

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية

الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

—جامعة أبي بكر بلقايد — تلمسان

Université Abou Bakr Belkaïd – Tlemcen –

**FACULTE DE SCIENCE DE LA NATURE ET DE LA VIE ET SCIENCE DE LA
TERRE ET DE L'UNIVERS**



MEMOIRE

Présenté par :

BELABBACI Sawsen et CHIKHI Amira Yousra

En vue de l'obtention du

Diplôme de MASTER en Science Biologique

Option : Biologie de la nutrition

Thème :

**Caractérisation physico-chimique et biologique de la
combinaison gingembre-clous de girofle in vitro**

Soutenu, le 22 / 06 / 2023, devant le jury composé de :

Président	BOUANANE Samira	Professeur	Université de Tlemcen
Encadreur	BABA AHMED FZ	Professeur	Université de Tlemcen
Examineur	BEREKSI REGUIG Selma	MCB	Université de Tlemcen

Année universitaire : 2022 /2023

REMERCIEMENT

Avant tout je remercie Dieu tout puissant, Il m'avoir donné la force, les moyens et le courage

pour terminer ce travail.

Au terme de ce travail, il m'est très agréable d'exprimer mes remerciements à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce mémoire. Tout d'abord je remercie

Mme

Baba Ahmed Fatima Zohra ; professeure à l'université Abou Bekr Belkaïd de Tlemcen pour

son encadrement, ses précieuses conseils, ainsi que ses encouragements et sa confiance qui ont été pour moi un solide appui et un réconfort à tout moment.

Mes sincères remerciements vont aussi à Mme Bouanane Samira ; professeure à l'université Abou Bekr Belkaïd de Tlemcen ; d'avoir accepté de me faire l'honneur de présider ce jury.

Je voudrais aussi remercier Mme Brixi Requiq Selma ; maître de conférences Classe B à

L'université Abou Bekr Belkaïd de Tlemcen ; d'avoir accepté de juger ce travail.

Afin de n'oublier personne, mes vifs remerciements s'adressent à tous ceux qui m'ont aidée à la réalisation de ce modeste mémoire.

DEDICACES

Avec tout mon amour, je dédie ce travail qui a été le fruit de mes études, à toutes les personnes qui m'ont aidé de près ou de loin à la réalisation de cette étude plus particulièrement :

À mes chers parents, Mohammed & Zakia ;

À mes frères, Omar Fares Rabie Fouzi, & Issam ;

Vous vous êtes dépensés pour moi sans compter.

En reconnaissance de tous les sacrifices consentis par tous et chacun pour me permettre d'atteindre cette étape de ma vie.

Avec toute ma tendresse.

À tous ceux qui utilisent la science pour le bien et la prospérité des gens.

BE LA BAO Samsen

DEDICACES

Ce modeste travail est dédié aux seules personnes qui m'ont vu

grandir,

Mes chers parents.

A mes deux chères sœurs Asma et Zokha pour leur soutien moral.

A ma famille et mes proches.

A tous mes amis qui m'ont soutenu.

Amira Fousra

المخلص

يعتبر الزنجبيل والقرنفل من بين النباتات الرئيسية التي يستخدمها الطب التقليدي بسبب فعاليتها في مختلف المجالات ، والهدف من هذه الدراسة هو تقييم الخصائص الكيميائية النباتية للتوليفة (الزنجبيل - القرنفل) في المختبر. استخدمنا طريقتين للاستخلاص بشكل منفصل ، النقع والمغلي المائي الذي تم منه إعطاء جرعات المركبات الفينولية ، نوعيا عن طريق الفحص الكيميائي النباتي وكما بجرعة مجموع البوليفينول والفلافونويد ، وكذلك تقييم القدرة المضادة للأكسدة. تظهر نتائجنا النوعية أن التركيبة غنية بالمكونات النشطة ، وقد تم تأكيد ذلك من خلال الاختبار الكمي ، وكانت جرعة البوليفينول في النقع والديكوتيون: 2.61 ± 0.005 ؛ 3.99 ± 0.000 (ميكروغرام / EAG ملغ (BE على التوالي. بعد ذلك ، أظهرت نتائج DPPH و FRAP أن الخليط يحتوي على قوة اختزال للجذور الحرة قابلة للمقارنة نسبياً مع تلك الخاصة بالدراسات الأخرى ، ويمكن تفسير ذلك من خلال التأثير التآزري للمزيج. علاوة على ذلك ، أظهرت معالجة البيانات الإحصائية عدم وجود فروق ذات دلالة إحصائية. في الختام ، يعتبر خليط الزنجبيل والقرنفل مصدراً حقيقياً للمكونات النشطة ، وهذه الجزينات عبارة عن مستقبلات ثانوية يمكن استخلاصها عن طريق مغلي كما عن طريق النقع المائي

الكلمات المفتاحية: البوليفينول، الفلافونويد، النقع، مغلي، DPPH ، FRAP

Résumé :

Le gingembre et les clous de girofle sont parmi les majeurs plantes utilisées par la médecine traditionnelle en raison de leur efficacité dans diverses domaines, l'objectif de cette étude est d'évaluer les caractéristiques photochimiques de la combinaison (gingembre-clous de girofle) in vitro. Nous avons utilisé deux méthodes d'extraction séparément, macération et décoction aqueuse dont on a dose les composés phénoliques, qualitativement par screening phytochimique et quantitativement par dosage des polyphénols totaux et flavonoïdes, ainsi que l'évaluation de la capacité antioxydante. Nos résultats qualitatifs, montre que la combinaison est riche en principes actifs, cela été confirmé par les test quantitatif le dosage de polyphénol dans la macération et décoction été de : 2.61 ± 0.005 ; 3.99 ± 0.000 ($\mu\text{g EAG} / \text{mg EB}$) respectivement. Ensuite, les résultats de DPPH et FRAP a montré que le mélange a un pouvoir réducteur des radicaux libres relativement comparable à celle des autres études, cela peut expliquer par l'effet synergique de la combinaison. D'ailleurs, les traitements des données statistique a montré que n'existe aucune différence significative. En conclusion, le mélange du gingembre et les clous de girofle, est une véritable source des principes actifs, ces molécules sont des métabolites secondaires peut être extraire par la décoction comme par la macération aqueuse.

Mots clés : Polyphénol, Flavonoïdes, Macération, Décoction, DPPH, FRAP.

Abstract :

Ginger and cloves are among the major plants used by traditional medicine due to their effectiveness in various fields, the objective of this study is to evaluate the phytochemical characteristics of the combination (ginger-cloves) in vitro. We used two extraction methods separately, maceration and aqueous decoction, the phenolic compounds of which were dosed, qualitatively by phytochemical screening and quantitatively by dosage of total polyphenols and flavonoids, as well as the evaluation of the antioxidant capacity. Our qualitative results show that the combination is rich in active ingredients, this was confirmed by the quantitative test, the polyphenol dosage in the maceration and decoction was 2.61 ± 0.005 ; 3.99 ± 0.000 ($\mu\text{g EAG} / \text{mg BE}$) respectively. Then, the results of DPPH and FRAP showed that the mixture has a free radical reducing power relatively comparable to that of the other studies, this can be explained by the synergistic effect of the combination. Moreover, the processing of statistical data showed that there is no significant difference. In conclusion, the mixture of ginger and cloves, is a real source of active ingredients, these molecules are secondary metabolites can be extracted by decoction as by aqueous maceration.

Keywords : Polyphenol, Flavonoids, Maceration, Decoction, DPPH, FRAP.

Table des matières :

REMERCIEMENT	2
DEDICACES.....	3
DEDICACES.....	4
Résumé :	5
Listes des figures.....	9
Listes des tableaux	10
Listes des abréviations.....	11
Introduction	1
Synthèse Bibliographique.....	2
1.1 Histoire de la phytothérapie :.....	3
1.2 Définition de la phytothérapie :.....	3
1.3 Epidémiologie :.....	4
1.4 Gingembre : (<i>Zingiber officinale</i>).....	5
1.5 Description botanique :	5
1.6 Distribution géographique :.....	6
1.6.1 Pays d'origine :.....	7
1.6.2 Les majeurs pays producteurs :.....	7
1.7 Taxonomie :	8
1.8 Composition phytochimique :.....	8
1.9 Utilisation :.....	8
1.9.1 Traditionnelle :.....	8
1.9.2 Médicinale :.....	9
1.9.3 Alimentaire :.....	9
1.10 Clou de girofle (<i>Syzygium aromaticum</i>).....	9
1.10.1 Description botanique :.....	10
1.10.2 Répartition géographique :.....	11
1.10.3 Taxonomie :	11

1.10.4	Composition phytochimique :	12
1.10.5	Utilisation :	12
1.10.5.1	Traditionnel :	12
1.10.5.2	Médicinales :	13
1.10.5.3	Alimentaire :	13
1.11	Association des plantes :	14
1.12	Métabolites :	14
1.12.1	Métabolites primaires :	14
1.12.2	Métabolites secondaires :	14
1.12.3	Classification :	15
1.12.3.1	Flavonoïdes :	15
1.12.3.2	Composés phénoliques :	16
1.12.3.3	Quelques dérivations notables peuvent être soulignées :	16
1.12.3.3.1	Anthocyanes :	16
1.12.3.3.2	Tanins non hydrolysables :	17
1.12.3.3.3	Tanins hydrolysables :	18
1.12.3.3.4	Triterpénoides :	18
1.12.3.3.5	Saponosides :	18
1.12.4	Biosynthèses :	19
1.12.4.1	Composés phénoliques :	19
1.12.4.1.1	Voie de l'acide shikimique :	19
1.12.4.1.2	Voie de l'acétate malonate :	19
1.12.4.2	Flavonoïdes :	19
1.12.5	Utilisation des métabolites secondaire	21
1.12.5.1	Domaine pharmacologie :	21
1.12.5.2	Domaine cosmétique :	21
1.12.5.3	Complément alimentaire :	22
1.12.6	Association des plantes :	22

Matériel et méthodes..... 23

1.13	Matériel végétal :	24
1.13.1	Collection :	24
1.13.2	Préparations des extraits :	25
1.13.2.1	Macération :	25
1.13.2.2	Décoction :	25
1.14	Test qualitatif :	26

1.14.1	Screening phytochimique :	26
1.14.1.1	Détection des Saponosides :	26
1.14.1.2	Détection des coumarines :	26
1.14.1.3	Détection des tanins (hydrolysable) :	26
1.14.1.4	Détection des proanthocyanidols (tanins condensés) :	26
1.14.1.5	Détection des Flavonoïdes :	27
1.14.1.6	Détection Triterpènes et Stéroïdes :	27
1.14.1.7	Détection des Anthocyanes :	27
1.14.1.8	Détection d'amidon :	27
1.15	Tests quantitatifs :	27
1.15.1	Dosage des polyphénols totaux :	27
1.15.2	Dosage des flavonoïdes totaux :	28
1.15.3	Evaluation de l'activité antioxydant :	28
1.15.3.1	Test du DPPH :	28
1.15.3.2	Test du pouvoir réducteur (FRAP) :	28

Résultats et discussion..... 29

1.16	TESTS QUALITATIFS	30
1.16.1	CRIBLAGE PHYTOCHIMIQUE.....	30
1.17	TESTS QUANTITATIFS	31
1.17.1	DOSAGE DES COMPOSEES PHENOLIQUES	31
1.17.2	Dosage des flavonoïdes	31
1.17.3	Gamme d'étalonnage des flavonoïdes	32
1.17.4	Dosage des polyphénols totaux :	34
1.17.5	Gamme d'étalonnage des polyphénols.....	34
1.17.6	Dosage des polyphénols totaux :	34
1.17.7	Gamme d'étalonnage des polyphénols :	35
1.17.8	Taux de polyphénols totaux du mélange gingembre clou de girole :... 35	
1.17.9	Evaluation de l'activité antioxydante du mélange (<i>Zingiber officinale</i> et <i>Syzygium aromaticum</i>) :	36
1.17.10	Teste de piégeage de radical (DPPH)	37
1.17.11	Teste de le pouvoir réducteur du fer (FRAP) :	38

Conclusion et perspectives 40

Références bibliographiques 43

Listes des figures

FIGURE 1: ZINGIBER OFFICINAL RHIZOME (REHMAN, ET AL., 2011).....	5
FIGURE 2: PLANTE DE ZINGIBER OFFICINALE LE GINGEMBRE (KÖHLER, 2023)	6
FIGURE 3: DISTRIBUTION GEOGRAPHIQUE DE LA PLANTE GINGEMBRE OFFICINAL (JAN, 2014) ..	7
FIGURE 4: CLOU DE GIROFLE (SYZYGIUM AROMATICUM) (GAYET, 2010).....	10
FIGURE 5 STRUCTURE DU GIROFLIER (ADLI, ET AL. 2017) ; FLEUR DE GIROFLIER (TAN 2015)..	10
FIGURE 6: DISTRIBUTION GEOGRAPHIQUE DU CLOU DE GIROFLE (HADDOUCHE, ET AL., 2017).....	11
FIGURE 7: COMPOSE MAJEUR DE L'HUILE ESSENTIELLE DES CLOUS DE GIROFLE (GAMACHE, 2013).....	12
FIGURE 8: L'HUILE ESSENTIELLE DES CLOUS DE GIROFLE (BULLOCK, ET AL., 2023).....	13
FIGURE 9: SQUELETTE DE BASE DES FLAVONOÏDES (ACHAT, 2013).....	16
FIGURE 10: STRUCTURE DE BASE DES ANTHOCYANES (BRUNETON 2018).....	17
FIGURE 11: STRUCTURE DE BASE DES PROANTHOCYANIDINES (JAGANNATHAN, ET AL., 2018).....	17
FIGURE 12: STRUCTURE CHIMIQUE DES TANINS HYDROLYSABLES (SELOSSE, 2019).....	18
FIGURE 13: REPRESENTATION SIMPLIFIEE DE LA VOIE DE BIOSYNTHESE DES POLYPHENOLS VEGETAUX. (BENARD, 2009).....	20
FIGURE 14: UN SAVON A BASE DE CLOUS DE GIROFLE (AFATCHAO, 2017).....	21
FIGURE 15: GINGEMBRE RAPE (RIAZUR , ET AL., 2011) ET LA POUDRE DE CLOU DE GIROFLE (GAYET, 2010).....	24
FIGURE 16 : PREPARATION DES EXTRAIS (DECOCTION ET MACERATION)	25
FIGURE 18 : GAMMES D'ETALONNAGES	31
FIGURE 19 : TAUX DE FLAVONOÏDE DE MELANGE GINGEMBRE CLOU DE GIROLE.....	32
FIGURE 20 : TAUX DES FLAVONOÏDES DANS LA DECOCTION.....	33
FIGURE 21 : TAUX DES FLAVONOÏDES DANS LA MACERATION.....	33
FIGURE 22 : COURBE D'ETALONNAGE D'ACIDE GALLIQUE POUR LE CALCUL DE POLYPHENOLS	34
FIGURE 23 : COURBE D'ETALONNAGE D'ACIDE GALLIQUE POUR LE CALCUL DE POLYPHENOLS	35
FIGURE 24 : EXTRACTIONS DES METABOLITES PAR DEUX METHODES (DECOCTION ET MACERATION)	35
FIGURE 25 : COMPARAISON DE TAUX DE POLYPHENOLS DANS LES DEUX EXTRAIT (MACERATIONS ET DECOCTION)	36
FIGURE 26 : COMPARAISON DE L'ACTIVITE DE PIEGEAGE DE RADICALE DPPH DANS LES DEUX EXTRAIT (MACERATIONS ET DECOCTION).....	38
FIGURE 27 : CAPACITE DE PIEGEAGE DU RADICALE FER FERRIQUE	38

Listes des tableaux

TABLEAU 1 :SCREENING PHYTOCHIMIQUE DE MELANGE DE DEUX PLANTES.....	30
TABLEAU 3 :COMPARAISON DES TAUX DE FLAVONOÏDES DANS LE MELANGE EN FONCTION DES CONCENTRATIONS	32
TABLEAU 4 :CLASSIFICATION DES ANTIOXYDANTS SELON LEURS POUVOIR (MOLYNEUX & SONGKLANAKARIN, 2004)	37
TABLEAU 5 :CONCENTRATION D'INHIBITION A 50% (IC50) DE DPPH	37

Listes des abréviations

Abs	Absorbance.
ALCL3	Chlorure D'aluminium.
CCM	Chromatographie Sur Couche Mince.
CH3	Méthyl.
Cm	Centimètre.
CG	Clou De Girofle.
C6_C3_C6	Squelette Flavonoïde.
CP	Composés Phénolique.
DPPH	2,2-Diphenyl-1-Picrylhydrazyl.
EAG	Equivalent D'acide Gallique.
FcCL3	Chlorure Ferrique.
Fe+3	Fer.
g	Gramme.
HCl	Acide Chlorhydrique.
HE	Huile Essentielle.
H2SO4	Acide Sulfurique.
I2	Iode.
KH2PO4	Dihydrogénophosphate De Potassium.
KOH	Hydroxyde De Potassium.
L	Linné.
Mg	Magnésium

mol	Mole.
MT	Médecine Traditionnelle.
NaCl	Chlorure De Sodium.
NaOH	Hydroxyde De Sodium.
ND	Non Déterminé.
NH₄OH	Ammoniaque.
Nm	Nanomètre.
OH	Hydroxyle.
OMS.	Organisation Mondiale De La Santé
PAL	Via La Phénylalanine Ammonia Lyase.
PH	Potentiel D'hydrogène.
S. Aromaticum	Syzygium Aromaticum.
SRE	Système Réticulo-Endothélial.
T	Température.
UV	Ultraviolet
°C	Degré Celsius.
µl	Microlitre.
%	Pourcentage.
FLAV	Flavonoïdes
MCR	Macération
DCT	Décoction

Introduction

Les plantes médicinales sont des sources naturelles de molécules bioactives impliquées dans la médecine traditionnelle et ont été continuellement développées au fil du temps pour rechercher de nouveaux agents pharmacologiques actifs et découvrir un grand nombre de médicaments qui jouent un rôle important dans le traitement de nombreuses maladies humaines (**Augustin , et al., 2018**).

Ces dernières années, l'importance clinique des remèdes à base de plantes (Phytothérapie) a gagné beaucoup d'attention pour sa vraie richesse préparation de médicaments. Il permet la génération d'un grand nombre de molécules substances bioactives comme d'autres médicaments **thérapeutiques** de plantes médicinales et l'étiologie a été intégrée dans la culture d'une époque, l'histoire officielle la phytothérapie est née il y a des milliers d'années (**Kabouya, et al., 2021**).

Le « gingembre » et les clous de girofle sont classées parmi les plantes médicinales, ils font partie des plantes aromatiques qui dégagent un fort parfum. Ces épices contiennent de nombreux principes actifs largement utilisés en thérapeutique, comme des prophylactiques antioxydantes, antibactériennes et anti-inflammatoires (**Arioua, et al., 2022**).

Par ailleurs, les plantes aromatiques et médicinales jouent un rôle économique important dans les industries agroalimentaire, parfumerie, cosmétique et pharmaceutique. Et consommé dans le monde entier comme épice et aromatisant depuis l'Antiquité (**Arioua, et al., 2022**).

Des études récentes ont également montré que l'huile extraite du rhizome de cette plante contient des molécules bioactives telles que des sesquiterpènes, des flavonoïdes et des polyphénols, qui ont des propriétés thérapeutiques capables de bloquer les effets de l'EOR et de protéger l'organisme des dommages oxydatifs et de nombreuses maladies (**Arioua, et al., 2022**).

A cet effet l'objectif principal de notre travail est de démontrer l'effet synergique de ces deux plantes encore mal connues et de déterminer leurs différentes activités biologiques afin de les recommander dans le traitement des maladies métaboliques.

Synthèse Bibliographique

1.1 Histoire de la phytothérapie :

Le mot phytothérapie vient du grec phyton "plante" et therapyia "traitement". Par conséquent, il est défini d'utiliser, en utilisant des plantes pour soigner des maladies, il est important de retenir cette définition car malheureusement, Beaucoup de gens confondent la phytothérapie avec l'homéopathie, qui sont deux méthodes de guérison très différentes.

D'après (**Zeghad, 2008**), il y'a différents types de phytothérapie :

- Aromathérapie : est un type de thérapie qui utilise des extraits de plantes aromatiques (parfums et/ou huiles essentielles), ce sont des produits complexes souvent utilisés à travers la peau.
- Gemmothérapie : est un traitement qui utilise des extraits de tissus alcoolisés cultivés des embryons de plantes tels que des pousses et des racines.
- Herboristerie : comprenant préparation et vente de plantes médicaments ou dérivés. La préparation est basée sur une méthode simple, Aqueux les plus courants : décoction, infusion, trempage.
- Homéopathie : Il s'agit du traitement des maladies avec des substances qui peuvent les provoquer produit des maladies similaires à celles déterminées par la maladie elle-même.
- Phytothérapie médicinale : utilisation de produits d'origine végétale extraire et diluer avec de l'éthanol ou d'autres solvants.

1.2 Définition de la phytothérapie :

La phytothérapie est l'utilisation des plantes pour traiter ou prévenir les maladies (**Létard, et al., 2015**).

Les plantes médicinales ont une grande histoire de bienfaits pour l'humanité. Selon L'Organisation mondiale de la santé (OMS) rapporte qu'environ 80 % de la population mondiale dépend notamment de l'utilisation d'extraits de plantes ou substance active. Les plantes médicinales jouent un rôle important dans le système de santé. Le régime de santé traditionnel peut guérir de nombreuses maladies.

L'action des plantes médicinales dépend de leurs métabolites primaires et secondaire et sans doute due aux effets synergiques entre divers composés existants (**Létard, et al., 2015**).

1.3 Epidémiologie :

Les plantes médicinales ont une grande histoire de bienfaits pour l'humanité. Selon L'Organisation mondiale de la santé (OMS) rapporte qu'environ 80 % de la population mondiale dépend notamment de l'utilisation d'extraits de plantes ou substance active. Les plantes médicinales jouent un rôle important dans le système de santé. Le régime de santé traditionnel peut guérir de nombreuses maladies (**Ghazi, et al., 2021**).

L'Organisation mondiale de la santé (OMS) a reconnu que les médecines complémentaires et alternatives, y compris la phytothérapie, constituaient un élément essentiel, voire nécessaire dans certains pays, des soins de santé de base. Par conséquent, l'OMS encourage vivement tous ses membres à adopter une politique d'intégration de ces médicaments dans leurs systèmes de soins de santé primaires et suggère que les professionnels de la santé soient formés à ces différentes procédures et qu'ils en améliorent la compréhension. En ce qui concerne la recherche scientifique sur les traitements conventionnels et alternatifs, l'OMS a élaboré un ensemble de recommandations de bonnes pratiques (**Ghazi, et al., 2021**).

Selon une enquête de l'Observatoire sociétal du médicament réalisé par TNS Sofres en 2011 auprès de 2023 personnes, 63 % des Français ont confiance en la phytothérapie et 45 % déclarent l'utiliser. En termes de priorité de traitement, 28 % privilégient la phyto-médecine par rapport à la médecine conventionnelle et 35 % l'utilisent en complément de la médecine traditionnelle. Enfin, 43 % de ceux qui utilisent fréquemment la phytothérapie le font pour éviter la maladie pour prévenir les complications.

1.4 Gingembre : (*Zingiber officinale*)

Le gingembre (*Zingiber officinale*) est une plante originaire d'Inde dont le rhizome est servi en cuisine et en médecine traditionnelle. Cette plante est riche en composés bioactifs tels que les polyphénols, qui ont divers effets biologiques, notamment des activités anti-inflammatoires, antibactériennes, anticancéreuses et antioxydantes (**Insaf, et al., 2021**).

C'est une plante herbacée vivace tropicale condimentaire et médicinale qui pousse dans les zones ensoleillées et humides, dressée sur des tiges de 1,5 m, aux feuilles persistantes et lancéolées, aux inflorescences blanches à jaunâtres et aux bractées violettes (**Gigon, 2012**).



Figure 1: Zingiber Officinal rhizome (**Rehman, et al., 2011**).

1.5 Description botanique :

Le gingembre est une plante tropicale herbacée avec des pousses de roseaux qui pousse jusqu'à 3 m de haut, son rhizome est noueux, parfumé, avec une peau beige clair et une chair juteuse jaune pâle parfumée. Il devient de plus en plus fibreux avec l'âge et se couvre de feuilles écailleuses, avec des racines cylindriques en dessous (**Faivre, et al., 2006**).

Ses feuilles sont persistantes obliques, longues, étroites, lancéolées, de 20 cm de long. Il existe deux types de tiges : les tiges hautes stériles servant à l'assimilation de la chlorophylle et les tiges courtes (environ 20 cm) aux épis irréguliers. L'inflorescence est constituée d'épis axillaires courts et très denses, le pédoncule recouvert d'écailles entouré de spadices denses, de grandes

bractées cirseuses jaune-vert. Fleurs jaune-blanc parfumées avec des stries rouges sur les lèvres. La période de floraison est entre le mois d'aout et novembre (**Faivre, et al., 2006**).



Figure 2: Plante de *Zingiber officinale* le gingembre (Köhler, 2023)

1.6 Distribution géographique :

Aujourd'hui, le gingembre est cultivé dans toutes les régions chaudes de la terre. La constitution et la qualité des rhizomes de gingembre varient d'un pays à l'autre, en fonction des conditions climatiques, du type de sol et des méthodes de culture (**Eberhard, et al., 2005**).

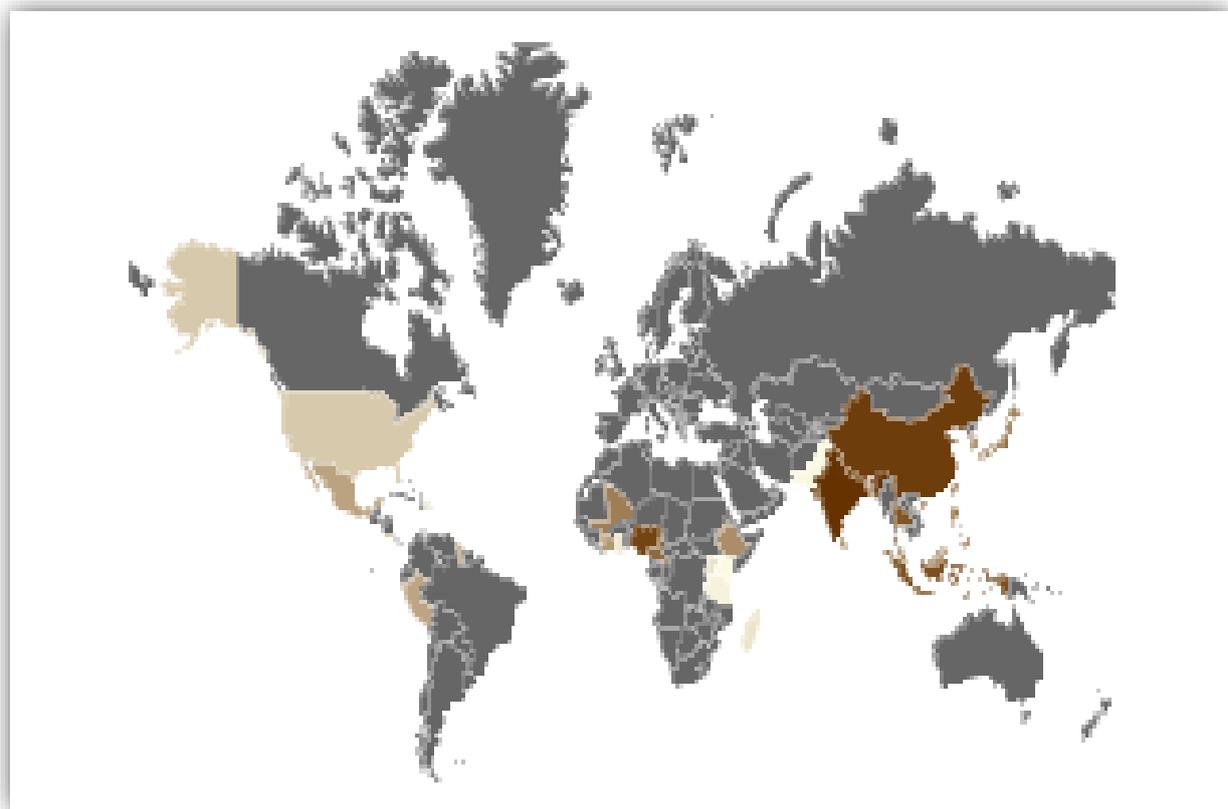


Figure 3: Distribution géographique de la plante gingembre officinal (Jan, 2014).

1.6.1 Pays d'origine :

On ne sait pas exactement où le gingembre pousse à l'état sauvage, mais l'espèce est probablement originaire d'Inde (Eberhard, et al., 2005).

1.6.2 Les majeurs pays producteurs :

Il est cultivé dans de nombreux pays tropicaux, notamment en Inde, dans le sud de la Chine, en Malaisie, au Nigéria et en Sierra Leone, ainsi qu'à Taïwan, au Japon, en Thaïlande, au Sri Lanka, au Vietnam, en Jamaïque, à Hawaï, en Indonésie, en Australie et au Brésil (Eberhard, et al., 2005).

1.7 Taxonomie :

Tableau 1 la classification taxonomique de *Zingiber officinale* (Faivre, et al., 2006).

Règne	Plantae
Sous-règne	Trachéobionta
Division	Magnoliophyta (ou angiospermes)
Classe	Liliopsida (ou monocotylédones)
Sous-classe	Zingibéracées
Ordre	Scitaminales ou zingibérales
Famille	Zingibéracées
Sous-famille	Zingibéroïdées
Genre	Zingiber

1.8 Composition phytochimique :

La plupart des constituants chimiques se trouvent principalement dans le rhizome, ce dernier étant le rhizome, contient principalement :

- Amidon (60%), protéines et matières grasses (10%), 10-40 ml/kg d'huile essentielle composés de monoterpènes (volatils) et de sesquiterpènes, ces derniers sont composants majeurs (30 à 70 % des huiles essentielles) ces huiles varient selon l'origine et les conditions agronomie, et si le rhizome est frais ou sec (Meghezzi, et al., 2017).

-Les oléorésines contiennent des composés phénoliques responsables du goût piquant. Gingerols, paradols, zingerones et composés ayant un impact important sur le goût drogue sèche de marque (gingérol) (Meghezzi, et al., 2017).

- Le gingembre contient également des flavonoïdes tels que la quercétine, la rutine, la fisétine, la morine, l'acide gallique, l'acide férulique et l'acide vanillique (Meghezzi, et al., 2017).

1.9 Utilisation :

1.9.1 Traditionnelle :

En Asie du Sud-Est, le gingembre est utilisé depuis longtemps sous forme séchée et fraîche. Les Chinois consomment du gingembre pour un large éventail de problèmes médicaux, notamment : maux d'estomac, diarrhée, nausées, choléra, asthme, maladies cardiovasculaires, problèmes respiratoires, caries dentaires et douleurs rhumatismales. En Inde, le mois de septembre est connu sous le nom de "maha aushadhi", qui se traduit par "grande médecine", et a été utilisé comme médicament d'époque (Faivre, et al., 2006).

Le rhizome de gingembre est utilisé comme médicament contre la toux pour la digestion faire tremper 26 à 30 grammes de poudre dans 1 litre d'eau, ajouter du sucre à volonté et manger frais. En cas de nausées, prendre un gramme de poudre de rhizome de gingembre une ou plusieurs fois par jour (**Faivre, et al., 2006**).

1.9.2 Médicinale :

Le rhizome de gingembre a un intérêt dans certain nombre d'affections, et peut servir d'appoint dans d'autres comme le rhumatisme il servira d'anti-inflammatoire complémentaire (**Eberhard, et al., 2005**).

Le gingembre est également recommandé pour les maux de dents, les migraines, l'insomnie, les hémorroïdes, ou les ballonnements (**Létard, et al., 2015**).

En médecine traditionnelle asiatique, il est considéré comme un tonique général et il est également utilisé pour traiter les rhumes et les affections respiratoires (**Faivre, et al., 2006**).

Les composés piquants du gingembre ont des effets antalgiques. Il a été détecté que *Zingiber officinale* a une influence active sur les enzymes digestives de la muqueuse intestinale et améliore la lipase intestinale, activité disaccharidases, sucrase et maltase. Les utilisations potentielles incluent le soulagement de la douleur et inflammation de la polyarthrite rhumatoïde (**Rehman, et al., 2011**).

En phytothérapie topique, l'huile essentielle de gingembre peut traiter les nausées et les vomissements par voie transdermique. L'huile essentielle de gingembre entre également dans les préparations topiques par voie transdermique (**Létard, et al., 2015**).

1.9.3 Alimentaire :

Les espèces de la famille de Zingibéracées, sont utilisées depuis des siècles dans la cuisine traditionnelle, comme colorant. Cette espèce est mentionnée dans le Coran comme la boisson des gens du paradis. Consommé dans le monde entier comme épice et ingrédient actif depuis plus de 2000 ans Saveur d'autrefois (**Gigon, 2012**).

1.10 Clou de girofle (*Syzygium aromaticum*)

Le girofle ou giroflier est un arbre originaire de l'archipel des Moluques Indonésie, elles sont en fait des boutons floraux. Couleur d'abord vert puis rouge une fois matures, les ongles prendront une belle couleur brune lors de la phase de séchage, en plein air pendant un mois (**Traikia, et al., 2020**).

Les clous de girofle (*Syzygium aromaticum*) sont obtenus par récolte avant l'ouverture des boutons floraux, La corolle dont les pétales sont repliés au sommet du clou de girofle s'appelle « tête de clou » (Traikia, et al., 2020).



Figure 4: Clou de girofle (*Syzygium aromaticum*) (Gayet, 2010).

1.10.1 Description botanique :

Le giroflier est une espèce d'arbre tropical appartenant à la famille des Myrtacées, ils sont de grands arbres aux troncs gris clair, atteignant 20 mètres de haut, au port pyramidal dressé. Il



Figure 5 : structure du giroflier (Adli, et al. 2017) ; fleur de giroflier (Tân 2015).

peut vivre jusqu'à cent ans. Ses feuilles sont parfumées, coriaces, vert foncé persistant et brillantes sur la face inférieure. Elles sont portées par des pétioles minces, épaissis à la base et mesurant de 0,5 à 1 cm de long. Les dimensions du limbe varient de 7,5 à 12,5 cm de long sur 2,5 à 3 cm de large. Les nervures sont nombreuses mais peu apparentes (**Chagra, 2019**).

1.10.2 Répartition géographique :

Les clous de girofle semblent être originaires de plusieurs petites îles des Moluques en Indonésie. Les pays de croissance les plus importants sont Zanzibar et Madagascar (**Pesson et al, 1984**).

La principale production de giroflier provient de l'Indonésie, mais les clous de girofle utilisés pour l'alimentation viennent en majorité de Madagascar, ceux de l'Indonésie étant utilisés pour faire des cigarettes, appelées « kreteks » (**Gamache, 2013**).

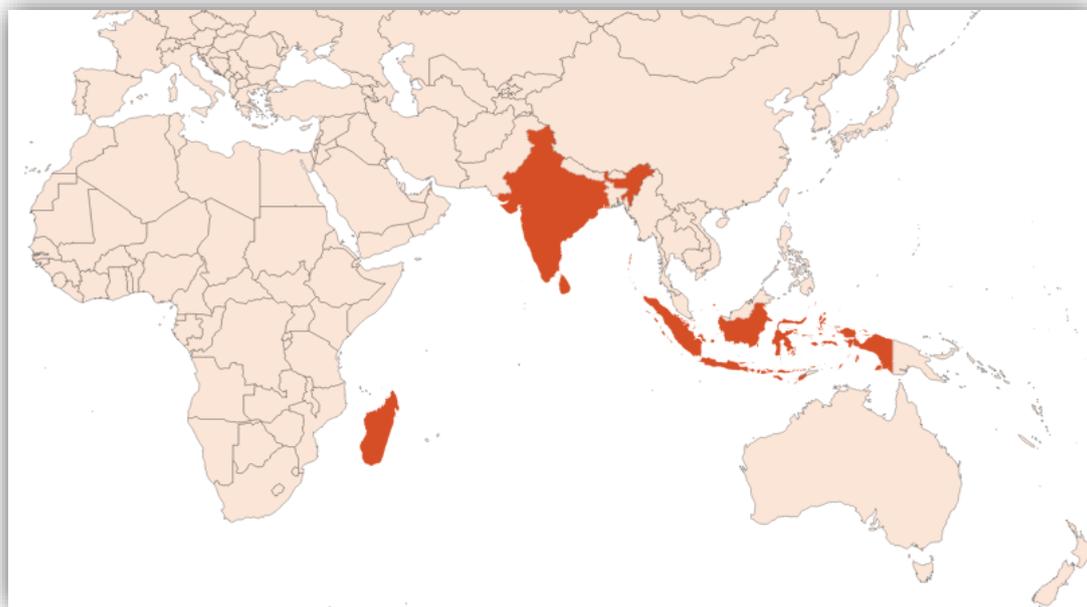


Figure 6: Distribution géographique du clou de girofle (**Haddouche, et al., 2017**).

1.10.3 Taxonomie :

Syzygium aromaticum occupe la position systématique suivante :

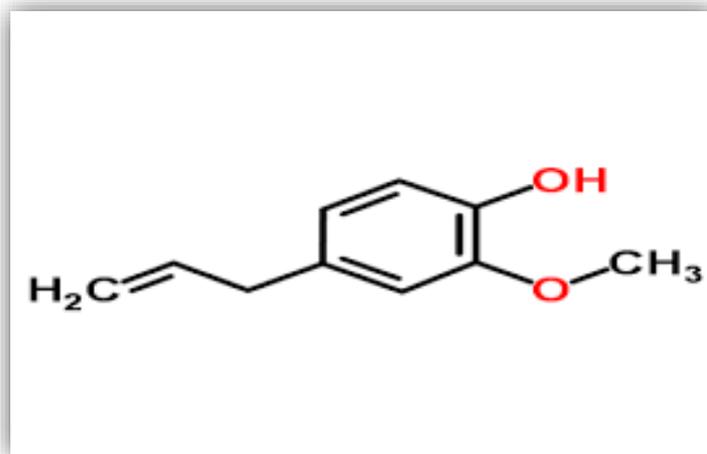
Tableau 2 : Classification taxonomiques de *Syzygium aromaticum* (**Chagra, 2019**).

Règne	Plantae
Classe	Angiosperma
Sous-classe	Tipora
Ordre	Myrtales
Famille	Myrtaceae
Genre	Syzygium
Espèce	<i>Syzygium aromaticum</i>

1.10.4 Composition phytochimique :

Les clous de girofle contiennent de grandes quantités d'huile essentielle de 15 à 20 %, d'huile de 16 %, de tanins, d'amidon et de fibres contenant de la cellulose. Les tiges de fleurs (ongles) contiennent de l'huile de 5 à 6 % et les feuilles contiennent du clou de girofle très riche.

Il existe également d'autres composés terpéniques (contenant environ 10% de caryophyllène), aliphatiques, aromatiques et hétérocycliques (**Chagra, 2019**).

**Figure 7**: Composé majeur de l'huile essentielle des clous de girofle (**Gamache, 2013**).

1.10.5 Utilisation :

1.10.5.1 Traditionnel :

Le girofler est sur le marché toute l'année en raison de son importance et de son utilisation quotidienne dans la cuisine algérienne et la médecine traditionnelle (**Barbelet, 2015**).

Syzygium aromaticum est un anesthésique local, en particulier pour les maux de dents. Il soulage les douleurs musculaires, les rhumatismes et possède des propriétés anti-inflammatoires. Redonne de l'énergie et prévient la fatigue. Aussi un antidépresseur Utilisé comme analgésique, sciatique, agent antibactérien et antifongique Anesthésie locale dans le soin des plaies et des maux de dents (**Barbelet, 2015**).



Figure 8: L'huile essentielle des clous de girofle (**Bullock, et al., 2023**).

1.10.5.2 Médicinales :

Le clou de girofle (ou plus précisément son huile) est utilisé par les dentistes. Selon une étude récente (2017) sur des rats de laboratoire (rats Wistar), cette huile contient du plomb, un facteur d'empoisonnement au plomb, et du manganèse (elle pourrait également réduire certains effets indésirables sur le cerveau) (**Adli, et al., 2017**).

D'une exposition simultanée pendant la grossesse et l'allaitement. Le clou de girofle fait partie des plantes sélectionnées comme candidate potentielle pour la fabrication de médicaments potentiels contre le SRAS-CoV-2, responsable de la pandémie de COVID-19, suite à des études de dépistage à haut débit. Les clous de girofle contiennent l'ellagitannin therimagrandin II, un composé ayant une activité contre le virus de l'herpès (**Adli, et al., 2017**).

1.10.5.3 Alimentaire :

En cuisine, il est indispensable dans le pain d'épices, les biscuits à la cannelle comme les spéculoos, les ragoûts, les marinades, la choucroute et la plupart des currys. Aux pays-bas, les clous de girofle entiers sont utilisés pour aromatiser un fromage frison à pâte dure qui aime

vieillir appeler Nagelkaas (fromage à ongles) ou Kantarkaas. En Afrique du Nord, les clous de girofle sont utilisés en décoction de thé. Ils sont utilisés comme parfum d'ambiance sous la forme d'une version botanique de la pomme ambrée fabriquée en collant des clous de girofle sur une orange (Adli, et al., 2017).

1.11 Association des plantes :

La recherche d'un effet synergique conduit à un meilleur effet antimicrobien et permet une diminution de la dose efficace de (une ou des deux) huiles essentielles, de plus, elle transforme un effet bactériostatique ou fongicide en un effet bactéricide ou fongicide

(Chebaibi, et al., 2015).

1.12 Métabolites :

1.12.1 Métabolites primaires :

Les métabolites primaires sont des métabolites directement impliqués dans la croissance, le développement et la reproduction d'un organisme ou d'une cellule (Aouadi , et al., 2021).

Ce composé a généralement une fonction physiologique dans cet organisme. Les métabolites primaires comprennent les acides aminés, les lipides, les glucides et les acides nucléiques (Aouadi , et al., 2021).

D'autre part le métabolisme secondaire ne s'applique pas de la même manière aux processus physiologiques des organismes, mais a généralement des fonctions environnementales différentes (Aouadi , et al., 2021).

1.12.2 Métabolites secondaires :

L'une des caractéristiques des plantes est qu'elles forment de nombreux composés, mais leurs rôles au niveau de la plante ne sont pas encore entièrement compris (Aouadi , et al., 2021).

Le fait que nombre de ces composés ne se retrouvent pas chez toutes les espèces signifie qu'ils n'entrent pas dans le métabolisme général (primaire) et sont directement impliqués dans les activités fondamentales des organismes végétaux (croissance, développement, reproduction). Mais joue des rôles variés pour la survie de la plante elle-même, un rôle défensif, un rôle de résistance (Aouadi , et al., 2021).

Il n'y a pas de règles générales sur l'endroit où les métabolites secondaires s'accumulent dans les organismes végétaux. Selon la nature et les différentes catégories de composés, on les retrouve dans différents organes ou au contraire on ne les rencontre pas. Dans les tissus très

spécialisés, leurs proportions, déterminées par l'analyse de plantes ou de fragments, varient fortement au cours de l'ontogenèse (de la croissance à la floraison). De plus, l'ontogenèse (formation des fruits), ainsi que la quantité de métabolites secondaires observée à un moment donné, peuvent affecter de nombreux aspects de la biosynthèse, de la dégradation, du transport, de la capacité d'accumulation et de la biotransformation (réponse à la pression environnementale). Certainement le résultat de mécanismes métaboliques et physiologiques (**Aouadi , et al., 2021**).

1.12.3 Classification :

Classiquement, plusieurs catégories de métabolites secondaires sont distinguées selon leurs propriétés biochimiques et leur origine biosynthétique. Aussi, cette classification a été historiquement organisée dans ses grandes lignes selon les techniques d'extraction et de divulgation qui permettent de caractériser chimiquement les composés. Il y a bien évidemment des limites, et un certain nombre de composés de biosynthèse mixte (ex : condensation de groupements isoprénoïdes sur des structures de type « composés phénoliques » pour la synthèse de tocophérols ou de furcoumarines) ne trouve pas forcément une place logique. La conjugaison des hétérosides pose de nombreux problèmes, car les dérivés glycosylés de composés aromatiques ne sont généralement pas inclus (**Khettaf, et al., 2016**).

1.12.3.1 Flavonoïdes :

Les flavonoïdes sont largement répandus dans le règne végétal. Et sont ingérés en quantités considérables avec la nourriture. Plus de 6000 flavonoïdes naturels différents ont été décrits jusqu'à présent. Selon les variations de l'anneau hétérocyclique contenant de l'oxygène l'anneau hétérocyclique contenant de l'oxygène, ils sont classés en flavanols, flavones, isoflavones et flavanols, flavones, isoflavones, flavanones, catéchines et anthocyanidines (**Schoefer , et al., 2001**).

Les flavonoïdes agiraient à différents stades de la cancérogenèse, sur le système immunitaire et sur l'hémostase chez l'animal. En raison de leurs antioxydants, les flavonoïdes sont capables de piéger les radicaux libres de l'oxygène et de prévenir ainsi la peroxydation des lipides. Les radicaux libres de l'oxygène et la peroxydation des lipides jouent un rôle dans l'athérosclérose, l'obésité et les maladies cardiaques, le cancer et l'inflammation chronique. En raison des caractéristiques intéressantes de ces secondaires des plantes, des recherches sont menées sur leur biodisponibilité dans le corps humain et leur devenir dans le tractus gastro-intestinal humain (**Schoefer , et al., 2001**).

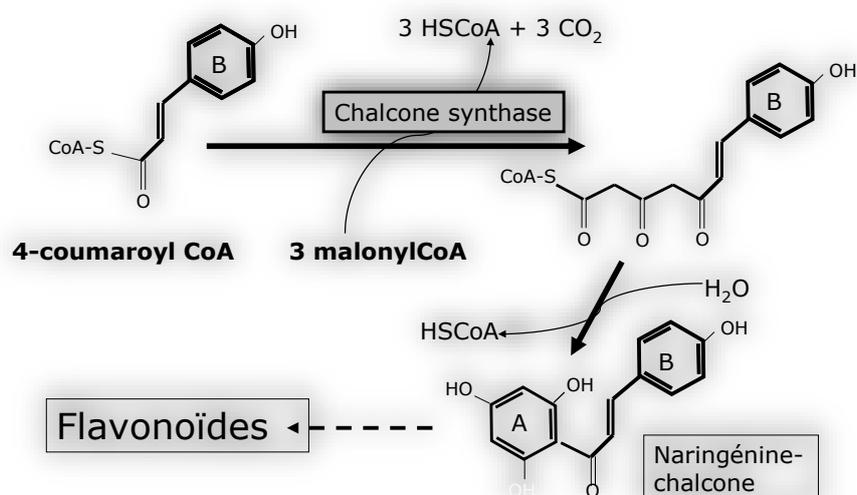


Figure 9: Squelette de base des flavonoïdes (Achat ,2013).

1.12.3.2 Composés phénoliques :

Cette grande famille comprend des composés non azotés contenant des cycles aromatiques, dont la plupart sont hydrosolubles et sous forme de glycoconjugués (Fleuriet, et al., 2005).

Cela inclut les petits composés biologiquement actifs tels que l'acide salicylique et certaines isoflavones, composés présents dans certaines huiles essentielles (apparentés aux terpènes de bas poids moléculaire), mais aussi les composés inhibiteurs trophiques tels que les tanins et la lignine. Dérivé de l'acide cinnamique (Fleuriet, et al., 2005).

1.12.3.3 Quelques dérivations notables peuvent être soulignées :

1.12.3.3.1 Anthocyanes :

Contrairement aux autres flavonoïdes, qui absorbent généralement dans le spectre ultraviolet, les anthocyanes sont des composés colorés (orange, violet à bleu) (chou rouge, etc.) Leur synthèse dans les organes foliaires est souvent activée par le stress (froid, carence, vieillissement, etc.). Ces composés sont couramment utilisés comme colorants alimentaires et ils ont des propriétés antioxydantes (El bouhaddi, et al., 2009).

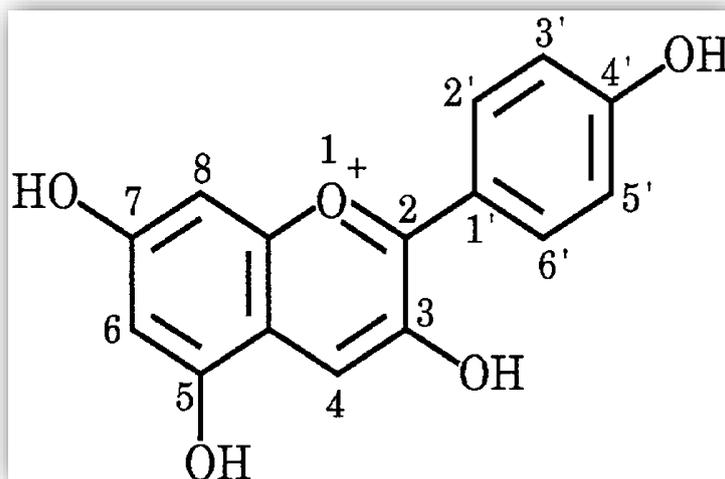


Figure 10: Structure de base des anthocyanes (**Bruneton 2018**).

1.12.3.3.2 Tanins non hydrolysables :

Proanthocyanidines Ces polymères de 2–7 résidus flavan-3-ol liés par des liaisons C–C non hydrolysables (catéchine, épicatechine, catéchine tanins sont également cités) sont dotés des protéines (notamment protéines salivaires, tanins) au goût astringent (**Weinges, et al., 1968**).

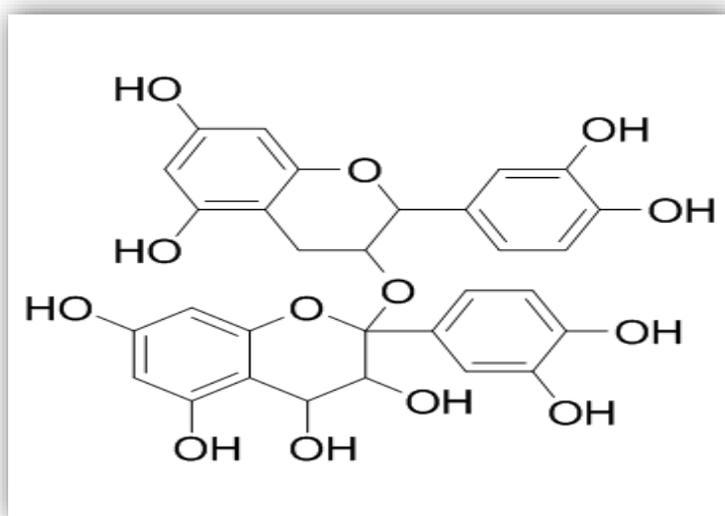


Figure 11: Structure de base des proanthocyanidines (**Jagannathan, et al., 2018**).

La précipitation des tanins par les enzymes sécrétées est un trait qui peut contribuer à la tolérance de certaines plantes. La synthèse des tanins est dans certains cas induite par la perception du stress et implique l'acide jasmonique et/ou l'éthylène, elle est médiée par des mécanismes de signalisation (**Weinges, et al., 1968**).

1.12.3.3.3 Tanins hydrolysables :

Ou Gallotanins et ellagitanins ces composés phénoliques présentent des propriétés similaires aux proanthocyanidines, mais ne sont pas des flavonoïdes. Ce sont des esters d'acide gallique ou d'acide ellagique (issu de l'acide shikimique) et de glucose. La gallotanine se trouve accumulée dans certains noyaux de plantes utilisées pour fabriquer de l'encre. Les tanins libérés dans le vin à partir de fûts de chêne sont des ellagitanins, par opposition aux tanins non hydrolysables, qui sont transportés de la peau des baies de raisin (**Zimmer, et al., 1995**).

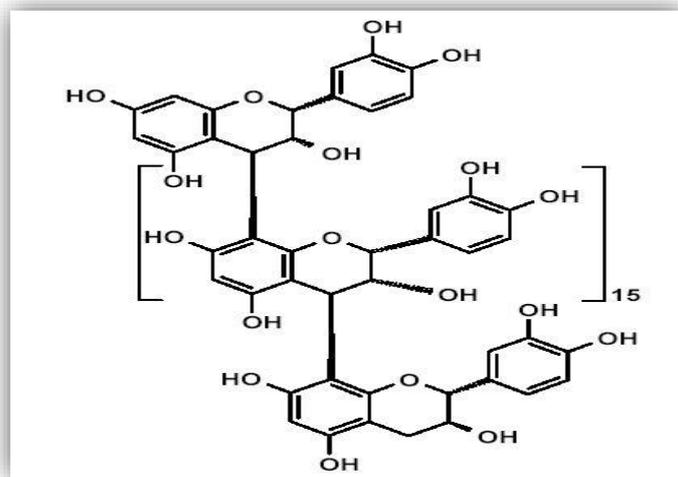


Figure 12: Structure chimique des tanins hydrolysables (**Selosse, 2019**).

1.12.3.3.4 Triterpénoïdes :

Cette famille comprend des composés dérivés du squalène à 30 carbones. Selon le nombre de cycles, on distingue les monoterpènes pentacycliques et stéroïdiens (tétracycliques) (**Randriamialinoro, et al., 2018**).

Alors que les composés stéroïdiens sont répandus dans la faune, de nombreux phytostérols sont originaires des plantes. Les Saponosides et les cardénolides sont des hétérosides formés à partir de génine (= fraction aglycone) et de Triterpènes représentant des résidus glucidiques (**Randriamialinoro, et al., 2018**).

1.12.3.3.5 Saponosides :

Aussi appelées saponines. Hétéroside formé d'une sapogénine et d'une génine de type Triterpènes appelée groupe osides. Ce sont souvent des composés amphiphiles au goût amer aux propriétés tensioactives qui ont été utilisés dans la fabrication de détergents (**Koffi, et al., 2009**).

1.12.4 Biosynthèses :

1.12.4.1 Composés phénoliques :

Les composés phénoliques sont produits via deux voies métaboliques majeures :

1.12.4.1.1 Voie de l'acide shikimique :

Chez les plantes, les acides aminés aromatiques la plupart des molécules de phénol sont formées de monosaccharides produits par le métabolisme. Conduisant principalement à la formation de phénylalanine, la désamination conduit à précurseur du phénol (**Baydar, et al., 2006**).

1.12.4.1.2 Voie de l'acétate malonate :

Ce mode de formation mineur implique la cyclisation des chaînes polycétides, Ils sont dérivés par condensation de groupes acétate, ce qui se fait par carboxylation Acétyl-CoA en Malonyl-CoA. Cette réaction est catalysée avec l'enzyme acétyl-CoA carboxylase (**Merghem, et al., 2009**).

1.12.4.2 Flavonoïdes :

La structure de base des flavonoïdes est le noyau flavan, qui se compose de 15 atomes de carbone disposés en son sein. Trois cycles (C6-C3-C6) appelés cycle A, cycle B et cycle C. (**Stalikas, 2007**). Les flavonoïdes sont importants pour la croissance des plantes, la floraison, formation des fruits et défense contre les maladies et les micro-organismes. Ils ont un rôle très important pour la santé humaine. Par exemple, ils sont efficaces contre l'inflammation maladie allergique chronique, maladie coronarienne, cancer (**Hazrati, et al., 2019**).

La structure des flavonoïdes est toujours organisée autour d'un squelette C6-C3-C6 1,3-diphénylpropane, représenté par une nomenclature spécifique (**Fleuriet, et al., 2005**).

Des voies communes sont impliquées dans la biosynthèse des flavonoïdes : la voie de la shikimine via la phénylalanine ammonia lyase (PAL), et la voie de l'acétate via la chalcone synthase (CHS) (**Dixon et al., 1999**). Le PAL permet la synthèse des acides p-coumarique et cinnamique. Le raffinement des composés phénoliques consiste en la condensation de trois unités de malonyl-CoA avec l'acide p-coumarique, résultant en deux cycles aromatiques A et B liés par un hétérocycle C (**Fleuriet, et al., 2005**).

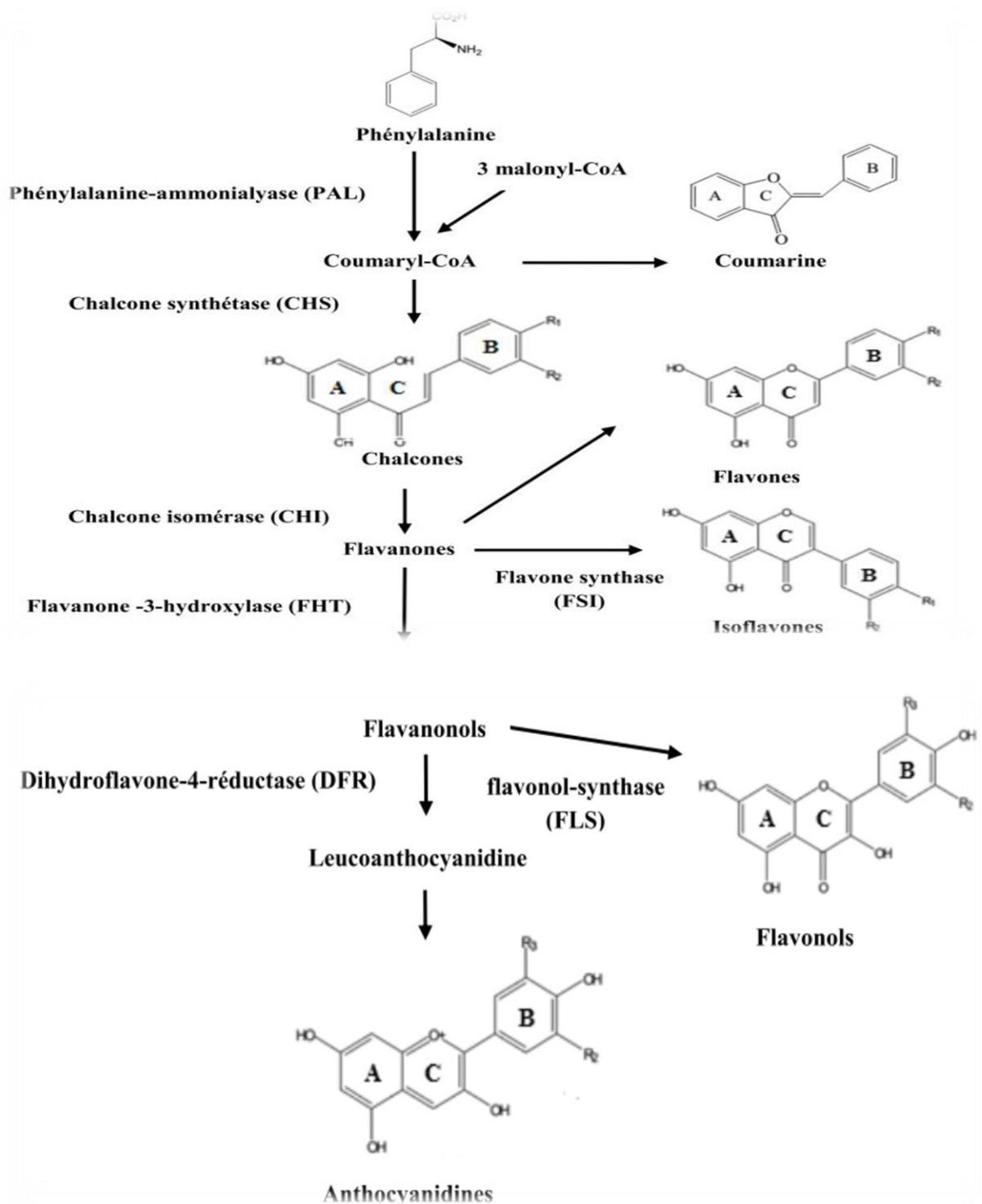


Figure 13: Représentation simplifiée de la voie de biosynthèse des polyphénols végétaux. (Benard, 2009).

1.12.5 Utilisation des métabolites secondaire

1.12.5.1 Domaine pharmacologie :

L'effet protecteur des polyphénols naturels sur les lésions vasculaires induites par l'hyperhomocystéinémie est principalement lié à la voie métabolique et au mécanisme de lésion vasculaire de l'homocystéine. Les polyphénols naturels peuvent réduire le taux d'homocystéine, atténuer ou prévenir le stress oxydatif et le SRE, et jouer un rôle protecteur dans la régulation épigénétique. Les études sur les effets protecteurs des polyphénols naturels sur les lésions vasculaires induites par l'hyperhomocystéinémie se sont surtout concentrées sur l'activité des polyphénols contre le stress antioxydant, comme la réduction du niveau d'espèces réactives de l'oxygène intracellulaire, la réduction de la teneur en malondialdéhyde, la réduction de l'effet de serre (**Jiang, et al., 2021**).

1.12.5.2 Domaine cosmétique :

Dans ce domaine, les métabolites secondaires sont utilisés dans la fabrication de parfums, de produits de beauté et de cosmétiques (**Larrey, 2019**).

Leur essence est utilisée pour protéger les cosmétiques en raison de leurs capacités antiseptiques (**Melouki , et al., 2020**).



Figure 14: Un savon à base de clous de girofle (**Afatchao, 2017**).

1.12.5.3 Complément alimentaire :

Les compléments à base de plantes sont étroitement liés à la phytothérapie, qui est très à la mode en raison de son retour aux produits naturels et aux traditions anciennes. Divers facteurs sont à l'origine de la popularité des compléments à base de plantes et des médicaments à base de plantes (**Larrey, 2019**).

Les compléments alimentaires et à base de plantes sont consommés à grande échelle dans le monde entier. Au lieu où en plus d'un traitement médical, il est de plus en plus utilisé dans la population occidentale (**Larrey, 2019**).

1.12.6 Association des plantes :

La recherche d'un effet synergique conduit à un meilleur effet antimicrobien et permet une diminution de la dose efficace de (une ou des deux) huiles essentielles, de plus, elle transforme un effet bactériostatique ou fongicide en un effet bactéricide ou fongicide (**Chebaibi, et al., 2015**).

Matériel et méthodes

Cette étude expérimentale a été réalisée au laboratoire PPABIONUT (Physiologie, Physiopathologie et Biochimie de la Nutrition) de la faculté des sciences de la nature et de la vie et des sciences de la terre et de l'univers de l'université Abou Bakr Belkaïd de Tlemcen, Dans le but de déterminer les caractérisations physico-chimique et biologique de la combinaison gingembre-clous de girofle.

1.13 Matériel végétal :

Le matériel végétal est constitué de deux épices : *Syzygium aromaticum* (clous de girofle) et *Zingiber officinal* (gingembre).

Les plantes utilisées dans ce travail sont sur le marché toute l'année en raison de sa grande importance et de son utilisation quotidienne dans la cuisine algérienne et la médecine traditionnelle.



Figure 15: Gingembre râpé (Riazur , et al., 2011) et la poudre de clou de girofle (Gayet, 2010).

1.13.1 Collection :

Le gingembre est implanté au début de la saison des pluies, cela correspond à avril et mai. L'implantation doit être faite dans un sol meuble et profond et dans un endroit ensoleillé, le début de la saison de récolte est marqué par le dessèchement de la partie verte en même temps que la maturation du rhizome (Butin, 2018).

Pour les clous de girofle le meilleur moment pour les récoltés est déterminé par la couleur rose, le moment de récolte est très important parce que si les boutons sont récoltés trop tôt, les composants ne seront pas synthétisés (Butin, 2018).

Les rhizomes et les boutons du clou de girofle utilisés dans cette étude ont été procurés chez un herboriste (Butin, 2018).

On premier pas on a lavé plusieurs fois les rhizomes de gingembre, Puis on a les épluchés et coupez-le en petits morceaux avec un couteau. Les morceaux ont ensuite été placés dans un mélangeur et broyés jusqu'à ce qu'un produit de gingembre homogène soit formé.

Enfin, placez l'homogénat de gingembre dans une boîte et conservez-le au réfrigérateur à une température de 3-4°C jusqu'à utilisation.

Pour les boutons de clous de girofle sont broyés jusqu'à ce qu'il devienne une poudre.

1.13.2 Préparations des extraits :

1.13.2.1 Macération :

On mélange 10 g de matériel végétal (5g de gingembre, 5g du clou de girofle) dans un 100 ml d'eau distillée sous agitation pendant 48 heures à température ambiante, enfin on filtre le mélange à l'aide d'un papier filtre et récupérer le filtrat.



Figure 16 : Préparation des extraits (décoction et macération)

1.13.2.2 Décoction :

Pour la décoction, dans un bécher on mélange 5g de chaque plante avec 100 ml d'eau distillée et on met sur la plaque chauffante jusqu'à ébullition.

1.14 Test qualitatif :**1.14.1 Screening phytochimique :**

Le criblage phytochimique est une analyse qualitative : utilisée pour déterminer la composition chimique générale des extraits. Elle révèle l'existence de familles de composés actifs (N'guessan, et al., 2009).

Des analyses phytochimiques qualitatives ; menées sur les décoctions et extraits chauffés de nos plantes individuellement puis combinées ont permis de détecter un certain nombre de métabolites secondaires (N'guessan, et al., 2009).

Les résultats ont été évalués comme suit : Fortement positif : +++ ; Modérément positif : ++ ; Faiblement positif : + ; Négatif : - ; Non déterminé : ND (N'guessan, et al., 2009).

1.14.1.1 Détection des Saponosides :

Leur présence est déterminée par la présence ou l'absence de mousse persistante. Un tube à essai fermé est rempli de 2 ml de l'extrait, qui est ensuite bien agité verticalement pendant 30 secondes et laissé au repos pendant 15 minutes (Daira, et al., 2016).

1.14.1.2 Détection des coumarines :

Quelques milligrammes de chaque extrait sont dissous dans 2 ml d'eau chaude et la solution résultante est divisée en deux parties égales :

-Le premier sert de témoin, tandis que le second est traité avec 0,5 mL de NH₄OH à 10 %.

-La présence de coumarines est mise en évidence par un examen UV-366 nm et l'apparition d'une forte fluorescence (Benmahdi, 2000).

1.14.1.3 Détection des tanins (hydrolysable) :

La présence de tanins est clarifiée en ajoutant 1 ml d'extrait soluble dans l'eau, 1 ml d'eau distillée et 1 à 2 gouttes de FeCl₃ dilué (1%). Après une certaine incubation, l'apparition d'une teinte vert fonte ou bleu-vert indique la présence de tanins catéchiques ou galliques, respectivement (Rira, 2019).

1.14.1.4 Détection des proanthocyanidols (tanins condensés) :

Une réaction favorable est indiquée par l'apparition d'une coloration rouge, qui se produit lorsque 2 ml d'infusé sont combinés avec 2 ml d'acide chlorhydrique concentré. On laisse ensuite cette réaction se dérouler pendant cinq minutes dans un bain d'eau bouillante

(Vivas, et al., 2006).

1.14.1.5 Détection des Flavonoïdes :

Solution Hcl concentrée en présence de trois ou quatre tours de magnésium. Des changements de couleur peuvent être observés, notamment des rougeurs (causées par les flavones), et du violet (causé par les flavanones et les flavanols) (Moutari , et al., 2018).

1.14.1.6 Détection Triterpènes et Stéroïdes :**➤ Test de Salkowski :**

Lorsque le tube est incliné à 45 degrés et que 1 à 2 ml de H₂SO₄ sont ajoutés, la teinte change immédiatement. Remuez légèrement le mélange et observez le changement de couleur progressif. Une teinte rouge indique la présence de stérols non raffinés (Rabéa , et al., 2014).

➤ Test de Libermann-Burschard :

Ajoutez trois gouttes d'anhydride acétique, puis remuez légèrement le mélange. Ajouter une goutte concentrée de H₂SO₄. Les changements de teinte sont visibles pendant une heure : le bleu-vert indique la présence de stéroïdes, tandis que le rouge-violet à rose indique la présence de Triterpènes (Rabéa , et al., 2014).

1.14.1.7 Détection des Anthocyanes :

2ml d'infusé sont ajoutés à 2 ml d'acide chlorhydrique 2N. L'apparition d'une teinte rose rouge qui devient bleu-violet par addition d'ammoniaque indique la présence d'anthocyanes (Benabdeljalil, et al., 2000).

1.14.1.8 Détection d'amidon :

Lorsque quelques gouttes d'iode (I₂) sont ajoutées à une décoction préparée dans un tube à essai, la couleur vire au bleu, indiquant la présence d'amine (Cuber, et al., 1980).

1.15 Tests quantitatifs :**1.15.1 Dosage des polyphénols totaux :**

Le dosage du polyphénol est réalisé selon la méthode de Folin-Ciocalteu décrite par (Li, et al., 2007). Cette méthode est basée sur la réduction du mélange réactionnel phosphotungstique (WO₄²⁻) -phosphomolybdique (MoO₄²⁻) Folin en milieu alcalin par le groupement oxydable de composés phénoliques, aboutissant à la création d'un produit bleu-vert. Ce produit a une absorption maximale à 765 nm, avec une intensité proportionnelle à la quantité de polyphénols présents dans l'émulsion (Géorger, et al., 2005).

Brièvement, 1 ml du produit de réaction de Folin est ajouté à 200 µl de solution standard avec des dilutions appropriées. Après 4 minutes d'incubation, 800 µl d'une solution de carbonate de sodium (75 mg/ml) sont ajoutés au milieu réactionnel.

La concentration totale en polyphénols est calculée à l'aide de l'équation de régression de la gamme d'étalonnage établie avec l'acide gallique (0,5–5 g/ml), et elle est exprimée en g d'équivalent acide acétique par gramme d'extrait (g EAG/g d'extrait).

1.15.2 Dosage des flavonoïdes totaux :

Le dosage des flavonoïdes se fait par la méthode du trichlorure d'aluminium (**Bahorun et al., 1996**). 1 ml de la solution d'AlCl₃ (2% dans le méthane) est ajouté à 1 ml d'échantillon ou standard (préparé dans l'éthanol). L'absorbance est à 430 nm après 10 minutes de réaction. La quantité de flavanols dans un extrait est mesurée en microgrammes d'équivalence de quercétine par gramme d'extrait (g EQ/g d'extrait), qui est basée sur une gamme établie d'étalonnage utilisant la quercétine (40 µg/ml) comme référence.

1.15.3 Evaluation de l'activité antioxydant :

1.15.3.1 Test du DPPH :

Cette méthode utilise le radical libre relativement stable DPPH (diphényl picryl-hydrazyl) pour évaluer l'activité antiradicalaire de différents extraits (**Mansouri, et al., 2004**).

Dans cette expérience, les antioxydants transforment le DPPH de couleur violette en un composé de couleur jaune appelé diphényl picryl-hydrazine, dont l'intensité de la couleur est inversement proportionnelle à la capacité des antioxydants présents dans le milieu à produire des protons (**Mansouri, et al., 2004**).

1.15.3.2 Test du pouvoir réducteur (FRAP) :

Le test du pouvoir réducteur a été déterminé par la méthode décrite par (**Prasad et al 2009**). Le principe de la méthode est d'évaluer la capacité de l'échantillon à donner des électrons pour convertir Fe³⁺ en Fe²⁺, cette forme est quantifiée par la mesure de la couleur bleue du complexe (bleu de Prusse Fe₄ [Fe(CN)₆]₃), qui absorbe à 700 nm. Une absorbance élevée indique que l'échantillon a un pouvoir réducteur élevé (**Delbert , et al., 2007**).

Résultats et discussion

1.16 TESTS QUALITATIFS

1.16.1 CRIBLAGE PHYTOCHIMIQUE

Le teste de screening phytochimique a été réalisé par la méthode standardisé, les résultats sont rapportés dans le tableau 1.

Tableau 1 : screening phytochimique de mélange de deux plantes

	Macération	Décoction
Saponosides	+	+
Coumarines	ND	ND
Tanins (hydrolysables)	++	+
Proanthocyanidols (Tanins condensé)	-	+
Flavonoïdes	+++	+++
Triterpènes et stérols	+++	+++
Anthocyanes	-	-
Amidon	-	-
Acides organiques	ND	ND
Alcaloïdes	++	++
- : Négatif ; + : Faiblement positif ; ++ : moyennement positif ; +++ : fortement positif ; ND : non déterminé		

Le criblage phytochimique a montré que notre extrais (décoction et macération) du mélange de deux espèces (*Zingiber officinale* et *Syzygium aromaticum*) sont une source des flavonoïdes, triterpènes et stérols, dont l'intensité colorante était très élevée soit fortement positif (figure 1). D'ailleurs, quelques molécules comme les tannins hydrolysables, saponosides, alcaloïdes et proanthocyanidols, leur présence dans le mélange est faible. Les anthocyane et l'amidon sont absent.

Nos résultats sont en accord avec ceux trouvés par Medfouni Raouia en 2018, (**Medfouni, 2018**).

Selon les études des auteurs (**Soltani, et al., 2022**), l'effet synergique des 2 plantes le clou de girofle et le gingembre a montré un effet positif chez patients atteints de corona virus et ceci est dû à la richesse en composés bioactifs ayant un large spectre d'application thérapeutique et une grande activité antivirale (**Hisham Shady, et al., 2021**).

1.17 TESTS QUANTITATIFS

1.17.1 DOSAGE DES COMPOSEES PHENOLIQUES

Les résultats de dosage des polyphénols et les flavonoïdes totaux sont exprimés en microgrammes équivalent acide gallique par milligramme d'extrait (g EAG/mg E). L'équation de régression linéaire des courbes d'étalonnage (figure 16) est utilisée pour déduire les concentrations.

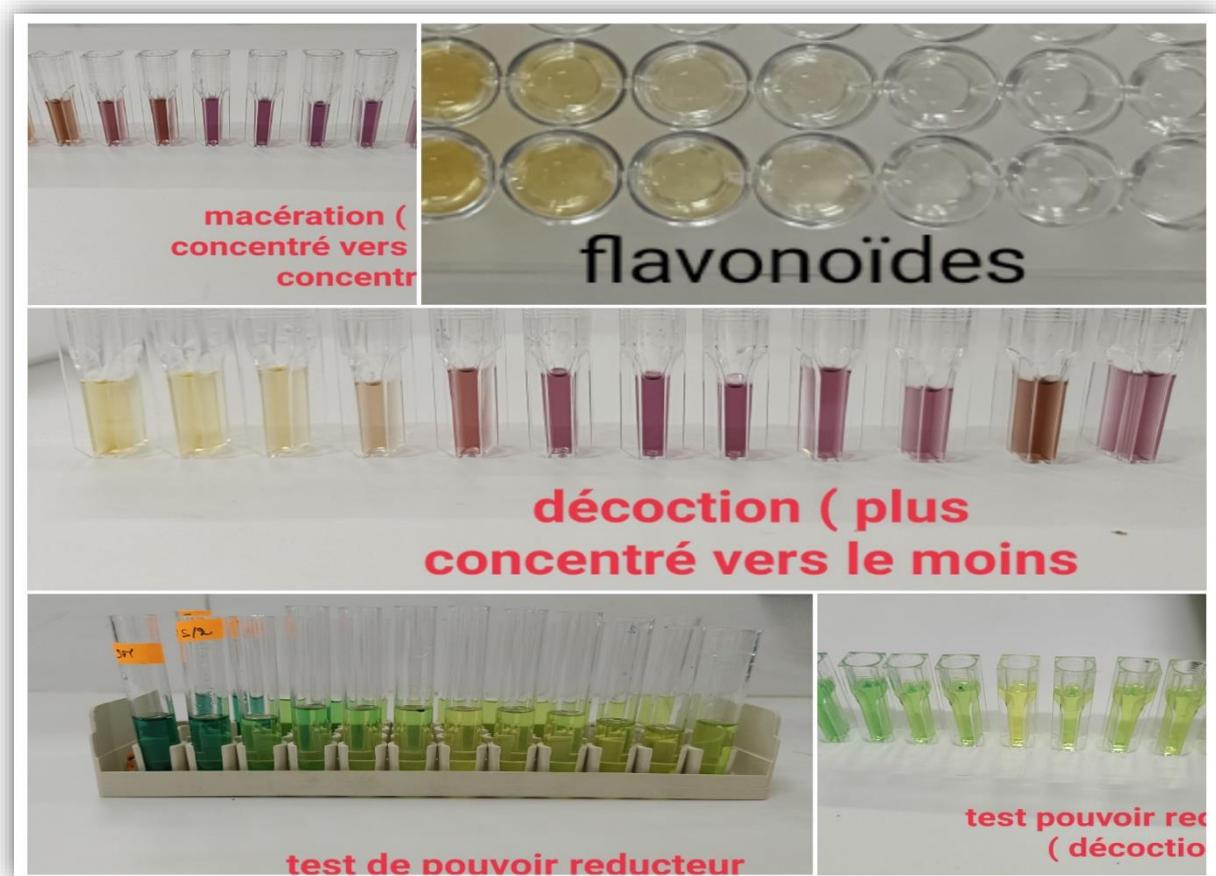


Figure 17 : Gamme d'étalonnages

1.17.2 Dosage des flavonoïdes

Le taux de flavonoïdes trouvés dans les extraits macération et décoction de la combinaison des deux espèces (*Zingiber officinale* et *Syzygium aromaticum*) est présentée dans le tableau 3.

L'extraction par décoction (figure 3) a présenté les plus grandes concentrations en flavonoïdes soit $(729.5769 \pm 10.96 \mu\text{g EAG/mg E})$, Par contre, on voit que l'extrait de macération (figure 4) de la combinaison contient évidemment une faible concentration en flavonoïdes.

1.17.3 Gamme d'étalonnage des flavonoïdes

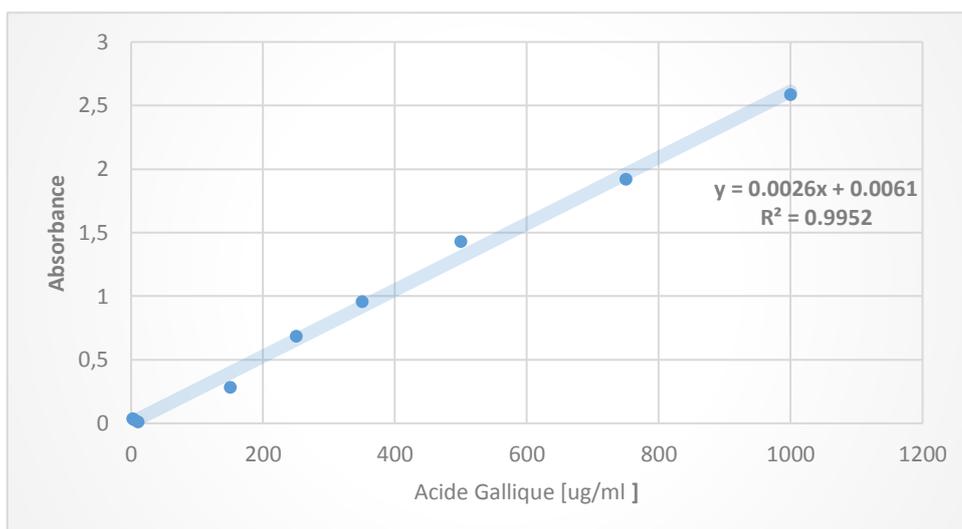


Figure 18 : Taux de flavonoïde de mélange gingembre clou de girole

Tableau 2 : comparaison des taux de flavonoïdes dans le mélange en fonction des concentrations

Totaux des Flavonoïdes dans le mélange		
Concentration (µg/ml)	Décoction	Macération
0.48	0.346154±0.00	4.192308±0.00
3.9	2.653846±0.00	9.833333±0.22
7.81	5.987179±0.22	10.85897±0.88
15.62	14.57692±0.00	17.26923±0.00
31.25	28.80769±0.00	49.0641±0.22
62.5	54.57692±0.00	89.83333±0.22
125	128.9359±0.22	167.2692±0.38
250	238.1667±0.22	238.8077±1.01
500	423.4231±14.29	348.2949±3.44
1000	729.5769±10.96	591.8846±32.33

Ces résultats démontrent que la concentration des flavonoïdes trouvées est proportionnellement croissante que la concentration des extraits (figure 2 & 3), ainsi que les deux extraits ont présenté des taux des flavonoïdes significativement différents ($P < 0.05$).

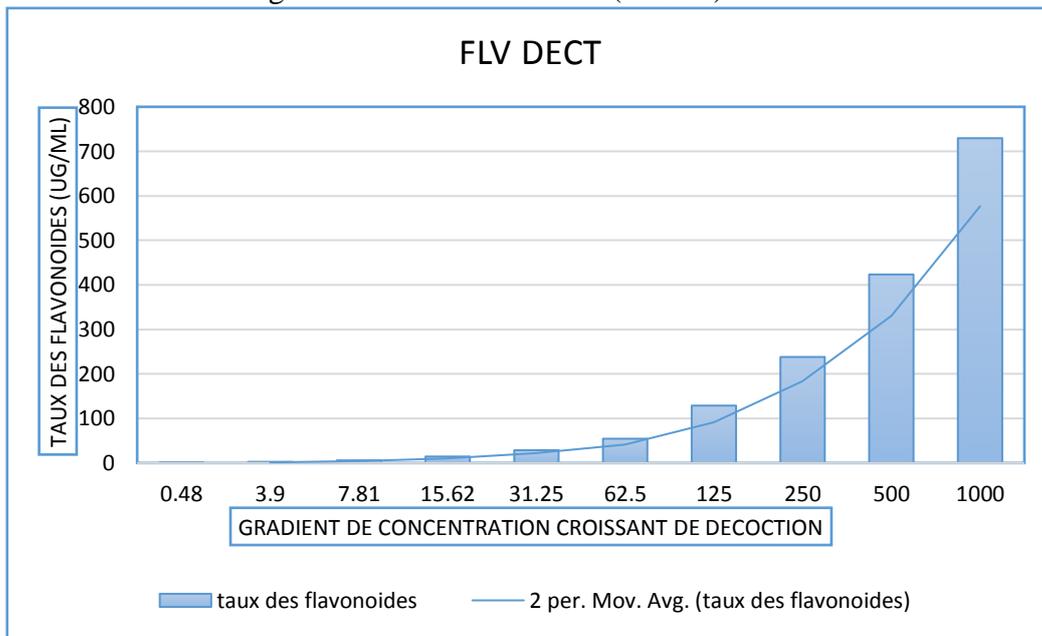


Figure 19 : Taux des flavonoïdes dans la décoction.

La concentration moyenne maximale des flavonoïdes du mélange est observé dans la décoction, dans la concentration mère (1000 µg/l) le taux des flavonoïdes était de $(729.5769 \pm 10.96 \mu\text{g EAG/mg E})$. Alors que, dans la macération est de $(591.8846 \pm 32.33 \mu\text{g EAG/mg E})$ ces résultats sont relativement comparables que celle trouvé par (Ferhat, et al., 2022), dont le taux de flavonoïdes dans la macération de clou de girofle été très proche de $(58,495 \mu\text{g EQ/mg EB})$.

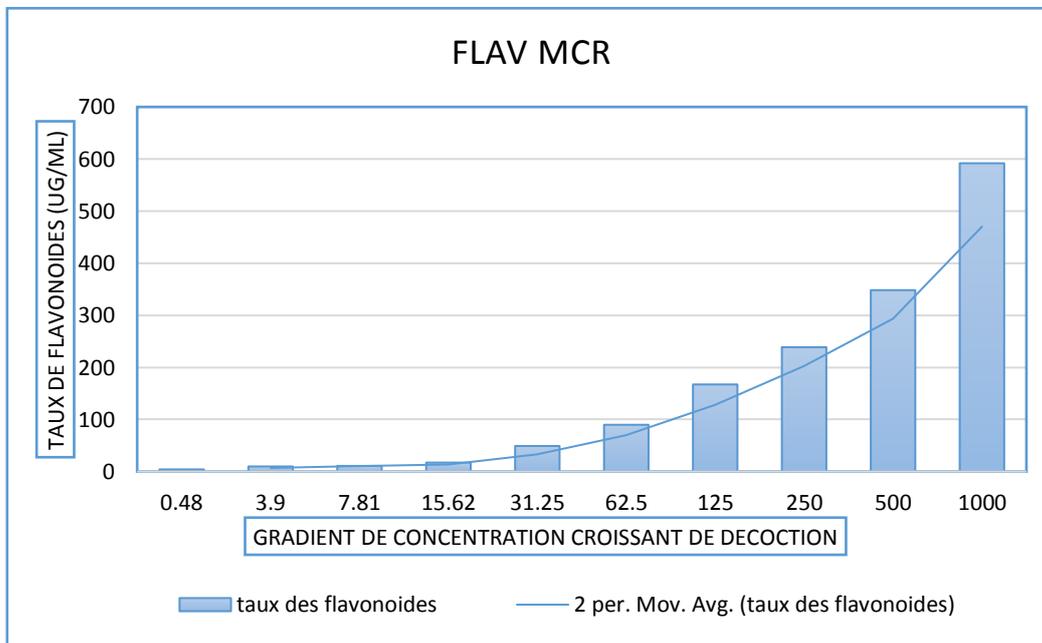


Figure 20 : Taux des flavonoïdes dans la macération

1.17.4 Dosage des polyphénols totaux :

La méthode utilisée dans la quantification des composés phénoliques des extraits de nos plantes est basée sur la réduction des composés réactifs acide phosphotungstique (H3PW12O40) et acide phosphomolybdique (H3PMO12O40) Folin-Ciocalteu lors de l'oxydation des groupements phénols. Les oxydes de molybdène et de tungstène se réagissent donnant une coloration bleue. A une longueur d'onde de 750 nm, l'intensité de la couleur est liée à la concentration des groupements phénoliques oxydés (Peri, et al., 1971).

1.17.5 Gamme d'étalonnage des polyphénols

La courbe d'étalonnage ($y = 0,5454x - 0,5912$; $R^2 = 0,9809$) est réalisée dans les mêmes conditions opératoires en utilisant l'acide Gallique comme control positif à différentes concentrations.

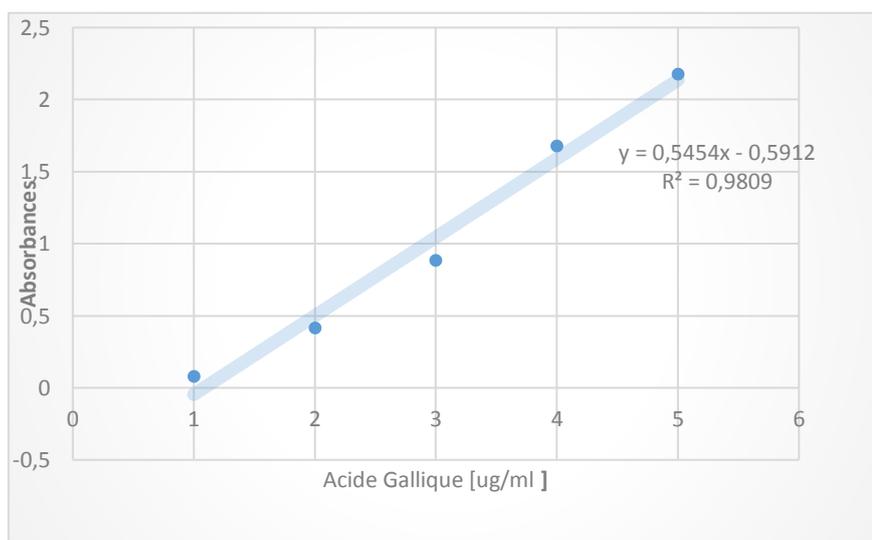


Figure 21 : Courbe d'étalonnage d'acide gallique pour le calcul de polyphénols.

1.17.6 Dosage des polyphénols totaux :

La méthode utilisée dans la quantification des composés phénoliques des extraits de nos plantes est basée sur la réduction des composés réactifs acide phosphotungstique (H3PW12O40) et acide phosphomolybdique (H3PMO12O40) Folin-Ciocalteu lors de l'oxydation des groupements phénols. Les oxydes de molybdène et de tungstène se réagissent donnant une coloration bleue. A une longueur d'onde de 750 nm, l'intensité de la couleur est liée à la concentration des groupements phénoliques oxydés (Peri, et al., 1971).

1.17.7 Gamme d'étalonnage des polyphénols :

La courbe d'étalonnage ($y = 0.5454x - 0.5912$; $R^2 = 0.9809$) est réalisée dans les mêmes conditions opératoires en utilisant l'acide Gallique comme control positif à différentes concentrations.

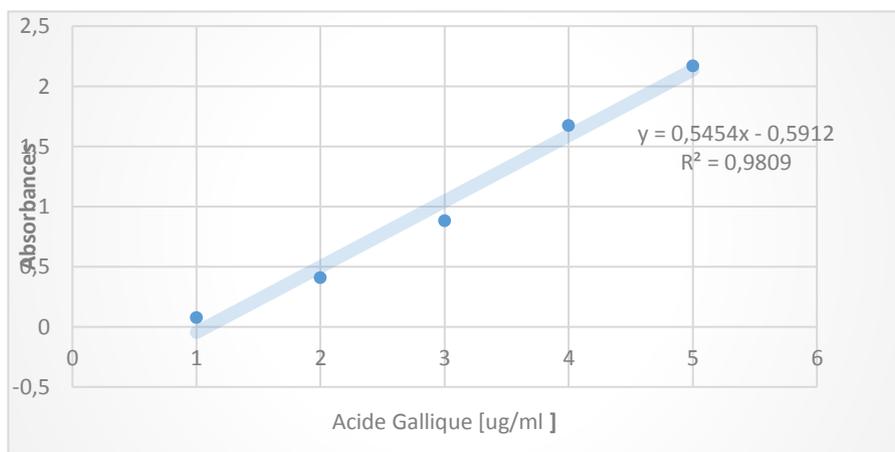


Figure 22 courbe d'étalonnage d'acide gallique pour le calcul de

1.17.8 Taux de polyphénols totaux du mélange gingembre clou de girofle :

Le mélange de poudre de clou de girofle (*Syzygium aromaticum*) et d'homogénat de gingembre (*Zingiber officinale*) a été soumis séparément à une décoction et macération aqueuse afin



Figure 23 : extractions des métabolites par deux méthodes (décoction et macération).

d'extraire les composés phénoliques. Les résultats démontrent la capacité des deux techniques d'extraction à extraire complètement tous les composés phénoliques (figure 23).

Tableau 3 : comparaison des taux de polyphénols totaux dans le mélange gingembre et clou de girofle

Concentration (µg/ml)	Polyphénols Totaux	
	Décoction	Macération
S/32	2.96 ± 0.003	3.01 ± 0.001
S/16	3.07 ± 0.000	3.22 ± 0.008
S/8	3.93 ± 0.005	4.50 ± 0.004
S/4	3.93 ± 0.002	4.23 ± 0.004
S/2	3.96 ± 0.001	3.31 ± 0.003
Sm	3.99 ± 0.000	2.61 ± 0.005

D’après les teste statistique (T. TEST) qui est effectué a pour but de comparer les deux méthodes d’extraction, nous avons trouvé en dépit de la concentration des polyphénols dans la macération est presque 4 fois dans la décoction, mais cette différence n’est pas statistiquement significative.

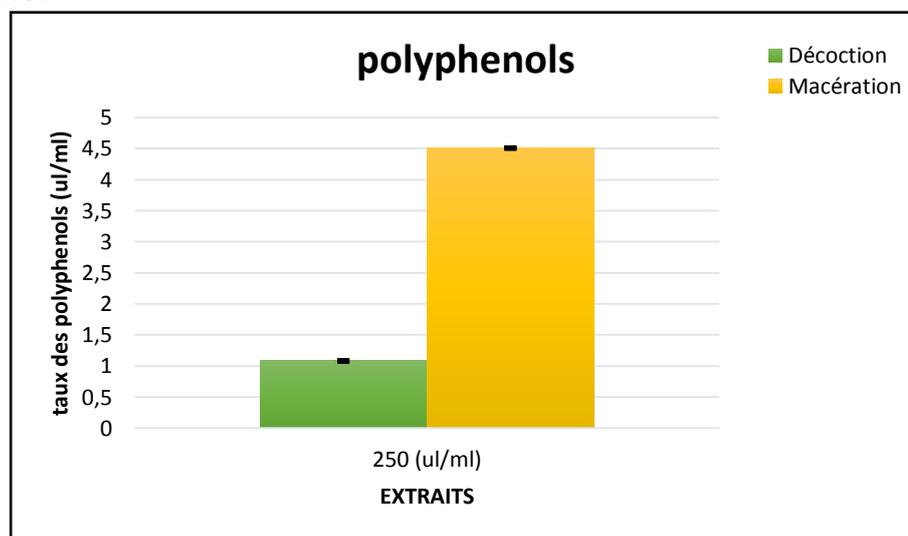


Figure 24 : comparaison de taux de polyphénols dans les deux extrait (macérations et décoction)

1.17.9 Evaluation de l’activité antioxydante du mélange (*Zingiber officinale* et *Syzygium aromaticum*) :

La capacité antioxydant peut être calculé en quantifiant les produits d’oxydation ou en évaluant les capacités de neutralisation des radicaux libres. Cette capacité peut exprimer par le pourcentage d’inhibition ainsi par la concentration inhibitrice a 50% (IC₅₀). La valeur de IC₅₀ des extrais doit être comparée au celle du standard, nous avons choisi l’acide ascorbique comme

un standard pour les deux tests de l'activité anti-radicalaires (Maisuthisakul , et al., 2007). Ainsi que le IC₅₀ et inversement proportionnelle au capacité antioxydante de l'extrait.

Tableau 3 : classification des antioxydants selon leurs pouvoir (Molyneux, et al., 2004).

Classification de pouvoir antioxydant	
IC ₅₀ Concentration	Classification
IC ₅₀ ≤ 50 µg/mL	Très forte
50 µg/mL < IC ₅₀ ≤ 100 µg/mL	Forte
100 µg/mL < IC ₅₀ ≤ 150 µg/mL	Moyen
150 µg/mL < IC ₅₀ ≤ 200 µg/mL	Faible
IC ₅₀ > 200 µg/mL	Très faible

IC₅₀ = concentration d'inhibition a 50%

1.17.10 Teste de piégeage de radical (DPPH)

Cette méthode consistant à utiliser le DPPH (1,1-diphénylpicrylhydrazyl) en tant que radical libre relativement stable pour examiner le potentiel antioxydant des extraits décoction et macération. Dans le milieu réactionnel, le DPPH, de couleur violette, est converti en diphénylpicrylhydrazine, une molécule jaune dont l'intensité de la couleur est inversement proportionnelle à la concentration des molécules piégeant du radical libre existantes dans le mélange (*Zingiber officinale* et *Syzygium aromaticum*).

Tableau 4 : Concentration d'inhibition a 50% (IC₅₀) de DPPH

	Concentration inhibition IC ₅₀
Décoction	610.24 ± 29.64
Macération	977.77 ± 29.71
Standard	1.08 ± 0.00

Les résultats de test DPPH sont représenté dans le tableaux 4. D'après les courbe obtenue (figure6), nous avons remarqué que la décoction a donné la valeur la plus basse de IC₅₀ soit

610.24 ± 29.64 µg/mg EB qui est proche de celle du standard. Toutefois, dans la macération été de 977.77 ± 29.71 µg/mg EB soit une faible activité anti-radicalaire relativement.

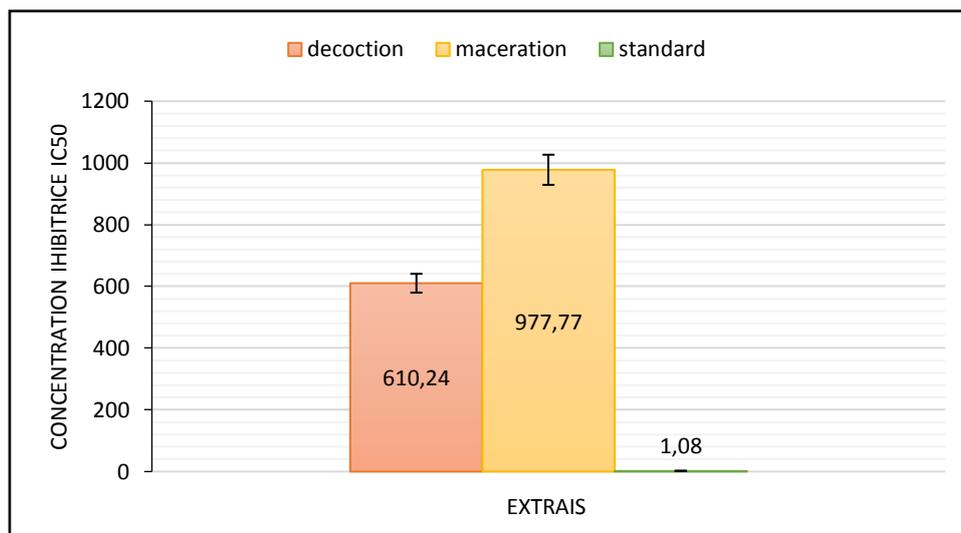


Figure 25 : Comparaison de l'activité de piégeage de radicale DPPH dans les deux extrait (macérations et décoction).

La différence entre la décoction et la macération vis avis la capacité antioxydante est afferme $P = 0.42$ par le test statistique (**T. test de Student**). Ces résultats elle n'est pas comparable avec d'autre études care peu des chercheurs sont intéressé de la comparaison entre la décoction et la macération de mélange de (*Zingiber officinale* et *Syzygium aromaticum*).

1.17.11 Teste de le pouvoir réducteur du fer (FRAP) :

Cette méthode insiste à évaluer la capacité des extraits à transformer le fer ferrique (Fe³⁺) présent dans le mélange (*Zingiber officinale* et *Syzygium aromaticum*) en fer ferreux (Fe²⁺).

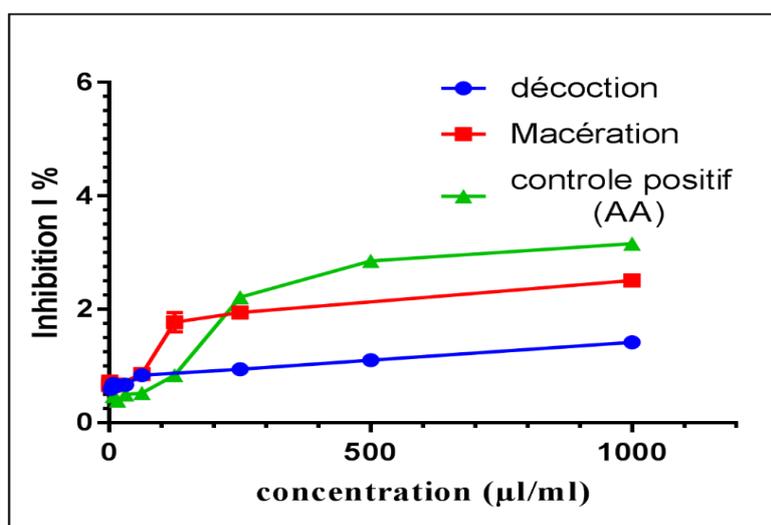


Figure 26 : capacité de piégeage du radicale fer ferrique.

C'est la réaction de Fenton, le Fe^{3+} est impliqué dans la génération du radical hydroxyle. Les mesures de l'absorbance à 700 nm sont utilisées pour suivre la concentration de fer réduit.

Les résultats du test de FRAP sont présentés par la figure 8. La mesure de la capacité réductrice de fer dans notre mélange a montré que la plus haute capacité est enregistrée dans macération puis la décoction, la courbe de l'inhibition démontre que la macération se situe dans la deuxième position après le contrôle positif (AA), la décoction était en dernier lieu soit une faible réduction relative du radical du fer.

Ces résultats peuvent être expliqués par les conditions d'extraction par décoction des principes actifs du mélange, qui affectent quelques molécules thermosensibles ou photosensibles, ces molécules sont les responsables de l'activité antioxydante comme la vitamine C, les anthocyanes et les flavonoïdes, l'extraction par macération permet d'extraire en conservant ses métabolites sensibles (**Rivera, 2006**).

Conclusion et perspectives

Notre objectif d'étude était d'évaluer les caractéristiques phytochimique de mélange deux plante fréquemment utiliser dans la médecine traditionnelle qui sont le gingembre et le clou de girofle dont l'extraits est effectuer en deux méthodes séparément, nous avons par la suite tester la significativité de la différence entre ces deux méthodes d'extractions par des teste statistique standardiser.

Le teste qualitatif des deux extraits est fait par la méthode standardise montre que les deux extraits sont riches en flavonoïdes, stérois et les terpenoides. Les tannins et les alcaloïdes ont été présent en faible quantité. D'ailleurs, les coumarines et les acides organique été non déterminé.

Pour les dosages quantitatifs, nous avons choisi la méthode de Folin-Ciocalteu pour le dosage des polyphénols totaux, et la méthode du trichlorure d'aluminium d'écrite par (**Bahorun et al., 1996**), pour le dosage des flavonoïdes. Pour l'évaluation de la capacité antioxydante des extraits nous avons utilisé les tests de DPPH et FRAP.

Le dosage des polyphénols par méthode colorimétrique, montre que le mélange est riche en polyphénols totaux, nos résultats sont comparables avec la littérature, le clou de girofle est une véritable source des polyphénols, ce que prouvent leur pouvoir antioxydant. Ensuite, le dosage quantitatif des flavonoïdes, révèle que les flavonoïdes est présent parmi les composés phénoliques de ces plantes avec une quantité importante dans les extrais, les flavonoïdes sont très connus par sa capacité antioxydante.

Nous avons ensuite testé l'activité antioxydante in vitro de mélange dans les extrais, cela nous a permis de confirmer la richesse de mélange en antioxydant. Néanmoins, la confirmation de l'effet de la combinaison de ces deux plants, sur les mesures qualitatifs et quantitatifs des composées bioactives, nécessite des teste plus profond, comme l'HPLC et l'LCMS et d'autres méthodes de dosage et identification de chaque plante séparément en comparant avec le mélange.

Les analyses statistiques des données confirment l'absence totale de différence statistiquement signifiant entre les deux méthodes d'extractions de mélange, la comparaison entre les extrais des mélanges attire peut des chercheurs. Notre comparaison était originale.

Les travaux menés dans ce mémoire peuvent être poursuivis par d'autres test afin de confirmer ces activités de ce mélange à l'échelle in vivo, des testes sur l'activités suivantes : (anti-

inflammatoire, hypolipémiant et antidiabétique) sur une population des rats Wistar rendu obèses, et d'autres tests in vitro a pour but de découvre d'autres molécules dans ce mélange.

Références bibliographiques

[Revue].

Augustin amissa adima [et al.] Etude comparative de trois méthodes d'extraction des flavonoïdes totaux à partir des feuilles de plantes médicinales : azadirachta indica et psidium guajava [revue] // journal de la société ouest-africaine de chimie. - 2018. - pp. 50 - 58.

Baydar nilgun gokturk [et al.] Determination of antibacterial effects and total phenolic contents of grape (vitis vinifera l.) Seed extracts [revue] // international journal of food science and technology. - 2006. - pp. 799–804.

Benabdeljalil carime [et al.] Mise en évidence de nouveaux pigments formés par réaction des anthocyanes avec des métabolites de levure [revue]. - 2000.

Chebaibi a [et al.] Évaluation du pouvoir antimicrobien des huiles essentielles de sept plantes médicinales récoltées au maroc [article] // evaluation of antimicrobial activity of essential oils from seven moroccan medicinal plants. - 2015. - pp. 1-8.

Cuber j. C., lapalace p et villiers p. A fistulation de l'estomac et contenus gastriques résiduels fistulation de l'estomac et contenus gastriques résiduels à base d'amidon de maïs chez le porc [revue]. - 1980.

Eberhard teuscher, robert anton et annelise lobstern plantes aromatiques [livre]. - 2005.

Faivre ci [et al.] Zingiber officinale roscoe [article]. - 2006. - pp. 99-102.

Insaf hammoudi et farah fekiri etude comparative des activités antioxydantes des extraits des rhizomes de zingiber officinale (gingembre) et du gingembre instantané commercialisé [article]. - 2021. - pp. 1-51.

Jagannathan venkateshan et viswanathan pragasam proanthocyanidins—will they effectively restrain conspicuous bacterial strains devolving on urinary tract infection? [revue]. - 2018.

Jiang qiao [et al.] Current progress on the mechanisms of hyperhomocysteinemia-induced [article]. - 2021. - pp. 1-13.

Khettaf abdelkrim, belloula nacera et dridi seloua antioxidant activity, phenolic and flavonoid contents of some wild medicinal plants in southeastern algeria [article]. - 2016. - pp. 524-530.

Létard jean-christophe [et al.] Phytothérapie – principes généraux [article]. - 2015. - pp. 29-35.

Li min [et al.] The antimicrobial peptide-sensing system aps of [revue]. - 2007.

Mansouri abdelhak [et al.] Phenolic profile and antioxidant activity of the algerian ripe [revue]. - 2004.

Moatti roger la phytothérapie [article]. - 1990. - pp. 80-89.

Reffas ibtissem et slimani lemya contribution à l'étude phytochimique et à l'évaluation de quelques activités biologiques d'un mélange d'épices "ras el hanout" de la région de biskra [revue]. - 2019.

Reffas ibtissem et slimani lemya contribution à l'étude phytochimique et à l'évaluation de quelques activités biologiques d'un mélange d'épices "ras el hanout" de la région de biskra [revue] // sciences agronomiques. - 2019.

Rehman riazur [et al.] Zingiber officinale roscoe (pharmacological activity) [revue] // journal of medicinal plants. - 2011. - pp. 344-348.

Schoefer lilian, braune annett et blaut michael a fluorescence quenching test for the detection of flavonoid [revue] // fems microbiology letters. - 2001. - pp. 277-280.

Vivas nicolas [et al.] Proanthocyanidins from quercus petraea and q. Robur heartwood: quantification and structures [revue]. - 2006.

Weinges von klaus [et al.] Procyanidines de fruits [revue] // k. Weinges et associés. - 1968. - pp. 184-204.

Zimmer n [et al.] Influence des tanins hydrolysables de châtaignier sur le métabolisme azoté des ovins et des caprins [revue] // hal open science. - 1995. - p. 227.

Adli d [et al.] Effets prophylactiques de l'huile essentielle de syzygium aromaticum chez les rats wistar en développement coexposés au plomb et au manganèse » [article]. - 2017. - pp. 1-7.

Afatchao edem beauté et santé [en ligne]. - 2017.

Anonyme 1 aquaportail [en ligne]. - 12 5 2018. - <https://www.aquaportail.com/definition-9474-anthocyane.html#:~:text=structure,moyen%20d'une%20liaison%20glycosidique..>

Aouadi nour el-imen maissa et rezaimia kawther contribution à l'étude des métabolites secondaires dans les écorces de fruit de grenade punica granatum .l et leur activités biologiques [rapport]. - 2021.

Arioua aicha, azzouz radhia et boudjellal khawla phytochimie et évaluation des activités biologiques des extraits bioactifs de quelques plantes médicinales [rapport]. - 2022.

Benard camille-marie étude de l'impact de la nutrition azotée et des conditions de culture sur le contenu en polyphénols chez la tomate [en ligne]. - 2009. - <https://www.semanticscholar.org/paper/%c3%89tude-de-l'impact-de-la-nutrition-azot%c3%a9e-et-des-de-benard/a7f2e607dd66470fc5f6902a1fe54a9f54d87589>.

Bullock et harrison s huile essentielle girofle clous (bio) [en ligne] // wikipédia. - 2023. - <https://www.huiles-et-sens.com/fr/106-huile-essentielle-girofle-clous-bio.html>.

Butin anne le gingembre:de son utilisation ancestrale à un avenir [rapport]. - 2018.

Chagra kholoud etude les propriétés physico-chimiques et biologique de clou du girofle (syzygium aromaticum (l)) [en ligne] // wekipidia. - 2019. - [9s%20physico-chimiques%20et%20biologique%20de%20clou%20du%20girofle%20%28syzygium%20aromaticum%20%28l%29%29.pdf](https://www.wikipédia.fr/wiki/Syzygium_aromaticum).

Daira nor-elhouda, maazi mohamed chérif et chefrour azzedine contribution à l'étude phytochimique d'une plante médicinale (ammoides verticillata desf. Briq.) De l'est algérien [revue]. - 2016.

Delbert m gatlin iii [et al.] Expanding the utilization of sustainable plant products [article]. - 2007.

El bouhaddi jalila [et al.] Influence du traitement γ sur la qualité microbiologique d'un extrait anthocyannique industriel [revue]. - 2009.

Ferhat abd elhak, merakcha moufida et sadaoui nesma effets des substances bioactives des clous du girofle sur quelques paramètres biochimiques chez les lapins diabétiques [rapport] : these. - mila : centre universitaire abdelhafid boussouf - mila, 2022.

Fleuriet annie, jaques macheix jean et jay-allemand christian les composés phénoliques des végétaux [revue]. - 2005.

Gamache jean-philippe le clou de girofle à la rescousse [article]. - 2013. - pp. 1-14.

Gayet mireille wikipédia [en ligne]. - 2010. - https://fr.wikipedia.org/wiki/clou_de_girofle.

Géorger stephane [et al.] Rapid determination of polyphenols and vitamin c in [revue]. - 2005.

Gigon f. Le gingembre, une épice contre la nausée [article]. - 2012. - pp. 87-91.

Gret et cirad memento de l'agronomie [revue]. - 2009.

Haddouche nawel et dernani hadjer université de bouira [en ligne]. - 2017. - https://www.google.com/search?q=r%c3%a9partition+g%c3%a9ographique+du+clou+de+girifle&sxsrf=apwxeddwpxwex9cghitt1udfam0aup3obg:1683573835568&source=lnms&tbm=isch&sa=x&ved=2ahukewi896-jueb-ahuup-wkhqi9bfq_auoaxoecaiqaw&biw=1366&bih=600&dpr=1#imgrc=fq9ybue.

Hazrati saeid [et al.] Evaluation of volatile and phenolic compounds, and antioxidant activity of different parts of ferulago angulata (schlecht.) Boiss [revue] // industrial crops & products. - 2019. - pp. 1-7.

Hisham shady nourhan [et al.] Sterols and triterpenes: antiviral potential supported by in-silico analysis [article] // national center for biotechnology information. - egypt : [s.n.], 6 1 2021. - 41 : vol. 10.

Jan tropical biodiversity [en ligne]. - 16 2 2014. - <https://www.atlasbig.com/fr-lu/pays-par-production-de-gingembre>.

Kabouya imane, chenni faiza et bendjeddou ghania les plantes médicinales et formes d'utilisations pour le traitement des troubles fonctionnels intestinaux [en ligne]. - 2021.

Koffi n'guessan [et al.] Screening phytochimique de quelques plantes médicinales ivoiriennes utilisées en pays krobou (agboville, côte-d'ivoire) [revue] // sciences & nature. - 2009. - pp. 1 - 15.

Köhler franz eugen gingembre [en ligne] // wikipédia l'encyclopédie libre. - 2023. - <https://fr.wikipedia.org/wiki/gingembre>.

Larrey dominique hépatotoxicité des compléments diététiques et végétaux [rapport]. - 2019.

Maisuthisakul pitchaon , suttajit maitree et pongawatmanit rungnaphar assessment of phenolic content and free radical-scavenging capacity of some thai indigenous plants [article] // food chemistry. - 2007. - vol. 100. - pp. 1409–1418.

Medfouni raouia contribution à l'étude phytochimique et les activités biologiques d'une plante médicinale syzygium aromaticum [rapport] : these. - oum el bouaghi : univ de larbi ben mhidi oum el bouaghi, 2018.

Meghezzi saoussen et dali meroua etude in vitro de l'activité antioxydante de gingembre « zingiber officinale » [en ligne]. - 2017. - <https://fac.umc.edu.dz/snv/bibliotheque/biblio/mmf/2018/etude%20in%20vitro%20de%20l%20activit%20antioxydante%20de%20gingembre%20c2%ab%20zingiber%20officinale%20c2%bb.pdf>.

Melouki soriya [et al.] Biochars issus de roseau commun pour l'adsorption du méthylorange en solution aqueuse common reed biochars for the adsorption of methyl orange in [article]. - 2020.

Merghem r, dehimat l et s.t amina étude phytochimique et évaluation de l'activité antibactérienne d'une labiée [revue] // thymus hirtus. Sciences & technologie. C, biotechnologies. - 2009. - pp. 25-29.

Molyneux philip et songklanakarinn j the use of the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (dpph) for estimating antioxidant activity [article] // use of dpph to estimate antioxidant activity / éd. Technol. Sci.. - apr 2004. - 2 : vol. 26. - pp. 211-219.

Moutari souley kallo [et al.] Enquête ethnobotanique et criblage phytochimique de quelques plantes tinctoriales du niger en vue d'une valorisation en énergie solaire [revue]. - 2018.

N'guessan koffi [et al.] Screening phytochimique de quelques plantes médicinales ivoiriennes utilisées en pays krobou (agboville, côte-d'ivoire) [revue]. - 2009.

Peri c et pompeii c an assay of different phenolic fractions in winesa [revue] // the american journal of enology and viticulture (ajev). - 1971. - pp. 55-58.

Peri c et pompeii c an assay of different phenolic fractions in winesa [revue] // the american journal of enology and viticulture (ajev). - 1971. - pp. 55-58.

Rabéa gaceb terrak et rahmania fatma détection et identification de saponines stéroïdes de type spirostane chez le palmier dattier phoenix dactylifera l. (arecaceae) [revue]. - 2014.

Randriamialinoro faliarivony [et al.] Triterpénoïdes et stéroïdes isolés des feuilles de hyperacanthus thouvenotii (rubiaceae), une plante endémique de madagascar [article]. - 2018.

Riazur rehman [et al.] Zingiber officinale roscoe (pharmacological activity) [revue] // journal of medicinal plants research. - 2011. - pp. 344-348.

Rira moufida les tanins hydrolysables et condensés : une piste pour la réduction de la production du méthane entérique par les ruminants en milieu tropical [revue]. - 2019.

Rivera luicita lagunez etude de l'extraction de metabolites secondaires de differentes matieres vegetales en reacteur chauffe par induction thermomagnetique directe [rapport] : these. - toulouse : l'institut national polytechnique de toulouse, 2006.

Selosse marc-andré wikipédia [en ligne]. - 02 octobre 2019. - <https://fr.wikipedia.org/wiki/tanin>.

Soltani imane et roubache djoumana etude des traitements traditionnels sur la maladie à coronavirus : sars-cov-2, covid-19 [rapport] : these. - m'sila : universite mohamed boudiaf - m'sila, 2022.

Traikia ahlem et mansouri maroua etude des caractéristiques physiques et chimiques des huiles essentielles du clou de girofle et de l'eucalyptus [en ligne]. - 2020. - <https://dspace.univ-guelma.dz/jspui/handle/123456789/9938>.