



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET  
POPULAIRE  
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR  
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



Université d'Ain Témouchent Belhadj Bouchaib  
Faculté des sciences et de Technologie  
Département d'agroalimentaire

Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de Master

Domaine : **Science de la Nature et de la Vie**

Filière : **Sciences alimentaires**

Spécialité : **Agroalimentaire et contrôle de qualité**

**Thème :**

**Les effets synergiques antimicrobiens et antioxydants du café (*Coffea* spp.) et du galanga (*Alpinia galanga*) : de l'usage traditionnel à la preuve scientifique**

Soutenu le, **01 juin 2026**

**Présenté par :**

CHOHRA Ferielle

BOUDEROUA Fedwa

**Devant le jury composé de :**

- |                                  |                     |                          |
|----------------------------------|---------------------|--------------------------|
| ❖ Dr. Senouci Azzeddine. (MCB)   | <b>Président</b>    | UAT.B.B (Ain Témouchent) |
| ❖ Dr. Belgacem Amel Fatima (MCB) | <b>Examinatrice</b> | UAT.B.B (Ain Témouchent) |
| ❖ Dr. Hamad Djahira (MCB)        | <b>Encadrante</b>   | UAT.B.B (Ain Témouchent) |

*Année universitaire 2025/2026*

---

Je dédie ce travail à celle qui m'a appris que la réussite ne vient qu'avec la patience et la persévérance, à celle dont les prières ont été ma plus grande force, ma chère mère.

À celui qui a toujours été mon soutien dans la vie et la source de ma force, mon cher père.

À mon unique et cher frère, **Djawad**.

À mon mari, mon épaule solide et mon soutien dans cette vie, **Habib**.

À ma sœur et collègue **Feriel**.

Je tiens également à adresser mes sincères remerciements à ma directrice de mémoire, Dr Ahmed, pour ses efforts, ses précieux conseils et son accompagnement tout au long de ce travail.

À toutes les personnes qui ont cru en moi, ne serait-ce qu'un instant, et qui m'ont apporté leur soutien dans les moments où j'en avais le plus besoin.

Enfin, je dédie ce travail à moi-même, pour avoir été plus forte que je ne le pensais, plus patiente que je ne l'imaginais, et pour ne jamais avoir abandonné lo

---

---

## Remerciement

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à toutes les personnes qui m'ont soutenue et accompagnée tout au long de la réalisation de ce travail.

Tout d'abord, je tiens à adresser mes sincères remerciements à mon encadrante, **Dr Hamed Djahira** Maître de conférences B, pour son encadrement précieux, sa disponibilité, ses conseils avisés ainsi que son accompagnement tout au long de ce travail. Son soutien et ses orientations ont été essentiels à l'aboutissement de ce mémoire.

Nous souhaitons également témoigner nos sincères remerciements aux membres de notre jury :

À **Dr. Senouci Azzeddine,** Maître de conférences B à l'Université d'Aïn Témouchent, d'avoir accepté de présider notre jury. Qu'elle trouve ici l'expression de notre profonde et respectueuse gratitude.

À **Dr. Belgacem Amel Fatima,** Maître de conférences à l'Université d'Aïn Témouchent, qui a bien voulu consacrer de son temps à l'examen et à l'évaluation de ce travail. Ses remarques et critiques scientifiques contribueront certainement à l'enrichissement et à la valorisation de ce mémoire.

Je remercie du fond du cœur ma mère pour son amour inconditionnel, sa patience et tous les sacrifices qu'elle a consentis. Elle a toujours été ma plus grande source de motivation et de force.

Mes remerciements s'adressent également aux ingénieurs de laboratoires : **Leila, Chokria, Fatima, Sabrina, Noredine** Pour leur grande aide, leur disponibilité, leur gentillesse.

À ma sœur **Hanane,** j'adresse mes sincères remerciements pour son soutien constant, ses encouragements et sa présence à chaque étape de ce parcours.

Je remercie également mon oncle **Arbi** pour son aide précieuse, ses conseils avisés et son soutien moral.

Enfin, je remercie toutes les personnes qui, de près ou de loin, ont contribué à l'aboutissement de ce mémoire.

Merci du fond du cœur.

---

## Résumé

Cette étude vise à évaluer les propriétés antioxydantes, antimicrobiennes et les effets synergiques des extraits méthanoliques de *Coffea arabica* et *Alpinia galanga*, afin de valider leur usage traditionnel. Les extraits ont été obtenus par macération dans un mélange méthanol/eau (80:20), puis caractérisés en termes de rendement, de composition phénolique et d'activités biologiques. Les rendements d'extraction étaient de 5,90 % pour *C. arabica* et de 1,16 % pour *A. galanga*. L'analyse photochimique a révélé une forte teneur en polyphénols totaux (233,07 mg GAE/g pour *C. arabica* et 383,84 mg GAE/g pour *A. galanga*) et en flavonoïdes ( $16,36 \pm 3,85$  mg QE/g et 50,90 mg QE/g, respectivement). L'activité antioxydante, évaluée par le test au DPPH, a montré une capacité antiradicalaire significative, avec des  $IC_{50}$  de 372,54  $\mu$ g/mL pour *C. arabica* et  $72,21 \pm 1,78$   $\mu$ g/mL pour *A. galanga*.

L'activité antimicrobienne a été évaluée par diffusion en puits et détermination de la CMI contre plusieurs souches pathogènes, notamment *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Bacillus cereus* et *Candida albicans*. Les résultats ont montré une activité inhibitrice notable, avec des zones d'inhibition atteignant 25 mm pour *A. galanga* et des CMI variables selon les souches. L'étude de l'effet synergique (méthode checkerboard) a révélé une synergie totale ( $ICIF \leq 0,5$ ) contre certaines souches, notamment *Klebsiella pneumoniae*, ainsi que des effets partiels ou antagonistes selon le microorganisme. La combinaison des extraits a permis de réduire significativement les CMI. En conclusion, ces extraits présentent des propriétés biologiques prometteuses et un potentiel synergique intéressant pour des applications pharmaceutiques, alimentaires et cosmétiques.

## Mots-clés

*Coffea arabica*, *Alpinia galanga*, Activité antimicrobienne, Activité antioxydante, Effet synergique

---

---

## Abstract

This study aims to evaluate the antioxidant, antimicrobial, and synergistic effects of methanolic extracts from *Coffea arabica* and *Alpinia galanga* in order to scientifically validate their traditional use. The extracts were obtained by maceration in a methanol/water mixture (80:20) and subsequently characterized in terms of extraction yield, phenolic composition, and biological activities. Extraction yields were 5.90% for *C. arabica* and 1.16% for *A. galanga*. Phytochemical analysis revealed high levels of total polyphenols (233.07 mg GAE/g for *C. arabica* and 383.84 mg GAE/g for *A. galanga*) and flavonoids ( $16.36 \pm 3.85$  mg QE/g and 50.90 mg QE/g, respectively). Antioxidant activity assessed using the DPPH assay, demonstrated significant radical scavenging capacity, with  $IC_{50}$  values of 372.54  $\mu$ g/mL for *C. arabica* and  $72.21 \pm 1.78$   $\mu$ g/mL for *A. galanga*. Antimicrobial activity was evaluated using the agar well diffusion method and determination of minimum inhibitory concentration (MIC) against several pathogenic strains, including *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Bacillus cereus*, and *Candida albicans*. The results showed notable inhibitory activity, with inhibition zones reaching up to 25 mm for *A. galanga* and MIC values varying depending on the strain. The synergistic effect, evaluated using the checkerboard method, revealed total synergy ( $FICI \leq 0.5$ ) against certain strains, particularly *Klebsiella pneumoniae*, as well as partial synergy or antagonism depending on the microorganism. The combination of extracts significantly reduced MIC values. In conclusion, these extracts exhibit promising biological properties and a significant synergistic potential for pharmaceutical, food, and cosmetic applications.

## Keywords

*Coffea arabica*; *Alpinia galanga*; antimicrobial activity; antioxidant activity; synergistic effect

## الملخص

تهدف هذه الدراسة إلى تقييم الخصائص المضادة للأكسدة والمضادة للميكروبات، وكذلك التأثيرات التآزرية للمستخلصات الميثانولية لكل من *Coffea arabica* و *Alpinia galanga*، وذلك من أجل تأكيد استخدامها التقليدي. تم الحصول على المستخلصات عن طريق النقع في مزيج من الميثانول/الماء (80:20)، ثم تم توصيفها من حيث مردود الاستخلاص، والتركيبة الفينولي، والأنشطة البيولوجية.

بلغت مردودية الاستخلاص 5.90% بالنسبة لـ *Coffea arabica* و 1.16% بالنسبة لـ *Alpinia galanga*. وأظهر التحليل الكيميائي النباتي محتوى مرتفعاً من متعددات الفينول الكلية (233.07 ملغ مكافئ حمض الغاليك/غ بالنسبة لـ *Coffea arabica* و 383.84 ملغ مكافئ حمض الغاليك/غ بالنسبة لـ *Alpinia galanga*)، وكذلك من الفلافونويدات (3.85 ± 16.36 ملغ مكافئ الكيرسيتين/غ و 50.90 ملغ مكافئ الكيرسيتين/غ على التوالي). تم تقييم النشاط المضاد للأكسدة باستخدام اختبار DPPH، حيث أظهرت النتائج قدرة ملحوظة على تثبيط الجذور الحرة، بقيم IC<sub>50</sub> بلغت 372.54 ميكروغرام/مل لـ *Coffea arabica* و 1.78 ± 72.21 ميكروغرام/مل لـ *Alpinia galanga*.

أما النشاط المضاد للميكروبات فقد تم تقييمه باستخدام طريقة الانتشار في الأبار وتحديد التركيز المثبط الأدنى (CMI) ضد عدة سلالات ممرضة، منها *Staphylococcus aureus* و *Escherichia coli* و *Pseudomonas aeruginosa* و *Bacillus cereus* و *Candida albicans*. وقد أظهرت النتائج نشاطاً تثبيطياً ملحوظاً، حيث بلغت مناطق التثبيط حتى 25 مم بالنسبة لـ *Alpinia galanga*، مع اختلاف قيم CMI حسب السلالة.

كما أظهرت دراسة التأثير التآزري باستخدام طريقة (Checkerboard) وجود تآزر كلي (ICIF ≤ 0.5) ضد بعض السلالات، خاصة *Klebsiella pneumoniae*، إضافة إلى تأثيرات جزئية أو تعاكسية حسب نوع الكائن الدقيق. وقد ساهمت مزوجة المستخلصين في خفض قيم CMI بشكل ملحوظ.

## الخلاصة:

تُظهر هذه المستخلصات خصائص بيولوجية واعدة وإمكانات تآزرية مهمة، مما يجعلها مرشحة لتطبيقات في المجالات الصيدلانية والغذائية والتجميلية.

## الكلمات المفتاحية:

*Alpinia galanga*، *Coffea arabica*، النشاط المضاد للميكروبات، النشاط المضاد للأكسدة، التأثير التآزري.

---

---

## Table de Maître

1. <b>Introduction</b> :	1
I.1. Historique :	1
I.1.2. Les différents de café :	1
I.1.2.1.L'arabica (Coffea arabica) :	1
I.1.2.2. Le Robusta (Coffea canephora) :	1
I.1.3. Principaux pays producteurs du café :	3
I.1.4. Principaux pays consommateurs du café :	3
I.1.5.Classification du caféier et de son fruit :	4
I.1.6.La classification botanique du genre Coffea est la suivant	5
I.1.7.Production de café :	5
I.1.7.1. Récolte de la cerise :	6
I.1.7.2. Récolte manuelle :	6
I.1.8. Traitement des cerises de café :	6
I.1.8.1. Méthode humide (café lavé) :	6
I.1.8.1. Méthode sèche (Café non lavé) :	6
I.1.9. Composition chimique :	8
I.1.10. Propriétés biologique	11
I.1.10.1. Le café et les antioxydants :	11
I.1.10.2. Le café et l'activité anti-inflammatoire :	11
I.1.10. 3. Le café et l'activité antimicrobienne :	11
I.2.Définition :	12
I.2.1.Historique :	12
I.2.2.Répartition géographique :	13
I.2.3.Classification systématique :	13
I.2.4.Les caractéristiques botaniques d'A. galanga variété galanga	15
I.2.5.Utilisation d'Alpinia galanga	17
I.2.7.Activité antimicrobienne	17
<b>II. Matériel et Méthodes</b>	20
II.1.Matériels	20
II.1.1.Matériel biologique	20
II.1.2.Matériel végétal	20
II.2.Méthode	20

---

II.2.1.Préparation de l'extrait d' <i>Alpinia galanga</i> .....	20
II.2.2.Préparation de l'extrait de <i>Coffea arabica</i> .....	21
II.2.3.Rendement d'extraction.....	22
II.2.4.Dosage des Polyphénols Totaux .....	22
II.2.5.Dosage des Flavonoïdes totaux .....	23
II.2.6.Mesure du pouvoir antioxydant .....	24
II.2.7.Méthode de diffusion en puits AWDT .....	25
II.2.8.Détermination de la concentration minimale inhibitrice (CMI) .....	26
II.2.9.Étude de l'effet synergétique des activités antimicrobiennes de la combinaison de l'extrait d'A. galanga et de l'extrait de Coffea arabica .....	26

### **III. Resultats et discusion**

III.1.Le rendement d'extraction.....	28
III.2.Taux de polyphynole totaux dans l'extrait d'A. galanga et C. arabica .....	28
III.3.Taux de Flavonoïde totaux dans l'extrait d'A. galanga et C. arabica .....	29
III.4.Test de réduction du radical libre le DPPH Evaluation de l'IC50 .....	30
III.5. Activité antimicrobienne des extraits d'A. galanga et de Coffea arabica .....	32
III.6. La détermination des concentrations minimales inhibitrices (CMI) .....	34
III.7.Effet synergique antimicrobien de la combinaison entre extraits bruts d'Alpinia galanga et de Coffea arabica.....	37

### **Conclusion**

# Listes D'abréviation

---

**ACG** : Acides Chlorogéniques

**AlCl<sub>3</sub>** : Trichlorure d'aluminium

**ATCC** : American Type Culture Collection

**AWDT** : Agar Well Diffusion Test (méthode de diffusion en puits)

**BHIB**: Brain Heart Infusion Broth

**C. Arabica**: Coffea Arabica

**A. galanga** : Alpinia galanga

**CMI** : Concentration Minimale Inhibitrice

**CFI** : Concentration Fractionnaire Inhibitrice

**ICIF** : Indice de Concentration Inhibitrice Fractionnée

**DPPH** : 2,2-Diphényl-1-picrylhydrazyl

**DO** : Densité Optique

**UFC** : Unité Formant Colonie

**mg** : Milligramme

**µg** : Microgramme

**mL** : Millilitre

**nm** : Nanomètre

**C°** : Degré Celsius

**GAE** : Équivalent Acide Gallique

**QE** : Équivalent Quercétine

**INT** : Iodonitrotétrazolium

**IL-8** : Interleukine 8

**TNF-α** : Tumor Necrosis Factor alpha

# Listes des Figures

---

<b>Figure 1 :</b> Les grains de café 'gauche' et Robusta 'droite' .....	2
<b>Figure 2:</b> Les pays producteurs du café dans le monde.....	3
<b>Figure 3 :</b> Top 10 pays les plus consommateurs de café.....	4
<b>Figure 4 :</b> Voie d'obtention des grains de café vert .....	8
<b>Figure 5:</b> Structure des acides chlorogéniques (CGA).....	9
<b>Figure 6 :</b> Structure de la caféine. ....	10
<b>Figure 07:</b> (A) La plante entière de <i>Alpinia galanga</i> , (B) la fleur de <i>Alpinia galanga</i> , (C) le rhizome de <i>Alpinia galanga</i> , et (D) un rhizome séché de <i>Alpinia galanga</i> .....	13
<b>Figure 08 :</b> 1-3 : <i>Alpinia galanga</i> (linnaeus) Willdenow variété galanga, hong dou kou (yuan biang zhong).....	16
<b>Figure 09 :</b> Fleur d ' <i>A. galanga</i> .....	17
<b>Figure 10 :</b> <i>Alpinia galanga</i> (Linnaeus) Willdenow .....	17
<b>Figure 11 :</b> Les étapes de préparation d'extrait Brute Eau-Méthanol de <i>Alpinia galanga</i> (k) .	21
<b>Figure 12 :</b> Les étapes de préparation d'extrait Brute Eau-Méthanol de <i>Coffea arabica</i> (c).....	22
<b>Figure 13 :</b> Structure Chimique de radical libre et non radical .....	24
<b>Figure 14 :</b> Activités antimicrobiennes de la combinaison de l'extrait d' <i>A. galanga</i> et de l'extrait de <i>C. arabica</i> . (Méthode de Checkerboard). ....	27
<b>Figure 15 :</b> Courbe étalon d'acide galique .....	28
<b>Figure 16 :</b> Courbe étalon de Quercétine. ....	29
<b>Figure 17 :</b> Effet anti radicalaire d' <i>Alpinia galanga</i> et de <i>Coffea arabica</i> sur la réduction du DPPH.....	31
<b>Figure 18 :</b> Effet anti radicalaire de la vitamine C sur la réduction du DPPH.....	32
<b>Figure 19 :</b> Effet antimicrobienne d' <i>Alpinia galanga</i> et de <i>Coffea arabica</i> sur les bactéries pathogènes .....	33
<b>Figure 20 :</b> Microplaque de la CMI d' <i>Alpinia galanga</i> (k) et de <i>Coffea arabica</i> ( C ).....	36

# Listes des Tableaux

---

<b>Tableau 01</b> : Les principales différences entre Arabica et Robusta .....	2
<b>Tableau 02</b> : Quelques composés chimiques du café torréfié et café vert .....	11
<b>Tableau 03</b> : Principaux composés extraits de <i>Alpinia galanga</i> et leurs activités biologiques	15
<b>Tableau 04</b> : Nature et origine des souches pathogènes utilisées. ....	20
<b>Tableau 05</b> : Taux de polyphénole totaux dans l'extrait d' <i>A. galanga</i> et <i>C. arabica</i> .....	28
<b>Tableau 06</b> : Taux de flavonoïde totaux dans l'extrait d' <i>A. galanga</i> et <i>C. arabica</i> .....	30
<b>Tableau 07</b> : Représente les résultats des diamètres de zone d'inhibition en millimètres .....	34
<b>Tableau 08</b> : Représente les résultats des CMI .....	35
<b>Tableau 09</b> : Effet de la combinaison entre l'extrait brut d' <i>Alpinia galanga</i> et de <i>Coffea arabica</i> contre différentes bactéries .....	38

# **Introduction**

# Introduction

---

## 1. Introduction :

De nos jours, le café l'un des principaux produits du commerce mondial, il constitue la deuxième marchandise échangée entre les pays après le pétrole, il constitue l'un des denrées alimentaires les plus consommées au monde.

La consommation mondiale de café est particulièrement remarquable. Le café est l'une des boissons les plus populaires au monde, avec une consommation qui transcende les frontières culturelles et géographiques. Il est apprécié pour son goût unique, son arôme envoûtant et ses effets stimulants (Toussaint, 1993)

Des pays comme le Brésil, la Colombie, le Vietnam et l'Indonésie figurant parmi les principaux producteurs mondiaux de café. Cependant, la consommation de café est largement répandue au-delà de ces régions productrices, avec une demande croissante dans de nombreux pays (Lipchitz et Pouch 2008)

Au-delà de son aspect le café joue un rôle économique majeur pour de nombreuses communautés à travers le monde, depuis la production à la distribution en jus qu'à par la vente au détail. Par ailleurs, plusieurs études ont suggéré qu'une consommation modérée de café pourrait présenter certains bienfaits pour la santé, bien que ces effets dépendent aussi des préférences individuelles et de la tolérance à la caféine

En Algérie, le café occupe également une place importante dans la culture et les habitudes de consommation. Il est consommé tout au long de la journée, que ce soit le matin pour se réveiller, après les repas comme digestif, ou lors de rencontres sociales.

Traditionnellement, le café algérien est souvent préparé de manière à être fort et aromatique, parfois agrémenté d'épices telles que *Alpinia galanga* le café souvent servi dans de petites tasses, ce qui favorise une expérience de dégustation concentrée (Bencharif, 1996)

*Alpinia galanga* est une plante médicinale importante utilisée dans différents systèmes de médecine traditionnelle, Elle est reconnue pour ses propriétés antimicrobiennes et anti-inflammatoires et est employée dans le traitement des douleurs rhumatismales, des douleurs thoraciques, de la dyspepsie, de la fièvre, des troubles hépatiques, des maladies rénales, des tumeurs, du diabète et même du VIH (Ramesch *et al*, 2011)

Dans cette étude réalisée en Algérie, nous avons effectué des essais expérimentaux sur le café en y incorporant une épice, à savoir *Alpinia galanga* (galanga). Cette étude a pour objectif de mettre en évidence l'effet synergétique de cette association et d'évaluer son influence sur les propriétés stimulantes du café. Une analyse comparative entre le café traditionnel et le café enrichi en galanga a été menée afin d'examiner l'éventuelle valeur fonctionnelle ajoutée au produit final

## **Introduction**

---

Ce mémoire est structuré en deux parties principales. La première partie, bibliographique, comprend deux parties : la première porte sur le café et la deuxième sur *l'Alpinia galanga*. Ces chapitres sont précédés d'une introduction générale. La deuxième partie est consacrée à l'étude expérimentale et comprend le matériel et les méthodes, les résultats et la discussion. Le travail se termine par une conclusion générale.

# **I. Etude Bibliographique**

## **I.1. Historique :**

Plusieurs légendes existent sur la découverte du café. La plus fréquemment relatée en Occident est-ce le du fermier éthiopien Kaldi qui aurait vécu entre le VI<sup>e</sup> et le IX<sup>e</sup> siècle. (Jeszka et al., 2015 ; Weinberg et Bealer, 2002).

Après avoir constaté l'effet excitant de baies rouges sur ses chèvres, il y goûta et constata cet effet sur lui-même. L'odeur ainsi dégagée aurait attiré l'attention des moines, qui auraient broyé les grains de café obtenus dans de l'eau avant de la boire, goûtant ainsi la première tasse de café. (Jeszka et al., 2015).

À partir de l'Ethiopie, on peut ensuite retracer le voyage du café vers le Yémen. Le café commença à y être cultivé en quantités croissantes, particulièrement dans les terres proches de Mocha, avant de se propager vers le monde arabe. (Jeszka et al., 2015)

Le café a été introduit en Europe en 1570, par un médecin vénitien « Prospero Alpini ». En 17<sup>ième</sup> siècles devient une boisson courante et sa popularité n'a fait que croître par la suite. Les célèbre cafetière napolitaine est le premier appareil domestique pour la préparation du café a été inventé en 1691 à Naples, la consommation de café s'est, dès lors, popularisée (A lred *et al.*,2019) . Concernant l'Amérique du Nord, le plus grand consommateur du monde, dans les années 1970, les grandes vi les américaines les plus pluvieuses ont donné naissance à une culture du café ou "latte". Aujourd'hui, il est possible de trouver du bon café dans toutes les grandes villes du monde (A lred *et al.*,2019)

### **I.1.2. Les différents de café :**

#### **I.1.2.1.L'arabica (Coffea arabica) :**

Originaire d'Ethiopie, Coffea arabica L. comporte de nombreuses variétés. La culture de l'arabica est plus délicate et moins productive que ce le du robusta. Il est essentiellement cultivé dans des plantations situées entre 1000 et 2000 m d'altitude en climat tropical, te les que l'Amérique Latine et l'Indonésie, L'arabica occupe la première place dans le monde pour la production de café (environ 60%) car ses qualités aromatiques sont supérieures à ce les du robusta. Son prix est d'aï leurs en moyenne 20 à 25% plus élevé que celui du robusta. Cependant, sa teneur en caféine reste très inférieure à ce le du robusta (Houssou. *et al.*,2007)

#### **I.1.2.2. Le Robusta (Coffea canephora) :**

Le café robusta est originaire d'Afrique centrale et occidentale. En deuxième place pour la production (40%), il est surtout cultivé en plaine en Afrique (Afrique occidentale, Ouganda, Angola, Afrique du sud, etc.) et en Extrême orient (Viêtnam, Inde, Ir Philippines). C'est une espèce plus vigoureuse que l'arabica, avec une croissance plus rapide. Son gout est puissant et crossé, il donne une café très tonique (Houssou., *et al.*,2007)



**Figure 01** : Les grains de café 'gauche' et Robusta 'droite' (Razumova, *et al.*, 2015).

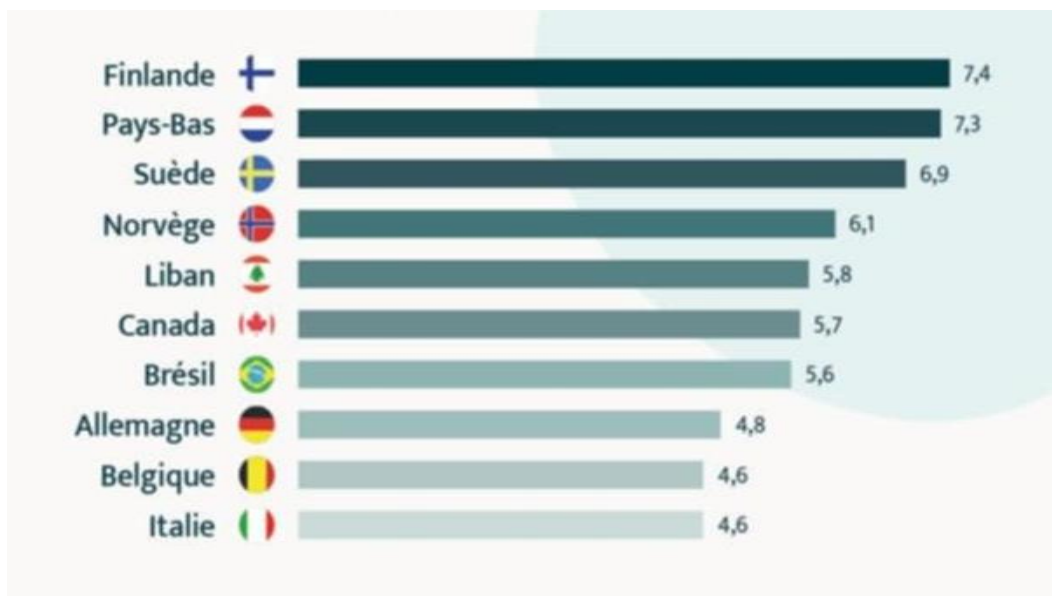
**Tableau 01** : Les principales différences entre Arabica et Robusta (Franca et Oliveira, 2019 ; Hečimović *et al.*, 2011)

Paramètres	Arabica	Robusta
<i>Nom botanique</i>	<i>Coffea Arabica</i>	<i>Coffea Canephora</i>
<i>Date de description de l'espèce</i>	1753	1895
<i>Altitude de culture</i>	1000 à 2000 m	0 à 700 m
<i>Température</i>	15 à 24 °C	20 à 30 °C
<i>Pluviométrie</i>	1500 à 2000mm	2000 à 3000 mm
<i>Forme</i>	Plate	Ovale
<i>Délai floraison-récolte</i>	9 mois	10 à 11 mois
<i>Première floraison</i>	4-5 ans	2-3 ans
<i>Goût</i>	Acide	Amer



## I.1.5. Classification du caféier et de son fruit :

Le caféier est un arbuste appartenant au genre *Coffea*, qui fait partie de la famille des Rubiacées et est représenté par 73 espèces. Uniquement deux espèces suscitent un véritable intérêt pour la production de café. On parle ici de *Coffea arabica*, produisant le café arabica, et de *Coffea canephora*, qui donne du café robusta. Des données sur le café robusta (Bonnin, *et al.*, 2016).



**Figure 03 :** Top 10 pays les plus consommateurs de café (Claire Villiers *et al.*, 2022).

## I.1.6. La classification botanique du genre *Coffea* est la suivante

Les caféiers sont des arbustes feuillus persistants dont les feuilles sont opposées. Ils préfèrent généralement un environnement ombragé, car ils sont originaires des zones de sous-bois. Ces plantes produisent des fruits charnus, généralement rouges, violets ou jaunes, appelés « cerises de café », chacun contenant deux noyaux qui enferment un grain de café. (Houessou, *et al.*, 2007).

Le caféier peut atteindre une hauteur de 12 mètres et pousser dans les zones intertropicales. Cependant, un caféier n'est rentable qu'après 5 ans et sa durée de vie varie entre 25 et 50 ans. Il produit des fruits charnus,

Le caféier Arabica atteint généralement une hauteur de 5 à 6 mètres, tandis que le Robusta peut dépasser 10 à 12 mètres. Le taillage de l'arbre permet de réduire sa hauteur à environ 2 ou 3 mètres. Le caféier peut porter simultanément des fleurs et des fruits, certains plus mûrs que d'autres. Il peut vivre une cinquantaine d'années, mais en culture, sa production commence à diminuer après 30 ans. Plusieurs fois par an, notamment à la fin de la saison sèche, le caféier s'orne de fleurs blanches très odorantes, semblables au jasmin. Ces fleurs sont composées de 5 ou 6 pétales et se regroupent en bouquets à l'axille des feuilles. (Denis *et al.*, 2003).

la systématique de *Coffea Arabica* est représentée dans la classification systématique (JUDD *et al.*, 2002).

**Régne :** Plantae

**Division :** Angiospermae

**Classe :** Dicotyledonae

**Sous classe :** Euasterids

**Ordre :** Typhales

**Famille :** Rubiaceae

**Genre :** *Coffea*

**Espèce :** *Coffea Arabica*

## **I.1.7. Production de café :**

### **I.1.7.1. Récolte de la cerise :**

La récolte des cerises de café s'étend généralement de décembre à février dans les régions situées entre l'équateur et le nord du tropique. En revanche, pour les régions situées au sud de l'équateur, la récolte a lieu entre mai et août (Badoud et Bauer, 2001). Cette opération peut se faire soit manuellement, soit mécaniquement.

Pour le caféier arabica, les fruits atteignent leur pleine maturité environ 6 à 8 mois après la floraison, tandis que pour le robusta, ce processus prend entre 9 et 11 mois (Montavon *et al.*, 2003). La maturation est principalement identifiable grâce à la couleur des cerises.

### **I.1.7.2. Récolte manuelle :**

Dans le cas de la récolte manuelle, les cerises mûres sont cueillies individuellement ou en grappes lorsque la majorité des fruits ont atteint leur pleine maturité. Les cerises tombées naturellement au sol sont également collectées à la main pour éviter les pertes (Badoud et Bauer, 2001).

La récolte mécanique repose sur l'utilisation d'un dispositif qui secoue les caféiers. Les cerises se détachent alors des branches et tombent dans une structure en forme de parapluie inversé et ajouré, positionnée sous l'arbre pour les recueillir (Jacques-Félix, 1968).

## **I.1.8. Traitement des cerises de café :**

Pour transformer les cerises en café torréfié prêt à être consommé, elles doivent subir un traitement spécifique. Deux méthodes principales sont utilisées :

### **I.1.8.1. Méthode humide (café lavé) :**

Cette méthode implique plusieurs étapes :

- a) Trempage initial des cerises dans l'eau.
- b) Dépulpage à l'aide d'une machine spécifique.
- c) Nouveau trempage pour éliminer les résidus de pulpe par fermentation.
- d) Lavage intensif, nécessitant environ 100 litres d'eau pour 10 kg de grains.
- e) Séchage des grains, soit pendant 10 jours au soleil, soit durant 3 à 4 heures en étuve.
- f) Démarchage mécanique par frottement pour retirer la parche (Codex Alimentarius, 2012).

### **I.1.8.2. Méthode sèche (Café non lavé) :**

Les cerises de café sont d'abord séchées au soleil en fines couches pendant environ 15 jours, puis décortiquées. Les grains obtenus sont ensuite nettoyés, triés en fonction de leur densité et calibrés (Codex Alimentarius, 2012).

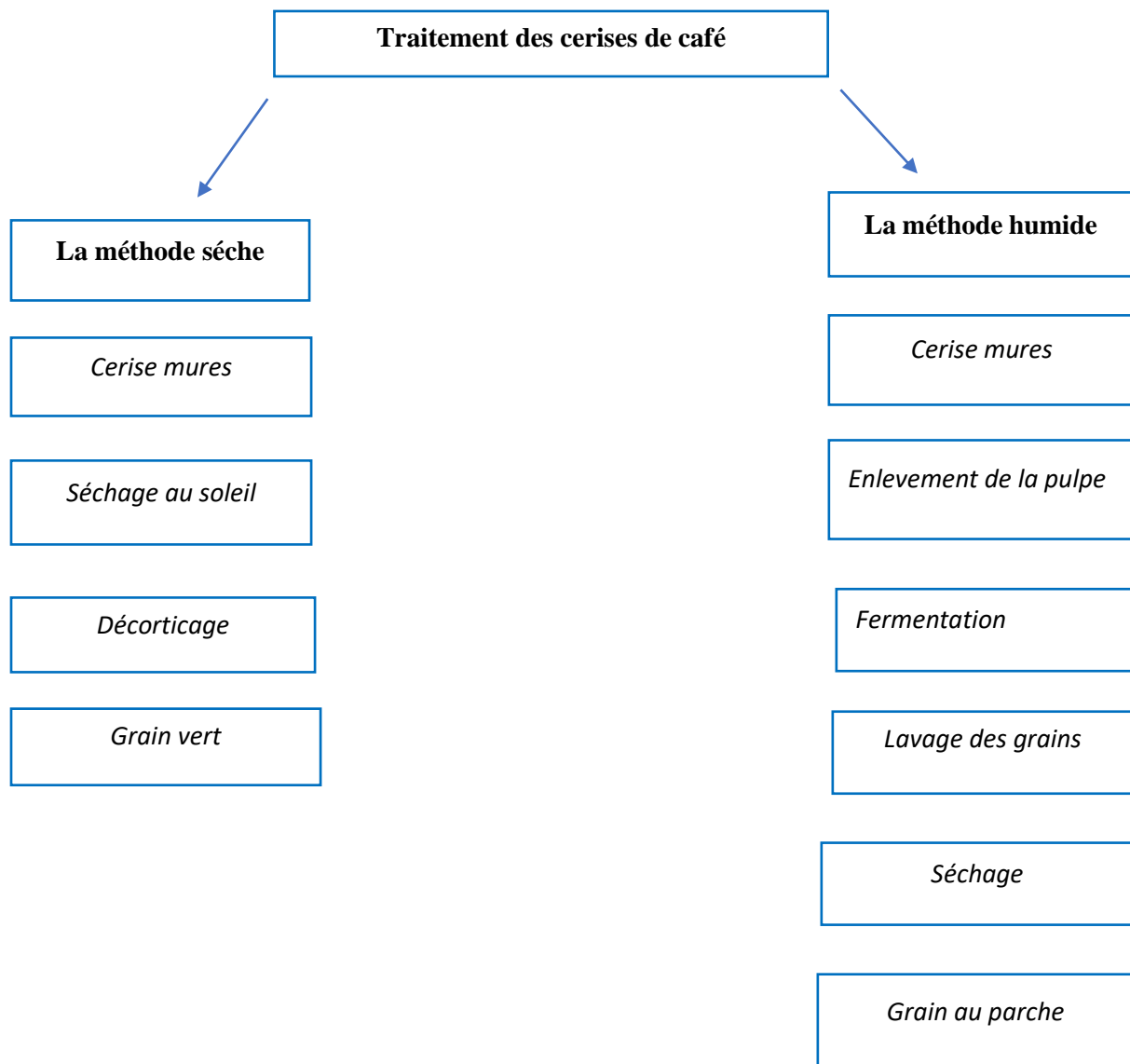
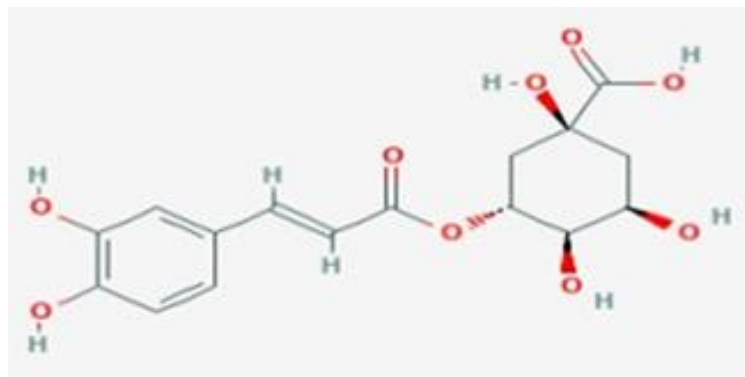


Figure 04 : Voie d'obtention des grains de café vert

## I.1.9. Composition chimique :

Ils sont principalement composés d'acides chlorogéniques (ACG), qui sont des esters. Les composés phénoliques des acides quiniques et des acides Trans-cinnamiques (principalement les acides) Caféique, férulique et p-coumarique dans les grains de café vert, dont les acides. Les caféoylquiniques forment la partie la plus importante de la fraction ACG, représentant environ 80 % et 76% de la ACG totale des grains verts arabica et robusta respectivement (Xiuju et Loong-tak *et al.*, 2015).



**Figure 05 :** Structure des acides chlorogéniques (CGA).

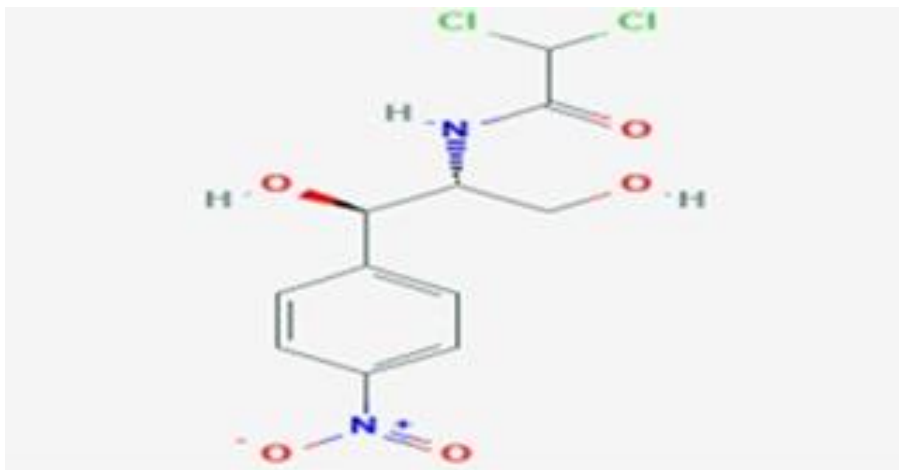
La caféine est donc un composant important du café, elle est un dérivé de la purine. C'est une poudre blanche qui n'a pas d'odeur, a un goût amer et se dissout peu dans l'eau. (21,6 g / L). La caféine est présente dans de nombreuses plantes, mais en quantité généralement faible. Quantité, et semble jouer un rôle protecteur chez ces plantes. La quantité de caféine peut changer selon le type de grain de café utilisé. On rapporte que les grains Les arabicas contiennent entre 10 et 12 mg de caféine par gramme de café. Les grains de robusta contiennent nt De 19 à 21 mg de caféine par gramme de café (Benjamin tak *et al.*, 2017).

À côté de la caféine, les autres composés azotés du café incluent les protéines et les. Acides Aminés libres. Les protéines représentent entre 8,5 et 12 % (en base sèche) dans les grains de. Café vert. Les protéines du café vert sont principalement des protéines de stockage 11S et. Ils contiennent une quantité presque identique de fractions solubles dans l'eau et insolubles dans l'eau. Les protéines solubles dans l'eau sont surtout composées de globulines (85%) et. D'albumines (15%) (Xiuju et Loong-Tak, 2015).

Les grains de café contiennent entre 8 % et 18 % de graisse, en base sèche, selon la variété. L'espèce. Le Robusta vert a généralement moins de lipides que l'Arabica. Environ 75 % de

L'huile du café se trouve sous forme de triglycérides, notamment les acides linoléiques et. Les acides gras palmitiques sont les principaux (Xiuju et Loong-Tak, 2015).

Les acides gras palmitiques sont les principaux (Xiuju et Loong-Tak, 2015). Les polysaccharides représentent environ la moitié de la matière sèche du grain brut et sont. Le matériau principal utilisé pour construire la paroi des cellules. La fraction soluble de Les polysaccharides contribuent aux caractéristiques organoleptiques du café infusé, comme le goût, l'arôme et la texture. Crémeux (viscosité), sensation en bouche, rétention des composés aromatiques et stabilité de la mousse dans les machines à café expresso (Xiuju et Loong-Tak, 2015). La mousse dans les machines à café expresso (Xiuju et Loong-Tak, 2015). La mousse dans les machines à café expresso (Xiuju et Loong-Tak, 2015).



**Figure 06 :** Structure de la caféine

**Tableau 02 :** Quelques composés chimiques du café torréfié et café vert (Houessou, et al., 2007).

Composant	Arabica (Green)	Arabica (Roasted)	Robusta (Green)	Robusta (Roasted)
Polysaccharides	43–45	38	46.9–48.3	42
Sucrose	6.2–8.4	–	0.9–4.8	–
Lipids	15–18	17	8–12	11
Protein	8.5–12	7.5	8.5–12	7.5
Amino acides	0.2–0.8	–	0.2–0.8	–
Aliphatic acides	2–2.9	1.6	1.3–2.2	1.6
Chlorogenic acides	6.7–9.2	2.5	7.1–12.1	3.8
Caffeine	0.8–1.4	1.3	1.7–2.4	2.4
Trigonelline	0.6–1.2	1.0	0.3–0.9	0.7
Minerals	3–5.4	4.5	3–5.4	4.7
Volatile aroma	Traces	0.1	Traces	0.1
Water	8–12	0–5	8–12	0–5
Melanoidins	–	23	–	23

## **I.1.10. Propriétés biologique**

### **I.1.10.1. Le café et les antioxydants :**

Une recherche a révélé que la caféine ainsi que ses métabolites, la 1-méthylxanthine et le 1-méthylurate, offraient une protection contre l'oxydation des lipoprotéines de basse densité grâce à leur activité antioxydante. La 1-méthylxanthine et le 1-méthylurate se sont avérés être de puissants antioxydants tant in vitro qu'in vivo. Il a été établi que les acides chlorogéniques et l'acide caféique inhibaient l'oxydation de l'acide linoléique (Benjamin *et al.*, 2017). Ces chercheurs ont également noté que l'acide 3,5-dicaffeoylquinique était un antioxydant plus efficace que les acides caféiques.

### **I.1.10.2. Le café et l'activité anti-inflammatoire :**

Les acides chlorogéniques exercent une régulation négative sur l'IL-8, entraînant un effet anti-inflammatoire sur le TNF- $\alpha$  et l'inflammation induite par le peroxyde in vitro. Les composés phénoliques, tels que les acides chlorogéniques, diminuent l'activité de la cyclooxygénase, ce qui réduit la production de prostaglandines et de leucotriènes (Benjamin *et al.*, 2017).

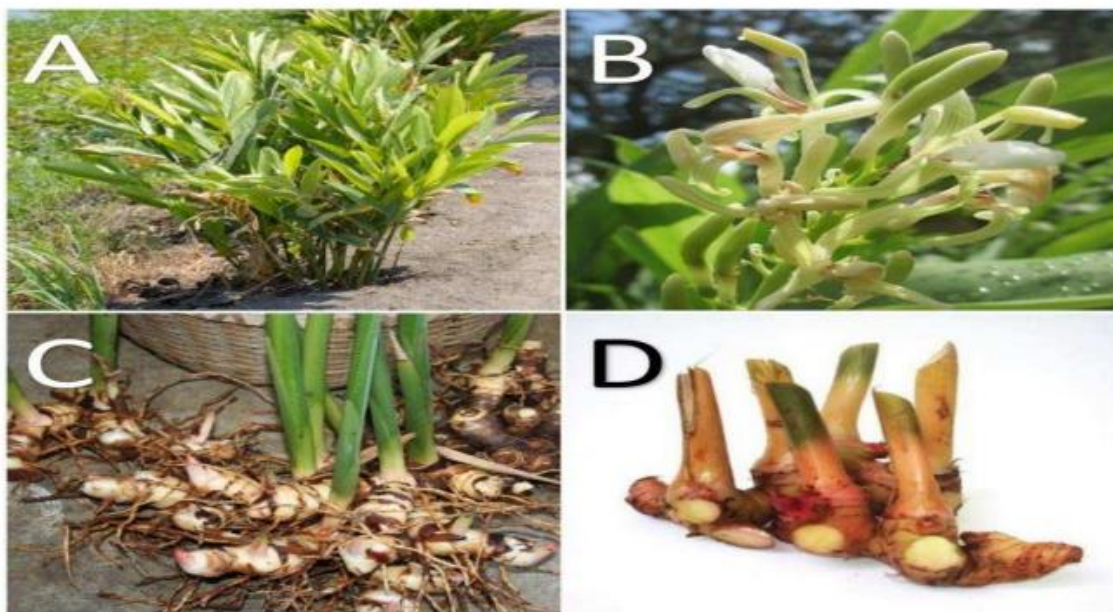
### **I.1.10.3. Le café et l'activité antimicrobienne :**

L'activité antimicrobienne d'un extrait de caféier Arabica, qu'il soit régulier ou décaféiné, a été examinée par rapport à trois bactéries à Gram positif et deux bactéries à Gram négatif. L'extrait de café ordinaire a démontré un effet bactériostatique significatif contre *Staphylococcus aureus* et *Staphylococcus epidermidis* lors de courtes expositions, devenant bactéricide après une exposition prolongée (Runti *et al.*, 2014).

### I.2.Définition :

*Alpinia galanga* (Linn.) Willd est originaire de Java et Sumatra se trouve principalement dans l'Himalaya oriental et Région du sud-ouest et connue sous le nom de « Khulanjan » en Arabe et également connu sous le nom de Greater galanga en anglais et Kulanjan en hindi (Basu kirtikar, *et al.*, 2001).

Une plante tropicale, membre de la famille du gingembre, elle est au sud de la Chine, En Asie du Sud-Est et en Afrique de l'Ouest. Galanga est une plante vivace atteignant sept pieds de haut, les feuilles sont lancéolées tandis que les fleurs sont de petites blanc et le fruit est rouge orangé. Galanga a le caractéristique parfum ainsi que piquant. Le rhizome est chaud, doux, porte-greffe aromatique épice comme le gingembre avec légèrement aigre et notes poivrées. Il est couramment utilisé dans les sautés, les currys et soupes dans la cuisine des Caraïbes orientales et de l'Asie du Sud-Est. (Janssen et Scheffer,1985).



**Figure 07:** (A) La plante entière d'*Alpinia galanga*, (B) la fleur de *Alpinia galanga*, (C) le rhizome de *Alpinia galanga*, et (D) un rhizome séché de *Alpinia galanga* (Scheffer, 1981).

### I.2.1.Historique :

*Alpinia galanga* est une plante médicinale appartenant à la famille des Zingibéracées, originaire d'Asie du Sud-Est, notamment de Indonésie, Inde et Chine. Elle est utilisée depuis l'Antiquité dans les systèmes de médecine traditionnelle (Ayurveda, médecine chinoise et arabe) pour traiter diverses affections telles que les troubles digestifs, les inflammations et les infections (Chouni et Paul, 2018).

Au cours du Moyen Âge, cette plante a été introduite en Europe via les routes commerciales, où elle était considérée comme une épice précieuse et un remède naturel. Avec l'évolution des recherches scientifiques au XXe siècle, *Alpinia galanga* a suscité un intérêt croissant en pharmacologie en raison de sa richesse en composés bioactifs tels que les phénylpropanoïdes et les flavonoïdes, responsables de ses propriétés antimicrobiennes, antioxydantes et anticancéreuses (Chouni et Paul, 2018).

### **I.2.2.Répartition géographique :**

L'*Alpinia galanga* est fréquemment localisée en Indonésie, en Inde, en Chine, dans les nations du Golfe Persique, en Malaisie, en Égypte et à Sri Lanka. Cette plante prospère dans des lieux lumineux et dégagés, ainsi que dans les forêts et les zones buissonnantes. Elle est souvent cultivée dans les zones de basse et moyenne altitude au Sri Lanka. En Inde, cette espèce est présente dans l'Himalaya et la partie méridionale des Ghats occidentaux. (Khare *et al.*, 2007).

### **I.2.3.Classification systématique :**

*Alpinia galanga* est une plante tropicale, communément appelée grand galanga, est une herbe rhizomateuse, membre à la famille « Zingiberaceae » Selon la classification APG III (Angiosperms Phylogeny Group) ; la systématique d'*Alpinia galanga* est représentée dans le classification systématique d'*Alpinia galanga* (JUDD *et al.*, 2002).

**Embranchement :** Spermaphytes

**Sous-embranchement :** Angiospermes

**Classe :** Monocotylédones

**Ordre :** Zingibérales

**Famille :** Zingibéracées

**Genre :** *Alpinia*

**Espèce :** *Galanga*

**Tableau 03 :** Principaux composés extraits de *Alpinia galanga* et leurs activités biologiques

(Khairullah *et al.*, 2020)

Nom du composé	Type de substance	Activité biologique / Effet pharmacologique
1,7-bis(4-hydroxyphényl) – bisdéméthoxycurcumine et 1,4,6-heptatrièn-3-one	Curcuminoïdes (phénols naturels)	Inhibition de la croissance des cellules de mélanome agressif A2058 lors des tests de viabilité cellulaire
1'-acétoxychavicol acétate (ACA)	Phénylpropanoïde	Induit l'apoptose des cellules de leucémie myéloïde via la voie mitochondriale : activation de la caspase-9, diminution du potentiel membranaire mitochondrial, augmentation de la caspase-8 et activation de la voie Fas
1'S-1'-acétoxyeugénol acétate	Phénylpropanoïde	Contribue aux réponses allergiques de type I dans les cellules RBL-2H3 en période postopératoire
p-hydroxycinnamaldéhyde	Phénylpropanoïde	Effet potentiel thérapeutique contre l'arthrite grâce à son action sur les cellules humaines
1'S-1'-acétoxychavicol acétate	Phénylpropanoïde	Agit comme inhibiteur de pompes d'efflux chez <i>E. coli</i> , offrant un potentiel pour le développement de promédicaments
1'S-1'-acétoxychavicol acétate	Phénylpropanoïde	Inhibe l'activation du facteur nucléaire NF-Kb
1'S-1'-acétoxychavicol acétate	Phénylpropanoïde	Activité antiplasme contre des souches multirésistantes

## I.2.4. Les caractéristiques botaniques d'*A. galanga* variété *galanga* sont (Figure 08):

- ❖ rhizome tubéreux
- ❖ feuilles ligulées, pétiolées, à limbe oblong et acuminé de 25-35 cm de long et 6-10 cm de large
- ❖ de large
  - bractées et bractéales persistantes ; bractéales ouvertes à la base (Figure 8).
  - panicules de 20-30 cm : nombreux pédoncules de 2-4 cm recouverts de 3-6 fleurs
  - calice tubuleux et persistant
  - fleurs odorantes à corolle blanc-verdâtre, tubulaire puis trilobée (Figure 09).
  - labelle de 2 cm, blanc veiné de rouge, fendu au sommet.
  - staminodes latérales pourpres de 2-10 mm. (Figure 10).
  - capsule brun-rouge d'environ 1-1,5 cm de long et 7 mm de large renfermant 3 à 6
- ❖ grames.
- ❖ La plante peut atteindre 2 mètres de hauteur. La floraison a lieu de mai à août et
- ❖ le fruit apparaît de septembre à novembre.

1. fleur mature (\* : bractéole ouverte à la base), 2. labelle, 3. stigmate. Illustration tirée de Flora of China, vol 24, fig 385, (FOC 343; FRPS 16(2) : 73, pl 21, 1981 - Chen Rongdao & Deng Jingfa, redessiné par Cai Shuqin).



**Figure 08** bractées et bractéales persistantes ; bractéales ouvertes à la base



Figure 09 : Fleur d '*A. galanga* (Rangsiruji *et al.*, 2000).

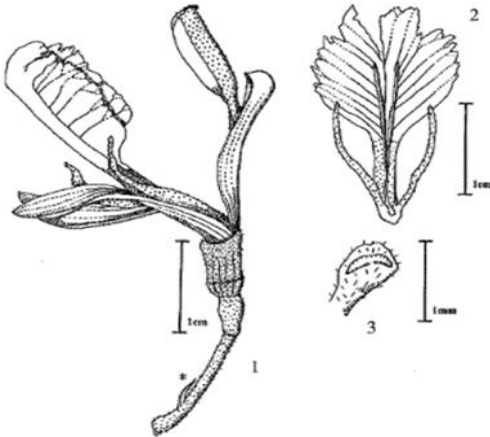


Figure 10: *Alpinia galanga* (Linnaeus) Willdenow (Kress *et al.*, 2005)

### **I.2.5. Utilisation d'*Alpinia galanga***

Dans la plupart des pays d'Asie du Sud-Est, le galanga séché est utilisé uniquement dans l'absence de galanga frais, alors qu'en Indonésie, les tranches ou la poudre de fruits frais ou le rhizome séché est fréquemment utilisé. Le rhizome est utilisé contre les rhumatismes, le catarrhe bronchique, la mauvaise haleine et les ulcères coqueluche chez les enfants, les infections de gorge, pour contrôler l'incontinence, la fièvre et la dyspepsie.

La racine a été utilisée en Europe comme épice depuis plus de mille ans, ayant probablement été introduite par les Arabes ou les médecins grecs, mais elle est maintenant largement hors d'usage, sauf en Russie et en Inde. Les rhizomes ont été utilisés comme arômes dans les plats et les ingrédients indigènes dans de nombreuses médecines traditionnelles pour traiter divers maux, tels que les troubles de l'estomac et les maladies de la peau.

En Inde, les rhizomes ont de nombreuses applications dans les médecines traditionnelles, telles que pour les maladies de la peau, l'indigestion, les coliques, la dysenterie, l'hypertrophie de la rate, les maladies respiratoires, le cancer de la bouche et de l'estomac. Les rhizomes présentent des propriétés antibactériennes, antifongiques, des activités anti-protozoaires et expectorantes. Ils sont utilisés comme désodorisant corporel et halitose remède. (Chudiwal *et al.*, 2010).

En Algérie, il est utilisé comme épice et il entre aussi dans la composition du « h'ror » ou le curry algérien. Dans le Sud algérien, le galanga est très utilisé, il est inclus dans certains aliments, par exemple mélangé au « gharss » ou les dattes en pâte, ou préparé sous forme de thé, associé à d'autres substances de nature voisine : la cannelle, les clous de girofle, le gingembre, considéré comme antiasthénique (Baba-Aïssa, 2000).

### **I.2.6. Les propriétés biologiques**

#### **I.2.7. Activité antimicrobienne**

Les huiles essentielles obtenues à partir des rhizomes frais et secs d'*Alpinia galanga* présentent une activité antimicrobienne contre les bactéries Gram-positives. Un extrait du rhizome sec montre également une activité contre les Trichophyton mentagrophytes (Janssen et Scheffer, 1985).

Le 1'S'-1'-acétoxychavicol acétate, isolé à partir de *Alpinia galanga*, agit comme inhibiteur de la pompe d'efflux, contribuant à la réduction de la résistance chez *Mycobacterium*, ce qui en fait une cible potentielle pour la découverte de nouveaux agents antituberculeux (Roy *et al.*, 2012).

Ce composé a aussi montré une activité anti-plasmidique contre des bactéries multirésistantes. Un extrait brut acétonique des rhizomes de *Alpinia galanga* a présenté une activité anti-plasmidique contre *Salmonella typhi*, *Escherichia coli* et *Enterococcus faecalis* résistant à la

vancomycine, avec des efficacités respectives de 92 %, 82 % et 8 % à 400 µg/ml (Latha *et al.*, 2009), en utilisant la méthode de diffusion en gélose (agar well diffusion).

### **I.2.8. Activité anti-inflammatoire et antiallergique**

Des principes antiallergiques ont été identifiés dans le rhizome de *Alpinia galanga*. Un extrait acétonique aqueux à 80 % inhibe la libération de la bêta-hexosaminidase, un marqueur de la dégranulation médiée par l'interaction antigène-IgE dans les cellules RBL-2H3.

Le 1'S-1'-acétoxychavicol acétate et le 1'S-1'-acétoxyeugénol acétate présentent une forte activité inhibitrice. Ils réduisent également les réactions d'anaphylaxie cutanée passive chez la souris ainsi que la production de TNF- $\alpha$  et d'IL-4 lors des réactions allergiques de type I (Matsuda *et al.*, 2003).

La purification d'un extrait acétonique de *Alpinia galanga* permet d'obtenir le p-hydroxycinnamaldéhyde, un composé ayant un potentiel thérapeutique dans le traitement de l'ostéoarthritis via son action sur les chondrocytes humains (Phitak *et al.*, 2009).

Un extrait éthanolique du rhizome a montré une activité anti-inflammatoire significative chez le rat dans un modèle de pleurésie induite par la carraghénine (Subash *et al.*, 2016).

Différents extraits (pétrole éther, chloroforme, méthanol et méthanol aqueux 1:1) ont été testés sur l'œdème de la patte induit par la carraghénine chez le rat Wistar. L'extrait méthanolique a montré une inhibition maximale de 79,51 % comparé à l'ibuprofène (Unnisa et Parveen, 2011).

### **I.2.9. Activité antioxydante**

Une activité antioxydante a été démontrée pour les extraits de *Alpinia galanga*. Un extrait hydroalcoolique à 50 % a été comparé à un extrait aqueux et à l'huile essentielle.

Les activités antioxydantes ont été évaluées par les méthodes DPPH et ORAC. L'extrait éthanolique a montré la plus forte capacité de neutralisation des radicaux libres DPPH, tandis que la valeur ORAC la plus élevée a également été observée pour cet extrait (Mahae et Chaiseri, 2009).

L'activité antioxydante du 1'-acétoxychavicol acétate et de composés associés a également été rapportée (Kubota *et al.*, 2001).

Des extraits méthanoliques ont été évalués pour leur teneur en composés phénoliques totaux et leurs activités antioxydantes à l'aide des tests DPPH, pouvoir réducteur, chélation du fer et blanchiment du bêta-carotène. Les feuilles et les fleurs ont montré les meilleures activités de chélation et de protection antioxydante, suggérant qu'elles pourraient constituer une bonne source alimentaire d'antioxydants naturels (Wong *et al.*, 2009).

## **II. Matériels et Méthodes**

# Matériels et méthodes

## II. Matériel et Méthodes

### II.1. Matériels

Le présent travail a été réalisé au sein du laboratoire pédagogique de l'Université Belhadj Bouchaïb d'Aïn Témouchent. Il porte sur l'évaluation des effets synergiques antimicrobiens et antioxydants du café (*Coffea spp.*) et du galanga (*Alpinia galanga*), à l'ant de l'usage traditionnel à la validation scientifique.

#### II.1.1. Matériel biologique

##### Origine des souches microbiennes

Les souches pathogènes utilisées dans cette étude proviennent de la collection du laboratoire Microbiologie et biologie végétale de l'Université Mostaganem. Leur nature et leur origine sont présentées dans le tableau suivant.

**Tableau 04 :** Nature et origine des souches pathogènes utilisées

Souches	Références
<i>Staphylococcus aureus</i>	ATCC 33862
<i>Escherichia coli</i>	ATCC 25922
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	ATCC 27853
<i>Bacillus cereus</i>	ATCC 10876
<i>Candida albicans</i>	ATCC10231

#### II.1.2. Matériel végétal

Les rhizomes d'*Alpinia galanga* ainsi que les grains de *Coffea arabica* ont été achetés sur un marché local d'Aïn Témouchent. L'authentification botanique des espèces végétales a été réalisée par le Professeur Dr Chadli Rabah (Université de Mostaganem).

## II.2. Méthode

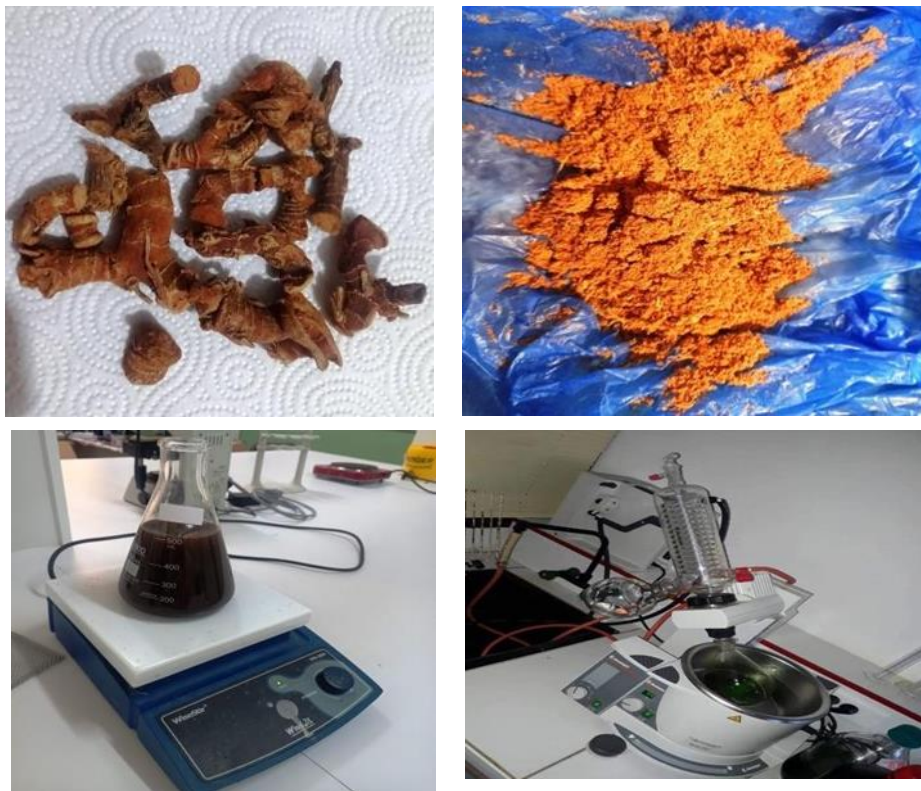
### II.2.1. Préparation de l'extrait d'*Alpinia galanga*

Les rhizomes d'*A. galanga* ont été soigneusement rincés à l'eau courante, puis séchés à l'ombre pendant une semaine à 25 °C. Après séchage, ils ont été réduits en poudre fine à l'aide d'un broyeur.

## Matériels et méthodes

L'extraction a été réalisée selon le protocole décrit par Lee et al. (2003). Dix grammes de poudre ont été macérés dans 100 mL d'un mélange méthanol/eau (80 :20, v/v) sous agitation continue pendant une heure. Ce solvant permet une extraction efficace des composés polaires et non polaires (Sultana *et al.*, 2003).

Après extraction, le mélange a été filtré, puis centrifugé, avant évaporation du solvant à l'aide d'un évaporateur rotatif. L'extrait brut obtenu a été conservé à 4 °C jusqu'à son utilisation pour les analyses ultérieures.



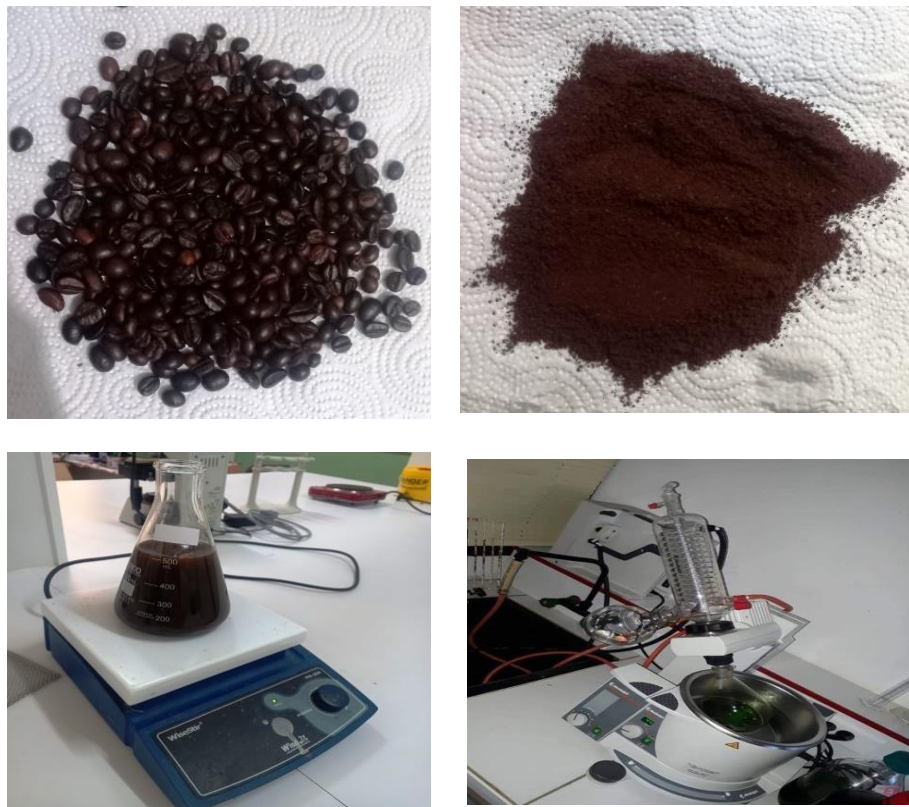
**Figure 11** : Les étapes de préparation d'extrait Brute Eau-Méthanol de *Alpinia galanga* (k)

### II.2.2. Préparation de l'extrait de *Coffea arabica*

Les grains de *Coffea arabica*, préalablement torréfiés et moulus, ont été soumis à une extraction au méthanol selon le protocole de Lee et al. (2003). Après filtration et évaporation du solvant, l'extrait obtenu a été stocké à 4 °C pour les analyses ultérieures.

## Matériels et méthodes

---



**Figure 12** : Les étapes de préparation d'extract Brute Eau-Méthanol de *Coffea arabica* (c)

### II.2.3. Rendement d'extraction

Le rendement d'extraction a été déterminé en rapportant la masse des composés extraits à la masse de la matière végétale initiale. Il est exprimé en pourcentage selon la formule suivante :  
Où :

- $P_1$  : poids du ballon après évaporation,
- $P_2$  : poids du ballon avant évaporation,
- $P_3$  : poids de la matière végétale initiale.

### II.2.4. Dosage des Polyphénols Totaux

Ce dosage repose sur la méthode colorimétrique utilisant le réactif de Folin Ciocalteu. Ce dernier est constitué d'un mélange d'acide Phosphotungstique (H<sub>3</sub> PW<sub>12</sub> O<sub>4</sub>) et d'acide Phosphomolybdique (H<sub>3</sub> PMO<sub>12</sub> O<sub>4</sub>). L'oxydation des phénols réduit ce réactif en un mélange d'oxydes bleus de tungstène et de molybdène. L'intensité de la couleur est

## Matériels et méthodes

---

proportionnelle au taux de composés phénoliques oxydés dont l'absorbance est comprise entre 725 et 760 nm (Lit *et al.*, 2007).

### - Méthode

Un Volume de 0.2 ml d'extrait a été mélangé avec 1.5 ml de Folin Ciocalteu (10%). Après 5 minutes, on rajoute 1.5 ml d'une solution de Carbonate de sodium (6%). Le mélange est soumis une agitation puis incubé à température ambiante a l'obscurité pendant 2h et l'absorbance est lue à 765 nm sur un Spectrophotomètre. L'acide gallique est utilisé comme standard de référence. Les résultats sont exprimés en microgramme d'équivalents d'acide gallique par mg d'extrait sec ( $\mu\text{g EA/mg d'extrait}$ ).

### Polyphénols = $a \cdot f/C$

**a** : Concentration de Polyphénols ( $\mu\text{g Eq acide galique/mg d'extrait}$ ) déterminée à partir de la courbe étalon.

**f** : Facteur de dilution ( $\times 10$ ).

**C** : Concentration de l'extrait.

### Courbe d'étalonnage de l'acide gallique

La courbe d'étalonnage est effectuée par l'acide gallique à différents concentration de 0.1 au 10  $\mu\text{g/l}$ , dans les mêmes conditions et les mêmes étapes du dosage. Les résultats sont ainsi exprimés en milligramme d'équivalents d'acide gallique par gramme de matière végétale fraîche.

### II.2.5. Dosage des Flavonoïdes totaux

Les flavonoïdes sont quantifiés par une méthode colorimétrique au trichlorure d'aluminium ( $\text{AlCl}_3$ ) 2%. Le trichlorure d'aluminium forme un complexe jaune avec les flavonoïdes, qui absorbe dans le visible à 510 nm (Ardestani et Yazdanparast, 2007).

### Méthode

Un Volume de 1 ml d'extrait a été additionné à 1 ml de Trichlorure d'aluminium à 2% ( $\text{AlCl}_3$ ). Le mélange a été placé à température ambiante et a l'obscurité pendant 10 min puis l'absorbance a été mesurée a 430 nm sur un Spectrophotomètre. Le Quercétine est utilisé comme standard de référence. Les résultats sont exprimés en microgramme d'équivalents Quercétine par mg d'extrait sec ( $\mu\text{g EQ/mg d'extrait}$ ).

### Flavonoïdes = $a \cdot f/C$

**a** : Concentration de flavonoïdes (équivalent de catéchine/mg d'extrait) déterminée à partir de la courbe étalon.

**f** : Facteur de dilution ( $\times 10$ ).

**C** : Concentration de l'extrait.

# Matériels et méthodes

## Courbe d'étalonnage de la Quercétine

La courbe d'étalonnage est effectuée par Quercétine à différentes concentrations de 0.1 à 10 µg/l, dans les mêmes conditions et les mêmes étapes du dosage. Les résultats sont ainsi exprimés en milligramme d'équivalents de Quercétine par gramme de matière végétale fraîche.

## II.2.6. Mesure du pouvoir antioxydant

De nombreuses méthodes sont utilisées pour l'évaluation de l'activité antioxydante, *in vitro* et *in vivo* des composés phénoliques purs ou d'extrait. Dans notre étude nous avons utilisé un test chimique qui mesure la réduction du radical stable le DPPH (2,2-Diphényl-1-picrylhydrazyl) (Sharma *et al.*, 2009 ; Bourkhiss *et al.*, 2010).

### Évaluation de l'activité Antiradicalaire du radical libre DPPH

La méthode du **DPPH** utilise un radical relativement stable, dont les antioxydants réduisent ce radical ayant une couleur violette en un composé jaune, le diphényl picryl hydrazine (Figure 09). Les absorbances mesurées à 517 nm servent à calculer le pourcentage d'inhibition du **DPPH** ; dont la couleur est inversement proportionnelle à la capacité des antioxydants donneurs de proton présents dans l'échantillon (Sanchez Moreno, 2002 ; Parejo *et al.*, 2003).

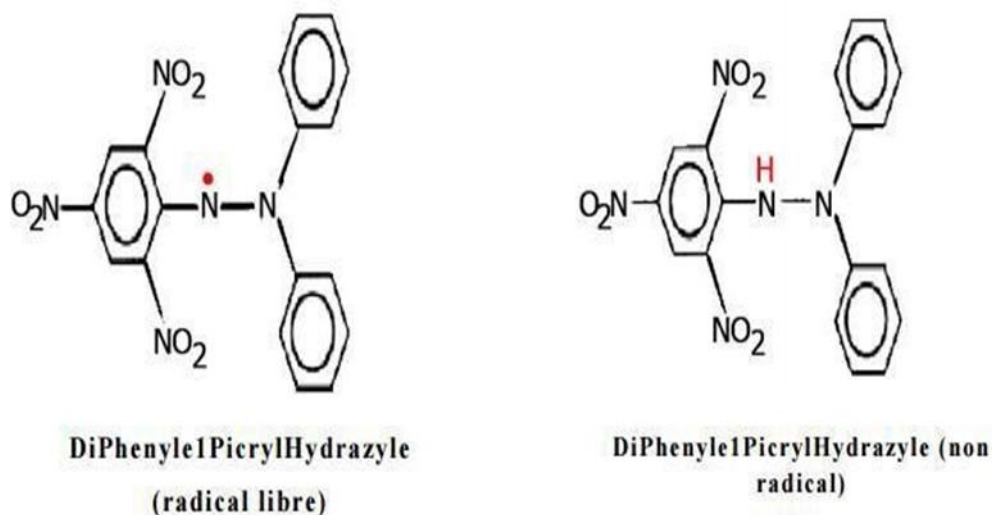


Figure 13 : Structure Chimique de radical libre et non radical (Molyneux, 2004).

# Matériels et méthodes

---

## Mode Opérateur

L'effet de l'extrait sur la réduction du DPPH a été réalisé selon le Protocole suivant (Benariba *et al.*, 2013).

## Préparation Du DPPH

3.15 mg de DPPH est dissoute dans 50ml du méthanol pur pour obtenir une solution de DPPH

### Préparation des échantillons

Un Volume de 100µl de notre extrait est dissout dans 2500µl de solution méthanolique de DPPH (0.16mmol/ml), fraîchement préparée. En ce qui concerne le contrôle négatif, ce dernier est préparé en parallèle en mélangeant 100µl du méthanol avec 2.5 ml d'une solution méthanolique de **DPPH** à la même concentration utilisée.

Le mélange obtenu est ensuite agité, puis gardé à l'abri de lumière à température ambiante pendant 30 min. Ensuite La lecture ce fait a l'aide d'un Spectrophotométrie de la densité optique à 517nm (Figure 13).

### II.2.7.Méthode de diffusion en puits AWDT (Barefoot et Klaenhammer, 1983)

Cette méthode de diffusion est très utilisée en microbiologie (antibiogramme et antifongogramme), elle repose sur la diffusion du composé antimicrobien en milieu semi solide (gélose molle), l'effet du produit antimicrobien sur la cible, le résultat est apprécié par la mesure d'une zone d'inhibition, qui en sa fonction, la souche du testée sera qualifiée de vue de sa sensibilité : sensible, intermédiaire ou résistante.

Dans la technique de diffusion il y a compétition entre la croissance du microorganisme et l'effet de la diffusion du produit testé (Broadasky *et al.*, 1976). Cette méthode consiste à couler 15 ml Muller Hinton molle avec 100µl d'une culture jeune de 24h d'incubation de nombre de  $10^8$  UFC/ml (la densité optique 0.08-0.1) sur une boîte de pétri. Après solidification à température ambiante dans une zone stérile, des puits sont creusés à l'aide d'un embout jaune stérile. Généralement ont réalisé 1 puits par boîte de 6mm de diamètre. Un volume de 50µl de l'extrait brut est mis dans les puits. Les boîtes de pétri sont incubées à 37°C pendant 24h pour permettre la bonne diffusion de la substance antibactérienne (Cintas *et al.*, 1995 ; Chaalel *et al.*, 2015 ; Chaalel *et al.*, 2017).

La présence de zone d'inhibition à formées autour des puits est examinée après 24h d'incubation (Hwanhlem *et al.*, 2011). La lecture des résultats se fait par la mesure de diamètre des zones d'inhibition apparaissant ; il sera considéré comme positif si le diamètre est supérieur à 2 mm.

# Matériels et méthodes

---

## II.2.8. Détermination de la concentration minimale inhibitrice (CMI)

Généralement la concentration minimale inhibitrice (CMI) est considérée comme étant la plus faible concentration de substance antimicrobienne capable d'inhiber la croissance visible d'un microorganisme donné après un temps d'incubation de 24h (Ganière *et al.*, 2004).

La détermination de la CMI a été réalisée par la Méthode de micro dilution sur milieu liquide selon CLSI (Clinical et Laboratory Standards Institute, 2008).

Dans cette technique, des microplaques à fond rond (96 puits) sont utilisées pour déterminer la concentration minimale inhibitrice, dans chaque ligne de la microplaque on dépose 100 µl du bouillon nutritif BHIB.

Ensuite, 200 µl de l'extrait brut à tester sont introduits dans le premier puits. Après avoir bien mélangé le contenu du premier puits, 100 µl est prélevé, puis déposée dans le 2ème puits, et on continue ainsi de suite jusqu'au 11ème puits où 100 µl restants sont éliminés. Par conséquent, nous obtenons une dilution  $\frac{1}{2}$  entre chaque puits. Le dernier puit représente le témoin négatif : le puit N°12 contient uniquement le bouillon nutritif.

Enfin, 100 µl de l'inoculum ( $1 \times 10^6$  UFC/ml) est ajoutée dans chaque puits. Les microplaques sont scellées et incubées à 37 °C pendant 24h.

## II.2.9. Étude de l'effet synergétique des activités antimicrobiennes de la combinaison de l'extrait d'*A. galanga* et de l'extrait de *Coffea arabica*

À Tiaret, la consommation du café associé à *Alpinia galanga* constitue une boisson traditionnelle locale. Afin d'étudier les interactions entre ces deux substances, la méthode de dilution en microplaque a été appliquée (Sharma *et al.*, 2020). À partir du double de la concentration minimale inhibitrice (CMI) de l'extrait d'*A. galanga* seul et du double de la CMI de l'extrait de *Coffea arabica* seule, une série de dilutions a été préparée puis combinée selon un rapport 1:1 (v/v).

Dans de la microplaque stérile, 50 µL d'extrait d'*A. galanga* ont été mélangés avec 50 µL de différentes dilutions d'extrait *Coffea arabica* allant de 1/16 CMI à 1/2 CMI, et de la même manière pour l'interaction entre d'extrait *Coffea arabica* et d'extrait d'*A. galanga*. Les microplaques ont ensuite été incubés à 37 °C pendant 24 h. La révélation colorimétrique a été réalisée à l'aide de l'INT. L'indice de concentration inhibitrice fractionnée (ICIF) a été utilisé pour déterminer la nature de l'interaction entre d'*A. galanga* et *Coffea arabica* (Pei *et al.*, 2009; Sharma *et al.*, 2020).

CFI d'extrait *A. galanga* = CMI de l'extrait *A. galanga* en combinaison avec l'extrait *Coffea arabica* / CMI d'extrait d'*A. galanga* seul,

## Matériels et méthodes

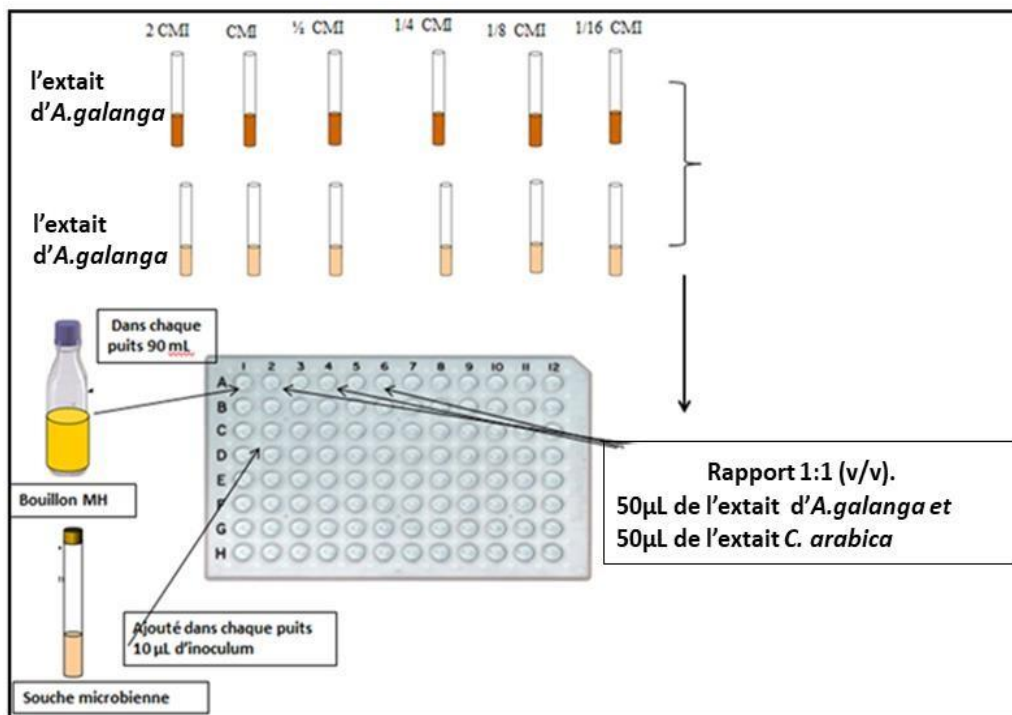
CFI d'extrait de *Coffea arabica* = CMI de l'extrait de *Coffea arabica* en combinaison avec l'extrait d'*A. galanga* / CMI de l'extrait *Coffea arabica* seule (Pei *et al.*, 2009),

ICIF = CFI l'extrait d'*A. galanga* + CFI l'extrait de *Coffea arabica*, Où :

ICIF  $\leq$  0,5 : synergie totale ;

0,5 < ICIF  $\leq$  0,75 : synergie partie le ; 0,75 < ICIF  $\leq$  2 : absence d'effet ;

ICIF > 2 : antagonisme (Sharma *et al.*, 2020).



**Figure 14 :** Activités antimicrobiennes de la combinaison de l'extrait d'*A. galanga* et de l'extrait de *C. arabica*. (Méthode de Checkerboard).

## **III. Résultats et Discussion**

# Résultats et Discussion

## III.1. Le rendement d'extraction

Nous avons calculé le rendement de l'extraction, le résultat obtenu est 5.90% pour *C. arabica* et 1.16% pour d'*A. galanga*. Le calcul de la teneur de rendement d'extraction repose sur plusieurs facteurs à savoir température d'extraction, de la matière végétale initiale et l'humidité (Wattiaux, 1994).

Selon Michel *et al.* (2012), le rendement des extractions dépend de la nature du solvant utilisé et des propriétés chimiques des molécules à extraire. De même, la méthode d'extraction (macération, décoction, infusion) joue également un rôle important dans la détermination du rendement ainsi que la composition chimique de l'extrait préparé (Tefiani, *et al* 2015).

### Rendement *C. arabica*

$P1=10 \text{ g}, P2=118,71 \text{ g}, P3=119,03 \text{ g} (P3-P2) \times 100 / 10 = 0,59 = 5.90\%$

### Rendement d'*A. galanga*

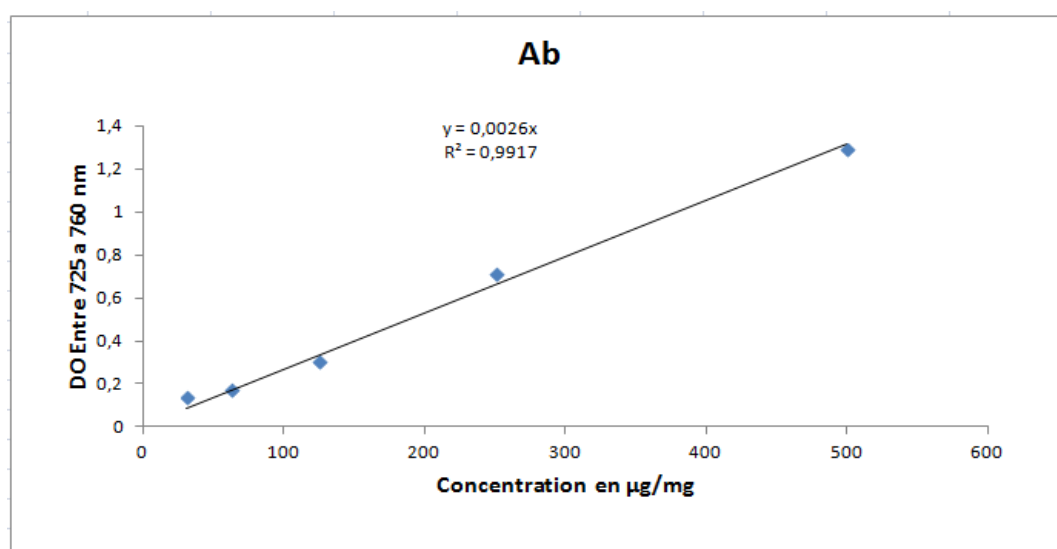
$P1=10 \text{ g}, P2=123,57 \text{ g}, P3=125,04 \text{ g} (P3-P2) \times 100 / 10 = 1,16 = 1.16\%$

## III.2. Taux de polyphénole totaux dans l'extrait d'*A. galanga* et *C. arabica*

La teneur en Polyphénols totaux dans l'extrait méthanolique d'*A. galanga* et *C. arabica* est déterminée à partir des équations de la régression linéaire de courbe d'étalonnage exprimées en mg. Eq acide gallique par mg d'extrait (Figure 17).

**Tableau 05 :** Taux de polyphénole totaux dans l'extrait d'*A. galanga* et *C. arabica*

l'extrait	<i>C. arabica</i>	d' <i>A. galanga</i>
Taux de polyphénole totaux	233.07 mg GAE/g	383,84 mg GAE/g



**Figure 15 :** Courbe étalon d'acide gallique

## Résultats et Discussion

Le dosage des polyphénols a été réalisé en utilisant le réactif de Folin-Ciocalteu à 2%. Malgré la sensibilité et la simplicité de cette méthode qui est largement utilisée, elle n'est pas spécifique des Polyphénols.

Des études récentes ont montré que les teneurs en composés phénoliques et surtout le Polyphénol, changent de façon considérable d'une espèce à une autre et à l'intérieur de la même espèce, à cause des facteurs extrinsèques (température, climat...), génétiques (la variété et l'origine d'espèces), physiologiques (le degré de maturation des plans, les organes utilisés) et de la durée de stockage (Maisuthisakul *et al.*, 2007; Ksouri *et al.*, 2009).

### III.3. Taux de Flavonoïde totaux dans l'extrait d'*A. galanga* et *C. arabica*

Équations de la régression linéaire de courbe d'étalonnage exprimées en mg. Eq Quercétine par mg d'extrait (Figure 18).

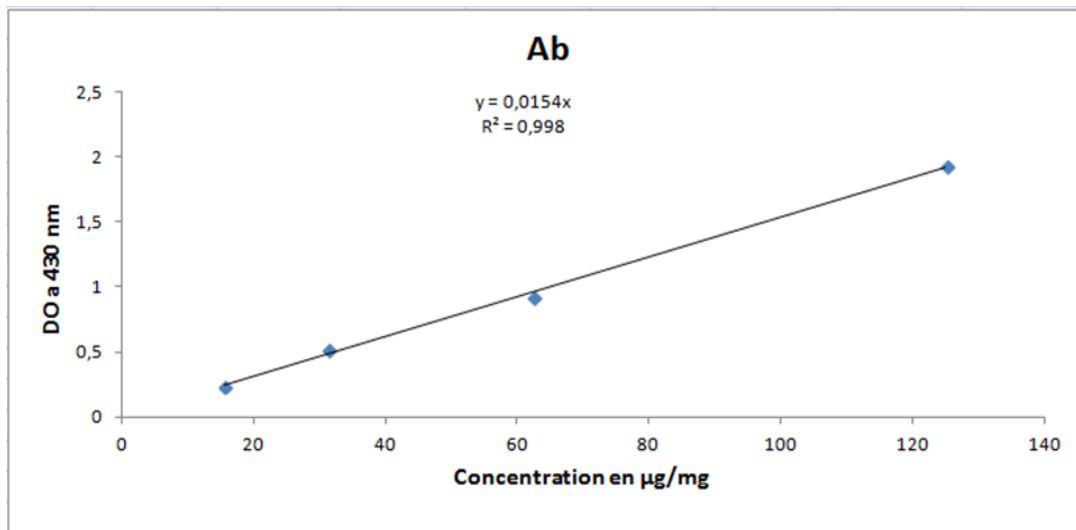


Figure 16 : Courbe étalon de Quercétine.

La teneur en flavonoïde est déterminée à partir d'une courbe d'étalonnage à la Quercétine. La teneur en flavonoïdes enregistrée dans cette étude est de 50.90 mg EQ/mg extrait d'*A. galanga* et  $16.36 \pm 3.85$  mg QE/g de *C. arabica*, ce résultat est en accord avec d'autres travaux où ils ont trouvé qu'il existe seulement peu de données concernant le contenu en flavonoïdes dans les (Meenakshi and Gnanambigai, 2009 ; Sava and Sirbu, 2010 ; Zeng *et al.*, 2001).

## Résultats et Discussion

---

**Tableau 06 :** Taux de Flavonoïde totaux dans l'extrait d'*A. galanga* et *C. arabica*

<b>l'extrait</b>	<b>d'<i>A. galanga</i></b>	<b><i>C. arabica</i></b>
<b>Taux de Flavonoïdes totaux</b>	50,90 mg QE/g	16.36 ± 3.85 mg QE/g

D'après ces résultats nous constatons que d'*A. galanga* et *C. arabica* est riche en phénols totaux (233.07 mg EA/mg, 383,84 mg GAE/g extrait) par rapport au flavonoïdes totaux (50.90 mg EQ/mg, 16.36 ± 3.85 mg QE/g extrait respectivement).

Il est difficile de comparer ces résultats avec ceux de la bibliographie car l'utilisation de différentes méthodes d'extraction, réduit les possibilités de comparaison entre les études (Trabelsi *et al.*, 2010).

De ce fait le méthanol reste le meilleur solvant pour extraire ces composés, cette affinité est appuyée par plusieurs travaux (Abdille *et al.*, 2005).

### **III.4. Test de réduction du radical libre le DPPH Evaluation de l'IC50**

L'IC50 est inversement lié à la capacité antioxydante d'un composé, car il exprime la quantité d'antioxydant requise pour diminuer la concentration du radical libre de 50%. Plus la valeur d'IC50 est basse, plus l'activité antioxydante d'un composé est élevée.

La concentration de l'échantillon nécessaire pour inhiber 50% du DPPH radicalaire, est calculée par régression linéaire des pourcentages d'inhibition calculés en fonction de différentes concentrations d'extrait préparé.

La concentration de l'acide ascorbique qui inhibe 50% du DPPH (IC50) est évaluée graphiquement. L'acide ascorbique présente donc un faible (IC50), ce qui est en accord avec le pouvoir antiradicalaire élevé obtenu.

L'IC50 est déterminée à partir d'une courbe de pourcentage d'inhibition du radical libre DPPH enregistrée dans cette étude est 372,54 µg/mL, pour l'extrait *Coffea arabica* et 72,21 ± 1,78 µg/mL l'extrait d'*A. galanga* pour de et ces valeur reste nettement inférieur à ce le de l'acide ascorbique (2710.8µg/ml).

## Résultats et Discussion

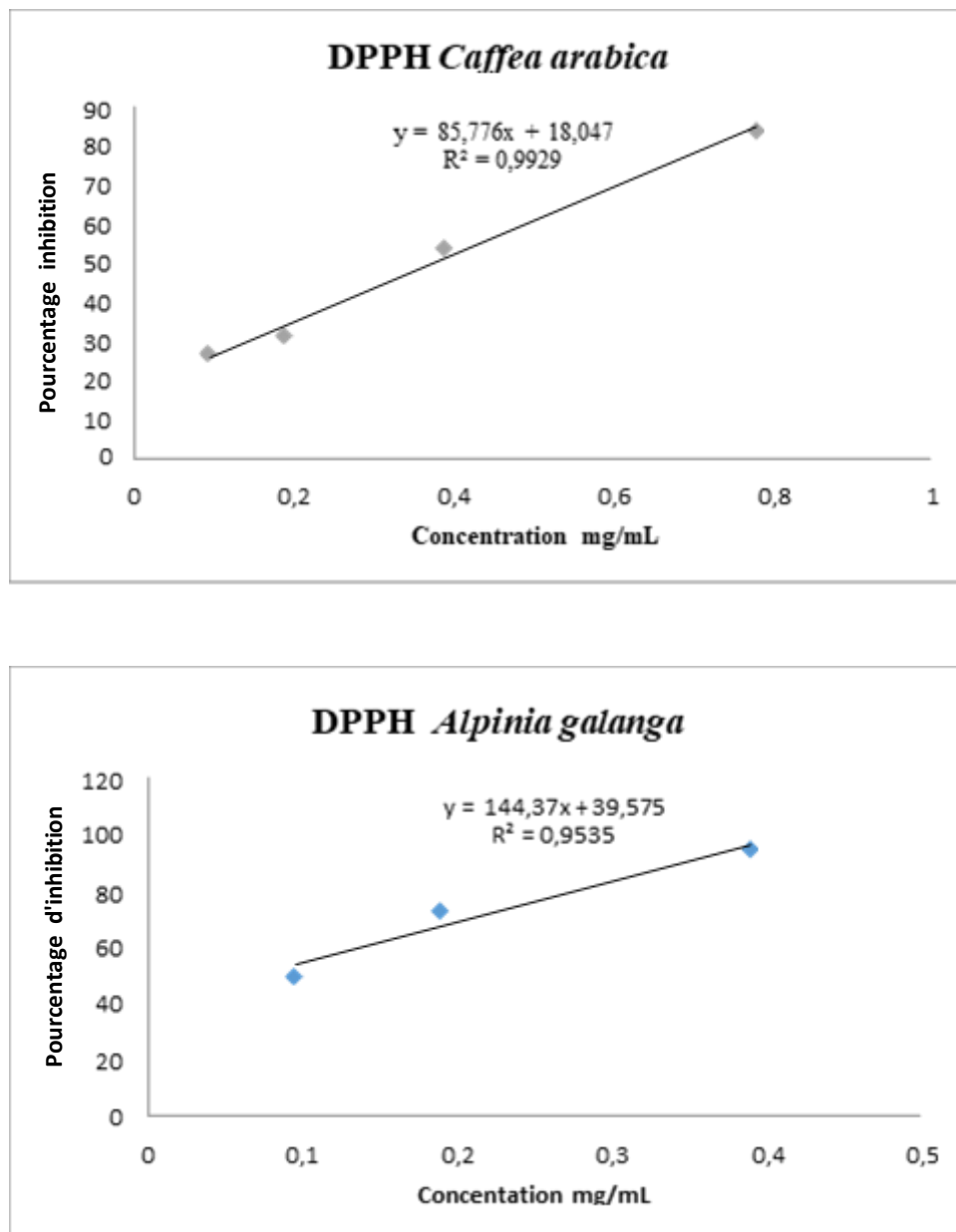


Figure 17 :. Effet anti radicalaire d'*Alpinia galanga* et de *Coffea arabica* sur la réduction du DPPH

## Résultats et Discussion

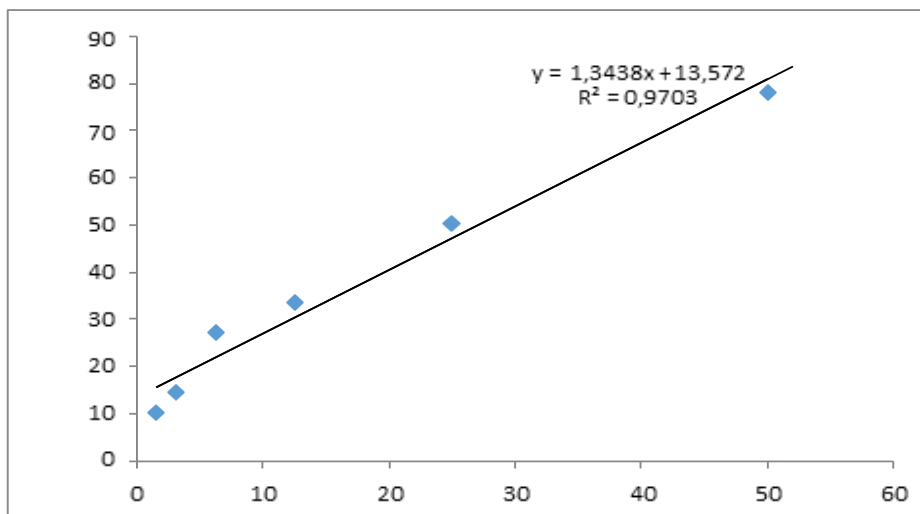


Figure 18 : Effet anti radicalaire de la vitamine C sur la réduction du DPPH

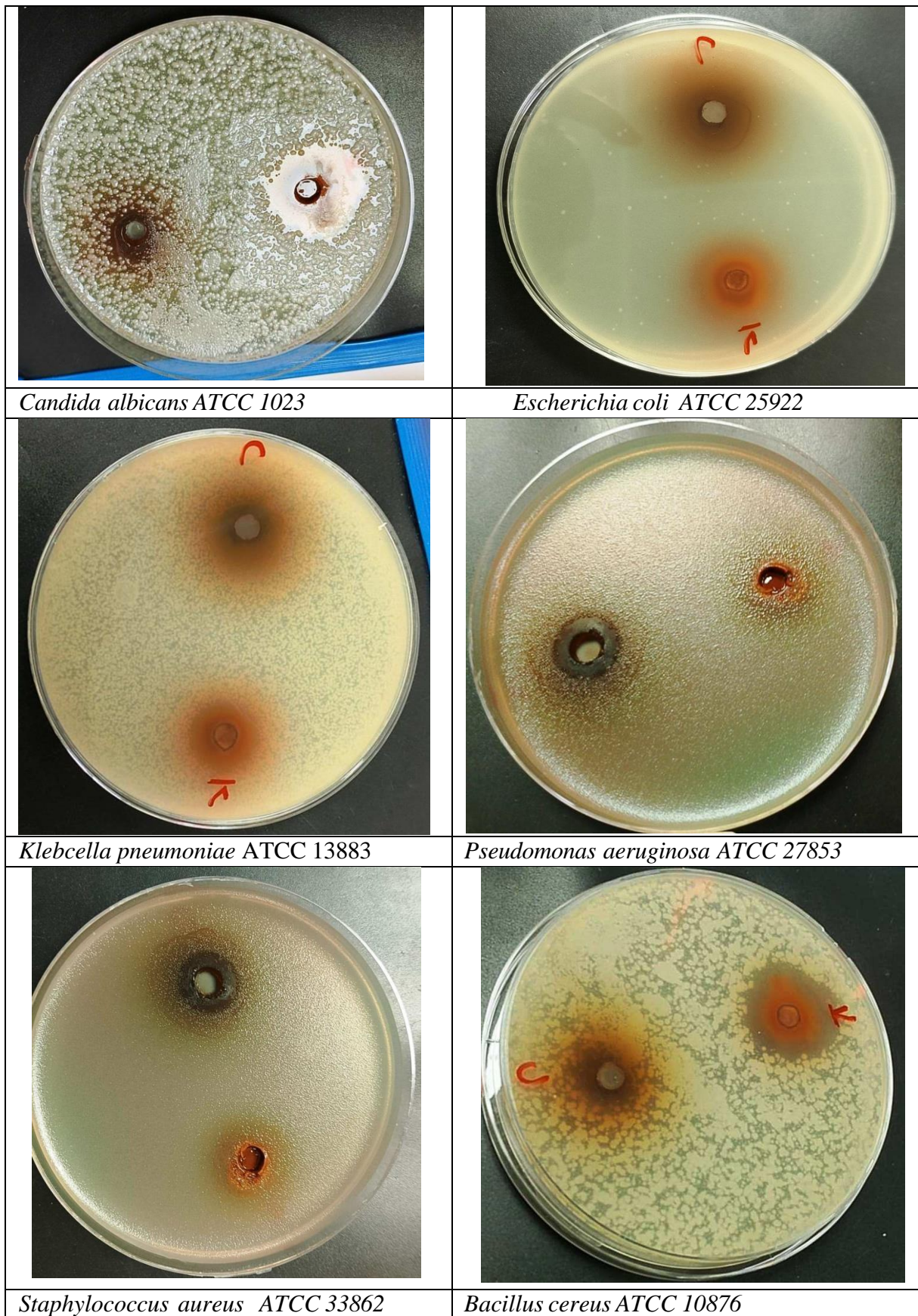
### III.5. Activité antimicrobienne des extraits d'*A. galanga* et de *Coffea arabica*

L'activité antimicrobienne *in vitro* des extraits bruts d'*Alpinia galanga* et de *Coffea arabica* a été évaluée par la méthode de diffusion en puits (AWDT) selon Barefoot et Klaenhammer (1983), sur milieu gélosé Mueller-Hinton, couramment utilisé pour les tests d'antagonisme. L'activité a été déterminée en mesurant le diamètre des zones d'inhibition autour des puits contenant les extraits, vis-à-vis de six micro-organismes issus de la collection du laboratoire LMBAFS : deux bactéries Gram positif (*Bacillus cereus* ATCC 10876 et *Staphylococcus aureus* ATCC 33862), deux bactéries Gram négatif (*Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853 et *Escherichia coli* ATCC 25922) et une levure (*Candida albicans* ATCC 10231).

Les résultats montrent que les extraits présentent une activité antimicrobienne notable contre *E.coli*, *C. albicans*, *S. aureus*, *B. cereus* et *P. aeruginosa*. Présenté dans le tableau 04 et la figure 15 L'extrait brut d'*Alpinia galanga* et celui de *Coffea arabica* ont montré des diamètres d'inhibition compris respectivement entre  $9 \pm 0,5$  mm et  $25 \pm 0,5$  mm pour *A. galanga* et entre  $8 \pm 0,5$  mm et  $15 \pm 0,5$  mm pour *C. arabica*, vis-à-vis de l'ensemble des souches testées.

Une activité inhibitrice particulièrement importante a été observée contre *Candida albicans*, avec un diamètre d'inhibition de  $25 \pm 0,5$  mm pour *A. galanga* et de  $15 \pm 0,5$  mm pour *C. arabica*. En revanche, le plus faible diamètre d'inhibition a été enregistré contre *Escherichia coli* ATCC 25922, avec des valeurs de 9 mm pour *A. galanga* et 8 mm pour *C. arabica*. Ces résultats sont en accord avec les travaux d'Andrews (2001).

## Résultats et Discussion



**Figure 19 :** Effet antimicrobienne d'*Alpinia galanga* et de *Coffea arabica* sur les bactéries pathogènes

## Résultats et Discussion

**Tableau 07 : Représente** les résultats des diamètres de zone d'inhibition en millimètres

Extraits	<i>Coffea arabica</i> (c)	<i>Alpinia galanga</i> (k)
<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 33862	12 mm	12 mm
<i>Bacillus cereus</i> ATCC 10876	14 mm	16 mm
<i>Candida albicans</i> ATCC 1023	15 mm	25 mm
<i>Escherichia coli</i> ATCC 25922	8 mm	9 mm
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> ATCC27853	11 mm	9 mm
<i>Klebsiella pneumoniae</i> ATCC 13883	11 mm	11 mm

### III.6. La détermination des concentrations minimales inhibitrices (CMI)

Les résultats du tableau 08 montrent une variation importante de l'activité antimicrobienne des deux extraits en fonction des souches microbiennes testées, ce qui reflète des différences de sensibilité entre les micro-organismes.

L'extrait de *Coffea arabica* présente une forte activité antimicrobienne contre *Staphylococcus aureus* et *Pseudomonas aeruginosa* avec une CMI faible (1,56 mg/mL), indiquant une grande efficacité inhibitrice. En revanche, son activité est plus faible contre *Bacillus cereus* et *Candida albicans* (CMI = 50 mg/mL), traduisant une faible sensibilité de ces souches.

À l'inverse, l'extrait d'*Alpinia galanga* montre une activité plus élevée contre les bactéries Gram positif et la levure, notamment *Bacillus cereus* (CMI = 3,12 mg/mL) et *Candida albicans* (CMI = 6,25 mg/mL), ainsi qu'une activité modérée contre *Klebsiella pneumoniae* (CMI = 6,25 mg/mL). Toutefois, son efficacité est plus faible contre *Staphylococcus aureus* (CMI = 25 mg/mL).

Concernant *Escherichia coli* et *Pseudomonas aeruginosa*, les deux extraits présentent des CMI identiques (12,5 mg/mL et 1,56 mg/mL respectivement), indiquant une efficacité comparable vis-à-vis de ces souches

## Résultats et Discussion

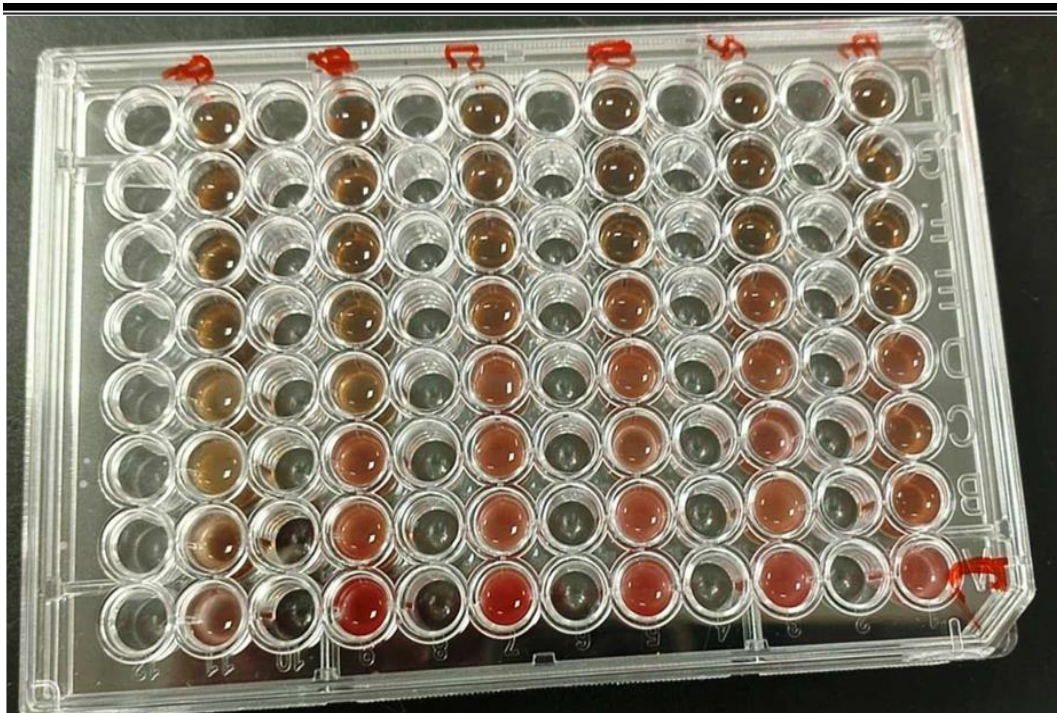
---

Tableau 08 : Représente les résultats des CMI

Extraits (mg)	<i>Coffea arabica</i> (C)	<i>Alpinia galanga</i> (k)
<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 33862	1.56	25
<i>Bacillus cereus</i> ATCC 10876	50	3.12
<i>Candida albicans</i> ATCC 1023	50	6.25
<i>Escherichia coli</i> ATCC 25922	12.5	12.5
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> ATCC 27853	1.56	1.56
<i>Klebsiella pneumoniae</i> ATCC 13883	3.12	6.25

## Résultats et Discussion

---

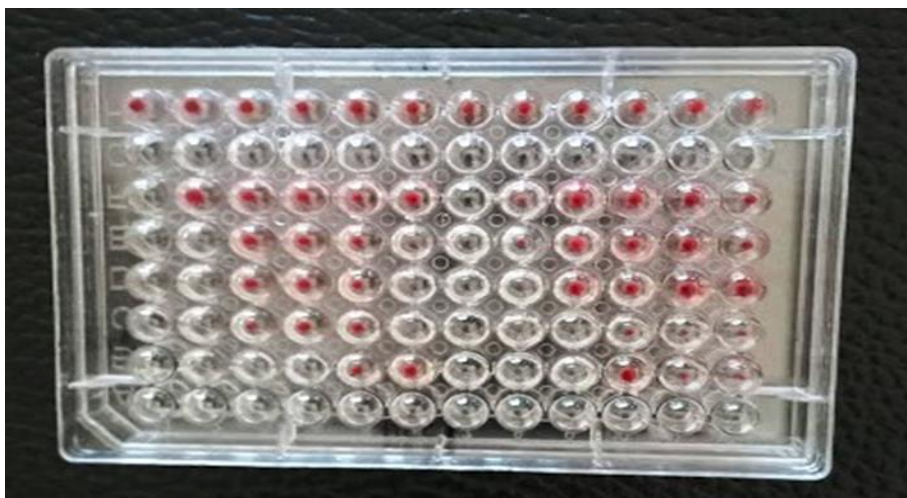


**Figure 20 :** Microplaque de la CMI d'*Alpinia galanga* (k) et de *Coffea arabica* (C )

## Résultats et Discussion

### III.7.Effet synergique antimicrobien de la combinaison entre extraits bruts d'*Alpinia galanga* et de *Coffea arabica*

Les résultats des tests de la combinaison antimicrobienne entre l'extrait brut d'*Alpinia galanga* et de *Coffea arabica* contre cinq souches bactériennes et une levure, sont illustrés dans le tableau 09 et par la figure 21. L'interaction de cette combinaison révèle une réaction de synergie, une synergie partielle, antagonisme où aucun effet synergique ne contre les différentes souches testées. Les interactions synergétique et partiellement synergétique ont été observées contre les souches bactériennes *K. pneumoniae*, *E. coli* et *S. aureus*. Par ailleurs, une synergie totale a été observée contre *K. pneumoniae* ( $1/6 \text{ MIC}_C$  et  $1/4 \text{ MIC}_K$ ) avec FICI de 0,42 et partielle contre les souches *S. aureus* et *E. coli* ( $1/6 \text{ MIC}_C$  et  $1/3 \text{ MIC}_K$ ) avec FICI allant de 0,51 à 0,55 respectivement. Par contre, un effet antagoniste a été généré contre *B. cereus* et *C. albicans* pour la combinaison de  $1/6 \text{ MIC}_C$  et  $1/1 \text{ MIC}_K$  avec FICI de 2,06. Tandis que l'union entre extraits bruts d'*Alpinia galanga* (*k*) et de *Coffea arabica* (*C*) n'a montré aucun effet synergétique contre la souche *P. aeruginosa*. Les valeurs de CMI d'*Alpinia galanga* (*k*) et du *Coffea arabica* (*C*) ont été significativement réduites environ 4 à 6 fois respectivement par cette combinaison dans les interactions synergétiques. Globalement, ces résultats montrent que la combinaison étudiée possède un potentiel antimicrobien intéressant, mais dépend fortement de la nature du micro-organisme ciblé, ce qui souligne la nécessité d'une utilisation ciblée et optimisée dans les applications thérapeutiques ou cosmétique. Kurin *et al.* (2025).



**Figure 21 :** Microplaque de la combinaison antimicrobienne d'*Alpinia galanga* (*k*) et de *Coffea arabica* (*C*)

## Résultats et Discussion

**Tableau 09** : Effet de la combinaison entre l'extraits bruts d'*Alpinia galanga* et de *Coffea arabica* contre différentes bactéries

Souches microbiennes	CMI <sub>C</sub> <i>Coffea</i> (C) (mg/mL)	CMI <sub>C</sub> <i>Alpinia</i> (K) (mg/mL)	CFI <sub>C</sub>	CFI <sub>K</sub>	ICFI	Interaction
<i>K. pneumonia</i>	3.90	1.66	0.0624	0.24	0.30	Synergies
	3.90	3.33	0.0624	0.49	0.55	total
<i>E. coli</i>	7.81	1.66	0.062	0.49	0.552	Synergies
	7.81	1.66	0.062	0.49	0.552	partielle
<i>S. aureus</i>	3.25	1.66	0.490	0.026	0.516	Synergies
	3.25	1.66	0.490	0.026	0.516	partielle
<i>P. aeruginosa</i>	3.90	0.67	0.010	1	1.01	aucun effet
	3.90	0.67	0.010	1	1.01	
<i>C. albicans</i>	7.81	13.34	0.0625	2	2.062	Antagonism
	7.81	13.34	0.0625	2	2.062	
<i>B. cereus</i>	125	0.41	2	0.061	2.061	Antagonism
	3.90	13.34	0.061	2	2.061	

- **CMI** : Concentration minimale inhibitrice du composé individuellement
- **CMIC** : Concentration minimale inhibitrice du composé en combinaison.
- **CFI** : (concentration inhibitrice fractionnaire). ICFI (indice de concentration inhibitrice fractionnaire).
- **CFI *C. arabica*** = CMI du *C. arabica* en combinaison avec d'*A. galanga* / CMI du *C. arabica* seul,
- **CFI d'*A. galanga*** = CMI d'*A. galanga* en combinaison avec le *C. arabica* / CMI d'*A. galanga* seule (Pei et al., 2009),
- **ICFI** = CFI *C. arabica* + CFI d'*A. galanga*,

Où :

- **ICFI ≤ 0,5** : synergie totale ;
- **0,5 < ICFI ≤ 0,75** : synergie partielle ;

## Résultats et Discussion

---

- $0,75 < \text{ICFI} \leq 2$  : absence d'effet.
- $\text{ICFI} > 2$  : antagonisme (Sharma *et al.*, 2020).

---

# Conclusion

---

## Conclusion et perspectives

Ce travail a permis d'évaluer les activités antioxydantes et antimicrobiennes, ainsi que les effets synergiques, des extraits bruts d'*Alpinia galanga* et de *Coffea arabica*. Les résultats obtenus ont montré que les deux extraits possèdent des teneurs importantes en composés bioactifs, notamment en polyphénols et en flavonoïdes, avec une richesse particulièrement marquée pour *Alpinia galanga*. Cette composition chimique élevée se traduit par une activité antioxydante notable, confirmée par le test DPPH, où *Alpinia galanga* a présenté une capacité antiradicalaire supérieure à celle de *Coffea arabica*.

Sur le plan antimicrobien, les deux extraits ont démontré une activité inhibitrice contre plusieurs souches microbiennes, notamment *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* et *Candida albicans*, avec des diamètres d'inhibition variables selon la sensibilité des micro-organismes. L'extrait d'*Alpinia galanga* s'est révélé globalement plus actif que celui de *Coffea arabica*, qui pourrait être attribué à sa richesse en composés phénoliques.

L'étude des interactions combinées a mis en évidence des effets synergiques intéressants, notamment une synergie totale contre *Klebsiella pneumoniae* et des synergies partielles contre certaines souches bactériennes. Toutefois, des effets antagonistes ont également été observés, en particulier contre *Bacillus cereus* et *Candida albicans*, ainsi qu'une absence d'effet contre *Pseudomonas aeruginosa*, soulignant que l'efficacité de la combinaison dépend fortement du micro-organisme ciblé.

En conclusion, cette étude confirme le potentiel des extraits de *Alpinia galanga* et *Coffea arabica* comme sources naturelles de composés bioactifs à intérêt thérapeutique. Leur utilisation combinée pourrait constituer une approche prometteuse dans le développement de nouveaux agents antimicrobiens ou antioxydants, notamment dans les domaines pharmaceutique et cosmétique. Néanmoins, des études complémentaires, notamment in vivo et toxicologiques, sont nécessaires afin de mieux comprendre leurs mécanismes d'action et d'optimiser leur utilisation.

---

---

## REFERANCE

1. Abdille, M. H., Singh, R. P., Jayaprakasha, G. K., & Jena, B. S. (2005). Antioxidant activity of the extracts from *Dillenia indica* fruits. *Food chemistry*, *90*(4), 891-896.
2. Afzal Unnisa, A. U., & Parveen, T. D. (2011). Anti-inflammatory and acute toxicity studies of the extracts from the rhizomes of *Alpinia galanga* Willd.
3. Andrews, D. W. (2001). Testing when a parameter is on the boundary of the maintained hypothesis. *Econometrica*, *69*(3), 683-734.
4. Ardestani, A., & Yazdanparast, R. (2007). Antioxidant and free radical scavenging potential of *Achillea santolina* extracts. *Food chemistry*, *104*(1), 21-29.
5. Baba Aissa, F. (2000). Encyclopédie des plantes utiles, flore d'Algérie et du Maghreb, substances végétales d'Afrique, d'Orient et d'Occident. *EDAS, librairie moderne, Rouiba*.
6. Barefoot, S. F., & Klaenhammer, T. R. (1983). Detection and activity of lactacin B, a bacteriocin produced by *Lactobacillus acidophilus*. *Applied and Environmental microbiology*, *45*(6), 1808-1815.
7. Barefoot, S. F., & Klaenhammer, T. R. (1983). Detection and activity of lactacin B, a bacteriocin produced by *Lactobacillus acidophilus*. *Applied and Environmental microbiology*, *45*(6), 1808-1815.
8. Bauer, W. J., Badoud, R., & Löliger, J. (2010). *Science et technologie des aliments: principes de chimie des constituants et de technologie des procédés*. EPFL Press.
9. Bencharif, A. (1996). *La filière blé en Algérie: le blé, la semoule et le pain*. KARTHALA Editions.
10. Benjamin, E. J., Blaha, M. J., Chiuve, S. E., Cushman, M., Das, S. R., Deo, R., & Muntner, P. (2017). Heart disease and stroke statistics—2017 update: a report from the American Heart Association. *circulation*, *135*(10), e146-e603.
11. Bonnín, C. D. M., Torrent, C., Arango, C., Amann, B. L., Solé, B., González-Pinto, A., ... & Martínez-Aran, A. (2016). Functional remediation in bipolar disorder: 1-year follow-up of neurocognitive and functional outcome. *The British Journal of Psychiatry*, *208*(1), 87-93.
12. Bourkhiss, M. B., Hnach, M., Paolini, J., Costa, J., Farah, A., & Satrani, B. (2010). Propriétés antioxydantes et anti-inflammatoires des huiles essentielles des différentes parties de *Tetraclinis articulata* (Vahl) Masters du Maroc. *Bulletin de la Société royale des sciences de Liège*.

- 
13. Chaalel, A., Riazi, A., Dubois-Dauphin, R., & Thonart, P. (2015). Screening of plantaricin EF and JK in an Algerian *Lactobacillus plantarum* isolate. *Asian Pacific Journal of Tropical Disease*, 5(6), 474-482.
  14. Chouni, A., & Paul, S. (2018). A review on phytochemical and pharmacological potential of *Alpinia galanga*. *Pharmacognosy Journal*, 10(1), 9-15.
  15. Christabel, A., Anantanarayanan, P., Subash, P., Soh, C. L., Ramanathan, M., Muthusekhar, M. R., & Narayanan, V. (2016). Comparison of pterygomaxillary dysjunction with tuberosity separation in isolated Le Fort I osteotomies: a prospective, multi-centre, triple-blind, randomized controlled trial. *International journal of oral and maxillofacial surgery*, 45(2), 180-185.
  16. Chudiwal, A. K., Jain, D. P., & Somani, R. S. (2010). *Alpinia galanga* Willd.-an overview on phyto-pharmacological properties.
  17. De la Torre, A., & Pesquera, B. M. (Eds.). (1993). *Building with our hands: New directions in Chicana studies*. Univ of California Press.
  18. Debure, A. (2012). *Crédibiliser pour expertiser: le Codex Alimentarius et les comités d'experts FAO-OMS dans la production réglementaire internationale de sécurité sanitaire des aliments* (Doctoral dissertation, Paris, EHESS).
  19. Wang, X., & Lim, L. T. (2015). Physicochemical characteristics of roasted coffee. In *Coffee in health and disease prevention* (pp. 247-254). Academic Press.
  19. Denis, B., Laprise, R., & Caya, D. (2003). Sensitivity of a regional climate model to the resolution of the lateral boundary conditions. *Climate Dynamics*, 20(2), 107-126.
  20. Ganière, J. P., Mangion, C., & Péridy, M. (2004). Détermination des Concentrations Minimales Inhibitrices et Bactéricides de la cefquinome, la marbofloxacin, la tylosine et la spiramycine en solution dans du lait vis-à-vis de bactéries isolées de mammites bovines. *Revue de médecine vétérinaire*, 155(8-9), 411-416
  21. Hečimović, I., Belščak-Cvitanović, A., Horžić, D., & Komes, D. (2011). Comparative study of polyphenols and caffeine in different coffee varieties affected by the degree of roasting. *Food chemistry*, 129(3), 991-1000.
  22. Houessou, J. K., Maloug, S., Leveque, A. S., Delteil, C., Heyd, B., & Camel, V. (2007). Effect of roasting conditions on the polycyclic aromatic hydrocarbon content in ground Arabica coffee and coffee brew. *Journal of agricultural and food chemistry*, 55(23), 9719-9726.
  23. Houssou, N., Zeller, M., Alcaraz, V., Schwarze, S., & Johannsen, J. (2007). Proxy means tests for targeting the poorest households applications to Uganda. *Propoor development in low income countries: Food, agriculture, trade, and environment*.

- 
24. Hwanhlem, N., Buradaleng, S., Wattanachant, S., Benjakul, S., Tani, A., & Maneerat, S. (2011). Isolation and screening of lactic acid bacteria from Thai traditional fermented fish (Plasom) and production of Plasom from selected strains. *Food control*, 22(3-4), 401-407
  25. Iwaya, S. I., Ikawa, M., & Kubota, M. (2001). Revascularization of an immature permanent tooth with apical periodontitis and sinus tract. *Dental traumatology*, 17(4), 185-187.
  26. Jacques-Félix, H. (1968). Evolution de la végétation au Cameroun sous l'influence de l'homme. *Journal d'agriculture traditionnelle et de botanique appliquée*, 15(9), 350-356.
  27. Janssen, A. M., & Scheffer, J. J. C. (1985). Acetoxychavicol acetate, an antifungal component of *Alpinia galanga*. *Planta medica*, 51(06), 507-511.
  28. Janssen, A. M., & Scheffer, J. J. C. (1985). Acetoxychavicol acetate, an antifungal component of *Alpinia galanga*. *Planta medica*, 51(06), 507-511.
  29. Jeszka-Skowron, M., Zgoła-Grzeškowiak, A., & Grzeškowiak, T. (2015). Analytical methods applied for the characterization and the determination of bioactive compounds in coffee. *European Food Research and Technology*, 240(1), 19-31.
  30. Jeszka-Skowron, M., Zgoła-Grzeškowiak, A., & Grzeškowiak, T. (2015). Analytical methods applied for the characterization and the determination of bioactive compounds in coffee. *European Food Research and Technology*, 240(1), 19-31.
  31. Judd, A. G., Hovland, M., Dimitrov, L. I., Garcia Gil, S., & Jukes, V. (2002). The geological methane budget at continental margins and its influence on climate change. *Geofluids*, 2(2), 109-126.
  32. Khairullah, A. R., Solikhah, T. I., Ansori, A. N. M., Fadholly, A., Ramandinianto, S. C., Ansharieta, R., ... & Anshori, A. (2020). A review of an important medicinal plant: *Alpinia galanga* (L.) willd. *Systematic Reviews in Pharmacy*, 11(10), 387-395.
  33. Khalid, M., & Savkin, A. V. (2010). A model predictive control approach to the problem of wind power smoothing with controlled battery storage. *Renewable Energy*, 35(7), 1520-1526.
  34. Khare, P., Kulkarni, V. P., Péroux, C., York, D. G., Lauroesch, J. T., & Meiring, J. D. (2007). The nature of damped Lyman and sub-damped Lyman absorbers. *Astronomy & Astrophysics*, 464(2), 487-493.
  35. Kirtikar, K. R., Basu, B. D., & CS, I. (2001). Indian medicinal plants, oriental enterprises. *Dehradun*, 6, 2029-2035.

- 
36. Kress, G. (2005). Gains and losses: New forms of texts, knowledge, and learning. *Computers and composition*, 22(1), 5-22.
37. Ksouri, R., Falleh, H., Megdiche, W., Trabelsi, N., Mhamdi, B., Chaieb, K., ... & Abdelly, C. (2009). Antioxidant and antimicrobial activities of the edible medicinal halophyte *Tamarix gallica* L. and related polyphenolic constituents. *Food and Chemical toxicology*, 47(8), 2083-2091.
38. Kumar, A., Zarychanski, R., Pinto, R., Cook, D. J., Marshall, J., Lacroix, J., ... & Canadian Critical Care Trials Group H1N1 Collaborative. (2009). Critically ill patients with 2009 influenza A (H1N1) infection in Canada. *Jama*, 302(17), 1872-1879.
39. Kurin, E., Hajská, M., Kostovčíková, E., Dokupilová, K., Mučaji, P., Nagy, M., ... & Bittner Fialová, S. (2025). Unveiling Synergistic Antioxidant Effects of Green Tea and Peppermint: Role of Polyphenol Interactions and Blend Preparation. *International Journal of Molecular Sciences*, 26(13), 6257.
40. Latha, G. M., & Somwanshi, A. (2009). Effect of reinforcement form on the bearing capacity of square footings on sand. *Geotextiles and Geomembranes*, 27(6), 409-422.
41. Lean, M. E., Leslie, W. S., Barnes, A. C., Brosnahan, N., Thom, G., McCombie, L., ... & Taylor, R. (2019). Durability of a primary care-led weight-management intervention for remission of type 2 diabetes: 2-year results of the DiRECT open-label, cluster-randomised trial. *The lancet Diabetes & endocrinology*, 7(5), 344-355.
42. Lipchitz, A., & Pouch, T. (2008). Les mutations des marchés mondiaux du café et du cacao. *Géoéconomie*, 44(1), 101-124.
43. Lit, L. C. W., Wong, C. K., Li, E. K. M., Tam, L. S., Lam, C. W. K., & Lo, Y. M. D. (2007). Elevated gene expression of Th1/Th2 associated transcription factors is correlated with disease activity in patients with systemic lupus erythematosus. *The Journal of Rheumatology*, 34(1), 89-96.
44. Mahae, N., & Chaiser, S. (2009). Antioxidant activities and antioxidative components in extracts of *Alpinia galanga* (L.) Sw. *Agriculture and Natural Resources*, 43(2), 358-369.
45. Mahévas, M., Patin, P., Huetz, F., Descatoire, M., Cagnard, N., Bole-Feysot, C., ... & Reynaud, C. A. (2012). B cell depletion in immune thrombocytopenia reveals splenic long-lived plasma cells. *The Journal of clinical investigation*, 123(1).

- 
46. Maisuthisakul, P., Suttajit, M., & Pongsawatmanit, R. (2007). Assessment of phenolic content and free radical-scavenging capacity of some Thai indigenous plants. *Food chemistry*, *100*(4), 1409-1418.;
47. Matsuda, A., Suzuki, Y., Honda, G., Muramatsu, S., Matsuzaki, O., Nagano, Y., ... & Sugano, S. (2003). Large-scale identification and characterization of human genes that activate NF- $\kappa$ B and MAPK signaling pathways. *Oncogene*, *22*(21), 3307-3318.
48. Mattiuzzo, M., Gobba, C. D., Runti, G., Mardirossian, M., Bandiera, A., Gennaro, R., & Scocchi, M. (2014). Proteolytic activity of *Escherichia coli* oligopeptidase B against proline-rich antimicrobial peptides. *Journal of Microbiology and Biotechnology*, *24*(2), 160-167.
49. Meenakshi, S., Gnanambigai, D. M., Mozhi, S. T., Arumugam, M., & Balasubramanian, T. (2009). Total flavanoid and in vitro antioxidant activity of two seaweeds of Rameshwaram coast. *Global Journal of Pharmacology*, *3*(2), 59-62.
50. Molyneux, C. S., Peshu, N., & Marsh, K. (2004). Understanding of informed consent in a low-income setting: three case studies from the Kenyan Coast. *Social science & medicine*, *59*(12), 2547-2559.
51. Montavon, P., Mauron, A. F., & Duruz, E. (2003). Changes in green coffee protein profiles during roasting. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *51*(8), 2335-2343.
52. Othman, J., Dillon, R., Wilhelm-Benartzi, C., Knapper, S., Batten, L. M., Canham, J., ... & Russell, N. H. (2022). Genomic correlates of outcome in a randomised comparison of CPX-351 and FLAG-Ida in high-risk acute myeloid leukaemia and myelodysplastic syndrome: results from the UK NCRI AML19 Trial.
53. Oulebsir-Mohandkaci, H., Selami, S., & Benzina, F. (2017). Détection de *Pseudomonas savastanoi*. pv agent causal de la tuberculose de l'olivier. Evaluation du pouvoir antagoniste de quelques substances végétales bioactives. *Welcome message to participants*, 15.
54. Parejo, I., Viladomat, F., Bastida, J., Rosas-Romero, A., Saavedra, G., Murcia, M. A., ... & Codina, C. (2003). Investigation of Bolivian plant extracts for their radical scavenging activity and antioxidant activity. *Life sciences*, *73*(13), 1667-1681.
55. Pei, Y., Obaji, J., Dupuis, A., Paterson, A. D., Magistroni, R., Dicks, E., ... & Ravine, D. (2009). Unified criteria for ultrasonographic diagnosis of ADPKD. *Journal of the American Society of Nephrology*, *20*(1), 205-212.

- 
56. Phitak, T., Choocheep, K., Pothacharoen, P., Pompimon, W., Premanode, B., & Kongtawelert, P. (2009). The effects of p-hydroxycinnamaldehyde from *Alpinia galanga* extracts on human chondrocytes. *Phytochemistry*, *70*(2), 237-243.
57. Ramesh, K., & Reddy, D. D. (2011). Zeolites and their potential uses in agriculture. *Advances in agronomy*, *113*, 219-241.
58. Rangsiruji, A. (2000). A study of the infrageneric classification of *Alpinia* (Zingiberaceae) based on the ITS region of nuclear rDNA and the trnL-F spacer of chloroplast DNA. *Monocots-systematics and evolution*.
59. Rath, S., Fostier, A. H., Pereira, L. A., Dioniso, A. C., de Oliveira Ferreira, F., Doretto, K. M., ... & Martinez-Mejia, M. J. (2019). Sorption behaviors of antimicrobial and antiparasitic veterinary drugs on subtropical soils. *Chemosphere*, *214*, 111-122.;
60. Roy, M., Shohamy, D., & Wager, T. D. (2012). Ventromedial prefrontal-subcortical systems and the generation of affective meaning. *Trends in cognitive sciences*, *16*(3), 147-156.
61. Sánchez-Moreno, C. (2002). Methods used to evaluate the free radical scavenging activity in foods and biological systems. *Food science and technology international*, *8*(3), 121-137.
62. Sava, C., & Sibru, R. (2010). Analytical study of the determination of flavonoids in Black Sea algae. *Ovidius Univ. Ann. Chem*, *21*(1), 29-34.
63. Scheffer, R. J., & Elgersma, D. M. (1981). Detection of a phytotoxic glycopeptide produced by *Ophiostoma ulmi* in elm by enzyme-linked immunospecific assay (ELISA). *Physiological Plant Pathology*, *18*(1), 27-32.
64. Sharma, H. B., Vanapalli, K. R., Cheela, V. S., Ranjan, V. P., Jaglan, A. K., Dubey, B., ... & Bhattacharya, J. (2020). Challenges, opportunities, and innovations for effective solid waste management during and post COVID-19 pandemic. *Resources, conservation and recycling*, *162*, 105052.
65. Sultana, S., Mannen, H., & Tsuji, S. (2003). Mitochondrial DNA diversity of Pakistani goats. *Animal genetics*, *34*(6), 417-421. Lee et al. (2003).
66. Tefiani, C. (2015). Les propriétés biologiques des huiles essentielles de *Curcuma longa*, *Ammoides verticillata* et *Thymus ciliatus* sp. eu-ciliatus. *Thse de Doctorat en sciences de l'universit de Mostaganem*.

- 
67. Thorn, B. E., Boothby, J. L., & Sullivan, M. J. (2002). Targeted treatment of catastrophizing for the management of chronic pain. *Cognitive and Behavioral Practice*, 9(2), 127-138.
68. Trabelsi, K., Tourir, J., Soulié-Märsche, I., Martín-Closas, C., Soussi, M., & Colin, J. P. (2010, July). Découverte de charophytes de l'Albien dans la Formation Kebar (Tunisie centrale): implications paléoécologiques et paléobiogéographiques. In *Annales de paléontologie* (Vol. 96, No. 3, pp. 117-133). Elsevier Masson.
69. Wattiaux, M. A., Combs, D. K., & Shaver, R. D. (1994). Lactational responses to ruminally undegradable protein by dairy cows fed diets based on alfalfa silage. *Journal of dairy science*, 77(6), 1604-1617.
70. Weinberg, B. A., & Bealer, B. K. (2002). *The Caffeine Advantage: How to Sharpen Your Mind, Improve Your Physical Performance, and Achieve Your Goals--the Healthy Way*. Simon and Schuster.
71. Wong, S. L., Mangu, P. B., Choti, M. A., Crocenzi, T. S., Dodd III, G. D., Dorfman, G. S., ... & Benson III, A. B. (2010). American Society of Clinical Oncology 2009 clinical evidence review on radiofrequency ablation of hepatic metastases from colorectal cancer. *Journal of Clinical Oncology*, 28(3), 493-508.
72. Zeng, X. (2001). Global vegetation root distribution for land modeling. *Journal of Hydrometeorology*, 2(5), 525-530.
73. Zhang, T. (2018, July). The Rise and Decline of Chinese Opera in Indonesia. In *4th International Conference on Arts, Design and Contemporary Education (ICADCE 2018)* (pp. 39-45). Atlantis Press.