Amégninou A., Yawo Agbelessesi W., Eyana Kpemissi A., Patrick Y.H., Komlan B., Kossi K., et Koffi A.2013. Evaluation de l'activité antimicrobienne de *Momordica charantia* (cucurbitaceae), *Psidium guajava* (myrtaceae) et *Pteleopsis suberosa* (combretaceae). *European Scientific Journal*. vol.9, No.36 : 1857 – 7881.

Kohanski M.A., Dwyer D.J. et Collins J.J., 2010. How antibiotics kill bacteria. *Microbiol*.8: 423 – 435.

König A., Schwarzingler B., Stadlbauer V. et al. 2019. Guava (*Psidium guajava*) Fruit Extract Prepared by Supercritical CO₂ Extraction Inhibits Intestinal Glucose Resorption in a Double-Blind, Randomized Clinical Study, *Nutrients* 11(7), 1512

Kuc J. 1985. Increasing crop productivity and value by increasing disease resistance through non-genetic techniques, In: Forest potentials: productivity and value, Ballard R (ed), Weyerhaeuser Company Press, Centralia: 147-190.

Kuc J. 1990. Compounds from plants that regulate or participate in disease resistance, bioactive compounds from plants, Wiley, Chichester (Ciba Foundation Symposium 154): 213-228.

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.

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, no 3, p. 303-308.

Lorenz M, Fechner M, Kalkowski J, Fröhlich K, Trautmann A, et al. 2012. Effects of Lycopene on the Initial State of Atherosclerosis in New Zealand White (NZW) Rabbits. PLoS One 7: e30808.

Lutterodt G.D., Ismail A., Basheer R.H.,et Baharudin H. Mohd.1999. Antimicrobial effects of *psidium guajava* extract as one mechanism of its antidiarrhoeal action. Malaysian J. Med. Sci. Vol. 6, No. 2:17-20.

Lutterodt GD, Maleque A. 1988.Effects on mice locomotor activity of a narcotic-like principle from *Psidium guajava* leaves. Journal of Ethnopharmacology. 24:219–31.

Lutterodt GD. 1992.Inhibition of Microlax-induced experimental diarrhoea with narcotic-like extract from *Psidium guajava* leaf in rats. In: Capasso, Mascolo N, editors. Natural Drugs and the Digestive Tract - Proceedings of the 1st International Symposium on Natural Drugs and the Digestive Tract; Napoli, Italy. pp. 129–40.

Lutterodt GD. 1993.Analgesic efficacy of *Psidium guajava* extractive in mouse experimental pain models. Asia Pacific Journal of Pharmacology.vol 8:83–7.

MADA-H.2015. Activité antioxydante et screening phytochimique de la pulpe de *Psidium guajava* Linn. et de la pelure de *Musa x paradisiaca* L., fruits consommés par les habitants des Hautes Terres de Madagascar ISSN 2410-0315, vol. 4,

- Malays J Med Sci** Antimicrobial effects of psidium guajava extract as one mechanism of its antidiarrhoeal action 1999 Jul;6(2):17-20.
- Martínez-FlórezS, J. González-Gallego, et J. M. Culebras. 2002.** Los flavonoides: propiedades y acciones antioxidants. Nutr. Hosp., p. 8.
- Medi,M., 2004.** Optimization of Chromatographic Conditions in Thin Layer Chromatography of Flavonoids and Phenolic Acids.Croat. Chem. Acta, p. 6.
- Meng J. C., Zhu Q. X. et Tan R. X. 2000.** New Antimicrobial Mono- and Sesquiterpenes from *Soroseris hookeriana* Subsp. *Erysimoides*. Planta Med. 66: 541-544.
- Meng, Q., Li, Y., Xiao, T., Zhang, L., Xu, D., 2017.** Antioxidant and antibacterial activities of polysaccharides isolated and purified from *Diaphragma juglandis fructus*. International journal of biological macromolecules 105, 431-437.
- Morton, J. 1987.** Guava. p. 356–363. In: Fruits of warm climates. Julia F. Morton, Miami, FL.
- Mota MRL, Thomas G, Barbosa-filho JM. 1985.** Evaluation of mutagenicity and antimutagenicity of cashew stem bark methanolic extract invitro. J. Ethnopharmacol. 13: 281 - 300
- Nair, J.J., Wilhelm, A., Bonnet, S.L., van Staden, J., 2017.** Antibacterial constituents of the plant family Amaryllidaceae. Bioorganic & medicinal chemistry letters.27: 4943-4951.
- Naseer S., Hussain S., Naeem N., Pervaiz M. et Rahman M., 2018.** The phytochemistry and medicinal value of *Psidium guajava* (guava). Clinical Phytoscience, 4:32.
- Newman D.J., Cragg G.M. et Snader K.M., 2003.** Natural products as sources of new drugs over the period 1981 – 2002. J. Nat. Prod. 66: 1022 – 37.
- Nihorimbere H. Qian ,V. 2004.** Antioxidant power of phytochemicals from *Psidium guajava* leaf .Journal of Zhejiang University SCIENCE, vol. 5, no 6, p. 676- 683.
- Nwinyi Obinna C, Chinedu Nwodo S. and Ajani Olayinka O. 2008.**Evaluation of antibacterial activity of *Pisidium guajava* and *Gongronema Latifolium* Journal of Medicinal Plants Research Vol. 2(8), pp. 189-192.
- Ojewole JA. 2005.** Hypoglycemic and hypotensive effects of *Psidium guajava* Linn (*Myrtaceae*) leaf aqueous extract. Methods Find Exp Clin Pharmacol 27: 689-695.

Oliveira Dda S, Lobato AL, Ribeiro SM, Santana AM, Chaves JB, et al. (2010) Carotenoids and Vitamin C during Handling and Distribution of Guava (*Psidium guajava* L.), Mango (*Mangifera indica* L.), and Papaya (*Carica papaya* L.) at Commercial Restaurants. *J Agric Food Chem* 58: 6166-6172.

P Conway, .2002. Tree Medicine: A Comprehensive Guide to the Healing Power of over 170 Trees. 2001, Judy Piatkus (Publishers). 2173-2177

Palanisamy, S., Vinosha, M., Marudhupandi, T., Rajasekar, P., Prabhu, N.M., 2017. In vitro antioxidant and antibacterial activity of sulfated polysaccharides isolated from *Spatoglossum asperum*. *Carbohydrate Polymers*. 170: 296-304.

Paliwal, S.K., Sati, B., Faujdar, S., Sharma, S., 2017. Antioxidant and antibacterial activities of various extracts of *Inula cuspidata* C.B. Clarke stem. *Beni-Suef University Journal of Basic and Applied Sciences*. 6, 97-105.

Pandey A et Shweta. 2011. Antifungal properties of *Psidium guajava* leaves, fruits, and fruits against various pathogens. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Science*.

Patrice C, François D, Marie-Cécile P, Michel P, Patrick T, « ANTIBIOTIQUES », *Encyclopædia Universalis*[en ligne]. Disponible sur : <https://www.universalis.fr/encyclopedie/antibiotiques/> (consulté le 2 octobre 2020.)

Pelegri PB, Murad AM, Silva LP, Dos Santos RC, Costa FT, et al. (2008) Identification of a novel storage glycine-rich peptide from guava (*Psidium guajava*) seeds with activity against Gram-negative bacteria. *Peptides* 29: 1271-1279.

Poyart-Salmeron C., Carliera C., Trieu-Cuot P. et Courvalin P., 1990. Transferable plasmid-mediated antibiotic resistance in *Listeria monocytogenes*. *The lancet*. Volume 335:1422-1426.

Rai PK, Mehta S, Watal G. 2010. Hypolipidaemic & hepatoprotective effects of *Psidium guajava* raw fruit peel in experimental diabetes. *Indian J Med Res*. 131:820–4.

Ramírez A, Delahaye EP. 2011. Composición química y compuestos bioactivos presentes en pulpas de piña, guayaba y guanábana. *Interciencia* 36: 71-75.

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.

Rizzo L., Manaia C., Merlin C., Schwartz T., Dagot C., Ploy M. C., Michael I., et Fatta-Kassinou D., 2013.Urban Wastewater treatment plants as hotspots for antibiotic resistant bacteria and genes spread into the environment:A review. Science of the Total Environment. 447: 345–360.

Rodríguez-Rojas A., Rodríguez-Beltrán J., Couce A., Blázquez J., 2013. Antibiotics and antibiotic resistance: a bitter fight against evolution. International Journal of Medical Microbiology. 303: 293–297.

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.

Romocea, J.-E., C.-F. BLIDAR, et L. POPP.2008. The initiation of a tropic shrub species *Psidium guajava*. Analele Universitatii din Oradea&58; Fascicula Biologie 2015 (unknown):98-107

RR Coutino, CP Hernández, RH Giles.2001. Lectins in fruits having gastrointestinal activity: their participation in the hemagglutinating property of *Escherichia coli* O157:H7. Archives of Medical Research.32:251-257.

Sagbo, I.J., Afolayan, A.J., Bradley, G., 2017. Antioxidant, antibacterial and phytochemical properties of two medicinal plants against the wound infecting bacteria. Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine. 7, 817-825.

Sahu M C., Debata N. K. et Padhy R. N., 2012. Antibacterial activity of *Argemone mexicana* L. against multidrug resistant *Pseudomonas aeruginosa*, isolated from clinical samples. Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine S800 - S807.

- Sahu, M., S. Pandey, S. Bharti. 2016.** Tropical Fruit Apple of the Poor's People (*Psidium guajava* L.). *Int. J. Life. Sci. Scienti. Res* 2 (5).
- Salib JY, Michael HN. 2004.** Cytotoxic phenylethanol glycosides from *Psidium guajava* seeds. *Phytochemistry* 65: 2091-2093.
- Samy, R.P. et S. Ignacimuthu. 2000.** Antibacterial activity of some folklore medicinal plants used by tribals in Western Ghats in India. *J. Ethnopharmacol.* 69: 63-71.
- Sanches NR, Garcia Cortez DA, Schiavini MS, Nakamura CV, et Dias Filho BP. 2005.** An evaluation of antibacterial activities of *Psidium guajava* (L.). *Braz Arch Biol Techn* ; 48(3):429-36.
- Sarni-Manchad P., et Cheynier V. 2006.** Les polyphénols en agroalimentaire, Éd Tec & Doc. Coll. Sci. & Techn. Agroaliment., Lavoisier, Paris, 10
- Sato J., Goto K., Nanjo F., Kawai S., et Murata K. 2002.** Antifungal activity of plant extracts against *Arthrimum sacchari* and *Chaetomium funicola*. *Journal of Bioscience and Bioengineering* 90:442-446.
- Séréme A., Milogo-Rasolodimby J., Guinko S. et Nacro M. 2008.** Concentration en Tanins des Organes de Plantes Tannifères du Burkina Faso, *J. Soc. Ouest-Afr. Chim.* Vol. 25 : 55 -61
- Sesso HD, Wang L, Ridker PM, Buring JE. 2012.** Tomato-based food products are related to clinically modest improvements in selected coronary biomarkers in women. *J Nutr* 142: 326-333.
- Seyoum, A. K. Asres., F. K. El-Fiky. 2006.** Structure–radical scavenging activity relationships of flavonoids. *Phytochemistry*, vol. 67, no 18, p. 2058-2070.
- Singh, S. 2011.** Guava (*Psidium guajava* L.). *Postharvest Biology and Technology of Tropical and Subtropical Fruits: Cocona to Mango: Elsevier*, 213-246e.
- Singleton V.L et Rossi J.R., 1999.** Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic – phosphothungstic acid. *Am. EnolVitic J.* Volume (n°16), P.144- 158.
- Sivananthan M., 2013.** Antibacterial activity of 50 medicinal plants used in folk medicine. *Int. J. Biosci.* 3(4):104-121.

Souad L, 2009 La goyave, un fruit tropical produit à Fouka (Tipaza) Exotisme dans la Mitidja [en ligne]. Disponible sur : <https://www.djazairress.com/fr/info-soir/94190>,(consulté le 2 octobre 2020).

Stepanovic,S, N. Antic, I, Dakic and M.Svabicv lahavoic. 2003.In vitro antimicrobial activity of propolis and antimicrobial drugs. *Microbiol. Res.* 158:353-57.

Suzanne A. et al. 2016.Peels of Psidium Guajava Fruit Possess Antimicrobial Properties Article in International Arabic Journal of Antimicrobial Agents

Taylor L., 2007. The Healing Power of rainforest herbs a guide to understanding and using herbal medicinal. Square One Publishers, Inc. 535p.

Tenover F. C., 2006. Mechanisms of antimicrobial resistance in Bacteria. *The American Journal of Medicine.*119 (6A): S3-S10.

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.

Tona,L, K. Kambu,N. Ngimbi,K.Cimanga. 1998. Evaluation of the antidiarrhoeal A.J. Vlietinck.Antiamoebic and phytochemical screening of some Congolese medicinal plants. *J. Ethnopharmacol.* 61: 57-65.

Tuan,P. M. 2016. Extraction and encapsulation of polyphenols from guava leaves .*Annals Food Science and Technology*,

Vijaya Anand A., Velayuthaprabhu S., Rengarajan R.L., Sampathkumar P., Radhakrishnan R. 2020. Bioactive Compounds of Guava (*Psidium guajava* L.). In: Murthy H., Bapat V. (eds) *Bioactive Compounds in Underutilized Fruits and Nuts*. Reference Series in Phytochemistry. Springer, Cham

Waddington, G.,F. M. Cist. 1942. The vitamin C content of *Psidium guajava*. Paper read at Proceedings of Florida State Horticulture Society.

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

X Lozoya, H Reyes-Morales, M Chavez-Soto, Martinez-Garcia Mdel C, Soto-Gonzalez Y, Doubova S.V. 2002. Intestinal anti-spasmodic effect of a phytodrug of *P. guajava* folia in the treatment of acute diarrheic disease. *Journal of Ethnopharmacology*.83:19-24.

Yeshiwas and Mekonnen. 2018. Comparative study of the antioxidant and antibacterial activities of two guava (*Psidium guajava*) fruit varieties cultivated in Andasa Horticulture Site, Ethiopia *Chemistry International*. 4(3) :154-162.

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, no 4, p. 1095-1100.



ANNEXES



Annexe I : Produits chimique utilisé

Solvants	Réactifs	Standards
Méthanol	Carbonate de sodium (Na ₂ CO ₃)	Acide gallique
Acétone	Folin Ciocalteu	Gélose nutritif
Ether de pétrole	DMSO	Antibiotiques : oxacilline ; les disques d'antibiogramme
Acide acétique CH₃COOH	Mg	
Eau	Ki	
	Muller Hinton	
	Thiosulfate de sodium Na₂S₂O₃	
	Permanganate de potassium (KMnO ₄)	
	Sulfate de fer (Fe ₂ (SO ₄)	
	PDA	

Annexe II : Photos de matériels utilisés

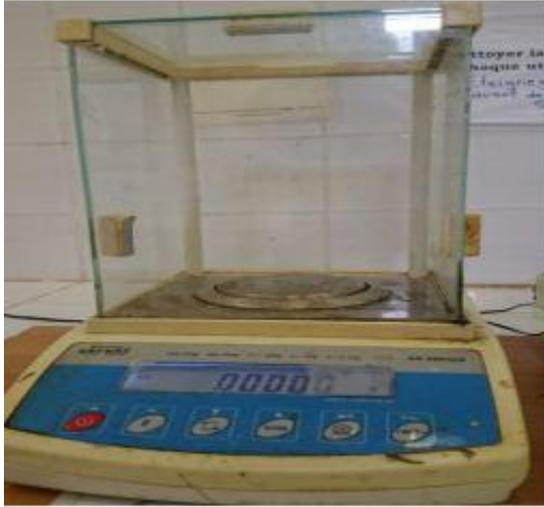


Photo1 : Balance analytique



Photo 2 : Rota vapeur



Photo 3 : Broyeur électrique



Photo 4 : Broyeur électrique



Photo 5 : Broyeur manuelle



Photo 6 : Etuve



Photo 7 : Agitateur



Photo 8 : spectrophotomètre

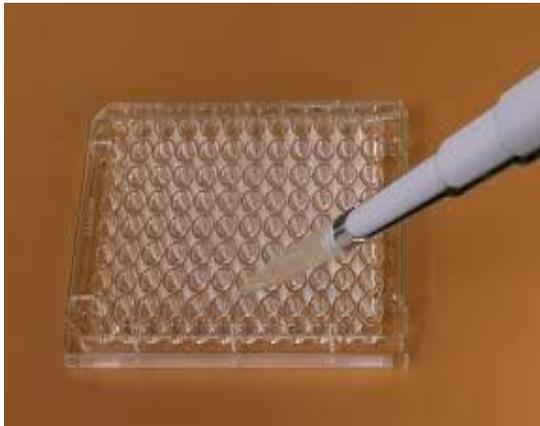


Photo 9 : Microplaque