

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

UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA

FACULTE DES SCIENCES

DEPARTEMENT DE MICROBIOLOGIE & BIOCHIMIE

N° :



DOMAINE : SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE

FILIERE : SCIENCE ALIMENTAIRE

OPTION : NSA

**Mémoire présenté pour l'obtention  
Du diplôme de Master Académique**

Par : Azizi Aldjia

Chettih Ahlem

**Intitulé**

**Evaluation physicochimique  
Et phytochimique des composés bioactifs  
des déchets de Musa acuminata**

Soutenu devant le jury composé de

Pr. AOUN Omar.	Université Mohamed Boudiaf M'sila	Président
Dr BOUAOUDIA-MADI Nadia	Université Mohamed Boudiaf M'sila	Rapporteur
Dr. HAMMOUI Yasmina	Université Mohamed Boudiaf M'sila	Examineur

Année universitaire : 2022/2023

## **Dédicace**

*Je dédie ce travail à :*

*Mes chères parentes à qui je dois tous, qui ont fait tant de sacrifices*

*Et m'ont encouragé durant tous mon parcours d'étude.*

*A ma Sœur et mes frères*

*À mes Amis*

*A ceux qui m'ont tout donné sans rien en retour*

## **Remerciements**

Nous souhaitons exprimer nos sincères remerciements à Dieu, le Tout-Puissant et Miséricordieux, pour nous avoir accordé la force et la patience nécessaires pour mener à bien cette modeste tâche.

Nous remercions sincèrement Dr BOUAOUDIA-MADI Nadia pour son expertise, sa disponibilité et sa bienveillance tout au long de notre projet de recherche. Son soutien, ses conseils précieux et ses contributions inestimables ont été d'une grande valeur pour nous.

Nous exprimons nos plus sincères remerciements aux membres du jury pour l'honneur qu'ils nous font en acceptant d'examiner, évaluer et juger ce mémoire.

Nous souhaitons exprimer notre gratitude envers les responsables de l'entreprise SARL Hodna Lait - M'sila, ainsi qu'envers ceux qui nous ont soutenus, conseillés et aidés de manière continue dans notre travail. Enfin, nous sommes extrêmement reconnaissants envers tous ceux qui ont apporté leur aide, que ce soit de près ou de loin, pour mener à bien ce projet.

*Thank you*

## **Sommaire**

Dédicace .....	
REMERCIEMENTS .....	
Sommaire .....	
الملخص .....	
Abstract .....	
Résumé .....	i
Liste des figures .....	ii

Liste des tableaux .....	iii
--------------------------	-----

## Liste des abréviations

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

### Chapitre 1: Généralités sur la banane

1.1 Description botanique .....	3
1.2 Composition .....	5
1.3 Intérêts du bananier pour l'homme .....	8
1.3.1 La peau de banane .....	8
1.3.2 La pulpe de banane .....	8
1.4 Valorisation .....	9

### Chapitre 2: Les antioxydants

2.1 Généralités sur Les antioxydants .....	12
II.2. Les polyphénols .....	12
II.2.2. Le pouvoir antioxydant .....	14
2.1.1 Le Stress Oxydatif .....	16
2.1.2 L'extraction des substances bioactives : .....	16

### Partie expérimentale

<u>1. Matériel et méthodes</u> .....	31
.....	19
<b>2 Résultats et discussion</b> .....	25
2.1 Caractérisation physico-chimique de la poudre de la pelure de banane.....	25
2.2 Résultats d'analyse phytochimique de la poudre de la pelure de la banane : .....	29
<b>Conclusion</b> .....	31

1.1 Matériel .....	31
1.1.1 Matériel végétal .....	31
1.1.2 Caractérisation physico-chimique de la poudre de la pelure de banane.....	32

1.2	<b>Dosage des substances bioactives</b> .....	35
1.2.1	Dosage des polyphénols totaux .....	35
1.2.2	Dosage des flavonoïdes .....	35
1.2.3	Evaluation des activités antioxydantes des extraits bruts de la pelure de la banane 36	
1.3	Etude statistique .....	36
	Les Références bibliographique .....	

## المخلص

الهدف الرئيسي من هذه الدراسة هو تحديد الجزيئات النشطة بيولوجيا الموجودة في مسحوق قشر الموز *Musa acumunata* ودراسة علم الأحياء الدقيقة بها. تتضمن الخطوة الأولى من هذا العمل إجراء تحليل فيزيائي-كيميائي للقشر المجفف لتحديد عدة عوامل . تم تقييم محتوى الرطوبة ودرجة الحموضة والحموضة القابلة للمعايرة ومحتوى الرماد ومحتوى البروتين والدهون والسكريات الكلية

والألياف. النتائج التي تم الحصول عليها كالتالي: محتوى رطوبة  $1.11 \pm 36.89$ ، درجة حموضة  $04.0 \pm 84.5$ ، حموضة معايرة  $29.2 \pm 26$ ، محتوى رماد  $43.0 \pm 7.1$ ، محتوى بروتين  $01.0 \pm 91.5$ ، دهون  $13.0 \pm 66.6$ ، سكريات كلية  $33.0 \pm 32$ ، والألياف  $9.95 \pm 41.24$ .

تتضمن الخطوة الثانية من هذا العمل إجراء تحليل كيميائي نباتي لمسحوق القشر المجفف للكشف عن وجود مواد معينة مثل مركبات الفلافونويد والكارتونيات والبوليفينول الكلي. النتائج التي تم الحصول عليها تسلط الضوء على الاهتمام الخاص لهذا التقشير بسبب إمكاناته العالية المضادة للأكسدة، والتي تغزى إلى تركيزه الكبير من المركبات المضادة للأكسدة مثل البوليفينول والفلافونويد.

**الكلمات الرئيسية :** *Musa acuminata* مسحوق قشر الموز، مواد نشطة بيولوجيا، مركبات مضادة للأكسدة

## Abstract

The main objective of this study is to determine the bioactive molecules present in the powder of *Musa acumunata* banana peel and to study its microbiology. The first step of this work involves conducting a physicochemical analysis of the dried peel to determine several parameters. Moisture content, pH, titratable acidity, ash content, protein content, lipids, total sugars, and fibers were evaluated. The results obtained are as follows: moisture content of  $89.36 \pm 1.11\%$ , pH of  $5.84 \pm 0.04$ , titratable acidity of  $26 \pm 2.29$ , ash content of  $1.7 \pm 0.43$ , protein content of  $5.91 \pm 0.01$ , lipids of  $6.66 \pm 0.13$  total sugars of  $32 \pm 0.33$ , and fibers of  $41.24 \pm 9.95$ .

The second step of this work involves conducting a phytochemical analysis of the dried peel powder to detect the presence of certain substances such as flavonoids, carotenoids, and total polyphenols. The results obtained highlight the particular interest of this peel due to its high antioxidant potential, attributed to its significant concentration of antioxidant compounds such as polyphenols and flavonoids.

**The keywords:** *Musa acumunata*, peel powder, bioactive substances, antioxidant compounds,



## Résumé

L'objectif principal de cette étude est de déterminer les Composés phénoliques présents dans la pelure de banane de l'espèce *Musa acumunata* et d'évaluer l'activité antioxydante et antimicrobienne.

La première étape de ce travail consiste à effectuer une analyse physico-chimique pour déterminer plusieurs paramètres. La teneur en humidité, le pH, l'acidité titrable, le taux de cendres, le taux de protéines, les lipides, les sucres totaux et les fibres ont été évalués. Les résultats obtenus sont respectivement les suivants :  $89.36 \pm 1,11$  %,  $5,84 \pm 0,04$ ,  $26 \pm 2,29$ ,  $1.7 \pm 0,43$ ,  $5,91 \pm 0,01$ ,  $6.66 \pm 0.13$ ,  $32 \pm 0.33$  et  $41,24 \pm 9,95$ .

La deuxième étape de ce travail implique la réalisation d'une analyse phytochimique pour quantifier les composés phénoliques ; les polyphénols totaux les flavonoïdes, et l'activité antioxydant Les résultats obtenus mettent en évidence l'intérêt particulier de cette pelure en raison de son potentiel antioxydant élevé, attribuable à sa concentration significative en composés antioxydants tels que les polyphénols et les flavonoïdes.

**Les mots clés** : *Musa acumunata*, la poudre de pelure, substances bioactifs, composés antioxydants,

## Liste des figures

<b>Figure 01</b> : Le bananier et ses principales caractéristiques(JOURDA, 2013 ) .....	4
<b>Figure0 2</b> : coupe transversale et longitudinale d'un doigt de banane .....	4
<b>Figure0 3</b> : structures moléculaires de base pour les polyphénols(LABBANI, 2022) .....	13
<b>Figure0 4</b> : Les compositions chimiques des peaux de bananes.(Hikal et al., 2022) .....	15
<b>Figure 05</b> : différentes étapes effectuées pour obtenir la poudre de la pelure de la banane .....	31
<b>Figure 06</b> : Résultats de dosage physicochimique .....	26

## Liste des tableaux

<b>Tableau 01:</b> Les composants chimiques de la pulpe de banane. ....	6
<b>Tableau 02:</b> Composition nutritionnelle de la peau de banane (Mohd Zaini et al., 2022) .....	7
<b>Tableau 03 :</b> Principales classes des composés phénoliques(LABBANI, 2022) .....	14
<b>Tableau 04:</b> Résultats de paramètres physicochimiques de la pelure de la banane .....	25
<b>Tableau05:</b> Résultats d'analyse phytochimique de la pelure de la banane .....	29

## Liste des abréviations

**ROS** : Les espèces réactives de l'oxygène **DPPH°**

: 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyle.

**RNS** : Les espèces réactives de azotées.

**C°** : degré Celsius.

**Mf** : Masse (mg) de la matière végétale fraîche avant séchage.

**Ms** : Masse (mg) de la matière végétale après séchage.

**H%** : Teneur en humidité **g** :gramme **mg** :

milligramme

**ml** : millilitre

**EQ (A.T)** : équivalent gramme d'acide tartrique

**M** : masse de la prise d'essai en (g) **h** :heure **mg EAG/g MS** : milligramme équivalent

d'acide gallique de matière sèche d'échantillon **mg EQ/g de MS** : milligramme

d'équivalent de quercétine par gramme de la matière sèche

**V** : volume de la prise d'essai

**I %** : pourcentage d'inhibition du radical DPPH°.

**Abs** : Absorption.

**DO** : Densité optique

**nm** : nanomètre

**Cal** : calories

# Introduction

## Introduction

---

## Introduction

Les fruits ont toujours eu une place de choix dans l'alimentation humaine et sont porteurs de valeurs symboliques à la fois antiques et modernes. Ils constituent une source d'énergie et de substances nutritives de croissance, de vitamines, de minéraux, d'antioxydants phénoliques et d'autres substances bioactives tee que les bananes (Clément AHOUANNOU2, 2015)

La culture de la banane est devenue l'épine dorsale économique de certains pays, notamment l'Inde, le Brésil, le Costa Rica, la Colombie, l'Équateur, les Philippines et la Chine. Elle est également l'un des fruits les plus consommés au monde, se classant au quatrième rang en termes d'importance, derrière le riz, le blé et le maïs. En 2018, un record de 19,2 millions de tonnes de bananes a été exporté dans le monde entier. (Salazar et al., 2022)

*Musa acuminata* Colla est une espèce sauvage de banane originaire d'Asie du Sud-Est. Elle est connue pour ses nombreuses activités pharmacologiques et des rapports montrent que les substances bioactives présents dans *M. acuminata* contribuent principalement à cette caractéristique., est utilisée depuis longtemps dans la médecine locale et traditionnelle en Amérique, en Asie, en Océanie, en Inde et en Afrique.(Mathew & Negi, 2017)

Après chaque saison de récolte l'industrie de la transformation des bananes génère un grand nombre de sous-produits, principalement constitués de la peau de banane un déchet alimentaire ménager et industriel qui est jeté en grandes quantités dans la nature. Elle représente environ 35 % de la masse fraîche totale des fruits mûrs (Rebello et al., 2014). Ces déchets industriels constituent un problème économique et environnemental majeur qui a conduit certains pays à imposer des réglementations strictes pour réduire la teneur en polluants des effluents. Par conséquent, le développement de méthodes efficaces de traitement des effluents est une question d'une grande importance pratique (Mouiya et al., 2019)

## **Introduction**

---

Dans ce contexte, l'objectif de notre travail consiste à la valorisation des déchets de la banane dans l'extraction des substances bioactives et l'évaluation de l'activité antioxydante et antimicrobienne de ces substances. Ce travail est divisé en deux parties :

- La première partie qui se compose de deux chapitres ; généralités sur la banane d'espèce ;  
Musa acuminata et les antioxydants.
- La deuxième partie de ce travail est consacrée au travail expérimental qui comprend deux chapitres : matériel et méthodes et de la partie résultats et discussion

# **Partie Bibliographique**

## **Chapitre I**

### **Généralités sur la banane**

---

## Introduction

La banane (*Musa* spp.) est l'une des cultures fruitières les plus importantes dans les régions tropicales et subtropicales, se classant au cinquième rang des produits agricoles dans le commerce mondial. (Li et al., 2021). Elle est l'une des premières plantes cultivées dans l'histoire de l'agriculture humaine. L'origine de cette famille de plantes s'étend de l'Inde à la Papouasie-Nouvelle-Guinée, ce qui inclut la région de l'Asie du Sud-Est elle est cultivée dans plus de 130 pays, a pour centre d'origine l'Asie du Sud-Est. L'Inde, la Chine, les Philippines et l'Équateur sont les principaux pays producteurs de bananes dans le monde (Singh, Singh, Kaur, & Singh, 2016)

### 1.1 Description botanique

Les bananiers sont d'immenses plantes herbacées, les plus grandes connues à ce jour, mesurant généralement de 2 à 5 mètres de haut. Les bananiers n'ont pas de branches ni de tronc, mais plutôt un "pseudo-tronc" ou pseudo-tige constitué de gaines de feuilles larges, enroulées, groupées et entrelacées. (JOURDA, 2013). Les fruits de la banane varient en taille et en couleur lorsqu'ils sont mûrs, allant du jaune au rouge en passant par le violet. Cependant, presque toutes les bananes culinaires ont des fruits dépourvus de graines, bien que les types sauvages aient des fruits avec de nombreuses graines grandes et dures (Hikal et al., 2022).

Les bananes comestibles ont évolué à partir des espèces sauvages (**figure 01**) par parthénocarpie et par suppression des graines. Il s'agit d'hybrides diploïdes, triploïdes ou tétraploïdes, dotés d'un génome A et d'un génome B. *Musa acuminata* est à l'origine du génome A, tandis que le génome B provient de *Musa balbisiana* (Singh et al., 2016). La partie externe du fruit, la "peau de banane" ou épicarpe est formée par la soudure du conceptacle et de l'épicarpe légèrement coriace de la fleur, la partie charnue du fruit (mésocarpe et endocarpe) correspond à la paroi des carpelles. Les trois loges carpellaires sont remplies de poils mous amyloacés et contiennent de nombreuses graines avortées. La pulpe a généralement une couleur blanche allant jusqu'au jaune.



**Figure 01 :** *Le bananier et ses principales caractéristiques*(JOURDA, 2013 )



**Figure 02:** coupe transversale et longitudinale d'un doigt de banane

Les bananes sont classées scientifiquement en groupes génomiques (sur la base des contributions sur la base des contributions des gènes de deux espèces diploïdes sauvages) et en fonction de la ploïdie. L'un des génomes (désigné par A) provient de *Musa acuminata* Colla, originaire de Mélanésie occidentale et d'Asie du Sud-Est, et l'autre (B) de *Musa balbisiana* Colla, originaire d'Asie du Sud-Est et de Chine (Hamilton, Karamura, & Kakudidi, 2016).

Plus de 300 variétés de bananes sont cultivées dans le monde. Ils sont regroupés en fonction du nombre d'ensembles de chromosomes présents et de la proportion des génomes de *M. acuminata* (A) et de *M. balbisiana* (B)..(Singh et al., 2016)

Les bananes dessert couramment commercialisées au niveau international sont principalement issues des variétés cultivées du groupe AAA, telles que "Cavendish", "Gros Michel" et "Grande Naine". D'autres variétés bien connues qui sont endémiques à une certaine région comprennent "Yangambi Km5, AAA" que l'on trouve principalement en Afrique de l'Est, "Red banana, AAA" et "Mysore AAB" que l'on trouve en Asie du Sud-Est, ainsi que "Silk AAB" et "Bluggoe ABB" que l'on trouve dans toute la région tropicale.(Padam, Tin, Chye, & Abdullah, 2014)

## 1.2 Composition

### ➤ Composition nutritionnelle de la pulpe de banane

La banane, avec son apport énergétique de 376 kJ (90 kcal), est particulièrement riche En hydrates de carbone : sucre directement assimilable, la cellulose, ainsi que les pectines qui Facilitent le transit intestinal (Martine, 1995). Sa pulpe contient en moyenne, 75 % d'eau, 20,2 % de sucre, 1,2 % de protéines, 0,3 % de lipides et 2 % des fibres. Elle contient les vitamines (La vitamine A, C, B1, B2, pp, B6 et E) et a une acidité faible (pH= 4,7). Elle est aussi riche en Minéraux tels que : principalement le potassium, mais aussi, le magnésium, le phosphore, Le sodium, et le calcium. Le tableau 01 présente la composition chimique de la banane fraîche.

**Tableau 01: Les composants chimiques de la pulpe de banane.**

Composants	(g)	Vitamines	(mg)
Glucides	20,50	Vitamine C (acide Ascorbique)	12,00
Protéines	1,20	Provitamine A (carotène)	0,15
Lipides	0,30	Vitamine B1 (thiamine)	0,04
Eau	75,00	Vitamine B2 (riboflavine)	0,07
Fibres alimentaires	2,00	Vitamine B3 ou pp (nicotinamide)	0,61
<b>Minéraux</b>	<b>(mg)</b>	Vitamine B5 (acide panothénique)	0,28
Potassium	385	Vitamine B6 (pyridoxine)	0,50
Phosphore	22,00	Vitamine B8 (biotine)	0,003
Calcium	8,00	Vitamine B9 (acide folique)	0,023
Magnésium	3,00	Vitamine E (tocophérols)	0,29
Sodium	1,00	<b>Apport énergétique</b>	
Fer	0,40	Kcalories	90
Cuivre	0,11		
Zinc	0,19		
Manganèse	0,30		

Les bananes, comme d'autres fruits importants, contiennent des composés bioactifs uniques. Une attention particulière a été accordée aux composés phénoliques, aux caroténoïdes, aux flavonoïdes et aux amines biogènes dans les bananes mûres crues. Certains phytostérols sont également présents en petites quantités dans la pulpe de banane. Grâce à ces composés bioactifs, les bananes ont plus de pouvoir antioxydant que certaines baies, herbes et légumes, et ce pouvoir augmente à mesure que le fruit mûrit (Singh et al., 2016).

**➤ Composition nutritionnelle de la peau de banane**

L'utilisation des écorces de fruits comme complément alimentaire est principalement basée sur sa composition chimique. Comme la pulpe, les peaux de banane sont riches en composés organiques (lipides, fibres, glucides et protéines) et sont une source essentielle de nombreux composés bioactifs aux fonctions différentes. Le contenu nutritionnel de la peau de banane est résumé dans le tableau 2 (Mohd Zaini et al., 2022).

**Tableau 02:** Composition nutritionnelle de la peau de banane (Mohd Zaini et al., 2022)

<b>Composition nutritionnelle</b>	<b>Contenu moyen, % MS</b>
<b>Amidon</b>	<b>3.5 – 6.3</b>
<b>Fibres alimentaires</b>	<b>47 – 53</b>
<b>Lipide</b>	<b>2.24 – 11.6</b>
<b>Protéine brute</b>	<b>5.5 – 7.87</b>
<b>Cendre</b>	<b>9 – 11</b>
<b>Glucides</b>	<b>59.51 – 76.58</b>

---

### 1.3 Intérêts du bananier pour l'homme

La plante *Musa acuminata* est traditionnellement utilisée pour traiter les maladies transmissibles et non transmissibles, notamment en Asie et en Afrique. Il est couramment utilisé comme aliment sauvage et herbe médicinale dans les communautés tribales. Toutes les parties de la plante, y compris les fruits, les tiges, les pseudo-troncs, les fleurs, les feuilles, la sève, les tiges internes, les noyaux internes et les racines, sont sensibles à de nombreuses maladies telles que le contrôle de la pression artérielle, le diabète, l'hypertension, l'anémie, les allergies, les infections, la bronchite, etc. est utilisé pour le traitement de Nous fournissons d'autres maladies respiratoires pour traiter la fièvre, la toux, la tuberculose et la dysenterie dans plusieurs tribus et groupes ethniques à travers le monde(Mathew & Negi, 2017).

#### 1.3.1 La peau de banane

Les produits naturels frais sont intéressants dans la peau : amidon, cellulose, sucres, pectine, matières protéiques et minérales, vitamines, enzymes et même arôme de banane. Le bétail peut fort bien la consommer, même en quantité, sans aucun inconvénient. La couche interne de la peau, qui touche la pulpe, est riche en arôme que l'on peut extraire par distillation fractionnée, et en amidon. Cette même couche est aussi utilisée pour réduire les gonflements et les irritations dues aux morsures de moustiques.

#### 1.3.2 La pulpe de banane

La pulpe de banane contient divers antioxydants, notamment des vitamines, des caroténoïdes, des catéchines, des épicatechines, des lignines, des tanins et des composés phénoliques tels que les anthocyanes(Pereira & Maraschin, 2015). Les fruits sont consommés crus, cuits ou séchés et moulus sous forme de farine et utilisés en pâtisserie. En outre, les bananes vertes ou non mûres sont utilisées pour la cuisson de divers plats et la production d'amidon(Hikal et al., 2022) , Elle est utilisée dans L'alimentation en général, pour le supplément de menu comme dessert. Dans certaines

régions, elle peut servir en tant que plat de résistance simplement cuit à l'eau pour le cas de la banane plantain. La banane, avec une légère transformation peut s'introduire aussi dans l'aliment des nourrissons : farine de banane, purée de banane, compote de banane. En plus de son rôle alimentaire, la banane peut avoir une valeur thérapeutique non négligeable dans certains états pathologiques grâce à ses nombreux constituants.

Ils sont utilisées pour traiter les maladies cardiaques, le diabète, les lésions intestinales de la colite ulcéreuse, la diarrhée, la dysenterie, la néphrite, la goutte, l'hypertension artérielle, la sprue, l'urémie, l'inflammation, la douleur et les morsures de serpent (Qamar & Shaikh, 2018).

D'autre part, la pulpe de banane peut aussi lutter contre certaines maladies :

- La fatigue : le potassium normalise les battements du cœur, envoie de l'oxygène au cerveau et règle l'équilibre en eau du corps
- Régulateur de température : la banane est un fruit « refroidissant » qui aide à abaisser la température physique et émotionnelle des femmes.
- Le désordre affectif saisonnier
- Le tabagisme : la présence de vitamine C, A1, B6, B12, du potassium et du magnésium permet de récupérer des effets du sevrage de la nicotine
- L'intelligence : le potassium stimule l'intellect et rend plus alerte

#### 1.4 Valorisation

L'écorce est traditionnellement utilisée comme matière médicinale Il traite une variété de conditions telles que les brûlures, l'anémie, la diarrhée, les ulcères, l'inflammation, le diabète, la toux, les morsures de serpent et la ménorragie(Vu, Scarlett, & Vuong, 2018).

L'utilisation de la banane comme ingrédient dans différents produits alimentaires à un effet bénéfique sur la santé humaine. L'incorporation de la banane dans les recettes de nombreux produits

---

alimentaires améliore la teneur totale en fibres alimentaires, en amidon et en certains minéraux essentiels (phosphore, magnésium, potassium et calcium).(Singh et al., 2016)

Des cultivars triploïdes hybrides de la famille des bananiers, destinés à la cuisson Elles sont riches en hydrates de carbone comme la banane dessert, plus fermes et moins appréciées en tant que produit frais, même à maturité, car elles contiennent encore de l'amidon à ce stade. Les bananes plantains sont consommées nécessairement cuites et utilisées comme matière première pour la production de farine, de chips, de bière et de. Sauf en Inde et en Asie du Sud-Est, où les bananes dessert sont consommées en grandes quantités, l'utilisation des bananes et plantains cuits n'est pas très répandue. En Afrique, notamment au Ghana et en Ouganda, ce sont d'importantes cultures vivrières de base (Pereira & Maraschin, 2015)

Les méthodes utilisées pour cuisiner les bananes et les plantains n'impliquent généralement pas de processus élaborés, étant préparées par ébullition ou cuisson à la vapeur, cuisson au four ou rôtissage et friture. Toutefois, dans certaines régions, en particulier en Afrique de l'Ouest, les fruits sont également pilés. Les bananes et plantains grillés ou cuits au four sont également préparés en Afrique de l'Est et de l'Ouest en plaçant les fruits, pelés ou non, sur les cendres d'un feu ou dans un four (Pereira & Maraschin, 2015). De nombreuses variétés de bananiers sont cultivées, soit pour leurs fruits (*M. paradisiaca* L., *M. troglodytarum* L., *M. nana* LOUR.) soit pour leur rhizome comestible (*M. paradisiaca* L. var. *oleracea* BAK.). Les feuilles de beaucoup de ces bananiers sont astringentes et diurétiques(MARIE, 1998)

Certaines espèces (Ensete en Ethiopie) sont utilisées pour leurs gaines foliaires comestibles après fermentation ; d'autres (*Musa textilis*) pour leurs fibres celluloseuses qui servent de matière première textile de bonne qualité (Francophones, 1990).

Les *Musa* comportent de nombreuses espèces dont certaines sont très cultivées dans les pays tropicaux en raison des utilisations variées que le fruit présente dans l'alimentation(H & R., 1967).

---

Une espèce est également utilisée en Orient et dans les îles du Pacifique pour ses fibres qui servent à la préparation des tissus et des cordages.

- La décoction des feuilles de *M. troglodytarum* L. (*M. fehi* BERT.) est utilisée comme antidysentérique.
- Le suc de *M. troglodytarum* sert à préparer une teinture violette et la consommation de son fruit donne aux urines une teinte orangée (Kwa & Ganry, 1990).

Actuellement, il existe peu de rapports dans la littérature sur l'utilisation de ce marc, par exemple dans la production d'éthanol ; de méthane (FALINIRINA, 2007)

Les aliments pour animaux ou les sorbants pour la purification de l'eau Selon la technologie utilisée, le marc peut être transformé en marchandise comme matière première pour une transformation secondaire ou comme matière première pour de nouveaux produits thérapeutiques (Haouam & Tayebi, 2017).

Ces produits naturels peuvent également être utilisés directement comme composés fonctionnels dans l'alimentation humaine, la prévention et les soins de santé. En effet, parmi les nombreuses sources de composés bioactifs (Pereira & Maraschin, 2015).



# **Chapitre II Les antioxydants**

### II.1. Généralités sur Les antioxydants

Les antioxydants sont des substances capables d'éliminer les espèces réactives de l'oxygène (ROS) et de neutraliser les radicaux libres. Sont largement utilisés dans les aliments, les produits pharmaceutiques, les compléments alimentaires et les cosmétiques. Compte tenu de leur rôle important dans la promotion et le maintien de la santé humaine(Deng, Chen, Sun, & Wang, 2023).

Ils sont présents à faible concentration par rapport au substrat oxydable Leur action peut se manifester par la réduction ou la dis mutation des espèces oxydantes, leur piègeage pour former un composé stable, la séquestration du fer libre ou encore la génération de glutathion. (Bouhaddouda, Aouadi, & Labiod, 2016)

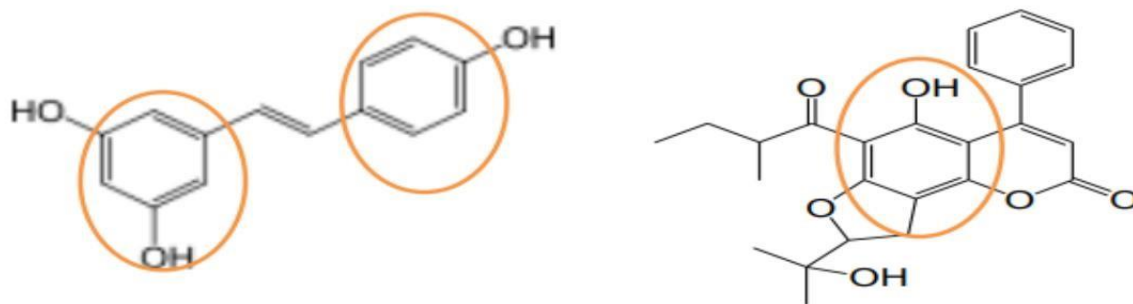
### II.2. Les polyphénols

Les composés phénoliques sont des métabolites secondaires importants qui sont abondants dans la peau de banane par rapport aux autres fruits. Ils ont divers avantages pour la santé, notamment la prévention des maladies cardiovasculaires, du cancer, du diabète et de l'obésité. Il est utilisé comme ingrédient alimentaire fonctionnel car il empêche l'oxydation des lipides et inhibe la croissance des moisissures et des bactéries. Les composés phénoliques sont récupérés des pelures de banane et utilisés efficacement(Vu et al., 2018).

Plus de 40 composés phénoliques présents dans la peau de banane peuvent être divisés en quatre sous-groupes : les flavonols, les acides hydroxycinnamiques, les flavan-3-ols et les catécholamines ; telles que l'acide gallique, les catéchines, les épicatechines, les tanins et les anthocyanes. Les peaux de banane contiennent également cinq fois plus de gallocatéchine que la pulpe, ce qui suggère que la peau est une excellente source de composés antioxydants. (Mohd Zaini et al., 2022).

Les polyphénols ont plus de 8000 structures phénoliques connues(Bonache, Moreno-Fernandez, Miguel, Sabater-Munoz, & Gonzalez-Muniz, 2018) . Les polyphénols sont surtout connus pour leurs propriétés antioxydantes, mais ils ont également une variété d'autres activités, notamment :

B. Prooxydant, antihistaminique, antibactérien, anti-inflammatoire, antiviral (Pan et al., 2023).



**Figure0 3:** structures moléculaires de base pour les polyphénols(LABBANI, 2022) **II.2.1.**

### Classification des polyphénols

Les composés phénoliques peuvent être classés en fonction de leur complexité, de leur qualité et de leur potentiel de liaisons squelettiques avec d'autres molécules. Ils vont de molécules simples comme les acides phénoliques à des composés hautement polymérisés comme les tanins et les lignines,(LABBANI, 2022)

Les flavonoïdes sont les plus courants. Chimiquement, les chaînes principales des flavonoïdes sont constituées de deux cycles phényles (A et B) et d'un hétérocycle oxygéné (C), avec une chaîne principale de 15 atomes de carbone (chaîne principale C6-C3-C6) donne une structure générale avec Les flavones, flavanones, flavonols,flavanonols,flavan-3-ols, isoflavones, néoflavonoïdes, chalcones et anthocyanidines sont les flavonoïdes les plus connus (Papuc, Goran, Predescu, Nicorescu, & Stefan, 2017).

**Tableau 03 :** Principales classes des composés phénoliques(LABBANI, 2022)

Squelette carboné	Classe	Exemple	Origine (exemple)
-------------------	--------	---------	-------------------

C <sub>6</sub>	Phénols simples	Catéchol	
C <sub>6</sub> -C <sub>1</sub>	Acides hydroxybenzoïques	p-hydroxybenzoïque	Epices, fraise
C <sub>6</sub> -C <sub>3</sub>	Acides hydroxycinnamiques	Acide Caféique, férulique	Pomme de terre, pomme
	Coumarines	Scopolétine	Citrus
C <sub>6</sub> -C <sub>4</sub>	Naphtoquinones	Juglone	Noix
C <sub>6</sub> -C <sub>1</sub> -C <sub>6</sub>	Xanthones	Mangiférine	
C <sub>6</sub> -C <sub>2</sub> -C <sub>6</sub>	Stilbènes	Resvératrol	Vigne
C <sub>6</sub> -C <sub>3</sub> -C <sub>6</sub>	Flavonoïdes * Flavonols * Anthocyanes * Flavanols * Flavanones	Kaempférol, quercétine Cyanidine, pélargonidine Catéchine, épicatechine Naringénine	Fruit, légumes, fleurs Fleurs, fruits rouges Pomme, raisin Citrus
	Isoflavonoïdes	Daidzéine	Soja, pois
(C <sub>6</sub> -C <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Lignanes	Pinorésinol	Pin
(C <sub>6</sub> -C <sub>3</sub> -C <sub>6</sub> ) <sub>2</sub>	Biflavonoïdes	Amentoflavone	
(C <sub>6</sub> -C <sub>3</sub> ) <sub>n</sub>	Lignines		Bois, noyaux des fruits
(C <sub>6</sub> -C <sub>3</sub> -C <sub>6</sub> ) <sub>n</sub>	Tanins condensés		Raisin rouge, kaki

### II. 3. Le pouvoir antioxydant

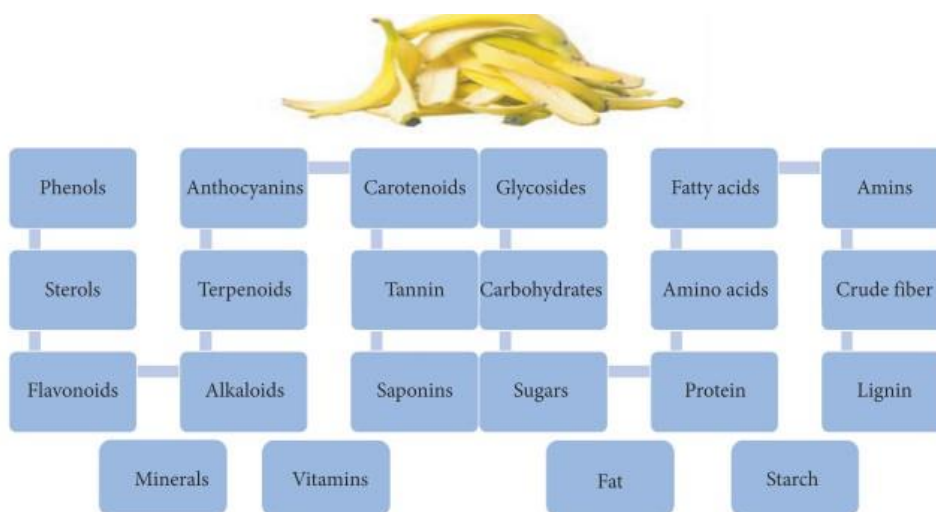
Au cours des dernières années, l'intérêt pour les antioxydants naturels et leurs propriétés thérapeutiques a considérablement augmenté. Des études scientifiques dans différentes disciplines

ont été menées afin d'extraire, d'identifier et de quantifier ces composés à partir de diverses sources naturelles telles que les plantes médicinales et les produits agroalimentaires (Hmid, 2013)

L'écorce de banane présente une activité antioxydante significative et pourrait constituer une source extrêmement abordable d'extraits riches en composés bioactifs, comme l'ont précédemment suggéré (Someya, Yoshiki, & Okubo, 2002).

L'étude de l'activité antioxydante de l'extrait éthanolique et de l'extrait aqueux dérivé de la poudre de pelure, en utilisant la méthode du piégeage du radical libre DPPH, a révélé que l'extrait éthanolique présente une activité élevée, qui semble être associée à la présence de composés phénoliques. Ces composés peuvent posséder plusieurs propriétés thérapeutiques, telles que des effets laxatifs et antidiarrhéiques. Ils peuvent également présenter un intérêt dans l'industrie agroalimentaire en tant qu'agents gélifiants ou pour la fabrication de confitures (Nouioua, Benahmed-Djilali, & Benmounah, 2022)

Plusieurs études ont démontré une activité antioxydante due à la teneur en principes actifs des pelures de banane (**figure 4**). Les auteurs ont expliqué que l'activité antioxydante est due à des composés secondaires tels que les alcaloïdes, les flavonoïdes, les tanins et les saponines contenus dans l'extrait de peau de banane. Les flavonoïdes sont également de puissants antioxydants qui réduisent les radicaux libres. (Hikal et al., 2022)



---

**Figure 04:** Les compositions chimiques des peaux de bananes.(Hikal et al., 2022)

---

#### **II.4. Le Stress Oxydatif et les antioxydants**

Le stress oxydatif est défini comme le déséquilibre entre la génération d'espèces réactives de l'oxygène et d'espèces azotées L'émergence d'espèces réactives de l'oxygène et de l'azote (ROS/RNS) et la capacité de l'organisme à contrecarrer leurs effets grâce à des systèmes de protection antioxydants (Pisoschi & Pop, 2015).

Les aliments riches en antioxydants et en fibres jouent un rôle important dans notre vie quotidienne en raison de leurs effets positifs sur la santé, notamment dans la prévention et le traitement des maladies chroniques et dégénératives. Un déséquilibre dans le système de défense antioxydant de l'organisme entraîne un stress oxydatif et est l'une des causes des maladies chroniques et des complications associées. Les données suggèrent une forte association entre l'apport d'une alimentation riche en antioxydants et en fibres et la réduction des maladies chroniques.(Arun, Thomas, Reshmitha, Akhil, & Nisha, 2017).

#### **II.5. L'extraction des substances bioactives**

L'extraction des substances bioactives de la banane peut être réalisée de différentes manières, telles que l'extraction par solvant, l'extraction assistée par ultrasons, l'extraction assistée par microondes et l'extraction par fluides supercritiques. Ces méthodes sont utilisées en fonction des composés souhaités et de l'application envisagée.

##### **II.5.1. L'extraction de colorant**

La couleur joue un rôle important dans l'acceptation d'un produit alimentaire par le consommateur. Les colorants naturels ont été utilisés comme additifs alimentaires depuis très longtemps. Cependant, avec une demande croissante et la préoccupation des consommateurs quant aux effets des produits synthétiques sur la santé (Grigoraş, 2012).

---

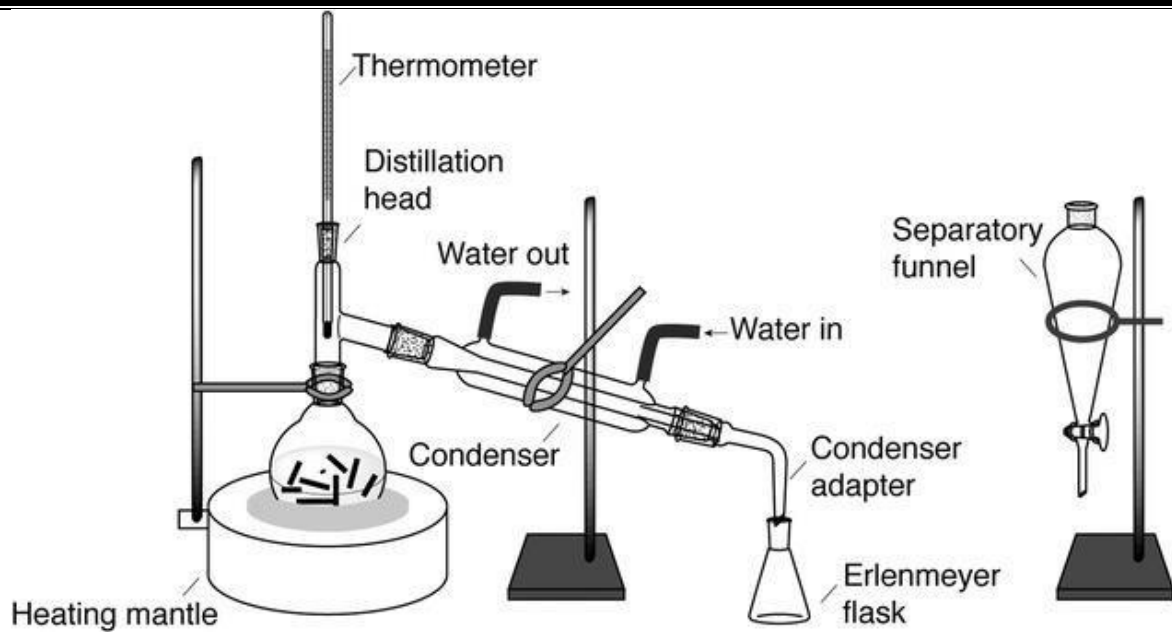
Les colorants naturels proviennent de sources naturelles telles que les plantes, les insectes, les animaux et les minéraux. Ils sont utilisés comme additifs dans divers aliments pour améliorer leurs propriétés nutritionnelles et antioxydantes. Ces colorants naturels comprennent l'extrait de peau de banane et sa farine, qui peuvent être utilisés pour améliorer les qualités nutritionnelles et antioxydantes des aliments. (Balakrishnan, 2021)

### II.5.2. L'extraction d'arômes

Le terme "arôme" désigne tout produit ou substance qui est destiné à être ajouté aux denrées alimentaires afin de leur donner une odeur, un goût, ou à la fois une odeur et un goût (Gauthier-Chanu, 2003) Les arômes se classent en deux catégories :

- Naturels (végétaux) et synthétiques. Les arômes naturels ne proviennent pas tous directement du produit d'origine. Par exemple, l'association d'acide acétique naturel et d'alcool isoamylique forme un arôme de banane.
- Synthétiques peuvent être "identiques à la nature" (reproduisant des composés naturels) ou "artificiels" (non présents dans la nature).

La méthode couramment utilisée pour l'extraction implique la séparation des composants à différentes températures d'ébullition ; distillation (**figurer05**) En chauffant un mélange de substances végétales et d'eau, les cellules végétales éclatent, ce qui libère les molécules huileuses et odorantes. La première substance chimique extraite est la plus volatile, c'est-à-dire celle ayant la température d'ébullition la plus basse (Herkous & Soufi, 2017)



**Figure 05:** les principes de la technique d'hydrodistillation (Dangkulwanich & Charaslertrangsi, 2020)

L'extraction par solvant, également connue sous le nom d'extraction liquide-liquide, vise à extraire aussi les composés aromatiques d'un liquide en les dissolvant dans un solvant où ils sont plus solubles que dans le liquide d'origine. Dans ce processus, il est courant d'utiliser un solvant à bas point d'ébullition pour extraire les composés légers, tandis qu'un solvant à haut point d'ébullition est préféré pour extraire les composés plus lourds. L'eau est souvent utilisée comme liquide initial dans le processus d'extraction (De Boishebert, 1999). On trouve l'extraction des composés bioactifs par ultrasons est une technique émergente offrant une grande reproductibilité en peu de temps, trois fois plus rapide qu'une extraction simple par solvant. Cette technique peut être utilisée pour l'extraction d'arômes ou d'essences de plantes, mais elle a surtout été développée pour l'extraction de certaines molécules présentant un intérêt thérapeutique (Bousbia, 2011).

# **Partie Expérimentale**

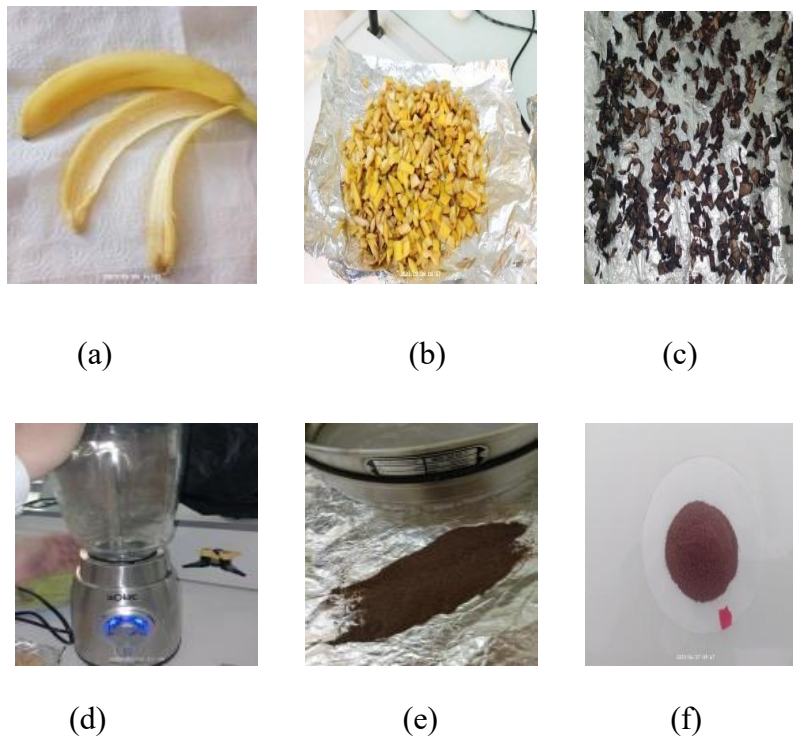
## **Chapitre I Matériel et méthodes**

### **1 . Matériel et méthodes**

#### **1.1 Matériel végétal**

Nos études expérimentales ont été menées au sein des laboratoires pédagogiques des analyses physicochimiques et microbiologiques de. L'Université MOHAMED BOUDIAF - M'SIL.

Le matériel végétal est constitué de la pelure de bananes du *Musa acuminita* elle a d'abord été coupé les pelures en petits morceaux, ensuite séchée dans un incubateur ventilé a température 40 C° pendant 4jour. Après séchage, il est finement broyé en poudre. Un broyeur de type "moulin à café", suivi d'un tamis pour obtenir une poudre fine, et Conserver dans un bocal en verre hermétique (Figure 06).



**Figure 06 : Préparation du matériel végétal**

## **I.1.Caractérisation physico-chimique de la poudre de la pelure de banane**

### **I.1.1. Test d'humidité**

Le séchage a été réalisé dans une étuve type à  $(105 \pm 03)$  C° jusqu'à un poids constant.

Les résultats sont exprimés comme suit :

$$\text{Teneur en humidité (\%)} = \frac{M_f - M_s}{M_f} \times 100$$

Où :  $M_f$  : Masse (mg) de la matière végétale fraîche avant séchage.

$M_s$  : Masse (mg) de la matière végétale après séchage.

$$\text{Matière sèche \%} : 100 - H\%$$

### **I.1.2. Détermination du pH**

La détermination du pH par la méthode potentiométrique a été réalisée à l'aide d'un pH mètre. Pour la mesure du pH, 5 g de poudre de graines étudiées ont été mis en suspension dans 100 ml d'eau distillée et le mélange est filtré à travers un papier filtre. Les valeurs de pH ont été déterminées en immergeant la sonde du pH-mètre directement dans le filtrat obtenu

### **I.1.3. Détermination de l'acidité titrable**

Une quantité d'échantillon (1g) a été additionnée à 20 ml d'eau distillée, la solution obtenue a été homogénéisée. Pour déterminer l'acidité de chaque échantillon, quelques gouttes de phénolphthaléine ont été ajoutées à la solution préparée puis le titrage est effectué avec une solution d'hydroxyde de sodium NaOH (0,1N) jusqu'à l'apparition du virage de couleur.(AOAC, 1990)

$$\text{Acidité (g/100g)} = \frac{V * N (\text{NaOH}) * \text{EQ (A.T)}}{m} * 100$$

Où :  $V$  : chute de burette (ml)

$N$  : normalité de NaOH (0,1N)

EQ (A.T) : équivalent gramme d'acide tartrique (0,75).

$M$  : masse de la prise d'essai en (g)

### **I.1.4. Détermination du taux de cendres**

Au préalable le creuset en porcelaine a été chauffé à 300°C /15min puis et pesé d'après refroidissement. Une quantité de poudres de la pelure du Musa acumunita (2 g) a été incinérée dans un four à moufle à 600°C/6h (AOAC, 1990)

La teneur en cendres a été déterminée en pourcentage (%) selon la formule suivante : **Taux**

$$\text{de Cendres (\%)} = (m_1 - m_2) / m_i \times 100$$

Où :

M1 : masse (g) de creuset avec cendres ;

M2 : masse (g) du de creuset vide ;

Mi : masse (g) initiale d'échantillon.

### **I.1.5. Détermination du taux de protéine par la méthode de Kjeldahl**

Cette analyse a été effectuée à l'aide d'un appareil de Kjeldahl (la digestion et la distillation) :

L'azote Kjeldahl est déterminé en minéralisant l'échantillon avec de l'acide sulfurique concentré et en l'alcalinisant avec du NaOH. L'ammonium est libéré par distillation et récupéré avec de l'acide borique.

Ensuite, un titrage avec HCl permet de calculer la quantité initiale d'ammonium dans l'échantillon.

L'azote Kjeldahl des déchets étudiés a été déterminé selon la méthode décrite par (Janczak et al., 2017)

.

L'azote total a été calculé selon la formule ci-dessous :

- Azote total (N) % =  $14.0067 \times (V_e - V_b) \times N / m \times 100$  ;
- Taux de protéines brutes (%) = Azote total (%)  $\times 6,25$  Où :

Vb : volume de NaOH 0,1N utilisé pour un essai blanc (ml).

Ve : volume de NaOH 0,1N utilisé pour la titration de la solution à doser (ml).

N : normalité de la solution de titration (HCl).

6,25 : facteur de conversion de l'azote en protéines ;

M : masse de la prise d'essai (g) ;

14.0067: masse atomique de l'azote (g/mol).

### **I.1.6. Détermination du taux de matière grasse**

Les lipides ont été déterminés par la méthode au Soxhlet : 10 g de poudre de graines sont disposés dans une cartouche qui est introduite dans un extracteur de type Soxhlet, équipé à sa base d'un ballon contenant 200 ml de n-hexane. Ce dernier est mis en ébullition, sa vapeur passe par le tube latéral et se condense au niveau du réfrigérant. Le solvant remplit progressivement la chambre d'extraction contenant le solide, se charge d'une partie du produit à extraire et la solution est ensuite siphonnée automatiquement dans le ballon dès que la chambre d'extraction est pleine et ce pendant 5 h. Le mélange recueilli est soumis à une évaporation du solvant à l'étuve à température modérée (40 °C). Après évaporation du solvant et pesage du ballon, la différence de poids donne la teneur en lipides

### **I.1.7. Dosage des sucres totaux par la méthode de Dubois (1956)**

Avant de procéder au dosage des sucres totaux, une étape d'extraction à l'éthanol à 80% a été réalisée : 50 ml d'éthanol à 80% ont été additionnés à 2 g de poudre de graines. Le mélange a été agité pendant 2 h à température ambiante puis filtré et conservé à 4°C.

Dans une série de tubes à essai, 200 µL d'extrait sont additionnés à 200 µL de phénol (5%) et à 1 ml de solution d'acide sulfurique concentrée (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>). Le mélange a été chauffé au bain Marie à 100 °C pendant 5 min. Après refroidissement dans la glace fondante, la densité optique a été mesurée à 480 nm contre un blanc dans lequel 200 µL d'alcool à 80% remplace l'extrait brut. Un étalon est construit grâce à une gamme de concentration d'une solution mère de glucose à 1mg/ml.

Les quantités sont exprimées en mg/g de poids sec

### **I.1.7. Détermination du taux de fibres**

Une quantité d'échantillon (0,1 g) a été digéré pendant 30 min avec 10 ml d'acide chlorhydrique (5%) puis le mélange a été filtré et lavé avec de l'eau chaude. Le résidu a été digéré avec 10 ml d'hydroxyde de sodium (5%) sous reflux pendant 30 min, le mélange a été filtré et lavé à l'eau. La solution a ensuite été lavée avec 1mL d'alcool éthylique et 1mL d'éther éthylique, le résidu a

été séché à 100 °C pendant 2 h et la masse résiduelle a été considérée comme des fibres Analyses phytochimiques de la pelure de la banane

## **1.2 Dosage des substances bioactive**

### **1.2.1 Dosage des polyphénols totaux**

Dans des tubes à essais, un volume de 100 µl de chaque extrait a été mélangé avec 6 ml d'eau distillée, de 500 µL de réactif Folin-Ciocalteu et de 1,5 ml d'une solution de carbonate de sodium à 20% et le volume total est ajusté à 10 ml avec l'eau distillée. Les tubes ont été agités et conservés pendant 1 heure à l'obscurité et à température ambiante et l'absorbance a été lue à 760 nm

Une courbe d'étalonnage a été réalisée en parallèle dans les mêmes conditions opératoires en utilisant l'acide gallique à différentes concentrations. La teneur en polyphénols totaux est exprimée en mg équivalent d'acide gallique de matière sèche d'échantillon (mg EAG/g MS).

### **1.2.2 Dosage des flavonoïdes**

Dans des tubes à hémolyse, 1 ml d'extrait, a été additionné de 1 ml de solution de chlorure d'aluminium à 2%, le milieu est mélangé vigoureusement, incubé pendant 15 min, à l'obscurité et à température ambiante. Les absorbances ont été lues à une longueur d'onde de 430 nm. La teneur en flavonoïdes a été exprimée en mg équivalent Quercétine par g de matière sèche d'échantillon (mg EQ/g de MS) par référence à une courbe d'étalonnage. Brahmi et al. (2015),

### **1.2.3 Evaluation des activités antioxydantes des extraits bruts de la pelure de la banane**

#### **1.2.3.1 Détermination de l'activité scavenger du DPPH•**

Une série de dilutions a été préparée, puis chacune est additionnée par 1mL d'éthanol, suivie par un volume de 0,15mL de solution de DPPH. Un contrôle sans l'extrait a été préparé dans les mêmes conditions. Le tout a été incubé pendant une heure, à température ambiante et à l'obscurité.

Les absorbances ont été mesurées à 517 nm contre l'éthanol comme un blanc et servent à calculer le pourcentage d'inhibition du radical DPPH• qui est proportionnel au pouvoir anti-radicalaire de l'échantillon.

$$\% \text{ d'Inhibition (I \%)} = (\text{Abs contrôle} - \text{Abs échantillon}) / (\text{Abs contrôle}) \times 100$$

### **1.3 Etude statistique**

L'analyse de variance dans cette étude est effectuée par le test ANOVA, ainsi des méthodes statistiques unies variées sont employées dans tous les tests avec un niveau de signification de 5% ( $p = 0.05$ ). Le logiciel utilisé est JMP 7. Les données sont représentées par leur moyenne  $\pm$  erreur standard par rapport à la moyenne. Pour toutes les méthodes, trois répétitions sont effectuées (triplicata).

# **Partie expérimentale**

## **Chapitre II**

### **Résultats et discussion**



## II. Résultats et discussion

### II.1. Caractérisation physico-chimique de la poudre de la pelure de banane

Les résultats des paramètres physicochimiques sont représentés dans le tableau suivant

**Tableau 04:** Résultats de paramètres physicochimiques de la pelure de la banane

Paramètres physico-chimiques	Résultats
Test d'humidité%	89,36±1,11
pH	5,84±0,04
L'acidité titrable	26±2,29

#### II.1.1. Test d'humidité

Le taux du test d'humidité de la pelure de banane mûre, est estimé à  $(88.6 \pm 0.1)\%$  qui est légèrement faible à celui obtenu par (Arnisah, Mohd Sabri, Azhari, & Asma, 2023) à  $(89,36 \pm 1,11)\%$ .

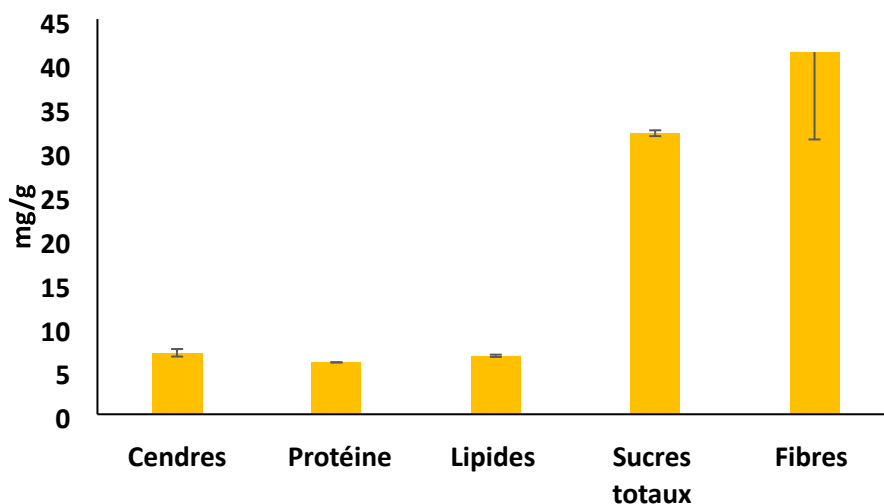
#### II.1.2. pH

Selon (Arnisah et al., 2023) la pelure de banane mûre présente un pH de  $(5.8 \pm 0.1)$  qui est semblable à notre résultats  $(5,84 \pm 0,04)$  c'est un pH acide défavorable à la prolifération des bactéries, des levures et des moisissures.

#### II.1.3. L'acidité titrable la poudre de la pelure de banane présente une acidité titrable de $(26.0 \pm 0.1)$

ce résultats est semblable à celui obtenu par (Arnisah et al., 2023) qui de  $(26 \pm 2,29)$  pour 100g

Les résultats des autres paramètres sont illustrés dans la (figure07) suivante



**Figure 07** : Résultats de dosage physicochimique

#### II.1.4. Taux de cendres

Le pourcentage de cendres trouvé dans la poudre de peau de banane était de (11,04 %  $\pm$  1,39). Qui plus important parrapporta la quantité donnée (1.7  $\pm$  0.1 g) selon (Arnisah et al., 2023) et (Akram et al., 2022). Cela est peut-être dû à la différence des condition climatiques

#### II.1.5. Taux de protéine brutes

Le taux de protéines était de (5,91  $\pm$  0,01) supérieur de celle de (Akram et al., 2022) (4.01%  $\pm$  0.96) qui est confirmé t découvert que la poudre de peau de banane était une excellente source d'acides aminés. La pulpe de banane dessert contient en moyenne : - 3,3 mg de sérotonine pour 100g - 0, 25 mg de norépinéphrine pour 100g - 65 mg de dopamine pour 100g La présence de ces composés dans un aliment aussi courant que la banane revêt un grand intérêt clinique (Waalkes, 1958). En effet, nous savons que la sérotonine inhibe la sécrétion gastrique et stimule le muscle lisse intestinal

### II.1.6. Taux de fibres

D'après (Mostafa, 2021) Les fibres alimentaires totales (50 % sur la base de la matière sèche) de la peau de banane et de plantain comprennent principalement des polysaccharides d'hémicellulose et de pectine. Et selon (Zou, Tan, Zhang, Wu, & Shang, 2022) Les fibres alimentaires insoluble (FAIs) et les fibres alimentaires soluble (FAS) dans la peau de banane variaient de 5,91 à 44,95 % et de 0,23 à 7,75 %, respectivement, ce qui indique que l'(FAIs) est le composant le plus abondant du (FAS) dérivé de la peau de banane. Les niveaux de FAIs et FAS dans la peau de banane sont passés du stade vert au stade jaune. Et selon (Hikal et al., 2022). Les peaux de banane séchées contiennent (20 à 30) % de fibres. Cette variation put être selon l'espèce, climat, méthode d'extraction

### II.1.8. Taux de sucre

Concernant les sucres solubles, la quantité était de  $74.40 \pm 15.54g$ . Durant le stade de maturation la teneur des sucre solubles augment avec la diminution de l'amidon présent dans les peaux, de 4,2 à 38,3% (Emaga, 2007). Les glucides disponibles sont présents en quantités importantes dans la pulpe de la banane : 21,8 à 28 g pour 100g de pulpe. Ces glucides sont répartis en saccharose, glucose, amidon et fructose. Le saccharose est le sucre prédominant dans la banane dessert. Dans le cas de la banane plantain à maturité commerciale, c'est l'amidon. Le mûrissement de la banane conduit principalement à la transformation de l'amidon en disaccharide (saccharose) et en monosaccharides (glucose et fructose). La composition totale en glucides des bananes dessert (e.g Cavendish) ne varie presque pas au cours du mûrissement. Seule la proportion des différents sucres varie (Mota et al, 1997 ; Fernandez et al, 1979). Selon Loeseck (1950), les teneurs en amidon de la peau et de la pulpe varient avec le stade de maturité, la variété du fruit, les conditions de culture et de mûrissement

### II.1.9. Dosage de la matière grasse

La teneur de la matière grasse de la pulpe de la banane était de 6660mg /100g de MS. Qui est représenté plus par Les fortes teneurs en steryl esters (469 - 24405 mg/kg) et diacylglycerols (119 – 878 mg/kg), principalement présents dans les peaux de bananes expliquent l'augmentation de la quantité d'acides gras et stérols, après une hydrolyse alcaline. Quelques steryl glucosides ont aussi été 40 trouvés en quantités significatives (273 – 888 mg/kg), en particulier, dans la pulpe de banane (888 mg/kg) (Oliveira, 2008). L'acide linoléique (omega 6) et -linoléique (omega 3) représentent plus de 40% (42,1 52,2%) des acides gras totaux, présents dans les peaux de bananes de diverses variétés. L'huile extraite des peaux de bananes est riche en acides gras essentiels polyinsaturés. Les principaux acides gras saturés sont les acides palmitiques et stéarique mais on retrouve aussi en plus faibles quantités les acides arachidique et myristique (Emaga et al, 2007).

### II.1.9. La valeur énergétique

La valeur énergétique a été calculée selon l'équation suivante :

$$\begin{aligned} & \text{(Cal/100g-1) d'Anvisa (2001), c'est-à-dire la valeur énergétique, cal/100g} = [(4 \times \% \text{ protéines}) + \\ & (4 \times \% \text{ glucides}) + (9 \times \% \text{ lipides totaux})] \text{ (Ahmed, El-Sharnouby, \& El-Waseif, 2021). Cal/100g} \\ & = [(4 \times \%5,91) + (4 \times \%2.29) + (9 \times \%1)] = 41.8 \text{ Cal/100 g} \end{aligned}$$

## II.2. Résultats d'analyse phytochimique de la poudre de la pelure de la banane

Les résultats d'analyse phytochimique de l'extrait de la pelure de banane sont résumés dans le tableau ci-dessous :

**Tableau 05:** Résultats d'analyse phytochimique de la pelure de la banane

Les substances bioactives	Quantités
<b>Polyphénol totaux</b>	<b>0,078 ± 0,04</b> (Mg EAG/g MS)
<b>Flavonoïdes</b>	<b>27.87 ±0.53</b> (Mg EQ/g de MS)

### II.2.1. Polyphénols totaux:

La quantité des composé phénoliques était de  $0,078 \pm 0,04$  qui plus faible que celle retrouvée (Singh et al., 2016) de 4,95 à 47 mg EAG/g MS). Cela est peut-être dû a la variation des conditions climatiques ainsi que les méthodes d'extractions de ces substances.

La pulpe et la peau de banane contiennent divers composés phénoliques, tels que l'acide gallique, la catéchine, l'épicatéchine, les tanins et les anthocyanes. La banane contient de grandes quantités de composés phénoliques totaux et de flavanols. (Vu et al., 2018)

### II.2.2. Les flavonoïdes

La teneur en flavonoïdes ( $27.87 \pm 0.53$  mg EQ/g de MS) est plus faible que celle obtenue par Someya et al, 2002) avec un taux de 158mg/ 100g d'extrait sec. Ainsi que leur identification a révélé la présence de gallo catechines au sein de la peau de banane. Ces extraits ont montré, par conséquent, la teneur en gallo catechines participe à la capacité antioxydante des bananes (Someya et al, 2002).

### II.2.3. Test DPPH :

Le potentiel antioxydant de la poudre de peau de banane a été mesuré par le test DPPH en suivant la méthode d'utilisation des extraits de méthanol. L'absorbance a été mesurée par spectrophotomètre (spectrophotomètre UVMimi-1240) à 517 nm à la fin de l'expérience par rapport à un contrôle, les valeurs du contrôle et de l'échantillon ont été enregistrées.

Nos trouvent des résultats qui concordent avec (Akram et al., 2022) et (Vu et al., 2018), qui ont proposé que plusieurs acides phénoliques, y compris les acides hydroxy cinnamiques, les flavonoïdes comme la dopamine, la L-dopa, la quercétine, les catécholamines, ainsi que les anthocyanes sont les principaux polyphénols des peaux de banane qui sont responsables de son haut potentiel antioxydant.

Une étude de la capacité antioxydante totale correspondant à l'activité de piégeage du DPPH de la peau de banane. Ont montré une activité antioxydante de 83% en utilisant la méthode DPPH et ont utilisé le test de piégeage des radicaux libres DPPH pour évaluer la capacité antioxydante des extraits de banane obtenus à partir de différents systèmes d'extraction par solvant. Les valeurs de DPPH observées étaient de 36,8 et 68,0 % pour les systèmes d'extraction à l'eau et à l'acétone (90 %), respectivement (Singh et al., 2016)

# Conclusion Générale

Conclusion

---

## Conclusion

L'objectif de notre travail est de contribuer à la valorisation des pelures de banane., des analyses physicochimiques et phytochimiques ont été réalisées. Pour répondre à cet objectif, deux résultats principaux ont été retenus.

Les paramètres physico-chimiques ont mis en évidence la richesse des peaux de banane en fibres  $41.24 \pm 9.95$ . Est en sucres totaux  $32 \pm 0.33$  avec a une valeur moyenne des protéines et des lipides ;  $(5.91 \pm 0.01)$  ;  $(6.66 \pm 0.13)$  ; respectivement.

Les peaux de banane semblent contenir divers composés bioactifs, avec une teneur importante en substances phénoliques  $(0,078 \pm 0,04)$  ; et des flavonoïdes représentés par une concentration de  $(27.87 \pm 0.53)$  ; et une forte pouvoir antioxydant qui été montre par un dosage important de DPPH° ;  $(97.06 \pm 0.50)$ .

De futures études sont nécessaires pour déterminer les composés biologiquement actifs, les effets potentiels et les multiples avantages que l'on peut attendre des pelures de banane plutôt que de les ignorer en tant que déchet. Bienfaits fonctionnels de la peau de banane (médecine traditionnelle ou comme source).

# **Les Références bibliographiques**



### Les Références bibliographique

- Ahmed, Z., El-Sharnouby, G., & El-Waseif, M. (2021). Use of Banana Peel As A By-Product to Increase The Nutritive Value of The Cake. *Journal of Food and Dairy Sciences*, 12(4), 87-97. doi:10.21608/jfds.2021.167053
- Akram, T., Mustafa, S., Ilyas, K., Tariq, M. R., Ali, S. W., Ali, S., . . . Basharat, Z. (2022). Supplementation of banana peel powder for the development of functional broiler nuggets. *PeerJ*, 10, e14364. doi:10.7717/peerj.14364
- AOAC. (1990). Official Methods of Analysis. 15th Edition, Association of Official Analytical Chemist, Washington DC.
- Arnisah, I. N., Mohd Sabri, P. D., Azhari, S. B., & Asma, R. A. N. (2023). Potential of Agricultural Residues from *Musa acuminata* (Cavendish) Peel: Study on Physicochemical Properties and Thin-Layer Drying Characteristic. *Trends in Sciences*, 20(7). doi:10.48048/tis.2023.5391
- Arun, K. B., Thomas, S., Reshmitha, T. R., Akhil, G. C., & Nisha, P. (2017). Dietary fibre and phenolic-rich extracts from *Musa paradisiaca* inflorescence ameliorates type 2 diabetes and associated cardiovascular risks. *Journal of Functional Foods*, 31, 198-207. doi:10.1016/j.jff.2017.02.001
- Balakrishnan, P. (2021). Formulation of Cake with Banana Peel Extracts to Enhance Colour and Bioactive Properties. *Journal of Pharmaceutical Research International*, 33(55A), 310-316.
- Bonache, M. A., Moreno-Fernandez, S., Miguel, M., Sabater-Munoz, B., & Gonzalez-Muniz, R. (2018). Small Library of Triazolyl Polyphenols Correlating Antioxidant Activity and Stability with Number and Position of Hydroxyl Groups. *ACS Comb Sci*, 20(12), 694-699. doi:10.1021/acscombsci.8b00118
- Bouhaddouda, N., Aouadi, S., & Labiod, R. (2016). Evaluation of chemical composition and biological activities of essential oil and methanolic extract of *Origanum vulgare* L. ssp. *glandulosum* (DESF.) Ietswaart from Algeria. *Int. J. Pharmacogn. Phytochem. Res*, 8, 104112.
- Bousbia, N. (2011). *Extraction des huiles essentielles riches en anti-oxydants à partir de produits naturels et de co-produits agroalimentaires*. Université d'Avignon,
- Clément AHOUANNOU<sup>2</sup>, B. A., MAHAMAT Seid Ali<sup>4</sup>, Gladwys AGBO<sup>1,2</sup>, Ulbad Polycarpe TOUGAN<sup>1</sup>, Mohamed M. SOUMANOU<sup>1</sup>, Fidèle Paul TCHOBO<sup>1\*</sup>. (2015). Valorization of sweet bananas (*Musa sinensis*) by drying after osmotic dehydration. *nternational Journal of Advanced Research*, 3(10), 1383 – 1394.
- Dangkulwanich, M., & Charaslertrangsi, T. (2020). Hydrodistillation and antimicrobial properties of lemongrass oil (*Cymbopogon citratus*, Stapf): An undergraduate laboratory exercise bridging chemistry and microbiology. *Journal of Food Science Education*, 19(2), 41-48. doi:10.1111/1541-4329.12178

## Les Références bibliographique

---

- De Boishebert, V. (1999). *Évolution de l'arôme du cultivar early gold pendant la phase de maturité*. UTC,
- Deng, W., Chen, Y., Sun, X., & Wang, L. (2023). AODB: A comprehensive database for antioxidants including small molecules, peptides and proteins. *Food Chem*, 418, 135992. doi:10.1016/j.foodchem.2023.135992
- FALINIRINA, R. (2007). *Contribution à l'étude d'obtention d'alcool de banane*. (Mémoire de fin d'étude en vue d'obtention du diplôme d'ingénieur en Génie Chimique, ),
- Francophones, N. (1990). COOPERATION UNIVERSITAIRE (FICU). p 17 – 18.
- Gauthier-Chanu, G. (2003). *La liste des ingrédients des denrées alimentaires préemballées: bases réglementaires et recommandations professionnelles, applications pratiques et positions d'un industriel*.
- Grigoraș, C.-G. (2012). *Valorisation des fruits et des sous-produits de l'industrie de transformation des fruits par extraction des composés bioactifs*. Université d'Orléans; Universitatea Vasile Alecsandri din Bacău (România),
- H, M., & R., P. R. (1967). . *Matière médicale Collection de précis de pharmacie* (TOME II ed.).
- Hamilton, A. C., Karamura, D., & Kakudidi, E. (2016). History and conservation of wild and cultivated plant diversity in Uganda: Forest species and banana varieties as case studies. *Plant Divers*, 38(1), 23-44. doi:10.1016/j.pld.2016.04.001
- Haouam, A., & Tayebi, A. (2017). Obtention de papiers composites à partir d'une cellulose d'origines différentes et de macromolécules synthétiques polystyrène et polystyrène.
- Herkous, & Soufi. (2017). Synthèse et Identification d'un Arôme Artificiel (Acétate d'Isoamyle) et Son Conservateur (Acide Benzoïque).
- Hikal, W. M., Said-Al Ahl, H. A. H., Bratovic, A., Tkachenko, K. G., Sharifi-Rad, J., Kacaniova, M., . . . Atanassova, M. (2022). Banana Peels: A Waste Treasure for Human Being. *Evid Based Complement Alternat Med*, 2022, 7616452. doi:10.1155/2022/7616452
- Hmid, I. (2013). *Contribution à la valorisation alimentaire de la grenade marocaine (Punica granatum L.): Caractérisation physicochimique, biochimique et stabilité de leur jus frais*. Université d'Angers,
- Janczak, D., Malińska, K., Czekala, W., Cáceres, R., Lewicki, A., & Dach, J. (2017). Biochar to reduce ammonia emissions in gaseous and liquid phase composting of poultry manure with wheat straw. *Waste Management*, 66, 36-45. doi:10.1016/j.wasman.2017.04.033
- JOURDA, C. (2013 ). *Organisation et évolution de familles de gènes impliqués dans la maturation du fruit chez le bananier*. (Doctorat réalisé au sein de l'équipe Structure et évolution des génomes
- UMR Amélioration Génétique et Adaptation des Plantes méditerranéennes et tropicales), UNIVERSITE MONTPELLIER 2,
- Kwa, M., & Ganry, J. (1990). Utilisation agronomique des vitroplants de bananier.
- LABBANI, P. (2022). Biochimie végétale, Chp 4: Composés phénoliques.

## Les Références bibliographique

---

- Li, X., Li, K., Zhou, D., Zhang, M., Qi, D., Jing, T., . . . Xie, J. (2021). Biological control of banana wilt disease caused by *Fusarium oxyspoum* f. sp. *Cubense* using *Streptomyces* sp. H4. *Biological Control*, *155*. doi:10.1016/j.biocontrol.2020.104524
- MARIE, H. J. (1998). *Etude des structures en béton* Editions Casteilla. 236P.
- Mathew, N. S., & Negi, P. S. (2017). Traditional uses, phytochemistry and pharmacology of wild banana (*Musa acuminata* Colla): A review. *J Ethnopharmacol*, *196*, 124-140. doi:10.1016/j.jep.2016.12.009
- Mohd Zaini, H., Roslan, J., Saallah, S., Munsu, E., Sulaiman, N. S., & Pindi, W. (2022). Banana peels as a bioactive ingredient and its potential application in the food industry. *Journal of Functional Foods*, *92*. doi:10.1016/j.jff.2022.105054
- Mouiya, M., Bouazizi, A., Abourriche, A., Benhammou, A., El Hafiane, Y., Ouammou, M., . . . Hannache, H. (2019). Fabrication and characterization of a ceramic membrane from clay and banana peel powder: Application to industrial wastewater treatment. *Materials Chemistry and Physics*, *227*, 291-301. doi:10.1016/j.matchemphys.2019.02.011
- Nouioua, A., Benahmed-Djilali, A., & Benmounah, A. (2022). Evaluation de l'Activité Antioxydante de Mucilage Extrait de la Pelure de Banane.
- Padam, B. S., Tin, H. S., Chye, F. Y., & Abdullah, M. I. (2014). Banana by-products: an underutilized renewable food biomass with great potential. *J Food Sci Technol*, *51*(12), 3527-3545. doi:10.1007/s13197-012-0861-2
- Pan, Y., Zhang, Y., Hou, M., Xue, J., Qin, R., Zhou, M., & Zhang, Y. (2023). Properties of polyphenols and polyphenol-containing wastewaters and their treatment by Fenton/Fentonlike reactions. *Separation and Purification Technology*, *317*. doi:10.1016/j.seppur.2023.123905
- Papuc, C., Goran, G. V., Predescu, C. N., Nicorescu, V., & Stefan, G. (2017). Plant Polyphenols as Antioxidant and Antibacterial Agents for Shelf-Life Extension of Meat and Meat Products: Classification, Structures, Sources, and Action Mechanisms. *Compr Rev Food Sci Food Saf*, *16*(6), 1243-1268. doi:10.1111/1541-4337.12298
- Pereira, A., & Maraschin, M. (2015). Banana (*Musa* spp) from peel to pulp: ethnopharmacology, source of bioactive compounds and its relevance for human health. *J Ethnopharmacol*, *160*, 149-163. doi:10.1016/j.jep.2014.11.008
- Pisoschi, A. M., & Pop, A. (2015). The role of antioxidants in the chemistry of oxidative stress: A review. *Eur J Med Chem*, *97*, 55-74. doi:10.1016/j.ejmech.2015.04.040
- Qamar, S., & Shaikh, A. (2018). Therapeutic potentials and compositional changes of valuable compounds from banana- A review. *Trends in Food Science & Technology*, *79*, 1-9. doi:10.1016/j.tifs.2018.06.016
- Rebello, L. P. G., Ramos, A. M., Pertuzatti, P. B., Barcia, M. T., Castillo-Muñoz, N., & HermosínGutiérrez, I. (2014). Flour of banana (*Musa* AAA) peel as a source of antioxidant phenolic compounds. *Food Research International*, *55*, 397-403. doi:10.1016/j.foodres.2013.11.039
- Salazar, D., Arancibia, M., Lalaleo, D., Rodríguez-Maecker, R., López-Caballero, M. E., & Montero, M. P. (2022). Physico-chemical properties and filmogenic aptitude for edible packaging of Ecuadorian discard green banana flours (*Musa acuminata* AAA). *Food Hydrocolloids*, *122*. doi:10.1016/j.foodhyd.2021.107048

## Les Références bibliographique

---

- Singh, B., Singh, J. P., Kaur, A., & Singh, N. (2016). Bioactive compounds in banana and their associated health benefits - A review. *Food Chem*, 206, 1-11.  
doi:10.1016/j.foodchem.2016.03.033
- Someya, S., Yoshiki, Y., & Okubo, K. (2002). Antioxidant compounds from bananas (Musa Cavendish). *Food chemistry*, 79(3), 351-354.
- Vu, H. T., Scarlett, C. J., & Vuong, Q. V. (2018). Phenolic compounds within banana peel and their potential uses: A review. *Journal of Functional Foods*, 40, 238-248.  
doi:10.1016/j.jff.2017.11.006

Annexe

Annexe : Courbes d'étalonnage

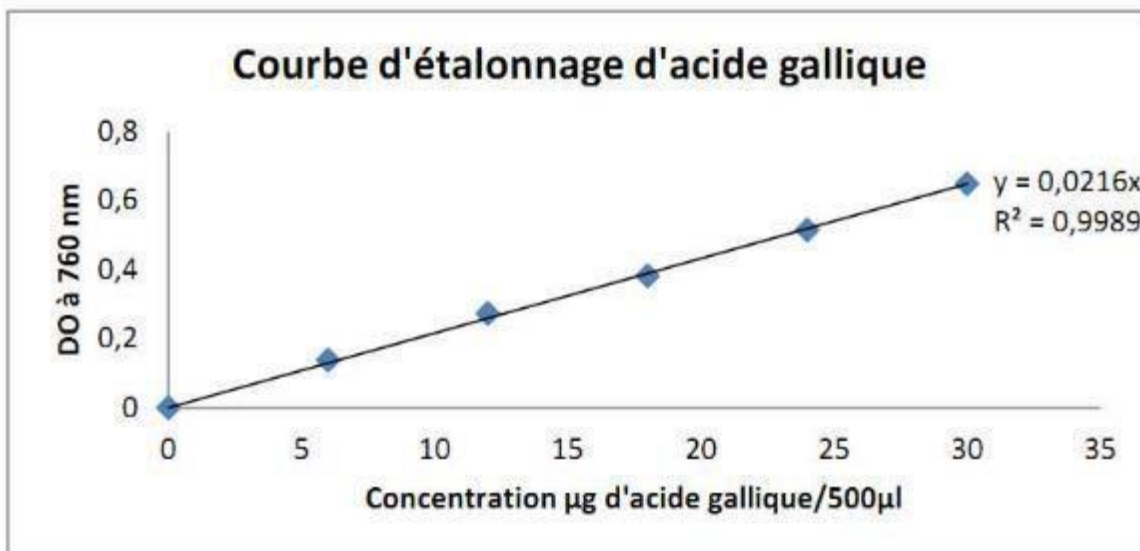


Figure 1 : Courbe d'étalonnage de l'acide gallique

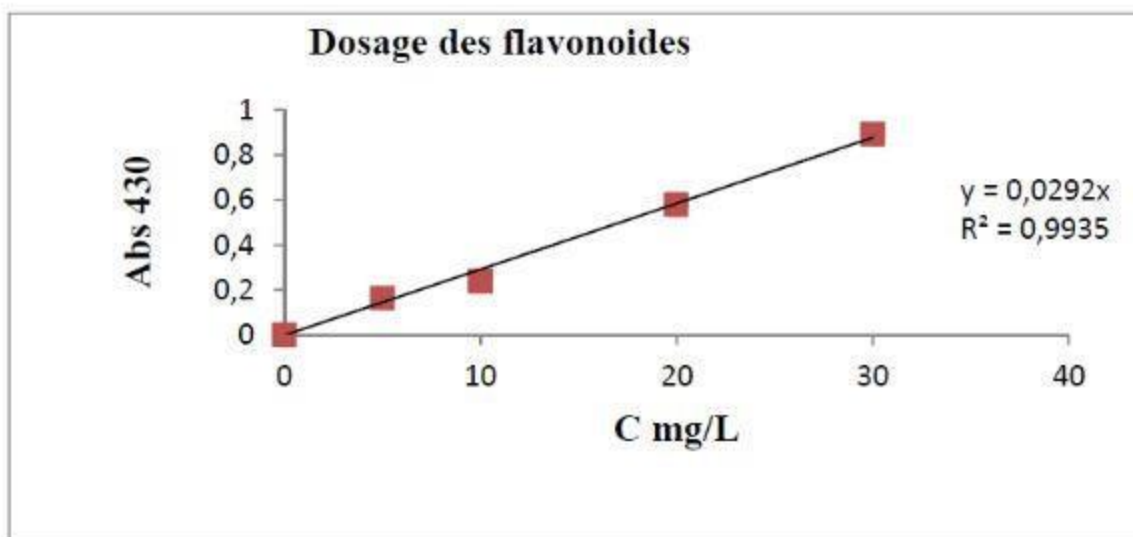


Figure 2 : Courbe d'étalonnage de La quercitine

