



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE



وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

Université Frères Mentouri Constantine 1
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

جامعة الاخوة منتوري قسنطينة 1
كلية علوم الطبيعة والحياة

قسم: الكيمياء الحيوية والبيولوجيا الخلوية والجزيئية

Département : de Biochimie et Biologie Cellulaire et Moléculaire

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

Domaine : Science de la nature et de la vie

Spécialité : Biochimie appliquée

Intitulé :

Etat de l'art de l'analyse phytochimique et les activités biologiques de *Syzygium Aromaticum*

Présenté et soutenu par : *Melle CHILI AMIRA*

Le : 19 / 09 / 2021

Melle DAOUD NOURHENE

Jury d'évaluation :

Président du jury : MCB KITOUNI Rachid - Université des Frères Mentouri Constantine 1.

Rapporteur : MCA BOUANIMBA Nour - Université des Frères Mentouri Constantine 1.

Examineur : MCB HAROUNI Sofiane - Université des Frères Mentouri Constantine 1.

*Année universitaire
2020–2021*

Remerciement

Nous commençons par remercier ALLAH le tout puissant de nous avoir donné la volonté, l'amour du savoir et surtout le courage et la patience pour effectuer ce modeste travail.

Nous souhaitons remercier dans un premier temps, toute l'équipe pédagogique de la faculté des Sciences de la Nature et de la Vie.

*Nos remerciements s'adressent en particulier à **Mr : Bouanimba Nour** encadreur de notre mémoire de master, qu'est toujours montré à l'écoute et très disponible tout au long de la réalisation de ce mémoire, ainsi pour l'inspiration, l'aide et le temps qu'il a bien voulu nous consacrer et sans qui ce mémoire n'aurait jamais vu le jour.*

Nos remerciements vont également aux membres du jury qui nous ont donné de leur temps pour lire et évaluer ce modeste mémoire.

Enfin, Nous tenons à remercier profondément et sincèrement tous ceux qui ont participés de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Dédicace



C'est grâce à Allah, à Lui Seul la louange, que nous avons pu finir ce travail

Je dédie ce modeste travail, fruit des années d'études:

A mes très chers Parents

Qui ont toujours été là pour moi, et qui m'ont donné un magnifique modèle de labeur et de persévérance. Merci pour vos mots, votre présence, vos encouragements et votre éducation.

À mes chers frères et sœur.

Aux membres de ma grande famille paternelle maternelle.

À mon binôme Nourhene ainsi qu'à tous mes amis sans aucune exception.

Amira

Dédicaces

A l'aide de Dieu le tout puissant, qui m'a tracé le chemin de ma vie, j'ai pu réaliser

Ce travail

Que je dédie :

A mes très chers parents,

Tout d'abord et spécialement à ma chère mère qui aurais été fière de ma réussite. Tous les mots du monde ne sauraient exprimer l'immense amour que je vous porte maman, ni la profonde gratitude que je vous témoigne pour tous les efforts et les sacrifices que vous n'avez jamais cessé de consentir pour mon instruction et mon bien-être Je vous rends hommage par ce modeste travail en guise de ma reconnaissance éternelle et de mon infini amour.

A mon très agréable père, qui s'est tant sacrifié pour moi et pour assurer mon bien être. J'espère que je suis à la hauteur de ce qu'il attend de moi. Puisse Dieu, le Très Haut, vous accorde santé, bonheur et longue Vie.

Mes frères, **Oussama, Ramy** aucune dédicace ne saurait exprimer tout l'amour que j'ai pour vous, Votre joie me comble de bonheur. Puisse Dieu vous garde, éclaire votre route et vous aide à réaliser vos vœux les plus chers. ,

A mon binôme **Amira**, Je vous remercie pour votre soutien moral, ta patience et votre dévouement à ce travail, Je vous dédie le fruit de nos efforts.

Nourhène

Liste des abréviations

OMS : Organisation mondiale de la santé.

ABTS : L'acide 2,2'-azino-bis (3-éthylbenzothiazoline-6-sulphonique).

DPPH : 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl.

FRAP : Pouvoir réducteur-antioxydant ferrique.

Fe+2 : Fer ferreux.

Fe+3 : Fer ferrique.

IC50 : concentration d'inhibition à 50 %.

% : pourcentage.

EC50 : La concentration efficace médiane.

µg/ml : Microgramme par millilitre.

µg/g trolox : Microgramme par gramme par trolox.

mg/ml : Milligramme par millilitre.

ml : millilitre.

mg : milligramme.

g : gramme.

H₂O₂ : Peroxyde d'hydrogène.

GC-MS : Chromatographie en phase gazeuse-Spectrométrie de masse.

mg éqQu/mg : mg équivalent quercétine par mg de matière sèche.

mg éqAG/mg : mg équivalent acide gallique par mg de matière sèche.

Liste des figures

Figure 1 : Infusion de gingembre

Figure 2 : macération de nerprun cathartique

Figure 3 : La plante médicinale forme de tisane

Figure 3 : plante médicinale forme en poudre

Figure 5 : Forme de teinture mère (TM) ou macération hydro-alcoolique

Figure 6 : Forme d'huile essentielle

Figure 7: Fleur de *Syzygium aromaticum* .

Figure 8 : Structure de *Syzygium aromaticum* .

Figure 9 : Récolte de *Syzygium aromaticum*

Figure 10 : Séchage de *Syzygium aromaticum*

Figure 11: structures de l'acide gallique et ellagique

Figure 12 : Structure de base des flavonoïdes

Figure 13. Structure de base des flavonols

Figure 14 : Structure de base des anthocyanidines

Figure 15 : Chromatographe GC-MS pour extrait méthanolique de poudre de *Syzygium aromaticum*

Figure 46 : L'activité antioxydante des extraits méthanoliques de *Syzygium aromaticum* (SA) et AA standard déterminé en utilisant la méthode DPPH.

Liste des tableaux

Tableau 1 : Classification du *Syzygium aromaticum*

Tableau2 : Dénomination internationales de *Syzygium aromaticum*

Tableau3 : Criblage phytochimique qualitatif et quantitatif de l'extrait de *Syzygium aromaticum*

Tableau4 : Rapport d'analyse GC-MS pour l'extrait méthanolique de *Syzygium aromaticum*

Tableau5 : Activité antioxydante de l'huile essentielle de *Syzygium aromaticum* dans dosages de puissance réductrice et DPPH

Tableau6 : Trolox équivalent capacité antioxydante de *Syzygium aromaticum*

Tableau7 : Ferrique réduisant l'activité antioxydante de *syzygium aromaticum*

Tableau8 : Résultats de l'antibiogramme de l'HEC sur les trois souches bactériennes

Tableau9 : Les diamètres d'halos d'inhibition en mm de la croissance des souches bactériennes comparé au DMSO

Tableau10 : Concentration minimale inhibitrice de *syzygium aromaticum* non encapsulé et encapsulé

Tableau11 : Concentration bactéricide minimale de *syzygium aromaticum* non encapsulé et encapsulé

Tableau12 : Effet de l'extrait méthanolique de *Syzygium aromaticum* contre différents agents pathogènes

Liste des abréviations	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Introduction.....	1

Partie I : Synthèse bibliographique

1 Phytothérapie.....	3
1.1 Historique.....	3
1.2 Définition.....	4
1.3 Type de phytothérapie.....	4
1.3.1 Aromathérapie.....	4
1.3.2 Gemmothérapie.....	5
1.3.3 Herboristeri.....	5
1.3.4 Homéopathie.....	5
1.3.5 Phytothérapie chinoise.....	5
1.3.6 Phytothérapie pharmaceutique.....	5
2. Plante médicinale.....	5
2.1 Définition.....	5
2.2 Partie de plante médicinale utilisé.....	6
2.3 Extraction de plante médicinale.....	7
2.4 Les différente mode de préparation.....	7
2.4.1 Infusion.....	7
2.4.2 Décoction.....	8
2.4.3 Macération.....	8
2.4.4 Inhilation.....	9
2.5 Forme de préparation en phytothérapie.....	9
2.5.1 Tisane.....	9
2.5.2 La poudre.....	9
2.5.3 Sous forme de gélule.....	10
2.5.6 Les liquides.....	10

2.5.6.1 la teinture mère(TM) ou macération hydroalcolique.....	10
2.5.6.2 La suspension intégrale de plante fraîche(SIPE).....	10
2.5.6.3 Huile essentiel.....	11
3. Généralités sur la plante	12
3.1. Définition	12
3.2. Description botanique du giroflier	12
3.2.1. Classification.....	12
3.2.1.1. Ordre des Myrtales	13
3.2.1.2. Famille des Myrtacées	13
3.2.1.3. Genre syzygium	13
3.2.1.4. Espèce	13
3.3. Description de la plante	14
3.4. Culture de giroflier	15
3.4.1. Ecologie	15
3.4.2. Technique de culture.....	15
3.4.2.1. Transplantation des sauvageons	15
3.4.2.2. Multiplication par semis.....	15
3.4.3. Récolte	16
1. L'égriffage	17
2. Séchage	17
3. Vannage	17
3.4.4. Domaines d'utilisations.....	17
3.4.4.1. Domaines médicinales	17
3.4.4.2. Domaines culinaires.....	18
3.4.4.3. Domaines de cosmétique	18
3.5. Composition chimique.....	18
3.6. Propriété biologique et pharmacologique.....	18
4. Généralité sur les métabolites secondaires.....	19
4.1. Classification	19
4.1.1. Composées phénoliques	19
4.1.1.1. Tanins.....	19
4.1.1.1.1. Tanins galliques	20
4.1.1.1.2. Tanins catéchiques.....	20

4.1.1.2. Flavonoïdes	20
4.1.1.2.1. Flavonols	21
4.1.1.2.2. Anthocyanes.....	22
4.1.2. Terpène	22
4.1.2.1. Saponosides	22
4.1.2.2. Stérols	23
5. Les huiles essentielles	23
5.1. Définition.....	23
5.2 Localisation.....	23
5.3. Composition chimique.....	23
5.4. Propriétés physiques des huiles essentielles	24

Partie II : Etat de l'art sur les études phytochimiques de la plante *Syzygium aromaticum*

1. Rendement d'extraction.....	25
2. Analyse phytochimique.....	26
2.1. Estimation du contenu phénolique total.....	27
2.2. Estimation de la teneur totale en flavonoïdes.....	27
2.3. Analyse par chromatographie en phase gazeuse-spectrométrie de masse (GC-MS)....	28
3. Les Activités d'extrait de <i>Syzygium aromaticum</i>	30
3.1 Activité antioxydants	30
3.1.1 Evaluation de l'activité antioxydants	31
3.1.1.2 Activité de piégeage des radicaux DPPH et Effet scavenger.....	31
3.1.1.3 ABTS radical.....	34
3.1.1.4 Capacité antioxydante réductrice ferrique (FRAP).....	35
3.2 Activité antibactérienne.....	38
3.3 Activité antiinflammatoire.....	44
3.4 Activité antidiabétique.....	45
3.5 La toxicité.....	49
Conclusion générale	52
Références bibliographiques	
Résumés	

Introduction

Les plantes médicinales constituent depuis la nuit des temps de précieuses ressources pour l'homme, lui offrant une variété inépuisable de substances actives. Elles constituent des remèdes incontestables lorsqu'elles sont utilisées à bon escient dans le cas contraire, elles peuvent devenir de redoutables poisons.

Depuis longtemps, les moyens thérapeutiques naturels étaient les seules remèdes dont disposait l'humanité où les plantes médicinales et aromatiques étaient utilisées dans le processus de la lutte contre les maladies infectieuses.

Ces dernier temps, l'importance clinique des thérapeutiques à base des plantes (phytothérapie) a reçu une attention considérable pour sa véritable richesse dans la préparation des médicaments. Elle permet la production des foules de molécules bioactifs « Les plantes médicinales comme les autres remèdes thérapeutiques et l'étiologie ont toujours été intégrés à la culture d'une époque, l'histoire officielle de la phytothérapie prend ses racines il y a plusieurs millénaires. **(E. Small, juillet 2000)**.

Dans le monde entier, l'usage de la médecine traditionnelle est très répandu et revêt une importance sanitaire et économique croissante. Le soin avec les plantes médicinales constitue toute une science : la phytothérapie, la phytothérapie a existé depuis l'antiquité. Les plantes, par leur métabolisme secondaires, synthétisent des métabolites de nature variée où plusieurs études scientifiques ont démontré leurs effets bénéfiques sur plusieurs pathologies, **(Umeno et al, 2016)**. Le processus de la phytothérapie passe par l'extraction des molécules actives des plantes médicinales existantes dans la nature pour la préparation de nouveaux médicaments, ouvrant ainsi des perspectives extrêmement prometteuses pour l'industrie pharmaceutique. Dans les pays en voie de développement, l'usage de cette médecine est accessible et abordable particulièrement pour les patients les plus démunis, vu le coût élevé de certains médicaments ainsi que leur indisponibilité sur le marché **(Boudjelal et al. 2012)**.

En Algérie, la science de la phytothérapie est ancrée dans les mœurs anciennes. L'importante richesse et variété de sa flore médicinale existante à l'état spontané, les connaissances ancestrales enrichies au fil des siècles par le brassage des cultures berbère, romaine et arabo musulmane ainsi que l'expérience de la population en médecine traditionnelle, constituent un véritable héritage culturel et font que les plantes médicinales continuent à avoir toute leur importance en matière de soins en

parallèle avec la médecine moderne. Ainsi, la valorisation de ces plantes demeure un domaine de grande importance pour notre pays.

A travers ce modeste travail, nous avons opté pour la présentation et mise en valeur de la phytothérapie avec la plante médicinale de *syzygium aromaticum*, utilisée en médecine traditionnelle.

Notre recherche consiste à aborder la phytothérapie en tant que méthode de soin et la plante médicinale de *syzygium* en tant que moyen de traitement, utilisées en médecine traditionnelle. A cet effet l'objectif principal est de démontrer la richesse de cette plante en molécules bioactives et de déterminer ses différentes activités biologiques.

Ce mémoire est composé de 2 parties :

Partie I : synthèse bibliographique construite de 4 chapitres

Chapitre 01 : La phytothérapie : Synthèse bibliographique sur la phytothérapie, son historique, ses types.

Chapitre 02 : Les plantes médicinales : Les méthodes d'extraction, les modes de préparation et les précautions d'emploi.

Chapitre 03 : La plante de *Syzygium Aromaticum* : Définition de l'espèce, étude détaillée concernant leur famille, leur genre, la composition chimique.

Chapitre 04 : Les métabolites secondaires la plante *Syzygium Aromaticum* : Définition, classification, structures, biosynthèse ainsi que son intérêt thérapeutique.

Partie II : Résume les recherches antérieures sur la plante de « *syzygium aromaticum* » : Cette partie concerne les études antérieurs sur la plante « *syzygium aromaticum* » ainsi que les recherches et résultats auxquels les chercheurs sont parvenus concernant les différentes activités biologiques de cette plante, comme l'activité anti-inflammatoire, l'activité antioxydante, l'activité antibactérienne ainsi que l'activité antidiabétique.

Partie 1 :
Synthèse bibliographique

1.1 Historique

Science très ancienne, la phytothérapie n'est pas propre à l'espèce humaine. En effet, nombreuses sont les espèces animales - des insectes aux chimpanzés - qui savent choisir dans leur habitat les plantes utiles pour corriger des carences alimentaires ou soigner certaines maladies. Ainsi, il est tout à fait vraisemblable que l'utilisation des plantes à des fins thérapeutiques par l'homme ne soit que l'évolution de savoirs animaux dont l'origine nous échappe encore

Le premier texte connu sur la médecine par les plantes est gravé sur une tablette d'argile, rédigé par les Sumériens en caractères cunéiformes 3000 ans. Ils utilisaient des plantes telles le myrte, le chanvre, le thym, le saule en décoctions filtrées.

Le Papyrus Ebers, du XVI^e siècle ; est le premier recueil connu consacré aux plantes médicinales. De loin le plus volumineux de l'Égypte ancienne avec « 110 pages », il fait référence à de plus anciens documents citant des dizaines de plantes accompagné d'un mode d'utilisation (**Mohammedi, 2006**).

Durant des milliers d'années, la phytothérapie a constitué la principale source de remèdes contre de nombreuses maladies. Aujourd'hui, elle est abondamment utilisée avec succès dans le monde par des millions d'êtres humains pour qui la médecine occidentale reste en grande partie inaccessible.

Dans les pays développés, avec l'avènement de la chimie moderne vers la fin du XIX^e siècle et la découverte de nouveaux médicaments considérés comme miraculeux (comme les antibiotiques), la phytothérapie a été reléguée au second plan comme des « remèdes de grand-mère » aux vertus incertaines.

Le 21^e siècle est marqué par l'émergence d'une nouvelle phytothérapie qui réconcilie : les traditions séculaires, les preuves d'une efficacité scientifique, une haute technicité garante de la qualité et sécurité des produits ainsi que le respect du végétal (technique du cryobroyage et de la Nature.

1.2 Définition

La phytothérapie est l'art d'utiliser les plantes pour se soigner. Du grec « python » qui signifie plante et « thérapie » qui signifie soigner, il s'agit donc d'une thérapeutique allopathique (c'est-à-dire soigner par des substances qui ont l'effet inverse à la pathologie dont souffre le patient) destinée à prévenir et traiter des troubles fonctionnels et des états pathologiques bénins par des plantes médicinales dénuées de toxicité dans les conditions normales d'utilisation (**Sahpaz, 2019**).

La phytothérapie est l'un des éléments constitutifs des **médecines traditionnelles** et ancestrales. Elle puise notamment ses origines dans la pharmacopée chinoise et la pharmacopée indienne.

L'usage des **plantes pour soigner des maladies** est également mentionné dans des textes sumériens datant du III^e millénaire. (**Korsia-Meffre, 2012**).

Il existe deux approches de phytothérapie :

- **Phytothérapie traditionnelle** : qui reprend des usages ancestraux empiriques et se consacre par une approche holistique aux effets de la plante dans sa globalité, et sur tout l'individu, en utilisant des préparations domestiques ou à plus grande échelle administrées par voie orale.
- **Phytothérapie modern**, appelée aussi phytothérapie rationnelle : qui utilise des méthodes modernes d'extraction des principes actifs contenus dans les plantes médicinales et valide leur propriétés bénéfiques pour la santé par une approche scientifique d'analyses biochimiques et pharmacologiques appuyées par la puissance de calcul informatique, ainsi que par des essais cliniques.

Cette approche reprend la méthodologie de la médecine fondée sur les faits, si bien que cette méthode de guérison basée sur les plantes est désormais connue sous le nom de « phytothérapie fondée sur les faits ».

1.3 Types de phytothérapie

1.3.1 Aromathérapie : est une thérapeutique qui utilise les extraits aromatiques de plantes (essences et ou huiles essentielles), ce sont des produits complexes à utiliser souvent à travers la peau. (**Lehout Roumeissa, 2015**).

1.3.2 Gemmothérapie : est une thérapeutique qui utilise les extraits alcooliques des tissus embryonnaires végétaux en croissance tel que jeunes pousses, bourgeons et les racelles.

1.3.3 Herboristeri : consiste dans la préparation et la commercialisation de plantes médicinales ou de préparations dérivées. La préparation repose sur des méthodes simples, le plus souvent à base d'eau : décoction, infusion, macération.

1.3.4 Homéopathie : elle consiste à traiter une maladie par des substances susceptibles de produire des troubles semblables à ceux déterminées par la maladie elle-même.

1.3.5 Phytothérapie chinoise : fait partie d'un ensemble appelé « médecine traditionnelle chinoise » qui inclut l'acupuncture et la diététique chinoise. Cette phytothérapie vise à modifier les quantités de différentes énergies ou le circuit de ces énergies dans l'organisme.

1.3.6 Phytothérapie pharmaceutique : utilise des produits d'origine végétale obtenus par extraction et qui sont dilués dans de l'alcool éthylique ou un autre solvant. Ces extraits sont dosés en quantités suffisantes pour avoir une action soutenue et rapide. Ils sont présentés comme toute autre spécialité pharmaceutique sous forme de sirop, de gouttes, de suppositoires, de gélules, de lyophilisats, de nébulisats (extraits de plantes desséchées par la chaleur), etc. Les concentrations sont assez élevées et la non-toxicité de ces médicaments est parfois relative.

2. Plante médicinale

2.1 Définition

Ce sont des plantes utilisées en médecine traditionnelle dont au moins une partie possède des propriétés médicamenteuses. Leur action provient de leurs composés chimiques (métabolites primaires ou secondaires) ou de la synergie entre les différents composés présents. (Sanago, 2006).

Les plantes médicinales sont utilisées pour leurs propriétés particulières bénéfiques pour la santé humaine. En effet, elles sont utilisées de différentes manières, décoction, macération et infusion. Une ou plusieurs de leurs parties peuvent être utilisées, racine, feuille, fleur. C'est *une plante présentant des propriétés médicamenteuses, sans avoir une utilisation alimentaire, condimentaire et hygiénique*". (Dutertre, 2016)

La définition de la Pharmacopée française, plus récente, est plus précise **car elle définit les plantes médicinales comme "des drogues végétales qui peuvent être utilisées entières ou**

sous forme d'une partie de plante et qui possèdent des propriétés médicamenteuses". (Jorite, 2015)

2.2 Parties de plantes médicinales utilisées

Les différentes parties de la même plante médicinale peuvent présenter des constituants chimiques très différents et qui n'ont pas la même action thérapeutique. Généralement, en médecine traditionnelle, la partie qui contient le plus de principes actifs est la plus employée. Les différentes parties de plantes qui peuvent être employées chez la plupart des populations sont ceux qui ont été décrites par :

Racine : Les racines peuvent être fibreuses, solide ou charnues

Rhizome : Le rhizome est une tige ligneuse ou allongée charnue qui pousse généralement horizontalement en dessous du sol, formant des feuilles au-dessus du sol et des racines dans le sol.

Bulbe : Un bulbe est une pousse souterraine verticale disposant de feuilles modifiées utilisées comme organe de stockage de nourriture par une plante à dormance. Les bulbes les plus populaires en médecine traditionnelle sont l'oignon et l'ail.

Tubercule : Un tubercule est une structure charnue gonflée, généralement souterraine, qui assure la survie des plantes pendant la saison d'hiver ou en période de sécheresse. Ces organes peuvent être formés sur les racines ou se développent sur les parties aériennes de la plante. La pomme de terre africaine (*Hypoxis* sp. De la famille Hypoxidaceae) est un exemple bien connu

Écorce : L'écorce est la couche protectrice externe d'un tronc d'arbre, elle est souvent riche en toxines (phénols) et principes amers (tanins) ce qui la rend plus protectrice. Exemple : (*Cinchona* sp. Rubiaceae) et (*Cinnamomum camphora* et *C. camphra*, les deux de la famille Lauraceae).

Feuilles : Les feuilles peuvent être utilisées seules ou mélangées avec leur pétiole. Exemple : *Ginkgo bilobé* de la famille Ginkgoaceae.

Gommes : les gommes sont des composés solides constituent d'un mélange de polysaccharides. Ils sont solubles dans l'eau et partiellement digérés par les êtres humains. Exemple (*Acacia Sénégal* ; *Terminalia benzoides*), (Lehout Roumeissa, 2015).

2.3 Extraction des plantes médicinales

L'extraction végétale est un procédé visant à extraire certains constituants présents dans les plantes. C'est une opération de séparation solide/liquide : un corps solide (le végétal) est mis en contact d'un fluide (le solvant).

Les composés d'intérêts végétaux sont alors solubilisés et contenus dans le solvant.

La solution ainsi obtenue est l'extrait recherché. Le solvant sera ensuite éventuellement éliminé afin d'isoler l'extrait végétal. Dans le cas où il est alimentaire, il n'est pas obligatoire de le dissocier de l'extrait. Dans le cas contraire une deuxième opération de séparation permet d'obtenir un extrait sec. Il y a trois étapes préalables avant l'extraction :

1. Le choix de la matière première : Plante fraîche, plante sèche ou plante stabilisée.
2. Le traitement préalable de la drogue : Concassée, broyée plus ou moins finement selon le degré d'extraction recherché.
3. Le choix du solvant : L'eau, l'alcool, la glycérine, l'acétone, le méthanol etc...

2.4 Différentes modes de préparation des plantes

Le mode de préparation d'une plante médicinale est la méthode d'extraction des principes actifs responsables d'action guérisatrice. Il peut avoir un effet sur la quantité ces produits chimiques présents. Les modes de préparation les plus courants sont : l'infusion, la décoction et la macération.

2.4.1 Infusion

L'infusion consiste à verser de l'eau bouillante sur les parties fragiles des plantes (feuilles, fleurs) et à laisser au repos pour quelques temps. Peu à peu les substances actives sortent des plantes et on observe une coloration progressive de l'eau.



Figure 1 : Infusion de gingembre

2.4.2 Decoction

Cette technique consiste à faire bouillir de l'eau froide dans laquelle on a mis des parties dures et épaisses des plantes et laisser cuire (tiges, racines, écorces, feuilles épaisses). Les plantes libèrent leurs substances actives dans de l'eau peu à peu au cours de la cuisson. La durée d'ébullition varie entre 10 et 20 min selon l'espèce.

2.4.3 Macération

C'est mettre en contact une plante, fraîche ou séchée, dans de l'eau froide durant plusieurs heures ou plusieurs jours. C'est la méthode qui est utilisée pour fabriquer le purin d'ortie, très utile au jardinier. D'autres solvants, comme de l'huile, de l'alcool pur ou un mélange d'eau et d'alcool, peuvent être utilisés pour réaliser une macération. C'est par exemple le mode de préparation traditionnel d'huile d'arnica.

Le liquide de macération peut être de l'eau, de l'alcool ou du vinaigre.

Dans le cas de la macération à l'eau, les plantes doivent être versées dans le liquide froid ou tiède pendant quelques heures. Les macérations à l'eau ne doivent pas dépasser une douzaine heures par risque d'oxydation et de fermentation du liquide. .

Pour l'alcool, le vinaigre, huiles, cette macération peut se prolonger plusieurs jours sans inconvénients.



Figure 2 : macération de nerprun cathartique

2.4.4 Inhalation

C'est une technique qui consiste à dégager les voies respiratoires (nez, poumons, etc.) en respirant la vapeur chargée de substances actives des plantes. On se penche au-dessus du liquide chaud contenant de l'extrait liquide des plantes, la tête couverte d'une serviette pour respirer la vapeur pendant quelques minutes. (Secaar, 2018).

2.5 Forme de préparation en phytothérapie

Comme son étymologie l'indique, la phytothérapie consiste en l'utilisation des plantes sous différentes formes (ou galénique) :

2.5.1 Tisane

Selon des phytothérapeutes, la façon la plus simple de profiter des bienfaits d'une plante reste la tisane. Il s'agit de la forme traditionnelle par excellence.

La plante est séchée dans les règles de l'art et conserve bien les principes actifs, surtout ceux qui sont hydrosolubles (solubles dans l'eau). La tisane reste idéale pour drainer l'organisme (éliminer les toxines) ou recourir à des quantités importantes de plantes. Cependant, cette forme ne reste pas très pratique vis-à-vis des autres possibilités d'utiliser les plantes



Figure 3: La plante médicinale forme de tisane

2.5.2 La poudre

La plante sèche est pulvérisée en particules fines, micronisées (grains de 100 à 300 microns). Certains fabricants proposent des poudres de plantes fraîches cryobroyées : la pulvérisation se fait dans l'azote liquide, à -196°. Certaines poudres, au contraire, peuvent être employées telles qu'elles, dans un yaourt, une compote ou jus de fruits par exemple (prêle, ortie) mais la plupart

du temps, elles sont mises en gélules, soit en officine, soit au laboratoire pour délivrer un produit fini



Figure 3 : plante médicinale : Forme en poudre

2.5.3 Sous forme de gélule

Les gélules n'ont pas la forme galénique la plus efficace. Il faut en effet consommer entre 01 et 03 gr de plantes par jour pour avoir un effet observable sur l'organisme alors que les gélules sont en moyenne dosées à 250.

2.5.6 liquides :

2.5.6.1 La teinture mère (TM) ou macération hydro-alcoolique

S'agit d'une macération des plantes fraîches dans de l'alcool qui se présente sous la forme d'un flacon muni d'un compte-gouttes. Sa préparation figure aux pharmacopées française et européenne. Les médecins phytothérapeutes utilisaient fréquemment les teintures mères en raison de leur diversité et de leur péremption longue (5 ans). Malheureusement, du fait d'une réglementation européenne restrictive, cette forme galénique va tendre à disparaître des officines. Par ailleurs, ce type de préparation ne convient pas aux enfants, femmes enceintes et aux personnes sensibles à l'alcool.

.5.6.2 La suspension intégrale de plante fraîche (SIPF)

C'est une forme plus récente, obtenue par cryobroyage d'une plante fraîche juste après sa récolte, qui est ensuite mise en suspension dans de l'alcool à 30°. Elle conserve l'ensemble des molécules actives de la plante et se présente en flacons de verre teintés ou en ampoules buvables. Il existe peu de plantes sous cette forme, qui est pourtant intéressante lorsqu'il faut conserver l'intégralité du contenu de la plante ou employer une plante fraîche. Néanmoins, elle est

relativement onéreuse pour les traitements prolongés. (Lucie, 2017).**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**

Figure 5 :
mère (TM)
hydro-



Forme de teinture
ou macération
alcoolique

2.5.6.3 Huile

essentiel

Elles résultent de la distillation à la vapeur d'eau de l'essence, sécrétion naturelle synthétisée par les plantes aromatiques. C'est le domaine de l'aromathérapie, méthode spécialisée et nécessitant un apprentissage spécifique. Les huiles essentielles ne contiennent que des molécules volatiles de petite taille, beaucoup plus concentrées que dans les autres formes. Elles peuvent être Toxiques et sont à éviter chez les enfants et femmes enceintes. Néanmoins, bien utilisées, elles sont particulièrement efficaces, par exemple dans les maladies infectieuses. De la même façon, vous pouvez aussi retrouver sur *Santé sur le Net* notre fiche exclusive sur l'aromathérapie.



Figure 6 : Forme d'huile essentielle

3. Généralités sur la plante

3.1. Définition

Syzygium aromaticum une plante médicinale utilisée traditionnellement. Sa richesse en métabolites secondaires lui confèrent plusieurs effets biologiques dont les activités anti-inflammatoires, anti-microbiennes, anti-cancéreux et anti-oxydants (**Kacemi, 2017**).

Est une plante connue de tous, du moins son bouton floral, le clou de girofle. Mais peu de personnes connaissent ses véritables propriétés (**Kacemi, 2017**).

Syzygium aromaticum est l'épice le plus utilisé pendant plusieurs siècles pour la conservation des aliments et en médecine grâce à ses composants phénoliques comme eugénol, acétate d'eugénol et acide gallique, qui sont utilisés en pharmacie et cosmétologie (**Diego Francisco et al., 2014**).

3. 2. Description botanique du *Syzygium aromaticum*

3.2.1. Classification

Tableau 1 : Classification du *Syzygium aromaticum* (**Ghedira et al., 2010**).

Règne	Plante
Sous-règne	Tracheobionta
Embranchement	Magnoliophyta
Sous-embranchement	Magnoliophytina
Classe	Magnoliopsida
Sous classe	Rosidae
Ordre	Myrtales
Famille	Myrtaceae
Genre	<i>Syzygium</i>
Espèce	<i>Syzygium aromaticum</i>

3.2 .1.1. Ordre des Myrtales

Cet ordre numériquement important sur terre, regroupe la famille des Myrtacées avec celles des Punicacées (exemple : le grenadier), des Oenotheracées (exemple : l'onagre) et d'autres encore.

Les Myrtales représentent la transition entre les Eurosidiées I (Fabidées) et les eurosidiées II (Malvidées) (**Dupont et Guignard ; 2012**).

3.2 .1.2. Famille des Myrtacées

La famille des Myrtacées regroupe de 155 genres et 4000 espèces pour la grande majorité est distribuées dans de nombreux pays tropicaux (Amérique du Sud, Australie et South east Asia).

La famille des Myrtacées possède plusieurs activités comme activité cytotoxique, anticholinestérase et antibactérienne (**Muhamad et al., 2018**).

Ces plantes sont chargées de monoterpènes, 1,8-cinéole, caryophyllène, eugénol et Tanins, ce qui explique leur intérêt pour le pharmacien en aromathérapie, et leur action ciblée Sur les organes respiratoires (**Vermeulen et Johnston ; 2011 ; Dupont et Guignard ; 2012**).

3.2.1.3. Genre syzygium

Le genre syzygium est caractérisé par le développement initial de deux cotylédons non soudés. Les cotylédons sont les feuilles embryonnaires de la plante, contenant des substances nutritives pour permettre son développement. Une autre spécificité propre à ce genre est l'inflorescence en cyme terminale (**Amshoff ; 1966**).

3.2.1.4. Espèce

Comme beaucoup d'espèces, le giroflier a porté plusieurs noms scientifiques avant d'être nommé *Syzygium aromaticum* (**Perrier de la bathie ; 1953 ; Amshoff ; 1966 ; Dupont et Guignard ; 2012**).

- Caryophyllus aromaticus L. (1753)
- Eugenia caryophyllata Thunb. (1788)
- Eugenia caryophyllus Spreng. (1825)
- Eugenia aromatica (L.) Baill. (1876)
- Jambosa caryophyllus (Thunb.) Nied. (1893)
- Syzygium aromaticum (L.) Merr. & L.M.Perry, (1939)

Actuellement, les noms *Syzygium aromaticum* et *Eugenia caryophyllus* sont tous les deux employés.

Tableau 2: Dénomination internationales de *Syzygium aromaticum* (Haddouche et Dernani ; 2018).

Nom Commun	Giroflier, Laung
Nom Français	Clou de girofle, arbre au clou
Nom Anglais	Clove,buds
Nom Arabe	Kourounfoul

3.3. Description de la plante

Syzygium aromaticum est un grand arbre au tronc gris clair de 12 à 15 mètres de hauteur pouvant atteindre jusqu'à 20 mètres de haut .Il présente un port érigé et pyramidal il peut vivre jusqu'à 150 ans.

Son feuillage est aromatique, coriace, persistant vert sombre et vernissé au revers plus clair. Ses feuilles sont opposées, entières, elliptiques, d'environ 10-12 cm à nervure médian marquée et parsemées de glandes sur le revers.

Les fleurs sont disposées en cymes terminales de 25 fleurs environ, formant 3 fourches.

Elle se présente sous la forme d'un long pédoncule, petite fleur à l'extrémité des rameaux, à 4 pétales (blanc-rosé) pompon Duveteux d'étamines blanches saillantes, les fleurs à 4 pétales blanc rosé sont caractérisées par leurs sépales rouges persistants.



Figure 7: Fleur de syzygium



Figure 8 : Structure de *Syzygium aromaticum*

Ce sont les boutons floraux cueillis avant épanouissement que l'on appelle les *Syzygium aromaticum* et l'huile essentielle qui est utilisés pour leurs vertus thérapeutiques ; Les fruits du *Syzygium aromaticum* sont des baies pourpres comestible. (Khouloud, 2019).

3.4. Culture de *Syzygium aromaticum*

3.4.1 Ecologie

Syzygium aromaticum , comme beaucoup d'autres plantes de la famille des Myrtacées, est habitué aux climats tropicaux.

Il a également besoin d'humidité, de chaleur, et d'une altitude basse, ne dépassant pas 300 mètres. Les climats marins semblent favoriser son développement.

Dans l'idéal, *Syzygium aromaticum* a besoin d'un sol volcanique (ou sédimentaire), au bord de mer (surtout pour l'altitude), avec une forte pluviométrie bien répartie sur l'année, et un ensoleillement plus marqué à l'apparition des inflorescences. (Boid, 1999).

3.4.2. Technique de culture

3.4.2.1. Transplantation des sauvageons

Il s'agit de la méthode ancestrale pour cultiver le *Syzygium aromaticum* . Cette technique consiste à transplanter les jeunes sauvageons trouvés sous les arbres producteurs des plantations, afin qu'ils aient plus d'espace pour grandir. C'est une opération rapide qui permettrait de développer des arbres plus fructifères que les arbres cultivés en pépinière (non démontré).

Cependant cette méthode entraine un fort taux de mortalité des sauvageons, et une croissance lente. La technique de culture la plus utilisée à ce jour est celle des semis.

3.4.2.2. Multiplication par semis

La difficulté de cette technique réside dans la courte faculté germinative que possèdent les graines. En effet, les anthofles doivent être semés très frais, c'est à dire dans les deux semaines après la récolte. Seuls les anthofles de couleur rouge violacé pour la mise en terre dans des conditions optimales de température et d'humidité.

Deux à trois semaines plus tard, la germination commence. Lorsque les jeunes plantes atteignent 1m de hauteur, elles sont transplantées, c'est à dire environ après 10 à 14 mois de pépinière.

L'ombrage est indispensable dans les premiers temps, puis une fois la plantation à demeure effectuée, l'exposition en plein soleil sera bienfaisante. (Boullard, 2014).

3.4.3. Récolte

La récolte des *Syzygium aromaticum* se fait au moment où ils contiennent le plus d'essence (Lorsqu'ils sont roses et les pétales pas encore ouverts). Ces *Syzygium aromaticum* sont récoltés, après 6 à 8 ans de culture de l'arbre, 2 fois par an. Ce sont des boutons auxquels on ôte le pédicelle manuellement et que l'on met sécher au soleil jusqu'à ce qu'ils deviennent brun rouge. Boutons floraux appelés *Syzygium aromaticum*

Les racines, les rameaux, les feuilles les fleurs et les fruits contiennent tous une HE dont la composition diffère. Par exemple l'HE des feuilles contient seulement 2 à 3 % d'eugénol.

L'huile essentielle de girofle provient de la distillation des boutons de *Syzygium aromaticum* traités à la vapeur.



Figure 9 : Récolte de *Syzygium aromaticum*

Trois étapes succèdent à la récolte :

1. L'égriffage

Le soir même, les clous sont séparés des griffes

2. Séchage

Les griffes et les syzygium sont séchés séparément au soleil sur des nattes végétales pendant 2 ou 3 jours afin de les conserver dans de meilleures conditions. Cela permet de favoriser l'inhibition de toute activité enzymatique après la récolte, et d'éviter la dégradation de certains constituants ainsi que la prolifération microbienne.



Figure 10 : Séchage de *Syzygium aromaticum*

3. Vannage

Cette étape permet d'éliminer les dernières impuretés à l'aide d'un van (sorte de panier percé de petits trous).

Les feuilles peuvent, quant à elles, être cueillies toute l'année. Mais si un arbre est destiné à produire des clous, les feuilles ne seront pas récoltées sur celui-ci. Il existe des arbres à clous, et des arbres à feuilles. (AFSSAPS, 2008).

3.4.4. Domaines d'utilisations

3.4.4.1. Domaines médicinales

Les boutons floraux du *Syzygium aromaticum* possèdent des propriétés antiseptiques et anesthésiques qui sont reconnues depuis très longtemps et proposées dans les douleurs dentaires. Il entre dans la composition du khôl, primitivement onguent ophtalmique.

Syzygium aromaticum est un anti-inflammatoire et antibactérien, il est utile pour lutter contre beaucoup d'infections urinaires, digestives et cutanées.

3.4.4.2. Domaines culinaires

En cuisine, il est présent dans le pain d'épices, les biscuits en mélange avec la cannelle, le pot-au-feu, les marinades, la choucroute et il est indispensable à la plupart des currys, comme il est utilisé en infusion avec le thé.

3.4.4.3. Domaines de cosmétique

Il sert de parfum d'ambiance sous forme de « pomme d'ambre » que l'on fabrique enpiquant toute la surface d'une orange de *Syzygium aromaticum* odeur de , comme l'eugénol, *Syzygium aromaticum* qui est un phénol. **(Khouloud, 2019).**

3.5. Composition chimique

Le *Syzygium aromaticum* est riche en substances bioactive telle que :

L'Huile essentielle (20%): HE contenant d'eugénol (85-95% de l'huile de clou de girofle), acétate d'eugénol (5 à 10 %), alpha- et bêtacaryophyllène (5 à 12%) et un dérivé cétonique **(Ghedira et al., 2010 ; Paul et Ferdinand, 2005).**

Autre constituants: flavonoïdes (environ 0,4%), tanins (environ 12%), acide phénolique, stérols, triterpène et des chromons **(Max et robert, 2003).**

3.6. Propriété biologique et pharmacologique

- Activité antioxydant ;
- Activité antimicrobienne ;
- Activité cytotoxique **(Diego Francisco et al., 2014).**
- Activité antiviral comme Anti-herpes (simple virus) **(Ugwu et al., 2017)**
- Activité anti-inflammatoire ;
- Activité anticancéreux **(Ghedira et al., 2010)**
- Antiparasite **(Yashab K et al., 2014)**
- Propriété anesthésique, analgésique **(Pulikottil et Nath, 2015)**, antiseptique **(Sarmistha et al., 2006)**, Stimulus et diurétique **(Amit et Parul, 2011).**

4. Généralité sur les métabolites secondaires

Les métabolites secondaires sont des produit du métabolisme qui est formé après la fin de la phase de croissance de la cellule (**Cailliez et Verreman, 2004**). Il s'agit majoritairement de molécules de taille, de masse faible et pas essentiels à la vie de la plante comparées aux molécules du métabolisme primaire (acides nucléiques, glucides, lipides et acides aminées).

Elles sont majoritairement la source d'odeurs jouant le rôle à la fois de répulsif envers les prédateurs (concurrents écologique) et d'attractif, des pigments permettant de capter le rayonnement solaire mais aussi de protéger la plante contre ce rayonnement (**Bezzaz, 2014**).

Les trois classes principales de métabolites secondaires chez les plantes sont les substances phénoliques, les alcaloïdes et les terpénoïdes (**Ravan et al., 2014**).

4.1. Classification

4.1.1. Composées phénoliques

Les polyphénols sont des molécules largement répandues dans le monde végétal. De nombreuses études ont été réalisées sur ces métabolites secondaires (**Lorène et al., 2016**).

Les substances phénoliques sont des composés possédant tous un groupement hydroxyle (OH) attaché à un cycle aromatique (un anneau de six carbones avec trois doubles liaisons). Ils sont le groupe de plus étudié de métabolites secondaires car beaucoup de produits phénoliques restent encor inconnue (**Ravan et al., 2014**). Les polyphénols naturels vont de molécules simples, comme les acides phénoliques, à des composés hautement polymérisés comme les tanins (**Mohammedi, 2013**).

Les polyphénols végétaux ont d'abord été étudiés pour leurs propriétés physico chimiques sont très bien d'écrites, notamment leurs propriétés spectrales (UV) et leurs propriétés antioxydantes (**Lorène et al. 2016**).

4.1.1.1. Tanins

Les tanins sont des substances polyphénoliques de structures variées, Très répondu dans le règne végétal ils peuvent exister dans divers organes (**Chérifa, 2014**). Les tanins doivent leur nom à la propriété qu'ils ont provoqué la précipitation des protéines (**Ulrich et al., 2002**)

Les tanins possèdent des propriétés antioxydants, anti-inflammatoire, antimicrobienne et activités antimutagènes. Les tanins permettent aussi de stopper les hémorragies et de lutter contre les infections (**Abdelli, 2017 ; Mohammedi, 2013**).

4.1.1.1.1. Tanins galliques

Les tanins galliques sont des polymères d'acide gallique et de glucose (Ulrich *et al.*, 2002). Ce sont des tanins hydrolysables, comme les acides ellagiques et chébuliques (Hakim, 2012).

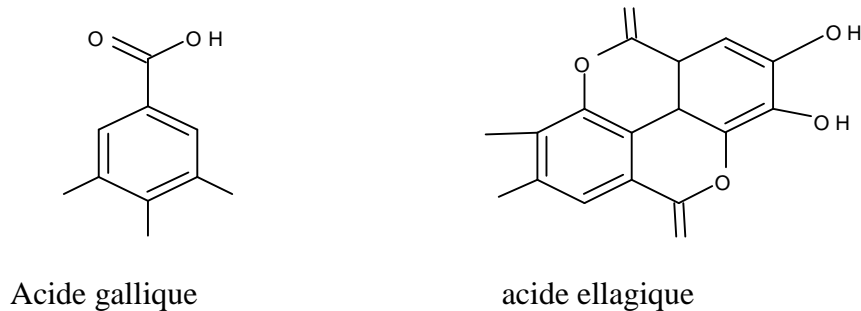


Figure 11: Structures de l'acide gallique et ellagique (Packer., 2001).

4.1.1.1.2. Tanins catécholiques

Ce sont des tanins non hydrolysables (Dits condensés et proanthocyaniques). Ils sont plus complexes que les tanins galliques, ils possèdent un squelette phényl-chromane de flavonoïdes (Hakim, 2012).

4.1.1.2. Flavonoïdes

Les flavonoïdes sont des composés naturels appartenant à la famille des polyphénols, formant ainsi l'ensemble des substances les plus répandues. Ce sont des pigments responsables de la coloration des fleurs, des fruits et des feuilles (Bezzaz, 2014).

Les flavonoïdes possèdent une diversité structurale très importante, ces diverses structures se rencontrent aussi bien sous la forme libre (aglycone) que sous forme de glycosides. La structure chimique des flavonoïdes est basée principalement sur un squelette de 15 atomes de carbone constitué de deux noyaux benzéniques A et B reliés par une chaîne en C3 (Figure 12).

Ils jouent un rôle important dans la protection des plantes (Mekkiou, 2005).

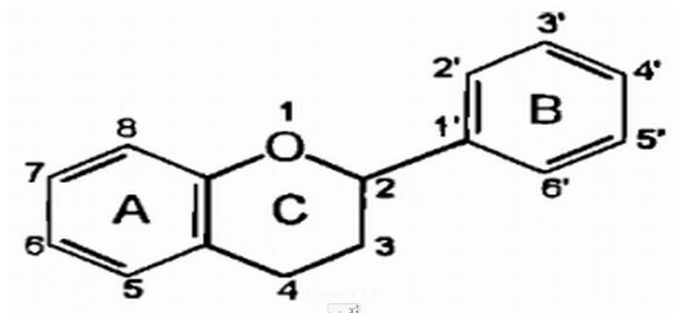


Figure 12 : Structure de base des flavonoïdes (Chira et al ; 2008).

Les flavonoïdes se différencient par le degré d'oxydation de l'hétérocycle C et par les modes d'hydroxylation des anneaux A et B.

Les groupes principaux sont les flavanols, les flavones, les flavanones, les flavonols, les isoflavones et les anthocyanidines (Bezzaz, 2014).

Les flavonoïdes, en générale, possèdent de nombreuses activités biologiques telle que : activités antimicrobiennes, antioxydants, cytotoxique (Abdelli, 2017), anti-inflammatoires, antiâge et anti-collagénase (Lorène et al., 2016).

4.1.1.2.1. Flavonols

Les flavonols sont caractérisés par la présence d'une double liaison en position 2-3 et d'un groupement hydroxyle en C3 (figure 13). Elles sont les flavonoïdes les plus répandus dans le règne végétal, leur couleur varie du blanc au jaune. Les flavonols qui s'accumulent dans les tissus végétaux sont presque toujours sous la forme conjugués glycosylés (Fraga, 2009).

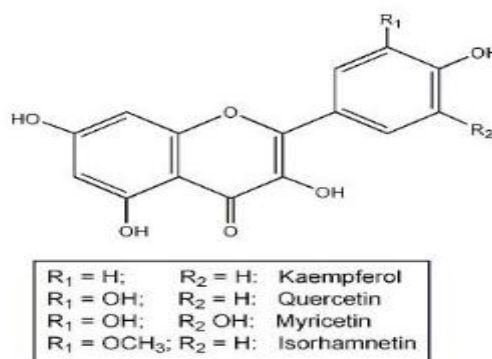


Figure 13 : Structure de base des flavonols (Chira et al ; 2008).

4.1.1.2.2. Anthocyanes

Les anthocyanidines ne possèdent pas de groupe OH en position 4 et ont une double liaison entre les positions 3 et 4 (figure 14). Les anthocyanines sont responsable de la coloration des fleurs et des fruits (**Bezzaz, 2014**).

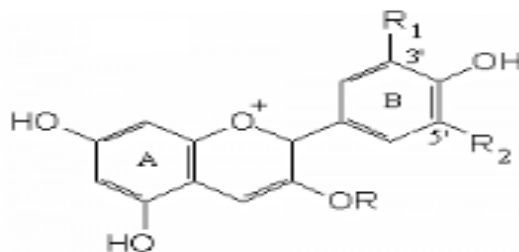


Figure 14 : Structure de base des anthocyanidines (**Chira et al ; 2008**).

4.1.2. Terpène

Les terpènes ou terpénoïdes existent chez toutes les plantes et représentent de loin la plus vaste catégorie de métabolites secondaires, avec plus de 22.000 composés décrits. Le terpénoïde le plus simple est un hydrocarbure (isoprène) (C₅H₈) (**Ravan et al., 2014**).

Selon le nombre d'unités isopréniques qui les constituent, on distingue les terpènes en : Monoterpènes en (C₁₀), les sesquiterpènes en (C₁₅), les diterpènes en (C₂₀), les triterpènes en (C₃₀), et polyterpènes formés de 500 à plus de 5000 unités isoprènes (**Guignard, 2000**).

Les terpénoïdes jouent de multiples rôles chez les plantes certaines sont des pigments photosynthétiques (les caroténoïdes) ou des hormones (l'acide abscissique) tandis que d'autres sont utilisés en tant que composant de la structure des membranes (les stérols) ou des transporteurs d'électrons (ubiquinone) (**Ravan et al., 2014**).

Les terpènes, en générale, possèdent des propriétés antimicrobiennes, anti-carcinogéniques, anti-malariales et diurétiques (**Abdelli, 2017**).

4.1.2.1 . Saponosides

Les saponosides constituent un vaste groupe d'hétérosides très fréquents chez les végétaux. Les saponosides triterpéniques ont souvent un squelette pentacyclique. Ils se caractérisent par des effets tensio-actifs leur conférant la propriété de former des solutions moussantes lorsqu'ils sont dissous dans l'eau.

Les saponosides jouent un rôle de défense du végétal contre les pathogènes microbiens (**Sabrina, 2003**).

Les saponosides possèdent de nombreuses activités biologiques telle que: activités antifongiques, antioxydants, anti-inflammatoires et antivirales (**Abdelli, 2017**).

4.1.2.2. Stérols

Les stérols sont des alcools comportant le noyau stérane, et qui ont les caractères de solubilité des lipides avec certaine hydrophilie due à leur groupement alcool (**Heller, 1969**).

Les stérols sont naturellement présents en petites quantités dans de nombreux fruits légumineux, fruits secs et huiles végétales. Ce sont des éléments essentiels des membranes cellulaires végétales (**Bezzaz, 2014**).

5. Les huiles essentielles

5.1. Définition

Les huiles essentielles sont des mélanges naturels complexes de métabolites secondaires lipophiles, volatiles, odorants et souvent liquides synthétisés et stockés dans certains tissus végétaux spécialisés. Elles sont responsables de l'odeur caractéristique de la plante (**Bezzaz, 2014**). Leur rôle est attractif ou répulsif vis-à-vis des prédateurs (**Guignard, 2000**).

Les huiles essentielles possèdent de nombreuses activités biologiques telle que : activités antimicrobiennes, antioxydants et anti-inflammatoires (**Abdelli, 2017**).

5.2 Localisation

Les huiles essentielles peuvent être produites par différentes parties de la plante : fleurs (Lavande, Menthe), les écorces (Cannelier), les racines (Vétiver), les rhizomes (Gingembre), les fruits (orange), le bois (Camphrier), les feuilles (Eucalyptus), les graines (anis) et les boutons floraux (clou de Girofle) (**Houari, 2015**).

5.3. Composition chimique

La composition des HE est très complexe. Il existe deux types chimiques :

Composés terpéniques : Il s'agit d'une famille de composés largement répandus dans le règne végétal. Ils sont formés par la combinaison de 5 atomes de carbone (C₅) nommée : isoprène par exemple Menthol (Menthe) et limonène (citron)...etc.

Composés aromatiques : Ils sont beaucoup moins fréquents dans les huiles essentielles que les composés terpéniques. par exemple Eugénol (girofle) et Aldéhyde cinnamique (cannelle)...etc (**Brigitte et al., 2008**).

5.4. Propriétés physiques des huiles essentielles

- Les HES sont liquides à température ambiante.
- Elles sont odorantes et très volatiles.
- Elles ne sont que très rarement colorées (**Bezzaz, 2014**).
- Elles sont liposolubles et solubles dans les solvants organiques usuels ainsi que dans l'alcool, entraînaibles à la vapeur d'eau mais très peu solubles dans l'eau.
- Elles présentent une densité en général inférieure à celle de l'eau.
- un indice de réfraction élevé.
- Elles sont altérables et sensibles à l'oxydation (**Lakhdar, 2015**).

Partie 2 :

Recherches antérieures sur

Syzygium aromaticum

1. Rendement d'extraction

Le rendement d'extraction correspond au pourcentage des métabolites secondaires dissouts dans un solvant organique et/ou aqueux utilisé pour l'extraction. Il est calculé à partir du poids de l'extrait sec par rapport au poids de la matière végétale sèche réduit en poudre. (Abe et al., 2010).

Le rendement d'extraction est calculé selon la formule suivante : (Falleh et al ; 2008)

$$R (\%) = 100 M_{\text{ext}} / M_{\text{éch}}$$

- R est le rendement en %.
- M_{ext} est la masse de l'extrait après évaporation du solvant en mg
- $M_{\text{éch}}$ est la masse sèche de l'échantillon végétal en mg.

L'extraction par macération est basé sur l'utilisation de deux types de solvants : solvant méthanolique et de l'eau distillée, de polarité différente respectives de 6,6 et 9,0 (Bourgou et al, 2016).

L'utilisation du solvant hydro-alcoolique permet une bonne récupération des composés polaires, ainsi que les composés de moyenne et de faible polarité, principalement les composés phénoliques (Xia et al., 2010).

La valeur du rendement dépend de plusieurs facteurs tels que : l'espèce, la période de récolte, les pratiques culturales, la technique d'extraction (Marzouki et al., 2009; Olle, Bender, & Koppe, 2010), facteurs climatiques (chaleur, froid), la géographie (altitude, nature du sol, taux d'exposition au soleil), et la nature des plantes aromatiques (Descamps-Marie, 2008).

Selon l'étude de (Medfouni et Hafsi ; 2018) l'extraction d'un échantillon de *Syzygium aromaticum* a fourni un rendement de 4% ; ce résultat est supérieur à celui trouvé par ATMANI et BAIRA (2015) qui est d'ordre 3,5%. Et inférieur à celui trouvé par Houari (2015) qui est d'ordre 10,60%. Cette variabilité en rendement peut être attribuée à plusieurs

Partie II : Recherches antérieurs sur Syzygium aromaticum

facteurs dont essentiellement, l'origine géographique, l'espèce, la période de récolte, la durée de séchage et la technique d'extraction d'HE (Houari, 2015).

Le méthanol a montré une meilleure efficacité d'extraction par rapport aux autres solvants (Nazrul et al ; 2010 ; Edziri et al. 2011).

2. Analyse phytochimique

L'analyse phytochimique vise à identifier les métabolites secondaires d'une plante. Dans cette analyse, les composés phytochimiques présents dans un extrait brut de la plante seront criblés par les dosages qualitatifs des métabolites secondaires végétaux et les tests phytochimiques qualitatifs pour les alcaloïdes, les phénols, les glycosides, saponines, flavonoïdes, tanins, sucres réducteurs seront réalisés (Harborne ; 1973; Evans ; 1997). L'intensité de la couleur est utilisée comme réponse pour ces tests selon (Hemalatha et al ; 2016).

Selon l'étude de (Ali M et al ; 2018), le criblage phytochimique qualitatif et quantitatif de l'extrait de *Syzygium aromaticum* a donné les résultats présentés dans (Tableau 3). Le résultat a indiqué la présence d'alcaloïdes, de terpénoïdes, de flavonoïdes, de stéroïdes, de phénol, d'antraquinones, de saponine et de tanin tandis que les sucres réducteurs et les glycosides sont absents. Quantitativement, l'alcaloïde s'est avéré être le constituant abondant faisant environ 9,6%, suivi du tanin et de la saponine constituant respectivement 4,8% et 3,7%.

Tableau 3 : Criblage phytochimique qualitatif et quantitatif de l'extrait de *Syzygium aromaticum* (Ali M et al ; 2018).

S/N	Phytochimique	Analyse qualitative	Analyse quantitative (%)
1	Alcaloïdes	+	9,60±0,12
2	Flavonoïde	+	3,00±0,09
3	Glycosides	-	0,00±0,00
4	sucré réduit	-	0,00±0,00
5	Saponine	+	3,70±0,00
6	Stéroïdes	+	1,80±0,04
7	Phénols	+	0,10±0,01
8	Terpénoïde	+	1,70±0,01
9	Antraquinones	+	1,20±0,03
10	Tanin	+	4,80±0,00

2.1. Estimation du contenu phénolique total

Les composés phénoliques totaux présents dans l'extrait méthanolique de *Syzygium aromaticum* ont été déterminés à l'aide du réactif de Folin-Ciocalteu dans une étude réalisée par **Mc Donald et al. (2001)**. En bref, 0,5 mL d'extrait ainsi que 0,1 mL de réactif 0,5 N de Folin-Ciocalteu ont été incubés à température ambiante pendant 15 min. Ensuite, 2,5 ml de solution saturée de carbonate de sodium ont été ajoutés et encore incubés pendant 30 minutes à température ambiante. L'absorbance a été mesurée à 760 nm par un spectrophotomètre UV-Vis. L'acide gallique a été utilisé comme témoin positif. Les valeurs totales de phénol ont été exprimées en termes d'équivalent d'acide gallique (mg/g de composés extraits). Le dosage a été réalisé en triple et exprimé en moyenne \pm SD (**Hemalatha et al ; 2016**).

Selon l'étude de (**Medfouni et Hafsi ; 2018**), les teneurs en polyphénols totaux de *Syzygium aromaticum* montrent que l'extrait méthanolique pur représente la teneur la plus élevée de l'ordre de 439,88 mg EAG /mg (mg équivalent acide gallique par mg d'extrait), et l'extrait dichlorométhane de l'ordre de 142,82 mg EAG /mg tandis que la teneur la plus basse a été obtenue avec l'extrait méthanol à 80% de l'ordre de 75,17 mg EAG /mg (**Afanyibo Y-G et al ; 2019**) montre que l'extrait de *Syzygium aromaticum* contient une grande quantité de composés phénoliques $353,34 \pm 2,96$ (mg EAG / g extract).

2.2. Estimation de la teneur totale en flavonoïdes

Les flavonoïdes totaux dans l'extrait au méthanol des boutons floraux de *Syzygium aromaticum* ont été déterminés par la méthode colorimétrique au chlorure d'aluminium (**Chang et al. 2002**). Le mélange réactionnel est constitué de 1 ml d'échantillon (1 mg/ml), 0,5 ml de chlorure d'aluminium (1,2 %) et 0,5 ml (120 mM) d'acétate de potassium ont été incubés à température ambiante pendant 30 min. L'absorbance de l'échantillon a été mesurée à 415 nm et la quercétine a été utilisée comme contrôle positif. La teneur en flavonoïdes a été exprimée en termes d'équivalent de quercétine (mg/g de composé extrait). Le dosage a été réalisé en triple et exprimé en moyenne \pm SD (**Hemalatha et al ; 2016**).

Selon l'étude de (**Medfouni et Hafsi ; 2018**), les résultats de la teneur en flavonoïde de *Syzygium aromaticum* montrent que la macération dans le solvant méthanol est préférable pour extraire les flavonoïdes à savoir une moyenne de 41,17mg eq Qu/mg.

Partie II : Recherches antérieurs sur Syzygium aromaticum

En analyse quantitative, les composés phytochimiques évalués dans l'extrait méthanol de *Syzygium aromaticum* ont montré que l'ordre du phénolique total est supérieure de celui des flavonoïdes avec des valeurs respectives de 596,6 > 62,6 mg/g d'extrait. La présence de haut niveau de composés phénoliques ont révélé que l'extrait de *Syzygium aromaticum* peuvent avoir une bonne capacité antioxydante en raison de leur capacité à piéger les radicaux libres et les espèces actives de l'oxygène (Miliauskas et al. 2004).

2.3. Analyse par chromatographie en phase gazeuse-spectrométrie de masse (GC-MS)

Selon l'étude de (Hemalatha et al ; 2016). L'extrait au méthanol de *Syzygium aromaticum* a été analysé par GC-MS (SHIMADZU QP2010). Les spécifications du CPG étaient les suivantes : température du four à colonne : 70°C, température de l'injecteur : 200°C, mode d'injection : Split, Split Ratio : 40, mode de contrôle du débit : vitesse linéaire, débit de la colonne : 1,51 mL/min, gaz vecteur : Hélium 99,99 % pureté. Programme de température du four à colonne : température de vitesse (°C) temps de maintien (min) -70 2, (35,0 min). Colonne : VF-5 ms : longueur : 30,0 m, diamètre : 0,25 mm. Les spécifications MS étaient les suivantes : température de la source d'ions : 200 °C, température de l'interface : 240 °C, plage de balayage : 40–1000 m/z, temps de l'événement : 0,5 s, temps de coupure du solvant : 5 min, temps de démarrage : 5 min, heure de fin : 35 min, ionisation : EI (-70eV) (Ayoola et al. 2008).

L'analyse des résultats GC-MS comprend les principes actifs avec leur temps de rétention, formule moléculaire, poids moléculaire et composition dans les extraits méthanoliques de *Syzygium aromaticum*. La liste des composés identifiés dans l'extrait et le pourcentage de composition sont présentées dans le tableau 4 (Hemalatha et al ; 2016).

Partie II : Recherches antérieurs sur *Syzygium aromaticum*

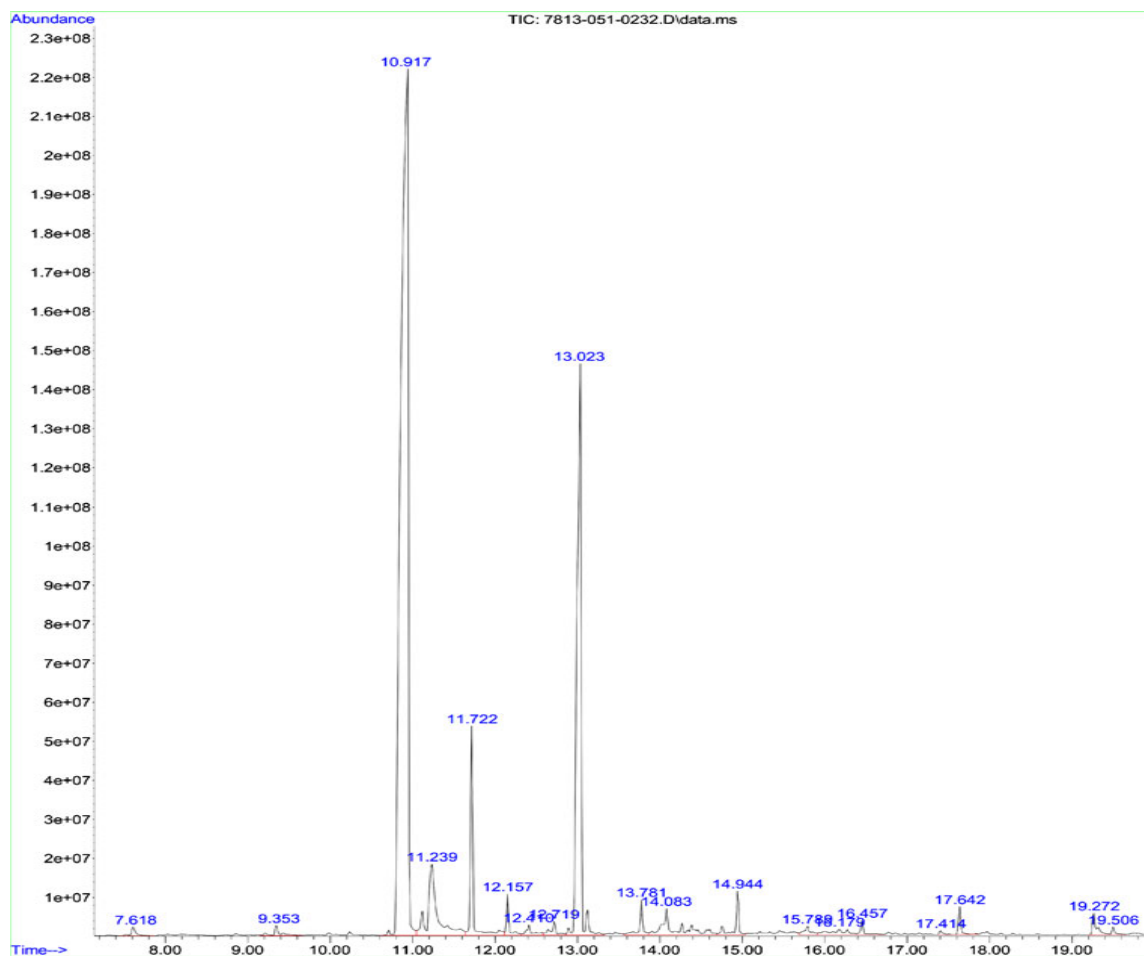


Figure 15 : Chromatogramme GC-MS pour extrait méthanolique de poudre de *Syzygium aromaticum* (Hemalatha et al ; 2016).

Partie II : Recherches antérieurs sur Syzygium aromaticum

Temps de rétention	Nom	Formule moléculaire	Masse moléculaire	Surface (%)
7,618	4 H-Pyran-4-one,2,3-dichloro-3,5-dihydroxyl-6-methyl	C ₉ H ₁₅ C ₁₆ O ₄ P	430,91	0,33
9,353	Benzaldehyde,4-ethyl	C ₉ H ₁₀ O	134,18	0,48
10,91	Eugenol	C ₁₀ H ₁₂ O ₂	164,2	54,88
11,239	1,2,3-Benzenetriol	C ₆ H ₆ O ₃	126,11	5,48
11,722	Caryophyllene	C ₁₅ H ₂₄	204,35	4,48
12,157	1,4,7-Cycloundecatriene,1,5,9,9-tetramethyl-z,z,z	C ₁₅ H ₂₄	204,35	0,88
12,410	Gamma-muurolene	C ₁₅ H ₂₄	204,35	0,49
12,719	Alpha-farnesene	C ₁₅ H ₂₄	204,35	0,60
13,023	Phenol,2-methoxy-4-(2-propenyl)	C ₁₂ H ₁₄ O ₃	206,23	19,46
13,781	Caryophyllene oxide	C ₁₅ H ₂₄ O	220,35	0,94
14,083	Asarone	C ₁₂ H ₁₆ O ₃	208,25	2,53
14,944	2',3',4'Trimethoxyacetophenone	C ₁₁ H ₁₄ O ₄	210,23	1,15
15,780	Benzeneacetamide,N-(aminocarbonyl)-4-hydroxy-3-methoxy	C ₁₉ H ₂₉ NO ₃	319,44	0,46
16,179	Phenol,2-methoxy-4-(methoxymethyl)	C ₉ H ₁₂ O ₃	168,19	0,75
16,457	Farnesol,acetate	C ₁₇ H ₂₈ O ₂	264,41	0,39
17,414	2,4,4-Trimethyl-3-(3-methylbutyl)cyclohex-2-enone	C ₁₄ H ₂₄ O	208,33	0,12
17,642	n-Hexadecanoic acid	C ₁₆ H ₃₂ O ₂	256,42	0,57
19,272	9,12-octadecadienoic acid(z,z)	C ₁₈ H ₃₂ O ₂	280,45	0,77
19,506	Octadecanoic acid	C ₁₈ H ₃₂ O ₂	284,48	0,21

Tableau 4 : Rapport d'analyse GC-MS pour l'extrait méthanolique de Syzygium aromaticum (Hemalatha et al ; 2016).

3. Activités des extrais de Ssyzygium Aromaticum

3.1 Activité antioxydantes

En effet, plusieurs chercheurs ont signalé que les composés phénoliques et plus particulièrement les flavonoïdes sont des antioxydants très puissants qui peuvent protéger les globules rouges et inhiber très efficacement l'hémolyse oxydative induite par les radicaux libres que ce soit *in vivo* ou *in vitro* (Youdim KA, 2000). (Suwalsky M, 2016). Ils ont montré aussi que l'effet protecteur des flavonoïdes contre la lyse oxydative des erythrocytes peut être lié à leur fixation sur les protéines et les lipides membranaires, ce qui permet

Partie II : Recherches antérieurs sur Syzygium aromaticum

d'inhiber significativement la peroxydation lipidique et favoriser l'intégrité des cellules contre la lyse (Cyboran S, 2012).

De même, (Liao W, 2016) ont montré que le kampferol inhibe significativement l'hémolyse oxydative induite *in vitro*. Le mécanisme d'action implique en plus de l'inhibition de la peroxydation lipidique, la préservation de l'intégrité des enzymes antioxydantes intrinsèques ; catalase, superoxyde dismutase et glutathion peroxydase.

(Abojid et al, 2016) ont observé une amélioration des fonctions hépatiques, des fonctions rénales ET du statut antioxydant chez les rats traités au syzygium aromaticum et ont montré que son rôle protecteur contre les dommages cellulaires induits par l'activité anti-cancérigène H₂O₂ pourrait être dû à l'effet des composés actifs trouvés dans l'huile essentielle et l'extrait de plante.

❖ Evaluation de l'activité antioxydante

• Activité de piégeage des radicaux DPPH et Effet scavenger

Compte tenu de la complexité des processus d'oxydation et la nature diversifiée des antioxydants avec des composants à la fois hydrophiles et hydrophobes, plusieurs méthodes *in vitro* sont utilisées pour évaluer l'activité antioxydante. Le plus souvent il faut combiner, les résultats de différents tests complémentaires pour avoir une indication sur la capacité antioxydante (Popovici C, 2009).

Le DPPH (2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl) est un radical synthétique présentant, à l'état oxydé, une intense coloration violette. La couche électronique de ce radical est saturée en contact d'antioxydants, ce qui explique la disparition de sa coloration. Cette décoloration explique le pouvoir de l'antioxydant à piéger ce radical (Ghazghazi H, 2013).

D'après (Saani M, 2016) le 1,1-diphényl-2-picrylhydrazyl (DPPH) est un radical stable avec une absorbance maximale à 517 nm pouvant facilement subir une réduction par un antioxydant. En raison de la facilité et de la commodité de cette réaction.

Le piégeage des radicaux libres DPPH est la base d'un dosage antioxydant courant. Un certain nombre de protocoles ont été suivies pour ce test, ce qui entraîne une variation des résultats des différents laboratoires (Om P. Sharma, Tej K. Bhat 2008). L'exigence d'un dosage

Partie II : Recherches antérieurs sur Syzygium aromaticum

standard est très importante pour comparer les résultats de différents laboratoires et la validation des conclusions.

Les antioxydants sont considérés comme des nutraceutiques importants avec de nombreux avantages pour la santé (Verzelloni E, 2007) . (Valko M, 2007). Le piégeage du radical DPPH est la base du populaire DPPH dosage des antioxydants (Alma M, 2003), (Kordali S, 2005).

Dans l'étude de (Sidi mohammed ammar selles, 2020). Le pouvoir réducteur et le piégeage des radicaux DPPH a été utilisée pour évaluer l'activité antioxydante d'huile essentielle de *Syzygium aromaticum*. Le pouvoir réducteur a été utilisé pour étudier l'activité antioxydante basée sur la capacité d'antioxydants pour réduire les ions ferriques (Fe^{3+}) en ions ferreux (Fe^{2+}) les résultats sont déterminés dans le tableau 5:

Tableau 5 : Activité antioxydante de l'huile essentielle de *Syzygium aromaticum* par dosages de DPPH.

	(EC50) $\mu\text{g/ml}$	DPPH (IC50) $\mu\text{g/ml}$
<i>Syzygium aromaticum</i>	$3,47 \pm 0,2 \times 10^{-2}\text{a}$	$4,82 \pm 0,06 \times 10^{-2}\text{a}$

Les résultats de cette étude ont montré que l'huile essentielle de *Syzygium aromaticum* est un bon antioxydant in vitro.

L'étude réalisée par (Md Arifur Rahman Chowdhury M. ,, 2016) ont trouvé que l'extrait méthanoïque de *syzygium aromaticum* a une valeur IC_{50} de 13,204 $\mu\text{g/ml}$. La capacité antioxydante totale de l'extrait méthanoïque de *Syzygium aromaticum* (SA) évalué est exprimé en nombre d'équivalent de l'acide ascorbique (AA) et présentée dans la Figure 16 : **L'activité antioxydante des extraits méthanoïques de *Syzygium aromaticum* (SA) et AA standard déterminé en utilisant la méthode DPPH.**

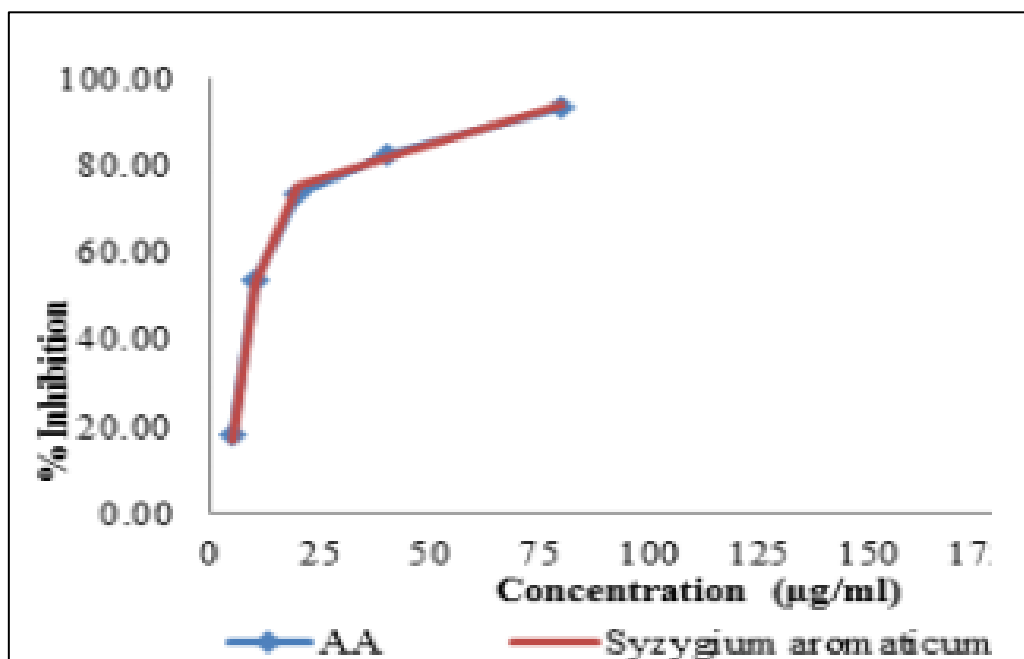


Figure 16 : L'activité antioxydante des extraits méthanoïques de *Syzygium aromaticum* (SA) et AA standard déterminé en utilisant la méthode DPPH. (Md Arifur Rahman et al 2016).

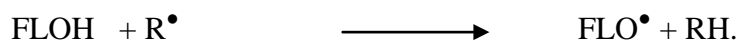
(Gaber El-Saber Batiha, 2020) ont mesuré le piégeage du radical DPPH de l'huile de *syzygium aromaticum* en comparaison à certains agents antioxydants artificiels, à savoir l'alpha-tocophérol, le BHT, le Trôle et le butylhydroxyanisole, et ils ont démontré que l'activité antioxydante de l'huile de est supérieure :huile de *syzygium aromaticum* > BHT > alfa-tocophérol > butylhydroxyanisole > Trolox.

Les mêmes études ont montré que la capacité d'absorption des radicaux libres d'oxygène, le pouvoir antioxydant réducteur ferrique du « 2-désoxiguanosine, 2, 2'-azino-bis » DPPH et du « 3-éthylbenzothiazoline-6-acide sulfonique » ABTS et la xanthine oxydase, utilisée pour examiner l'activité antioxydante de l'extrait aqueux de *Syzygium aromaticum*. Ils ont documenté que l'efficacité de l'activité antioxydante de l'extrait aqueux de *Syzygium aromaticum*, peut être due à la forte capacité de don d'hydrogène, du piégeage du peroxyde d'hydrogène, des radicaux libres et du superoxyde..

Les agents antioxydants comme les extraits de *syzygium aromaticum* et le PDG jouent un rôle important dans le traitement des déficits mnésiques dus au stress oxydatif.

Partie II : Recherches antérieurs sur Syzygium aromaticum

L'effet scavenger des flavonoïdes (FLOH) est attribué à leur faible potentiel redox qui les rend thermodynamiquement capables de réduire les radicaux libres (R^\bullet) par un transfert d'atome d'hydrogène à partir des groupements hydroxyles. Cette réaction donne naissance au radical aroxyde (FLO^\bullet) et à la molécule radicalaire rendue stable (RH).



Le FLO^\bullet subira par la suite un réarrangement structurale permettant la redistribution de l'électron célibataire sur le cycle aromatique et la stabilisation de radicaux aroxyde (**Javanoyic CV, 1994**).

De nombreuses études ont établi des relations entre la structure chimique des flavonoïdes et leur capacité antioxydante vis à vis du radical DPPH. L'activité de ces molécules dépend essentiellement de leur structure. Les flavonoïdes les plus actifs sont ceux qui renferment des groupements 3'-4' dihydroxy sur le cycle B et/ou un groupement 3OH sur le cycle C (**Li HB, 2007**).

2. ABTS radical

En raison de sa simplicité opérationnelle, le test ABTS a été utilisé dans de nombreuses études de recherche, pour mesurer la capacité antioxydante totale dans les substances pures, dans les liquides organiques et dans les matières végétales (**Huang Wu-yang, 2012**) (**Tirzitis G, 2010**).

Les résultats de l'activité antioxydante trouvée par (**Wettasinghe M, 2002**), (**Mathew S, 2006**) ont été exprimés en Trolox, les valeurs de la capacité antioxydante équivalente (ABTS) sont indiquées dans le tableau 6:

Tableau 6 : capacité antioxydante de Syzygium aromaticum exprimée en équivalent Trolox

	ABTS ⁺ - (ug/g/ troloxe)
<i>Syzygium aromaticum</i>	44,78±0,65

La capacité antioxydante des extraits étudiés est confirmée par le test ABTS qui est largement utilisé pour mesurer la capacité antioxydante des extraits de plante. Ce test est basé sur la

Partie II : Recherches antérieurs sur Syzygium aromaticum

capacité d'un antioxydant à réduire le radical cationique ABTS⁺ (acide 2,2'-azinobis 3-éthylbenzothiazoline-6-sulfonique) de coloration bleu-vert en ABTS incolore, par le transfert d'un électron à partir d'un antioxydant (Oiszowy M, 2016).

(Adefegha et Obooh 2012) montre que les extraits phénoliques libres sont liés de bourgeons de *syzygium aromaticum* présentaient également des activités antioxydantes élevées, comme le montrent leur pouvoir réducteur élevé et leurs capacités de piégeage des radicaux 2, 2-azinobis 3-éthylbenzo-thiazoline-6-sulfonate (ABTS), ainsi que l'inhibition de Fe²⁺- induit la peroxydation lipidique dans le pancréas du rat in vitro.

3. Capacité antioxydante réductrice ferrique (FRAP)

Les antioxydants peuvent être expliqués comme des réducteurs des oxydants, et peuvent être décrits comme des réactions redox dont une espèce de réaction (oxydant) est réduite. Le test FRAP mesure l'effet antioxydant de toute substances dans le milieu réactionnel comme capacité réductrice (Siddhuraju P, 2006).

Le test de la capacité antioxydante réductrice ferrique est effectué comme suggéré par (Malomo S.O, 2011).

Les capacités réductrices ferriques de l'extrait étudié sont représentées dans le tableau 6. L'extrait de *syzygium aromaticum* a montré une grande capacité antioxydante. Ces résultats concordent avec des études antérieures selon (Fidrianny L, 2014) qui ont trouvé une forte relation entre le contenu phénolique et l'activité antioxydante. Le résultat est montré dans le tableau 7 :

Tableau 7 : Ferrique réduisant l'activité antioxydante de *syzygium aromaticum*
(Fidrianny L, 2014)

	FRAP (mg AAE/L)
<i>Syzygium aromaticum</i>	62,77±2,59

Partie II : Recherches antérieurs sur Syzygium aromaticum

(**El-Maati M.F.A, 2016**) Ont rapporté que l'extrait éthanolique de *Syzygium aromaticum* a montré une activité réductrice ferrique plus élevée par rapport à TBHQ et ils ont indiqué que les valeurs FRAP sont corrélées avec le TPC des échantillons.

(**HeimK.E, 2002**) Ont également indiqué que les performances de réduction ferrique des extraits est liée à la teneur en substances phénoliques et il existe une relation entre leur concentration

(**Abd El Azim et al., 2014**) montre que l'extrait au méthanol des boutons floraux de *syzygium aromaticum* a montré une forte activité de piégeage des radicaux contre le 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl (DPPH) avec une valeur IC_{50} de 44 $\mu\text{g/ml}$ par rapport au composé de référence, la vitamine C (IC_{50} : 44 $\mu\text{g/ml}$)

Les tannins condensés, classe importante de métabolites secondaires, présents d'une façon ubiquitaire dans les plantes gymnospermes et angiospermes, sont dotés d'une activité antioxydante (**Zhang H, 2016**)

Les tannins et les flavanols présentent une forte activité antioxydante comparée aux centaines composants phénoliques (**Rice-Evans C, 1996**). (**Huong N.T, 1998**), les saponines présentent une action protectrice contre les radicaux libres in vivo et in vitro.

D'après (**Hemalatha, 2015**), l'activité de piégeage des radicaux de l'extrait d'acétone, de chloroforme ET de méthanol de *syzygium aromaticum* a été réalisée par dosage DPPH en utilisant l' α -tocophérol comme standard. Tous les extraits de solvant ont montré une activité antioxydante dans une plage de concentration de 20–200 $\mu\text{g/mL}$. Parmi les trois extraits étudiés, le méthanol a montré une capacité antioxydante maximale de 93,2 % alors que l'activité antioxydante de l'acétone et du chloroforme était respectivement de 85,4 et 81,4 %.

Ce résultat a révélé que le méthanol a une efficacité d'extraction plus élevée que les autres deux solvants (**Tepe 2008**).

Cette étude montrait que le *syzygium aromaticum* a montré de meilleures activités antioxydantes qui pourraient être utilisé dans des applications alimentaires et thérapeutiques.

(**Aminu Mohammed, 2015**) a montré que le *syzygium aromaticum* possède une grande variété de potentiel thérapeutique et a été reconnu comme une source d'agents

Partie II : Recherches antérieurs sur Syzygium aromaticum

antioxydants. Cette étude a été conçue pour étudier et comparer les effets antioxydants de différentes parties (bourgeon, feuille, tige et racine) de *Syzygium aromaticum*. Les échantillons ont été extraits séquentiellement à l'aide de solvants de polarité croissante et étudiés pour le 1,1-diphényl-2-activité piégeuse de radicaux picrylhydrazyl (DPPH),

Les extraits à l'éthanol (EtOH) du bourgeon, la feuille et la tige présentaient une teneur totale en polyphénols et en flavonoïdes plus élevée que les autres extraits, et les extraits EtOH du bourgeon et de la feuille présentant des valeurs IC_{50} inférieures aux extraits des autres parties de la plante pour tous les modèles utilisés dans cette étude (DPPH bourgeon : $0,17 \pm 0,20$ mg/ml ; feuille : $0,03 \pm 0,01$ mg/ml).

Un résultat similaire a été observé pour la réduction des potentiels de Fe^{3+} à Fe^{2+} par l'extrait. L'analyse GC-MS de ces parties a indiqué plusieurs phénols aromatiques, acides, caryophyllée et acides aliphatiques à longue chaîne. En conclusion, divers extraits de solvants de la feuille, le bourgeon et la tige de *Syzygium aromaticum* ont montré des effets antioxydants plus élevés par rapport aux standards communs utilisés dans ces tests.

Divers extraits au solvant du bourgeon, feuille et tige de *Syzygium aromaticum* possédaient des effets antioxydants *in vitro* tandis que les extraits de racines ont montré des effets très faibles ou pas significatifs dans les mêmes essais.

Les effets de les extraits de feuilles étaient comparables à ceux du bourgeon et pourrait donc servir de bon substitut à divers potentiels culinaires et médicinaux du bourgeon. D'où il est recommandé d'effectuer un fractionnement guidé par essai biologique des extraits d'EtOH afin d'étudier de manière approfondie les effets antioxydants *in vivo* de cet extrait.

. Pour révéler plus de détails sur les caractéristiques phytochimiques et de piégeage de l'épice *Syzygium aromaticum*, nous avons estimé l'activité de piégeage de l'huile essentielle, chaque extrait d'eau, d'éthanol, d'acétate d'éthyle et d'hexane obtenu à partir de bourgeons de *Syzygium aromaticum*, sur la base de leur concentration efficace capable de piéger 50% (CE50) des radicaux libres du sel de 2,2'-diphényl-1-picrylhydrazyle et du 2,2'-azinobis (3-éthylbenzothiazoline-6-sulfonique) diammonium. (Yassine EL Ghallab, 2020). Les résultats ont montré une activité de piégeage élevée (CE50 de $0,40 \pm 0,06$ et $0,42 \pm 0,02$ mg/ml).

3.2. Activité antibactérienne

D'après, (BANOUH Radia, 2019), l'activité antibactérienne s'exerce de 2 manières différentes :

- Activité létale bactéricide : elle rend perméable la membrane du micro-organisme, provoquant une fuite d'ion K^+ , ce qui implique la perte de l'osmose de la cellule suivi de la mort du micro-organisme.

- Activité inhibitrice ou bactériostatique: empêche la croissance du micro-organisme. (BELOUD A., 2003).

Les résultats sont présentés dans le tableau 8 :

Tableau 8 : Résultats de l'antibiogramme de l'HEC sur les trois souches bactériennes

Souche bactérienne	Gram	Diamètre Mm	Sensible	Résistante
E.coli	-	12,5-13-13,5	+++	/
Pseudomonas aeruginosa	-	/	/	R
Staphilococcus aureus	+	13,5-13,72-14	+	/

Source : Evaluation de l'activité antibactérienne, antifongique et activité antioxydante de l'huile essentielle de (*Syzygium aromaticum*), (BANOUH Radia et al 2019).

De nombreuses études, ont démontré que les H.E. de *syzygium aromaticum* sont fortement antibactérienne. Cette activité pourrait être attribuée à son composé majoritaire qui est "l'eugénol". Les travaux de (Valero et Giner en 2006) ont prouvé que l'eugénol parmi d'autres composés a provoqué l'inhibition de la croissance des bactéries.

Par ailleurs, l'étude de (Rhayour 2016), a montré que l'HE de *syzygium aromaticum* exerce son activité bactéricide principalement grâce à son constituant majoritaire qui est l'eugénol qui appartient à la famille des phénols. Il semble donc que l'activité bactéricide des HE débiterait par une fixation de ces molécules sur les membranes bactériennes provoquant des

Partie II : Recherches antérieurs sur Syzygium aromaticum

altérations de structure et de perméabilité, conduisant à la perte de constituants cellulaires due à une lyse importante des cellules bactériennes.

Dans le but d'estimer le potentiel microbien de l'huile essentielle *syzygium aromaticum*. Le choix s'est porté sur plusieurs souches cibles, car chacune d'elles possède des structures cellulaires et un métabolisme particulier.

(HADDOUCHE Nawel, 2018), montre que les expériences effectuées par la méthode de diffusion en puits qui permet de mesurer la capacité de notre l'huile à inhiber la croissance microbienne in vitro ; et déterminer la concentration la plus faible de l'antimicrobien testé (huile essentielle) qui inhibe la croissance de la bactérie testée

Les résultats sont présentés dans le tableau 9 :

Tableau 9 : Les diamètres d'halos d'inhibition en mm de la croissance des souches bactériennes comparé au DMSO (HADDOUCHE Nawel et al 2018)..

La souche bactérienne	Diamètre en mm 1/2(0,5µg/ml)	Témoin négative DMSO
E.coli ATCC 25921	24 (ES)	00
Staphylococcus aureus ATCC29213	26 (ES)	00
Entéroccoccusfaecalis ATCC 49452	42 (ES)	00

Selon (De Billerbeck, 2007), l'activité des huiles devrait être liée à la composition spécifique des huiles volatiles de la plante, à la configuration structurale des composants constitutifs des huiles volatiles et à leurs groupes fonctionnels et aux interactions synergiques possibles entre les composants.

Les polyphénols, tels que les tannins et les flavonoïdes sont des substances antibactériennes importantes. L'HPLC a révélé leur présence, ce qui peut expliquer l'efficacité de l'huile de *syzygium aromaticum* (Cahuzac-Picaud, 2012).

Partie II : Recherches antérieurs sur Syzygium aromaticum

En comparant la susceptibilité des différentes souches vis-à-vis de l'huile testée, nous constatons que l'efficacité de cette huile diffère d'une bactérie à une autre. cependant, *E. feacalis* est la plus sensible à l'huile testée puis *S.aureus*. Ces résultats sont en accord avec la littérature selon lesquelles les bactéries à Gram⁺ montrent la plus grande sensibilité par rapport aux bactéries à Gram-.

(**Marjana Radunz, 2018**), Ont montré que l'huile essentielle de *Syzygium aromaticum*, est connue pour ses propriétés antimicrobiennes contre plusieurs bactéries pathogènes. L'encapsulation de l'huile de *syzygium aromaticum* a été proposée comme moyen de dissimuler sa forte odeur qui limite ses utilisations dans l'alimentation industrie. Ainsi, le but de cette étude était l'extraction, l'encapsulation et l'évaluation du potentiel antimicrobienne de l'huile essentielle de *syzygium aromaticum*. L'huile essentielle de *syzygium aromaticum* a montré in vitro un effet inhibiteur et bactéricide effet contre *S. aureus*, *E. coli*, *L. monocytogenes* et *S. Typhimurium*. De plus, l'activité antimicrobienne in situ de l'huile de girofle contre *S. aureus* était supérieur au nitrite. Les particules d'huiles essentielles encapsulées avec de l'alginate de sodium été mulsifiants, ont montré une efficacité d'encapsulation élevée, une forte inhibition antimicrobienne. Une croissance bactérienne similaire a été observée dans des produits de type viande après addition de particules ou de nitrite. Il a également présenté forte action inhibitrice et bactéricide in vitro contre *S. aureus*, *E. coli*, *L.monocytogenes* et *S. Typhimurium*.

De plus, il a montré une inhibition in situ contre *S. aureus*. Étant donc une alternative aux conservateurs chimiques potentiellement cancérigène. L'alginate de sodium a montré une grande efficacité d'encapsulation d'huile essentielle de clou de girofle.

Ces propriétés étaient indépendantes du micro-organisme évalué, mais l'effet bactéricide in vitro dépendait de à la fois le matériau de la paroi et le micro-organisme. Les particules ont également montré un effet bactéricide contre *S. aureus* et *S. Typhimurium*, étant donc un conservateur alternatif viable. L'application in situ des particules dans les produits à base de viande ont permis une certaine croissance bactérienne, semblable à celle observé en présence de conservateur chimique nitrite les résultats sont mentionnés dans les tableaux 10 et 11 :

Partie II : Recherches antérieurs sur Syzygium aromaticum

Tableau10: Concentration minimale inhibitrice de syzygium aromaticum non encapsulé et encapsulé (Marjana Radünz et al 2018)..

Bacteria	OIL	AO	AMO	ATO
S. Typhimurium	0,304	7,96	23,66	12,46
L monocytogenes	0,304	7,96	23,66	12,46
S. aureus	0,304	7,96	23,66	12,46
E. coli	0,304	7,96	23,66	12,46

Tableau11 : Concentration bactéricide minimale de syzygium aromaticum non encapsulé et encapsulé (Marjana Radünz et al 2018). .

Bactérie	OIL	AO	AMO	ATO
S. Typhimurium	0,304	Nd	23,66	Nd
L monocytogenes	0,404	80,5	25,6	20,5
S. aureus	0,304	79,6	23,66	Nd
E. coli	0,304	Nd	Nd	Nd

L'huile essentielle de clou de girofle a montré un effet bactéricide contre tous les Micro-organismes testés jusqu'à une concentration de 0,304 mg mL⁻¹ (Tableau 11). Le MBC pour l'huile essentielle de clou de girofle contre L. monocytogenes était plus élevé que ceux rapportés par (Beraldo C, 2013). Dans une autre étude (Devi K.P, 2010) ont obtenu un MBC de 0,250 mg mL⁻¹ contre Salmonella typhi

Dans une autre étude . (Sidi Mohammed Ammar Selles, 2020) Qui a eu pour objectifs de d'étudier l'activité antibactérienne de l'huile essentielle de syzygium aromaticum. L'activité antimicrobienne a été évaluée par la méthode de microdilution en bouillon contre six

Partie II : Recherches antérieurs sur Syzygium aromaticum

entéropathogènes bactéries isolées de la diarrhée des jeunes veaux. Les résultats ont montré que l'huile essentielle présentait une CMI à 1,36 mg/ml à 2,72 mg/ml et MBC à 5,45 mg/ml à 10,9 mg/ml contre toutes les bactéries testées. Les résultats ont révélé que l'huile essentiel de *Syzygium aromaticum* présentait une bonne activité antibactérienne in vitro.

Des études complémentaires seront nécessaires pour justifier l'utilisation potentielle de cette huile comme agent antibactérien contre les bactéries causant la diarrhée des veaux nouveau-nés.

(Hemaalatha R, 2015) ont étudié l'activité antimicrobienne des extraits de boutons floraux de *syzygium aromaticum* par rapport à quatre souches de bactéries (deux Gram-positives, deux Gram-négatives). Les solutions méthanoliques des extraits se sont avérée avoir une activité antimicrobienne contre toutes les bactéries Gram positives et Gram négatives testées par diffusion en puits.

L'extrait de *syzygium aromaticum* a présenté une activité antimicrobienne à large spectre avec un diamètre de zone minimum de 17 mm pour *Vibrio cholerae* et *Klebsiella pneumonia* avec un diamètre de zone maximum de 26 mm. L'extrait de méthanol a montré une activité modérée contre *Vibrio cholerae*, *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus aureus*. (tableau10)

Récemment, il a été signalé que l'extrait éthanolique de *syzygium aromaticum* possède un effet antimicrobien **(Nazrul IB, 2010)** , **(Siddiqua S, 2015)** ont rapporté que la combinaison d'huile de clou de girofle et de cinnamaldéhyde a montré une meilleure activité antibactérienne contre les aliments brone pathogènes.

Les résultats sont montrés dans le tableau 12 :

Tableau12 : Effet de l'extrait méthanolique de syzygium aromaticum contre différents agents pathogènes (R. Hemalatha et al, 2015).

Partie II : Recherches antérieurs sur Syzygium aromaticum

Bacteria	Zone of inhibition (mm)				Positive control (taxim)	Négative control (méthanol)
	25 ul	50 ul	75 ul	100 ul		
Bacillus subtilus	18.3 ± 0.57	21.3 ± 0.57	23 ± 1.00	24.3 ± 0.57	17 ± 1.00	-
Staphylococcus aerus	18 ± 1.00	22 ± 1.00	22 ± 0.57	25 ± 1.00	16 ± 1.00	-
Klebsiella pneumonia	19.33 ± 0.57	22.6 ± 0.57	24.33 ± 1.52	26 ± 1.00	15.6 ± 1.15	-
Vibrio chlorea	17.33 ± 0.57	18.0 ± 1.00	21.0 ± 1.00	24 ± 1.00	17 ± 1.00	-

D'après les résultats des tests antibactériens, l'extrait de syzygium aromaticum était très efficace contre la pneumonie en comparaison avec les autres souches bactériennes testé.

3.3. Activité anti-inflammatoire

L'extrait de Syzygium aromaticum est largement utilisé en raison de leurs propriétés médicinales. L'eugénol est le composant le plus important de syzygium aromaticum, présentant plusieurs propriétés biologiques. Ici, nous allons citer l'effet immunomodulateur/anti-inflammatoire du clou de girofle et de l'eugénol sur la production de cytokines (interleukine (IL)-1 β , IL-6 et IL-10) in vitro.

Selon (**Bachiega TF, 2012**) le syzygium aromaticum à des concentrations non cytotoxiques présente un effet immunomodulateur et anti-inflammatoires sur la production de cytokines par les macrophages murins

Partie II : Recherches antérieurs sur Syzygium aromaticum

Le syzygium aromaticum a exercé un effet immunomodulateur/anti-inflammatoire en inhibant l'action du LPS. Un mécanisme possible de l'action impliquait la suppression de NF-kb par l'eugénol qui se trouve dans l'extrait de syzygium aromaticum.

D'après (**Tanko Y, 2008**), les extraits éthanols de boutons floraux de syzygium aromaticum ont des effets anti-nociceptif et anti-inflammatoires chez les souris et les rats.

3.4. Activité antidiabétique

Le but d'une étude réalisé par (**Md Arifur Rahman Chowdhury M. ,, 2016**) était de retracer la présence de composés phytochimiques par des méthodes qualitatives et quantitatives in vitro. Et la méthode de criblage et évaluer l'effet anti-hyperglycémiant de Syzygium aromaticum (Myrtaceae) sur des souris albinos suisses.

En effectuant un criblage qualitatif de Syzygium aromaticum (SA), les résultats ont confirmé la présence de composés phytochimiques. Dans le criblage quantitatif, nous avons étudiés et évaluer l'activité anti-hyperglycémique. L'extrait végétal (SA) aux doses de 200 et 400 mg/kg de poids corporel ont été administrés par voie orale pour étudier l'effet anti-hyperglycémiant chez les albinos suisses induits par l'alloxane souris. Pendant 4 jours de la période d'étude en comparaison avec le médicament de référence vildagliptine (50 mg/kg).

De plus, en comparant le taux de glucose avec le médicament standard avec SA ($8,35 \pm 2,07$ et $8,77 \pm 1,71$) mmol/L, le résultat a montré que (SA) est capable de réduire la glycémie avec l'administration d'une dose prolongée. La présente étude suggère que l'extrait méthanolique de boutons floraux de Syzygium aromaticum (SA) pourrait être utilisé dans la gestion du stress oxydatif et de l'hyperglycémie

Les résultats de toute l'expérimentation ont indiqué que le Syzygium aromaticum (SA) est à la fois un hyperglycémique et un antioxydant potentiel.

D'après (**Stephen Adeniyi Adefegha & Ganiyu Oboh2012**), dont l'objectif de l'étude est d'examiner et comparer les propriétés inhibitrices d'extraits aqueux de certains Épices : Xylophia aethiopica [Dun.]. Rich (Annonaceae), Monodora myristica (Gaertn.) Dunal (Annonaceae), Syzygium aromaticum [L.] contre l'-amylase,-glucosidase, et lipide induit par le nitroprussiate de sodium (SNP) peroxydation dans le pancréas de rat - in vitro en utilisant différentes méthodes spectrophotométriques.

Partie II : Recherches antérieurs sur Syzygium aromaticum

Tous les extraits d'épices inhibent l' α -amylase ($IC_{50}=2,81-4,83\text{mg/ml}$), la α -glucosidase ($IC_{50}=2,02-3,52\text{mg/ml}$), et peroxydation lipidique induite par SNP (14,17–94,38 %), avec l'actions la plus inhibitrices de l' α -amylase et de la -glucosidase présentés par *S. aromaticum*.

Par ailleurs, ces épices peuvent exercer leurs propriétés antidiabétiques par le mécanisme d'inhibition enzymatique, et la prévention des lipides peroxydation (**Oboh, 2012**).

Selon (**Aminu Mohammed, 2015** ; le *syzygium aromaticum*, possède une grande variété de potentiel thérapeutique et a été reconnu comme une source d'agents antidiabétiques

Cette étude a été conçue pour étudier et comparer les effets antidiabétiques de différentes parties (bourgeon, feuille, tige et racine) de *syzygium aromaticum*. Les échantillons ont été extraits séquentiellement à l'aide de solvants de polarité croissante et étudiés pour l'inhibition de la glycosylation de l'hémoglobine, activités α -amylase et -glucosidase comme marqueurs d'effets antidiabétiques in vitro.

Les produits phytochimiques étaient analysé par l'analyse de chromatographie en phase gazeuse-spectrométrie de masse (GC-MS). Les extraits à l'éthanol (EtOH) du bourgeon, la feuille et la tige présentaient une teneur totale en polyphénols et en flavonoïdes plus élevée que les autres extraits, avec les extraits EtOH du bourgeon et de la feuille présentant des valeurs IC_{50} inférieures aux extraits des autres parties de la plante pour tous les modèles utilisés dans cette étude.

Glycosylation de l'hémoglobine :

- bourgeon : $0,17 \pm 0,02 \text{ mg/ml}$; $0,83 \pm 0,04 \text{ mg/ml}$.
- α -amylase : bourgeon : $0,20 \pm 0,02 \text{ mg/ml}$; feuille $322,27 \pm 73,29\text{mg/ml}$.
- α -glucosidase : bourgeon : $0,03 \pm 0,01 \text{ mg/ml}$; feuille $0,74 \pm 0,02 \text{ mg/ml}$.

Divers extraits de solvants de la feuille, le bourgeon et la tige de *syzygium aromaticum* ont montré des effets antidiabétiques plus élevés par rapport à standards communs utilisés dans ces tests.

In vitro tandis que les extraits de racines ont montré des effets très faibles ou pas significatifs dans les mêmes essais, Les effets des extraits de feuilles étaient comparables à ceux du bourgeon et pourrait donc servir de bon substitut à divers potentiels culinaires et médicaux du bourgeon.

Partie II : Recherches antérieurs sur Syzygium aromaticum

D'où, il est recommandé d'effectuer un fractionnement guidé par essai biologique des extraits d'EtOH afin d'étudier les effets antidiabétiques in vivo de cet extrait.

L'étude de (**Stephen Adeniyi Adefegha, 2012**), compare les propriétés inhibitrices des composés phénoliques libres liés à l'extrait de *Syzygium aromaticum* contre les enzymes hydrolysant les glucides (alpha-amylase & alpha-glucosidase) et Fe^{2+} peroxydation lipidique induite dans le pancréas de rat in vitro

L'activité inhibitrice de l'alpha-glucosidase des extraits était significativement ($P < 0,05$) supérieure à l'activité inhibitrice de l'alpha-amylase ainsi que l'inhibition de Fe^{2+} peroxydation lipidique.

Une forte corrélation entre le contenu phénolique du bourgeon de *Syzygium aromaticum* et les activités inhibitrices enzymatiques.

De plus, l'inhibition d'enzymes clés liées au diabète type 2 (alpha-amylase et alpha-glucosidase) couplé avec de fortes propriétés antioxydantes des clous de girofle tropicaux les composés phénoliques pourraient faire partie ou être un mécanisme possible par lequel le clou de girofle suscite ses potentiels antidiabétiques.

La forte inhibition d'alpha-glucosidase et de l'alpha-amylase modérée du *Syzygium aromaticum* pourrait faire un excellent aliment fonctionnel et fantastique source nutraceutique pour les gestions du diabète de type 2 avec des effets secondaires.

Cette étude fournit une justification biochimique par laquelle le *Syzygium aromaticum* provoque un effet thérapeutique sur le diabète de type 2.

Une identification des principaux effets antidiabétiques de l'extrait de *Syzygium aromaticum* a été réalisée par (**Sanae F, 2014**), chez les souris db/db diabétiques. Ils ont découvert que le principal composant tannique, l'Eugénine, et pas l'eugénol (inactif à 400 M), était le principe actif qui a également inhibé la glycogène phosphorylase B (CI50 de 0,14 M) et la production de glucose stimulée par le glucagon (CI50 4,7 M) dans les hépatocytes primaires de rat db/db diabétique.

Partie II : Recherches antérieurs sur *Syzygium aromaticum*

D'autre part, il a été démontré que l'eugénol (1) a un effet antidiabétique sur les rats diabétiques induits par la STZ lorsqu'ils sont administrés à de faibles doses (2,5, 5 et 10 mg/kg) intra gastrique pendant 30 jours) (Srinivasan et al., 2014).

En plus d'abaisser la glycémie et les taux d'hémoglobine glyquée (HbA1c), le taux d'insuline plasmatique a augmenté, la perte du poids corporel a été récupérée et des anomalies liées à des activités altérées des enzymes clés du métabolisme des glucides (hexokinase, pyruvate kinase, G6Pase déshydrogénase, G6Pase, fructose-1,6-bisphosphatase) et les enzymes marqueurs de toxicité hépatique (AST, ALT et ALP), la créatinine kinase et l'azote uréique du sang ont été normalisés par traitement à l'eugénol (1)

(Singh P, 2016), ont utilisé le modèle de souris diabétiques induites par STZ, antiglycation in vitro, et des tests de α -glucosidase, ainsi que des expériences d'amarrage pour évaluer l'effet antidiabétique et le mécanisme d'action de l'Eugénol (1). Ils ont signalé que le traitement à l'eugénol (100 mg/kg, deux fois par semaine pendant 2 semaines) a réduit la glycémie sans affecter le taux d'insuline ou HbA1c - également, l'extrait a démontré un puissant effet antiglycation in vitro.

Les auteurs ont expliqué que l'effet anti-hyperglycémiant de l'eugénol était effectué par l'inhibition de l'enzyme α -glucosidase, mais il est à noter la forte dose d'Eugénol (plus de 2,5 mm) utilisées pour montrer un effet inhibiteur enzymatique.

L'effet favorable de l'Eugénol chez les souris diabétiques, était évident dans les études histologiques où la lésion dans les tissus du cerveau, du pancréas, des reins et du foie ont été réduits.

Chez une souris diabétique induite par HFD modèle, le traitement à l'eugénol (20 ou 40 mg/kg, pendant 15 semaines) pourrait également réduire considérablement le taux plasmatiques de glucose et d'insuline.

L'excursion de glucose induite par le pyruvate (dans les tests de tolérance au pyruvate) s'est également avérée être supprimée par l'eugénol, ce qui suggère que l'effet anti-hyperglycémiant était principalement dû à l'inhibition de la néoglucogenèse hépatique.

Une étude in vitro plus approfondie utilisant des cellules HepG2 et des hépatocytes primaires de rat a confirmé l'effet de l'eugénol dans la production hépatique de glucose comme suit :

Partie II : Recherches antérieurs sur Syzygium aromaticum

- Il inhibe la production de glucose induite par le glucagon.
- L'effet inhibiteur pourrait également être inversé par une protéine dépendante de la Ca^{2+} -calmoduline inhibiteur de kinase (CAMKK) (STO-609).

Par conséquent, l'Eugénol pourrait améliorer l'hyperglycémie en inhibant la néoglucogénèse hépatique en modulant la voie de signalisation CAMKK-AMPK-CREB.

Cet effet a également été en ligne avec l'effet mentionné ci-dessus de l'extrait brut de boutons floraux de clou de girofle sur les enzymes de la gluconéogénèse. Compte tenu de son rôle multifonctionnel dans la santé et la maladie.

L'AMPK est l'un des cibles universelles des produits naturels. Comme indiqué pour l'extrait brut de fleur bourgeons.

L'AMPK est également une cible pour l'eugénol pour impliquer ce composé comme l'un des actifs des principes. En plus des effets antidiabétiques dans les modèles animaux, l'eugénol a également été montré pour supprimer les activités de l' α -amylase pancréatique ($\text{IC}_{50} \frac{1}{4} 62,53 \mu\text{g/ml}$) et de la lipase ($\text{IC}_{50} 72,34 \mu\text{g/ml}$) qui pourrait contribuer à son action antidiabétique et ses propriétés anti-obésité (**Mnafgui K, 2013**).

L'huile de syzygium aromaticum contient principalement un composé phénolique, l'eugénol qui, en plus de l'acide phénolique et la composition des flavonoïdes, pourraient jouer un rôle majeur dans les propriétés pharmacologiques de l'huile. Les effets d'autres composants mineurs ne doivent cependant pas être compromis (**Hong T K, 2018**).

3.5. La toxicité

Selon (**Liju Vijayasteltar, 2016**), les divers rapports sur la toxicité de l'huile de syzygium aromaticum et de son composant majeur l'Eugénol, aucune évaluation de l'innocuité des extraits polyphénoliques de syzygium aromaticum n'a été rapportée. Considérant l'effet pharmacologique bénéfique pour la santé et l'utilisation récente des polyphénols de clou de girofle comme compléments alimentaires.

Dans l'étude (**Hong T K, 2018**), les auteurs ont examiné l'innocuité d'un extrait polyphénolique standardisé de syzygium aromaticum (Clovinol), tel qu'évalué par voie orale aiguë (5 g/kg pendant 14 jours) et subchronique (0,25, 0,5 et 1 g/kg .pour 90 jours) des études

Partie II : Recherches antérieurs sur Syzygium aromaticum

de toxicité sur des rats Wistar et des études de mutagénicité utilisant des souches de *Salmonella typhimurium*.

L'administration de Clovinol n'a entraîné aucun changement significatif sur le plan toxicologique des paramètres cliniques/comportement : examens ophtalmiques, poids corporels, poids d'organes, consommation d'aliments, analyse d'urine, paramètres d'hématologie et de biochimie clinique par rapport au groupe témoin non traité des animaux, indiquant la dose sans effet nocif observé (NOAEL) de 1000 mg/kg /jour) la plus haute dose testée.

L'autopsie terminale n'a révélé aucun changement histopathologique lié au traitement. Clovinol ne montre pas de génotoxicité lorsqu'il est testé sur TA-98, TA-100 et TA-102 avec ou sans activation métabolique. Il a plutôt montré un potentiel antimutagène significatif contre les mutagènes connus, l'azoture de sodium, le NPD et tabac ainsi que contre le 2-acétamidoflurène, qui nécessitait une activation métabolique pour la mutagénicité

Les auteurs ont rapporté l'évaluation de l'innocuité d'un extrait riche en polyphénols de *Syzygium aromaticum* (Clovinol) avec administration orale à 1 g/kg b poids pendant 90. Le clovinol n'a pas produit de changements de poids corporel, consommation d'aliments et d'eau, paramètres hématologiques et/ou biochimiques.

Le clovinol n'a produit aucune mutagénicité sur les souches de *Salmonella* avec et sans activation. De plus, le clovinol a montré un potentiel antimutagène significatif contre certains des mutagènes connus.

Les résultats de l'étude ont indiqué que le clovinol est sûr chez le rat avec une NOAEL de 1 g/kg de poids corporel par jour et peut être en outre considéré pour la consommation humaine.

L'Organisation mondiale de la santé (OMS) a approuvé que la quantité quotidienne acceptable de clou de girofle chez l'homme est de 2,5 mg/kg de poids corporel.

La Food and Drug Administration (FDA) a confirmé l'innocuité, de l'huile de *Syzygium aromaticum*, de l'Eugénol, et les oléorésines comme complément alimentaire ; cependant, une attention considérable a été accordée à sa toxicité récemment. **(Geber El-saber Batiha, 2020).**

Conclusion

A travers ce modeste travail, nous avons réalisé un voyage à travers le temps et des époques très lointaines, concernant le soin avec les plantes médicinales qui constitue toute une science « **la phytothérapie** », véritable alternative pour la médecine d'une part et complément à la pharmacie classique d'autre part.

En Algérie comme partout dans le monde la mise en œuvre de cette science « médecine traditionnelle : la phytothérapie » s'est largement répandue et revêt une importance sanitaire et économique croissante ouvrant ainsi des perspectives extrêmement prometteuses pour l'industrie pharmaceutique. L'usage de cette médecine est accessible et abordable particulièrement pour les sujets les plus pauvres, vu le coût élevé de certains médicaments ainsi que leur indisponibilité, pour qui la médecine occidentale reste en grande partie inaccessible.

Le processus de la phytothérapie passe par l'extraction des molécules actives des plantes médicinales et aromatiques existantes dans la nature, dont au moins une partie (racine, feuille, fleur) possède des propriétés médicamenteuses. Ces plantes se caractérisent par leur teneur en plusieurs composés actifs doués de modes d'action différents. Elles resteront toujours une source fiable de principes actifs d'intérêt thérapeutique. Elles sont utilisées pour la préparation de nouveaux médicaments, la lutte contre les maladies infectieuses et même comme complément alimentaire. Elles sont utilisées de différentes manières décoction, macération, inhalation et infusion face à la phobie des molécules de synthèse chimique ou les résultats des recherches antérieure font ressortir que la majorité des individus utilisent les plantes médicinales sous forme de tisane (71%), la partie la plus utilisée sont les feuilles (54%).

Dans cette étude nous avons rassemblé et résumer les résultats des études antérieures réalisés sur une plante traditionnelle connue pour ses activités phyto-thérapeutiques intéressantes, qui est l'« *Syzygium Aromaticum* ».

L'analyse et le traitement de l'ensemble des études effectués sur « *Syzygium Aromaticum* », nous a permis de tirer les conclusions suivantes :

- Cette plante est très riche en molécules bioactives, notamment les composés phénoliques, les composés Flavonoïdes et les terpène.

Conclusion générale

- L'huile de clou de girofle contient principalement un composé phénolique, l'Eugénol qui, en plus de l'acide phénolique et la composition des flavonoïdes, pourraient jouer un rôle majeur dans les propriétés pharmacologiques de l'huile. Les effets d'autres composants mineurs ne doivent cependant pas être compromis.

- La richesse de cette plante en molécules bioactives lui accorde plusieurs activités biologiques à savoir ses activités antioxydante, anti-inflammatoire et antibactérienne.

On cite quelques travaux qui confirment ces activités :

- **(Aminu Mohammed, 2015)**, montré que l'*Syzygium Aromaticum* possède une grande variété de potentiel thérapeutique et a été reconnu comme une source d'agents antioxydants.
- **(Sidi Mohammed Ammar Selles, 2020)**, ont révélé que l'huile essentiel de *Syzygium aromaticum* présentait une bonne activité antibactérienne in vitro.
- D'après **(Tanko Y, 2008)**, les extraits éthanols des boutons floraux de clou de girofle ont des effets anti-nociceptif et anti-inflammatoires chez les souris et les rats Wista.
- **(Singh P, 2016)**, ont montré que l'extrait a confirmé un puissant effet antiglycation in vitro sur les souris diabétiques induites par STZ, antiglycation.

Peu d'étude ont entamé le sujet de la toxicité de l'*Syzygium Aromaticum*, L'Organisation mondiale de la santé (OMS) a approuvé que la quantité quotidienne acceptable de clou de girofle chez l'homme est de 2,5 mg/kg de poids corporel. La Food and Drug Administration (FDA) a confirmé l'innocuité des cloues de girofle, de l'huile de girofle, de l'Eugénol, et les oléorésines comme complément alimentaire ; cependant, une attention considérable a été accordée à son toxicité récemment **(Geber El-saber Batiha, 2020)**.

*Références
bibliographiques*

Références bibliographiques

-A-

Aya Umeno, M. H. (2016). Antioxidative and antidiabetic effects of natural polyphenols and isoflavones. *Molecules* .

Alma M, M. A. (2003). Screening chemical composition and in vitro antioxidant and antimicrobial activities of the essential *Origanum syriacum* . *Biological and pharmaceutical Bulletin* , 1725-1729.

Aminu Mohammed, N. A. (2015). phytochemistry, antioxidative and antidiabetic effects of various parts of *Eugenia caryophyllata* thunb, in vitro . *Acta poloniae pharmaceutica Drug research* , 1201-1215.

AFSSAPS. (2008). Recommandations relatives aux critères de qualité des huiles essentielles: contribution pour l'évaluation de la sécurité des produits cosmétiques contenant des huiles essentielle .

AMSHOFF GJH. (1966). Myrtacées. Paris : MNHN ; p. 3-4 ; 16.

Amit P et Parul S. (2011). Antibacterial activity of *Syzygium aromaticum* (clove) with metal ion effect against food borne pathogens. *Asian Journal of Plant Science and Research*, 1 (2):69-80.

Abdelli W. (2017). Caractérisation chimique et étude de quelques activités biologiques des huiles essentielles de *Juniperus phoenicea* et de *Thymus vulgaris*. Thèse de doctorat 3ème cycle LMD en biologie. Université Abdlhamid ibn Badis de Mostaganem. P-5, 37, 84.

Abe, E., Delyle, S.G., Alvarez, J.C. (2010). Liquid-liquid extraction : theory, applications and difficulties. *Annales de Toxicologie Analytique.*, 22 (2), 51-59.

ATMANI H et BAIRA K. (2015). Mise en évidence de l'activité antibactérienne et antifongique et l'étude des caractères Physico-chimique de l'huile essentielle du clou de girofle *Syzygium aromaticum* L. Diplôme de Master en Biologie et physiologie végétale. Université Frères Mentouri 1. Constantine. P-64.

Ali M , Nas FS , Yahaya A ; Ibrahim IS.(2018). Efficacy of Clove (*Syzygium Aromaticum*) Extracts on Food Borne Pathogens. *Bioequivalence & Bioavailability International Journal*.

Afanyibo Y-G, Esseh K, Idoh K, Koudouvo K, Agbonon A, Gbeassor M. (2019). Toxicity and antioxidant activity of *Syzygium aromaticum*, *Mondia whitei*, *Carissa spinarum* and *Caesalpinia bonduc*. *The Journal of Phytopharmacology* ; 8(3): 124-128

Ayoola GA, Lawore FM, Adelowotan T, Aibinu IE, Adenipekun E, Coker HAB.(2008). Chemical analysis and antimicrobial activity of the essential oil of *Syzygium aromaticum* (clove). *Afr J Microbiol Res* 2:162–166

Références bibliographiques

-B-

Bachiega TF, d. s. (2012). Cloce and eugenol in noncytotoxic concentration exert immunomodulatory/ anti-inflammatory action on cytokine production by murine macrophage . J Pharm, pharmacol , 610-616.

BANOUEH Radia, A. A. (2019). Evaluation l'activité antibactérienne, antifongique et activité antioxydante de l'huile essentielle de syzygium aromaticum. Memoire de fin d'études.

Beraldo C, D. N. (2013). Eficiencia de oleos essenciais de canela e cravo-da-india como sanitizantes na industria de alimentos. Pesquisa Agropecuaria Tropical , 436-440.

Baudet M, D. C. (2017). Lipid-lowering property of clausenaanisum-olens in hypercholesterolemic rats . Pharmaceutical Biology .

Boullard. (2014). Plantes médicinales du monde : croyances et réalités. Ed.ESTEM.

Boid. (1999). Les plantes alimentaires chez tous les peuples et à travers les âges :histoire utilisation,culture ,plantes à épices,à aromates, à condiments. Ed.CME.

BERNARD, C. (2011). Macération de nerprun cathartique (Rhmnus catharticus).

Bezzaz N. (2014). Détermination structurale des métabolites secondaires, et extraction des huiles essentielles de Mentha rotundifolia. Mémoire de magister en chimie. Université de M'sila. P-26, 27, 35, 41.

Brigitte C, Florence H.L, Harlay A, Huard, Lionel R, Serge C. (2008). Guide du préparateur en pharmacie. p-1098

BOURGOUS, R. SERAIRI BEJII,2, F. MEDINI1, R. KSOURI., (2016). Effet du solvant et de la méthode d'extraction sur la teneur en composés phénoliques et les potentialités antioxydantes d'Euphorbia helioscopia, Journal of new sciences, Agriculture and Biotechnology, vol 28(12), page1649-1655. www.jnsciences.org.

-C-

Cyboran S, O. J. (2012). Interaction between plant polyphenols and the erythrocyte membrane. . CellMolBiol Lrtr , 77-88.

Charline. (2021). Phytothérapie .

Cailliez J-C et Verreman K. (2004). Dictionnaire de biologie cellulaire et moléculaire. p172.

Chérifa B. (2014). Etude de l'activité antioxydante des polyphénols extraits de Solanum melongena par des techniques électrochimique P-39.

Références bibliographiques

Chang C, Yang M, Wen H, Chern J. (2002). Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods. *J Food Drug Anal* 10:178-182

Chira k, J.-H. Suh, C. Saucier, P.-L. Teissèdre .(2008). Les polyphénols du raisin . *Phytothérapie* ; 6: 75–82

-D-

Dutertre. (2016). Enquête prospective au sein de la population consultant dans les cabinets de médecine général sur l'île de la Réunion: 0 propos des plantes médicinales, utilisation, effets, innocuité et lien avec le médecin généraliste. Thèse doctorat d'état, Univ Bordeaux 2-victor Segalen des sciences médicales.

Devi K.P, N. S. (2010). Eugenol (an essential oil of clove) acts as an antibacterial against *Salmonella typhi* by disrupting the cellular membrane. *Journal of Ethnopharmacology* , 107-115.

Diego Francisco C.R, Claudia Regina Fernande S and Wanderley Pereira O. (2014). Clove (*Syzygium aromaticum*): a precious spice. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*. 4(2): 90-96.

DUPONT F, GUIGNARD JL. (2012). Botanique : les familles des plantes. Issy-les-Moulineaux : Elsevier Masson ; 15e éd.; p. 16.

Descamps-Marie, C. (2008). visa pour le PCEM1:biologie. Paris: Dunod

-E-

E. Small, P. C. (juillet 2000). Les Cultures Médicinales Canadiennes. France: CNRC NRC.

El-Maati M.F.A, M. S.-G. (2016). Phenolic extracts of clove (*Syzygium aromaticum*) with novel antioxidant and antibacterial activities . *Eur.J. Integ.Med.* , 494-504.

Enseignants, E. d. (2007). Phytothérapie ,la santé par les plantes du dumentat., *Phytothérapie faculté de médecine* .

Edziri HL, Smach MA, Ammar S, Mahjoub MA, Mighri Z, Aouni M. (2011). Antioxidant, antibacterial, and antiviral effects of *Lactuca sativa* extracts. *Ind Crop Prod* 34:1182–1185

Evans WC .(1997). Trease and Evans pharmacognosy, 14th edn. Harcourt Brace, Singapore

-F-

Fouzia, M. N. (2017). Extraction des polyphénole et flavonoides. Université Constantine 1, Département de Biochimie /Biologie Cellulaire et Moléculaire.

Références bibliographiques

Fidrianny L, H. M. (2014). Correlation evaluation of antioxidant activities form various extracts of sweet orange peels using DPPH,FRAP assays and correlation with phenolic ,flavonoid,carotenoid content. . Asian J Phram Clin Res .

Fraga C. G. (2009). Plant phenolics and human health : Biochemistry, Nutrition, and Pharmacology. John Wiley & Sons Edition. P5-13.

Falleh H., KsouriR., ChaiebK., Karray-bouraouiN., TrabelsIN., BOULAABA M et AbdellyC, (2008). Phenolic composition of *CynaracardunculusL.* organs, and their biological activities, Compt. Rend. Biol, vol : 331. 372-379 p.

-G-

Gaber El-Saber Batiha, L. M. (2020). *Syzygium aromaticum*: Traditional uses, bioactive chemical constituents, pharmacological and toxicological activities .

Ghazghazi H, C. A. (2013). Comparaison des contenus en polyphénols et de l'activité antioxydante des extraits méthanolique de quatre plantes collectées du nord de tunisie . Microbiol Hyg Alim, 37-41.

GEO. (2013). séchage clou de girofle .

Gladstar, R. (2018). Cultive et utiliser les plantes médicinales . éditions marabout.

Ghedira K., Goetz P and Le Jeune R. (2010). *Syzygium aromaticum* (L.) Merr. & Perry (Myrtaceae) Giroflier. Phytothérapie. 8, 37-43.

Guignard J.L. (2000). Biochimie végétale. 2ème édition de l'Abrégé. p-177.

-H-

HeimK.E, T. A. (2002). Flavonoid antioxidants chemistry metabolism and structure-activity relationship. J.Nutr Biochem , 572-584.

Hemalatha, P. N. (2015). Phytochemical composition, GC-MS analysis in vitro antioxidant and antibacterial potential of clove flower bud (*Eugenia caryophyllus*) methanolic extract. J Food sci technol, 1189-1198.

Hong T K, P. H. (2018). Ovicidal and larvicidal activity and possible mode of action of phenylpropanoids and ketone identified in *syzygium aromaticum* bud against *bradysia procera* pest . Biochem physiol , 29-38.

Huang Wu-yang, Z. H.-s.-X.-Y. (2012). Survery of antioxydand capacity and phenolic composition of bleu berry ,blac berry and straw berry in nanjing . Biomed & biotechnol .

Huong N.T, M. K. (1998). In vitro antioxidant activity of vietnamese ginseng saponin and its components. Biol Pharm Bull , 978-981.

Références bibliographiques

Helmirich S, R. D. (1991). Physical activity and reduced occurrence of non-insulin-dependent diabetes mellitus. . N Engl J Med .

HADDOUCHE N ; DERNANI H. (2018). Etude de l'activité antibactérienne et hémolytique de l'huile essentielle de syzygium aromaticum(clou de girofle). MEMOIRE DE MASTER . UNIVERSITE AKLI MOHAND OULHADJ – BOUIRA. P .5

Hakim A. (2012). Etude phytochimique et antifongique de deux plantes du sud du maroc : Asteriscus graveolens subsp. Odorus (Schousb.) Greuter et Asteriscus imbricatus (Cav.) DC. P-39.

Heller R. (1969). Biologie Végétale II nutrition et Métabolisme. p-229.

Houari A.D.E. (2015). Effet prophylactique de l'administration d'un extrait de Syzygium aromaticum (clou de girofle) chez les rats wistar en croissance intoxiquée au plomb et au manganèse. Etude biochimique, histologique et neurocomportementale. Thèse de Doctorat en biologie. Université d'Oran Ahmed ben Bella. P-52, 63.

Harborne JB .(1973). Phytochemical methods. Chapman and Hall, London

Hemalatha R ; P. Nivetha ; C. Mohanapriya ; G. Sharmila ; C. Muthukumaran; M. Gopinath (2016). Phytochemical composition, GC-MS analysis, in vitro antioxidant and antibacterial potential of clove flower bud (Eugenia caryophyllus) methanolic extract. J Food Sci Technol ; 53(2):1189–1198.

-J-

Jorite, S. (2015). La phytothérapie, une discipline entre passé et future: de l'herboristerie aux pharmacies dédiées au naturel . Thèse de doctorat Université Bordeaux 2.

J, W. (2011). Effect of Ginger on Gastric Motility and symptoms of functional Dyspepsia.

Jerdiner. (2019). clou de girofle vert frais cultivé dans Bali Dreamstime.

-K-

Korsia-Meffre, S. (2012). rédactrice et coordinateur du guide des plantes qui soignent des malades par phytothérapie.

Kordali S, C. A. (2005). Screening of chemical composition and antifungal and antioxidant activities of the essential oil from three turkish Artemisia species . Journal of Agricultural and Food Chemistry , 1408-1416.

Khouloud, C. (2019). Etude des propriétés physico-chimiques et biologiques de syzygium aromaticum. Université de Biskra.

Kacemi Ben Sultane F. (2017). Activité antioxydante des huiles essentielles du gingembre (Zingiber officinale) et du clou de girofle (Syzygium aromaticum).

Références bibliographiques

-L-

Lehout Roumeissa, L. m. (2015). Comparaison de trois méthodes d'extraction des composés phénoliques et des flavonoïdes à partir de la plante médicinale: *Artemisia herba*. Mémoire de fin d'étude.

Lucie. (2017). Les formes utilisées en phytothérapie. Santé sur le Net.

Li HB, C. K. (2007). Evaluation de la capacité antioxydante et du contenu total en composés phénoliques de différentes fractions de microalgues sélectionnées. *Food Chem.*

Liao W, C. L. (2016). Effets protecteurs du kaempférol contre l'hémolyse induite par des espèces réactives d'oxygène et son activité antiproliférative sur des cellules cancéreuses humaines. *Eur J Med Chem*, 24-32.

Liju Vijayasteltar, G. G. (2016). Évaluation de la sécurité d'un extrait standardisé de polyphénols de boutons de girofle : toxicité subchronique et études de mutagenèse. *Toxicology Reports*.

Lorène G, Emilie D, Annelise L et Eric L. (2016). Comparaison de différentes méthodes d'extraction d'acides dicaféoylquiniques à partir d'une plante halophile. *Comptes Rendus Chimie*. **19**. 1133-1141

Lakhdar L. (2015). Évaluation de l'activité antibactérienne d'huiles essentielles marocaines sur *Aggregatibacter actinomycetemcomitans* : étude *in vitro*. Thèse de Doctorat. Université Mohammed V de Rabat. P-27.

-M-

Mohammedi. (2006). Étude du pouvoir antimicrobien et antioxydant des huiles et flavonoïdes de quelques plantes de la région de Tlemcen. Université Abou Bakr Blekaid

Malomo S.O, O. A. (2011). Activités antioxydantes *in vitro* et *in vivo* de l'extrait aqueux des feuilles de *Celosia argentea*. *Indian J. Pharmacol.*

Marjana Radunz, M. L. (2018). Activité antimicrobienne et antioxydante de l'huile essentielle non encapsulée et encapsulée de girofle (*Syzygium aromaticum*). *FOOD CHEMISTRY*.

Mathew S, A. T. (2006). Études sur les activités antioxydantes de l'écorce de cannelle (*Cinnamomum verum*) à travers différents modèles *in vitro*. *Food Chem*, 520-528.

Md Arifur Rahman Chowdhury, M. . (2016). Évaluation qualitative et quantitative de *Syzygium aromaticum* et évaluation de l'effet anti-hyperglycémique. *International Journal of Pharmacognosy and Phytochemical*.

Mnafgui K, K. F. (2013). Inhibition de certaines enzymes liées au diabète et à l'hypertension par l'eugénol *in vitro* et chez des rats diabétiques induits par l'alloxane. *Arch Physiol Biochem*, 225-233.

Max W et Robert A. (2003). Plantes thérapeutiques p-119, 120.

Références bibliographiques

Muhamad I, Zelika M.R, Evelyne N.H, Rika H, and Komar R.W. (2018). Isolation of 5,7- Dihydroxy, 6,8-Dimethyl Flavanone from *Syzygium aqueum* with Its Antioxidant and Xanthine Oxidase Inhibitor Activities. *Pharmacognosy Res.* 10(1): 60–63.

Mohammedi Z. (2013). Etude Phytochimique et Activités Biologiques de quelques Plantes médicinales de la Région Nord et Sud Ouest de l'Algérie. Thèse de Doctorat en Biologie. Université Abou Bekr Belkaid. Tlemcen. P-23,64, 67.

Mekkiou R. (2005). Recherche et Détermination Structurale des Métabolites Secondaires d'espèces du Genre *Genista* (Fabaceae) : *G. saharae*, *G. ferox*. Thèse de Doctorat d'Etat En Chimie Organique. Université Mentouri. Constantine. P-30.

Marzouki, H., Elaissi, A., Khaldi, A., Bouzid, S., Falconieri, D., Marongiu, B., . . . Porcedda, S. (2009). Seasonal and geographical variation of *Laurus nobilis* L. essential oil from Tunisia. *Open Natural Products Journal*, 2, 86-91.

Medfouni R ; Hafsi N. (2018). Contribution à l'étude phytochimique et les activités biologiques d'une plante médicinale *Syzygium aromaticum*. Mémoire Master université LARBI BEN MHIDI OUM EL BOUAGHI .

Mc Donald S, Prenzler PD, Antolovich M, Robards K. (2001). Phenolic content and antioxidant activity of olive extracts. *Food Chem*73:73– 84

Miliauskas G, Venskutonis PR, van Beek TA. (2004). Screening of radical scavenging activity of some medicinal and aromatic plant extracts. *Food Chem* 85:231–237

-N-

Nazrul IB, J. M. (2010). Constituent of the essential oil form leaves and bud of clove *syzygium aromaticum* . *African J Plant Sci* , 451-454.

Nastasic. (2018). Illustration of a clove or *syzygium aromaticum*.

Nazrul IB, Jaripa MD, Nemai CN, Farhana A .(2010). Constituents of the essential oil from leaves and buds of clove (*syzygium caryophyllatum* L. Alston). *African J Plant Sci* 4:451–454

-O-

Oboh, S. A. (2012). Inhibition of key enzymes linked to type 2 diabetes and sodium nitroprusside- induced lipid peroxidation by water extractable phytochemicals from some tropical spices. *Pharmaceutical Biology*.

Oiszowy M, D. A. (2016). Essential oil as antioxidant : their evaluation by DPPH, ABTS, and B-carotene bleaching methods . *Monatsh Chem*, 2083-2091.

Olle, M., Bender, I., & Koppe, R. (2010). The content of oils in umbelliferous crops and its formation. *Agronomy Research*, 8(3), 687-696.

Références bibliographiques

-P-

Popovici C, S. T. (2009). Evaluation de l'activité antioxydante des composés phénoliques par la réactivité avec le radical libre DPPH. Revue de génie industriel , 25-39.

Poudre de la plante médicinale. (2019). France herboristerie .

PERRIER DE LA BÂTHIE H. (1953). Flore de Madagascar et des Comores, 152ème famille, Myrtacées. Paris : Firmin-Didot et Cie ; p. 1-2.

Paul S et Ferdinand P. (2005). Guide des plantes médicinales (Analyse, Description et Utilisation de 400 plantes). p-339.

Pulikottil SJ et Nath S. (2015). Potential of clove of *Syzygium aromaticum* in development of a therapeutic agent for periodontal disease. A review, SADI. Vol 70 no 3 p108 - p115.

-R-

Rice-Evans C, M. N. (1996). Structure- antioxidant activity relationship of flavonoids and phenolic acids . Biol Med .

Ravan, Evert, Eichhorn. (2014). Biologie végétale. 2ème édition. p-27, 28, 30.

-S-

Sahpaz, S. (2019). Phytothérapie-exemples de pathologies courantes à l'officier: Fatigue , Insomnie, stress, Constipation, Rhume, Douleur et Inflammation . thèse de doctorat .

Sanago. (2006). Le rôle des plantes médicinales en médecine traditionnelle. Université .

Secaar. (2018). Recueil de plantes médicinales et leur vertus, expériences des paysans du Togo et du Bénin .

Saani M, L. R. (2016). Evaluation of pigments as antioxidant and antibacterial agents from *Beta vulgaris* Linn. Int J Curr Pharm Res , 77-81.

Sanae F, K. O.-O. (2014). Effects of eugenol-reduced clove extract on glycogen phosphorylase b and the development of diabetes in db/db mice . FOOD FUNCT , 214-219.

Siddhuraju P, B. K. (2006). The antioxidant and free radical scavenging activities of processed cowpea (*Vigna unguiculata*) seed extracts. Food Chem .

Siddiqua S, A. B. (2015). Antibacterial activity of cinnamaldehyde and clove oil: effect on selected foodborne pathogens in model food systems and watermelon juice . J Food Sci Technol .

Références bibliographiques

Sidi mohammed ammar selles, M. K. (2020). Chemical composition , in-vitro antibacterial and antioxidant activities of syzygium aromaticum essential oil . Food Measurement and characterization .

Singh P, J. R. (2016). Potential dual role of eugenol in inhibiting advanced glycation end products in diabetes proteomic and mechanistic insights . Sci Rep.

Stephen Adeniyi Adefegha, G. O. (2012). In vitro inhibition activity of polyphenol-rich extracts from syzygium aromaticum & perry (clove) bud against carbohydrate hydrolyzing enzymes linked to type 2 diabetes and Fe²⁺-induced lipid peroxidation in rat pancreas . Asian Pacific journal of tropical biomedicine .

Suwalsky M, C. J.-R.-M. (2016). Antioxidant capacity of gallic acid in vitro assayed on human erythrocytes . J Membr Biol , 769-779.

Sarmistha B, Chinmay K.P and Sukta D. (2006). Clove (*Syzygium aromaticum*L.), a potential chemopreventive agent for lung cancer. Carcinogenesis vol.27 no.8 pp.1645–1654.

Sophie B. (2015). Le Giroflier: Historique, Description et Utilisations de la plante et de son Huile essentielle. Thèse de Doctorat d'Etat en Pharmacie. Université de Lorraine. P-22, 24.

Sabrina K. (2003). Métabolites secondaires des plantes et comportement animal: surveillance sanitaire et observations de l'alimentation des chimpanzés (*Pan troglodytes schweinfurthii*) en Ouganda. Activités biologiques et étude chimique de plantes consommées. Thèse de Doctorat en ÉCOLOGIE ET CHIMIE DES SUBSTANCES NATURELLES. MNHN PARIS, Français. P-30.

-T-

Tanko Y, M. A. (2008). Anti-nociceptive and anti-inflammatory activities of ethanol extract of syzygium aromaticum flower bud in wistar rats and mice . Afr, J Tradit, complement Altern Med , 209-212.

Tirzitis G, B. G. (2010). Exploring the impact of personality traits on online shopping behavior. African Journal of Business Management , 1800-1812.

tolochko, G. (2019). La tisane à l'Echinacée plante médicinale.

-U-

Ugwu C. C, Ezeonu I. M, Mbah-Omeje K, Agu C. G and Onuorah S. C. (2017). Evaluation of the antimicrobial effects of syzygium aromaticum (clove) and garcinia kola (bitter kola) extracts singly and in combination, on some bacteria. World journal of Pharmacy and Pharmaceutical sciences. Volume 6, Issue 12, 1-13.

Ulrich L, Manfred K, Gabriela B. (2002). Botanique. 3^{ème} édition. p-211.

Références bibliographiques

-V-

Valko M, L. D. (2007). Free radicals and antioxidants in normal physiological functions and human disease. *International Journal of Biochemistry and Cell Biology* .

Verzelloni E, T. D. (2007). Relationship between the antioxidant properties and the phenolic and flavonoid content in traditional balsamic vinegar . *Food Chem* , 564-571.

VERMEULEN F, JOHNSTON MD L . (2011). Plants, homeopathic and medicinal uses from a botanic family perspective. Glasgow : Saltire Books ; Volume 3; p. 729-745.

-W-

Wettasinghe M, B. B. (2002). Phase 2 enzyme-inducing and antioxidant activities of beetroot (*Beta vulgaris* L) extracts from phenotypes of different pigmentation . *J Agric Food Chem* .

-X-

Xia EQ, Deng GF, Guo YJ, Li HB (2010). Biological activities of polyphenols from grapes. *Int J Mol Sci*. 11:622-646.

-Y-

Yassine EL Ghallab, A. A. (2020). *Syzygium aromaticum* : phytochemical investigation and comparison of the scavenging activity of essential oil, extracts and eugenol. *Advances in traditional medicine* , 153-158.

Youdim KA, S.-H. B. (2000). Polyphenols enhance red blood cell resistance to oxidative stress: in vitro and in vivo . *Biochem Biophys Acta* , 117-122.

Yashab K, Sakshi A, Abhinav S, Satyaprakash K, Garima A and Moha. Zeeshan A.K. (2014). Antibacterial activity of Clove (*Syzygium aromaticum*) and Garlic (*Allium sativum*) on different pathogenic bacteria *International Journal of Pure & Applied Bioscience* 2 (3): 305-311.

-Z-

Zhang H, T. R. (2016). Dietary polyphenols oxidative stress and antioxidant and anti-inflammatory effect . *Curr Opin Food Sci* , 33-42.

Le giroflier (*Syzygium aromaticum*) est une plante médicinale utilisée traditionnellement. Sa richesse en métabolites secondaires lui confère plusieurs effets biologiques dont les activités anti-inflammatoires, antimicrobiennes, anticancéreux et antioxydantes. C'est l'épice la plus utilisée pendant plusieurs siècles en conservation des aliments et en médecine grâce à ses composants phénoliques comme l'Eugénol, l'Acétate d'Eugénol et l'acide gallique qui sont utilisés en pharmacie et cosmétologie.

L'analyse et le traitement de l'ensemble des études effectués sur la «*Syzygium Aromaticum*», nous a permis de conclure que cette plante est très riche en molécules bioactives, notamment les composées phénoliques, les composées Flavonoïdes et les terpène. L'huile de clou de girofle contient principalement un composé phénolique, l'Eugénol qui, en plus de l'acide phénolique et la composition des flavonoïdes, pourraient jouer un rôle majeur dans les propriétés pharmacologiques de l'huile. Les effets d'autres composants mineurs ne doivent cependant pas être compromis. La richesse de cette plante en molécules bioactives lui accorde plusieurs activités biologiques à savoir ses activités antioxydante, anti-inflammatoire et antibactérienne.

Peu d'étude ont entamé le sujet de la toxicité de la *Syzygium Aromaticum*, mais L'Organisation mondiale de la santé (OMS) et la Food and Drug Administration (FDA) a confirmé l'innocuité des cloues de girofle, de l'huile de girofle, de l'Eugénol, et les Oléorésines comme complément alimentaire; cependant, une attention considérable a été accordée à son toxicité récemment.

Mots clés : *Syzygium aromaticum* ; Activités biologiques; composés phytochimiques ; polyphenols ; flavonoïde.

The clove (*Syzygium aromaticum*) a medicinal plant used traditionally. Its richness in secondary metabolites and more specifically give it several biological effects including anti-inflammatory, antimicrobial, anticancer and antioxidant activities; is the most spice used for several centuries in food preservation and medicine. And thanks to its phenolic component like eugenol, eugenol acetate and gallic acid are used in pharmacy and cosmetology.

Thanks to the research and experiments carried out by the researchers, on which we relied in the subject of our final thesis, which concerns *Syzygium aromaticum*. The analysis and treatment of all the studies carried out on "*Syzygium Aromaticum*", allowed us to conclude that this plant is very rich in bioactive molecules, in particular phenolic compounds, Flavonoids compounds and terpenes. Clove oil mainly contains a phenolic compound "Eugenol" which, in addition to phenolic acid and the composition of flavonoids, may play a major role in the pharmacological properties of the oil. The effects of other minor components, however, must not be compromised. The richness of this plant in bioactive molecules gives it several biological activities, namely its antioxidant, anti-inflammatory and antibacterial activities.

Few studies have initiated the subject of the toxicity of the *Syzygium Aromaticum*, but the World Health Organization (WHO) and the Food and Drug Administration (FDA) have confirmed the safety of cloves, clove oil, Eugenol, and oleoresins as a dietary supplement; however, considerable attention has been paid to its toxicity recently.

Keywords: *Syzygium aromaticum*; Activities ; phytochemicals; polyphenols; flavonoid.

المخلص

القرنفل نبات طبي يستخدم تقليديا لاحتوائه على المستقلبات الثانوية ولديه تأثيرات بيولوجية عديدة بما في ذلك الأنشطة المضادة للالتهابات ومضادات الميكروبات والسرطان ومضادات الأكسدة ؛ هو أكثر أنواع التوابل استخدامًا لعدة قرون في حفظ الأغذية والأدوية. وبفضل مكوناته الفينولية مثل الأوجينول ، يتم استخدام أسيتات الأوجينول وحمض الغاليك في الصيدلة ومستحضرات التجميل.

سمح تحليل ومعالجة جميع الدراسات التي أجريت على "Syzygium Aromaticum" باستنتاج أن هذا النبات غني جدًا بالجزئيات النشطة بيولوجيًا ، ولا سيما المركبات الفينولية ومركبات الفلافونويد والتربينات. يحتوي زيت القرنفل بشكل أساسي على مركب فينول يوجينول والذي ، بالإضافة إلى حمض الفينول وتكوين مركبات الفلافونويد ، قد يلعب دورًا رئيسيًا في الخصائص الدوائية للزيت. ومع ذلك ، يجب عدم المساس بتأثيرات المكونات الثانوية الأخرى. إن غنى هذا النبات بالجزئيات النشطة بيولوجيًا يمنحه العديد من الأنشطة البيولوجية ، وهي مضادات الأكسدة ومضادات الالتهابات والبكتيريا.

بدأت دراسات قليلة في موضوع سمية نبتة Syzygium Aromaticum ، لكن منظمة الصحة العالمية (WHO) وإدارة الغذاء والدواء (FDA) أكدت سلامة القرنفل وزيت القرنفل والأوجينول والأوليوريسين كمكمل غذائي ؛ ومع ذلك ، تم إيلاء اهتمام كبير لسميته مؤخرًا.

الكلمات المفتاحية: Syzygium aromaticum ؛ أنشطة ؛ المواد الكيميائية النباتية. بوليفينول. الفلافونويد.

Année universitaire :
2020-2021

Présenté par : CHILI AMIRA
DAOUD NOURHENE

Etat de l'art de l'analyse phytochimique et les activités biologiques de Syzygium Aromaticum

Mémoire pour l'obtention du Diplôme de Master en Biochimie Appliquée

Le giroflier (*Syzygium aromaticum*) est une plante médicinale utilisée traditionnellement. Sa richesse en métabolites secondaires lui confère plusieurs effets biologiques dont les activités anti-inflammatoires, antimicrobiennes, anticancéreuses et antioxydantes. C'est l'épice la plus utilisée pendant plusieurs siècles en conservation des aliments et en médecine grâce à ses composants phénoliques comme l'Eugénol, l'Acétate d'Eugénol et l'acide gallique qui sont utilisés en pharmacie et cosmétologie.

L'analyse et le traitement de l'ensemble des études effectués sur la « *Syzygium Aromaticum* », nous a permis de conclure que cette plante est très riche en molécules bioactives, notamment les composés phénoliques, les composés Flavonoïdes et les terpène. L'huile de clou de girofle contient principalement un composé phénolique, l'Eugénol qui, en plus de l'acide phénolique et la composition des flavonoïdes, pourraient jouer un rôle majeur dans les propriétés pharmacologiques de l'huile. Les effets d'autres composants mineurs ne doivent cependant pas être compromis. La richesse de cette plante en molécules bioactives lui accorde plusieurs activités biologiques à savoir ses activités antioxydante, anti-inflammatoire et antibactérienne.

Peu d'étude ont entamé le sujet de la toxicité de la *Syzygium Aromaticum*, mais L'Organisation mondiale de la santé (OMS) et la Food and Drug Administration (FDA) a confirmé l'innocuité des clous de girofle, de l'huile de girofle, de l'Eugénol, et les Oléorésines comme complément alimentaire; cependant, une attention considérable a été accordée à son toxicité récemment.

Mots clés : *Syzygium aromaticum* ; Activités biologiques; composés phytochimiques ; polyphénols ; flavonoïde

Jury d'évaluation

Président du jury : MCB KITOUNI Rachid - Université des Frères Mentouri Constantine 1.

Rapporteur : MCA BOUANIMBA Nour - Université des Frères Mentouri Constantine 1.

Examineur : MCB HAROUNI Sofiane - Université des Frères Mentouri Constantine 1.

Date de soutenance : 19 / 09 / 2021