

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
UNIVERSITÉ AKLI MOHAND OULHADJ – BOUIRA  
FACULTÉ DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE ET DES SCIENCES DE LA TERRE  
DÉPARTEMENT DE BIOLOGIE



Réf : ...../UAMOB/F.SNV.ST/DEP.BIO/20

## MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME MASTER

Domaine : SNV    Filière : Biotechnologies

Spécialité : Biotechnologie microbienne

Présenté par :

*HADDAD Wafa & ZOUNANE SOUMIA*

*Thème*

**Activités anti-oxydante, antibactérienne et antifongique  
d'*Elettaria cardamomum***

Soutenu le : 30 / 09 / 2020

Devant le jury composé de :

<i>Nom et Prénom</i>	<i>Grade</i>		
<i>LAMINE Salim</i>	<i>MCB.</i>	<i>Univ. de Bouira</i>	<i>Président</i>
<i>BOUTELDJA Razika</i>	<i>MCB.</i>	<i>Univ. de Bouira</i>	<i>Examinatrice</i>
<i>LIBDIRI Farid</i>	<i>MAA.</i>	<i>Univ. de Bouira</i>	<i>Promoteur</i>
<i>SALHI Omar</i>	<i>MCB.</i>	<i>Univ. de Bouira</i>	<i>Invité</i>

*Année Universitaire : 2019/2020*



## *Remerciements*

*Notre vie quotidienne a été arrêtée à cause de l'épidémie Covid-19. Le confinement nécessaire a été plus pénible, on s'inquiéta pour la santé des enfants et les personnes âgées et le moral été parfois très bas, mais, malgré ces conditions très sévères et difficiles on a pu réaliser ce modeste travail.*

\*\*\*\*\*

*Le grand Merci nous le réservons à notre DIEU "ALLAH " le tout puissant, de nous avoir donné la volonté, la santé, la patience et l'énergie nécessaire d'aller au bout afin de terminer ce travail.*

\*\*\*\*\*

*On tient à remercier très sincèrement Monsieur **LIBDIRI Farid** notre promoteur d'avoir accepté de nous encadré.*

*Nous remercions les membres du jury pour l'honneur qu'ils m'ont accordé en jugeant ce travail, particulièrement Monsieur **LAMINE Salim** qui m'a fait l'honneur par sa présence en qualité de présidente de jury, et madame **BOUTELDJA Razika** et monsieur **SALHI Omar** d'avoir accepté à examiner notre travail.*

\*\*\*\*\*

*Nos remerciements sont aussi dirigés à tous nos enseignants, depuis le primaire, qui ont contribué et influencé dans l'élaboration de notre forte personnalité.*

*À l'ensemble des enseignants de la Faculté SNV de l'université **AKLI MOHAND OULHADJ** à **BOUIRA** ... et particulièrement nos enseignants de spécialité **Biotechnologie microbienne** qui ont contribué à notre formation.*

\*\*\*\*\*

*Nous adressons aussi nos sincères remerciements à tous nos amis de la promotion BTM 2019-2020, pour leur aide, leur amitié, leur gentillesse et leur soutien moral, et nous leurs souhaitons beaucoup de réussite, vous étiez vraiment une 2eme famille.*

\*\*\*\*\*

*On n'oublie pas nos très chers parents du plus profond de cœur, pour leurs innombrables sacrifices et de nous avoir tant aidé, soutenu, réconforté, et encouragé dans les moments de doute.*

\*\*\*\*\*

*Enfin on remercie gracieusement toute personne qui a contribué de près ou de loin, directement ou indirectement, à la réalisation de ce travail.*

*Un grand merci à toutes et à tous.*

*Wafa & Soumia*

## Dédicaces

*Je dédie ce modeste travail :*

*A Dieu, tout puissant, qui m'a donné la force,*

*La santé et le courage de réaliser ce précieux travail*

*A ceux que j'aime le plus au monde mes très chers parents « ABDENACER » et  
« NADJIA » pour leurs sacrifices et leurs encouragements pendant toute ma vie,  
pour que je grandisse avec un savoir et un savoir faire*

*Et qui ont fait de moi ce que je suis aujourd'hui*

*Que dieux les protège et les accorde une longue vie*

*Pleine de santé et de bonheur.*

*A mes chères sœurs « MOUNA » et « MARWA »*

*A mon chère frère « YUCEF »*

*A ma chère grand-mère et mon grand-père que dieu l'es garde*

*A mes chères cousines Amel, Rania, Wafaa, Imane, Amana, Romaissa, Chafaa,  
Meriem, Aya, Chaima, Khadija, Maria, Raghad, Raouda, Wisal, Chifaa et  
Sirine*

*A toute ma famille du petit au grand*

*A ma chère copine et ma binôme « WAFI » et sa famille*

*A toute ma promotion MII biotechnologie microbienne 2019\2020*

**SOUMIA**

## Dédicaces

*Je dédie ce travail :*

*À ceux que j'aime le plus au monde, mes très chers parents « **Ali** » et « **Djamila** », pour leurs soutiens, leurs conseils et leurs encouragements.*

*Quoi que je fasse, je ne pourrais jamais vous récompenser pour les grands sacrifices que vous avez faits et continuez de faire pour moi  
Que dieu vous protège et vous donne une très longue vie afin que je puisse vous combler à mon tour*

*À ma chère sœur « **Meriem** »*

*À mes adorables frères : « **Amine** » et « **Abd-elmounaim** »*

*À ma deuxième sœur « **Asma** » et ses jolies filles*

*À la mémoire de défunt de mon frère **Yasser** et mon grand-père **Amer** -paix à leurs âmes-*

*À mes cousines : Maria, Imane, Amel, Nesrine, Nawel, Soumia, Selma, Lamia, Romaiassa, Meriem, Rym, Dania et Ania*

*À toute ma famille paternelle et maternelle, grands-mères - que dieu l'es garde-, oncles et tantes, cousins et cousines, petit et grand, sans exception*

*À mon amie d'enfance « **Dounia** » et sa famille*

*À ma chère binôme « **Soumia** » et sa famille*

*À toute ma promotion MII biotechnologie microbienne 2019\2020*

*✿ À tous ceux que j'aime ✿*

*« Que **ALLAH** nous guide tout au long de notre vie »*

**WAFAA**

## Liste des figures

<b>Figure 1</b> : La plante <i>Elettaria cardamomum</i> .....	4
<b>Figure 2</b> : La fleur de cardamome. ....	4
<b>Figure 3</b> : Capsule de cardamome.....	5
<b>Figure 4</b> : La graine de cardamome.....	5
<b>Figure 5</b> : Culture en terrasse de cardamomes en Inde .....	6
<b>Figure 6</b> : Parfum Wanted®, Azzaro .....	13
<b>Figure 7</b> : Parfum Alien®, Thierry Mugler.....	13
<b>Figure 8</b> : Bougie parfumée Mimosa & Cardamom® Jo Malone.....	13
<b>Figure 9</b> : La Crème visage aux sept épices®, La Sultane de Saba .....	14
<b>Figure 10</b> : Crème pour le corps Mimosa & Cardamom® Jo Malone .....	14
<b>Figure 11</b> : Feuilles ornementales de cardamome.....	14
<b>Figure 12</b> : Pourcentage de rendement des extraits de cardamome verte à différentes concentrations de méthanol.....	18
<b>Figure 13</b> : La teneur totale en flavonoïdes d'extraits de cardamome verte avec différentes concentrations de méthanol.....	18
<b>Figure 14</b> : Activité de récupération des radicaux libres DPPH (IC50 µg/ml) des extraits de cardamome verte avec différentes concentrations de méthanol et BHT.....	19
<b>Figure 15</b> : La structure d'une cellule procaryote .....	21
<b>Figure 16</b> : Morphologie d' <i>E. coli</i> (A), colonies d' <i>E. coli</i> (B).....	22
<b>Figure 17</b> : Morphologie de <i>S. aureus</i> (A), observation microscopique de <i>S. aureus</i> (B).....	23
<b>Figure 18</b> : Morphologie de <i>P. aeruginosa</i> (A), colonies de <i>P. aeruginosa</i> sur plaque de gélose de MacConkey (B).....	25
<b>Figure 19</b> : Morphologie de <i>C. albicans</i> (A), colonies de <i>C. albicans</i> sur Schaedler Agar (B).....	26
<b>Figure 20</b> : Observation microscopique d' <i>A. niger</i> (A), illustration de la morphologie d' <i>A. niger</i> (B).....	29
<b>Figure 21</b> : Les zones d'inhibition de l'extrait de graines de cardamome, qui ont été déterminées avec des souches de test standard .....	31

## Liste des tableaux

<b>Tableau 1 :</b> Classification de Cronquist d'Elettaria Cardamomum. ....	7
<b>Tableau 2 :</b> Composition Chimique et Naturelle de Cardamome. ....	9
<b>Tableau 3 :</b> Variation de teneur en huile essentielle des graines d'Elettaria cardamomum.....	9
<b>Tableau 4 :</b> Classification d'espèce d'Escherichia coli.....	22
<b>Tableau 5 :</b> Classification d'espèce de Staphylococcus aureus. ....	24
<b>Tableau 6 :</b> Classification d'espèce de Pseudomonas aeruginosa. ....	25
<b>Tableau 7 :</b> Classification d'espèce de <i>Candida albicans</i> .....	27
<b>Tableau 8 :</b> Classification de l'espèce d'Aspergillus brasiliensis (niger). ....	29
<b>Tableau 9 :</b> Activité antimicrobienne de l'extrait de graines de cardamome. ....	32
<b>Tableau 10 :</b> Diamètres des zones d'inhibitions de 5 souches pathogènes (Staphylococcus aureus ATCC 27853, Pseudomonas aeruginosa ATCC 27853, Escherichia coli ATCC 25922, Aspergillus niger et Candida albicans) cultivées en présence de quatre concentrations (100, 50, 25 et 12.5) d'extrait éthanolique d'Elettaria cardamomum.....	33

## Liste des abréviations

**ADN** : Acide Désoxyribonucléique.

**A. niger** : *Aspergillus niger*.

**BHT** : Butylhydroxytoluène.

**cal** : petite calorie.

**CE** : (catechin equivalents), en français : l'équivalents de catéchine.

**C. albicans** : *Candida albicans*.

**C** : *candida*.

**CMI** : Concentration minimale inhibitrice.

**DPPH** : 1,1-Diphényle-2-picryl-hydrazyl.

**E. cardamomum** : *Elettaria cardamomum*.

**EEC** : Extrait d'*Elettaria Cardamomum*.

**ERO** : Espèces Réactives Oxygénées.

**ERN** : Espèces Réactives d'azote.

**ERS** : Espèces Réactives de Soufre.

**E.coli** : *Escherichia coli*.

**E. faecalis** : *Enterococcus faecalis*.

**HE** : Huile essentielle.

**IC50** : concentrations inhibitrices de 50% (ou concentration inhibitrice médiane).

**K. pneumoniae** : *Klebsiella pneumoniae*.

**MSL** : (Mean Sea Level), en français : le niveau moyen de la mer.

**M. luteus** : *Micrococcus luteus*.

***M. smegmatis*** : *Mycobacterium smegmatis*.

**OMS** : organisation mondiale de santé.

**PAM** : Les plantes aromatiques et médicinales.

***P. aeruginosa*** : *Pseudomonas aeruginosa*.

***S. aureus*** : *Staphylococcus aureus*.

***S. typhimurium*** : *Salmonella typhimurium*.

## Table de matière

**Remerciements**

**Dédicaces**

**Liste des figures**

**Liste des tableaux**

**Liste des abréviations**

**Table de matière**

<b>I.</b>	<b>Chapitre 1 : La cardamome.....</b>	<b>3</b>
I.1	Généralités.....	3
I.1.1	Définition de cardamome.....	3
I.1.2	Historique.....	3
I.1.3	Description de la plante <i>Elettaria cardamomum</i> .....	4
I.1.3.1	Taille et description.....	4
I.1.3.2	Appareil reproducteur.....	4
I.1.4	Distribution.....	5
I.1.5	Culture de cardamome.....	6
I.1.6	Noms régionaux/vernaculaires.....	7
I.1.7	Classification.....	7
I.1.8	Composition chimique.....	8
<b>II.</b>	<b>Chapitre 02 : les emplois de la cardamome.....</b>	<b>10</b>
II.1	Les différents emplois.....	10
II.1.1	Dans le domaine médical.....	10
II.1.1.1	Médecine ayurvédique.....	10
II.1.1.2	Utilisation traditionnelle.....	10
II.1.2	Dans le domaine non médical, alimentaire.....	10
II.1.2.1	Usages culinaires, les plats.....	10

II.1.2.2 Usages culinaires, les boissons .....	11
II.1.3 Dans d'autres domaines .....	12
II.1.3.1 Parfumerie .....	12
II.1.3.2 Cosmétiques .....	13
II.1.3.3 Ornement .....	14
II.2 Activités biologiques .....	15
<b>III. Chapitre 3 : Activité anti-oxydante de cardamome .....</b>	<b>16</b>
III.1 Antioxydants.....	16
III.2 Le stress oxydatif et les radicaux libres .....	16
III.3 Les maladies liées au stress oxydant : .....	16
III.4 L'activité anti-oxydante.....	17
<b>IV. Chapitre 4 : Activités antibactériennes et antifongiques de cardamome .....</b>	<b>20</b>
IV.1 La découverte du monde microbien .....	20
IV.2 Les microorganismes et les maladies .....	20
IV.3 Morphologie et Structure des bactéries .....	21
IV.4 Caractéristiques des quelques souches microbiennes les plus utilisées.....	21
IV.4.1 <i>Escherichia coli</i> .....	22
IV.4.2 <i>Staphylococcus aureus</i> .....	23
IV.4.3 <i>Pseudomonas aeruginosa</i> .....	25
IV.4.4 <i>Candida albicans</i> .....	26
IV.4.5 <i>Aspergillus niger</i> .....	28
IV.5 Activités antibactériennes et antifongiques .....	30
<b>Conclusion.....</b>	<b>35</b>

## Références

## Glossaire des termes Indiens

## Résumé

## Introduction

---

Les plantes étaient indispensables depuis longtemps une source essentielle de médicaments. Aujourd'hui le monde actuel, plus particulièrement dans les pays en voie de développement, se soigne uniquement avec des remèdes traditionnels à base de plantes. Les laboratoires en pharmacie moderne elle-même se base sur la diversité des métabolites secondaires végétaux pour trouver de nouvelles molécules aux propriétés biologique inédites telles que les polyphénols, alcaloïdes, terpènes ...etc. [1].

Les plantes aromatiques et médicinales (PAM) il s'agit d'un secteur très actif en lien directement avec de nombreuses industries :

- L'industrie pharmaceutique avec l'utilisation de molécules végétales pour la création des médicaments ;
- L'industrie cosmétique et la parapharmacie (lotions, crèmes, à base de plantes) ;
- L'industrie de transformation pour la confection de plats cuisinés, sauces, confiseries...etc. ;
- L'industrie agroalimentaire pour les plantes condimentaires notamment ;
- Le secteur des herboristeries et autres commerces effectuant la vente de plantes ou de produits dérivés de plante [2].

L'utilisation d'extraits de plantes ainsi des composés d'origine végétale représente des sources précieuses pour la médecine traditionnelle surtout dans le traitement et la prévention d'un large éventail de maladies ; notamment des maladies infectieuses [3].

Cardamome (*Elettaria cardamomum* Maton) est un épice très couramment utilisé et est connu comme « la reine des épices » [4]. La cardamome appartient à la famille de *Zingiberaceae*, elle est l'une des épices très anciennes et chères au monde [5]. La plante est appréciée pour ses fruits secs [6]. Le genre *Elettaria* est l'un des rares groupes naturels compacts et petits, dont l'origine est les forêts tropicales à feuilles persistantes de l'Inde du Sud et du Sri Lanka d'où il s'est propagé à d'autres pays tropicaux [7]. En outre, ce feuillue herbe vivace est originaire de l'Inde et du Sri Lanka et est couramment cultivé dans le sud de l'Inde [8].

Ses propriétés aphrodisiaques le rendent utile dans les médicaments qui luttent contre le stress, la perte d'appétit et de l'obésité. Elle est également utilisée comme un parfum [5]. C'est un ingrédient essentiel des stimulants digestifs et surtout fonctionne comme stimulant du

## Introduction

---

réchauffement à la digestion. En outre, Elle est utilisée dans les préparations médicinales pour l'indigestion et la flatulence. Elle est utilisée pour éliminer les graisses et comme un remède pour les plaintes urinaires et cutanées dans le système ayurvédique indien de la médecine [9]. Les anciens Égyptiens l'ont mâché comme un nettoyeur de dents et peut être mâchés habituellement comme des noix pour aider à la digestion [5]. D'autre part, les graines de cardamome sont utilisées comme carminatives, gastriques, dessiccantes, résurpresseurs, digestives et antiémétiques dans le traitement des troubles gastro-intestinaux [6,10].

Elle est reconnue aussi pour ces propriétés médicinales qui ont été décrites contre les désordres cardiaques, calculs rénaux et vésiculaires, dyspepsie, débilité, d'anorexie, d'asthme, de bronchite, d'halitose outre les désordres gastro-intestinaux [11].

Les plantes constituent donc une source intéressante de nouveaux composés dans la recherche de molécules bioactives, de ce fait, l'objectif de notre travail consiste à l'extraction de la cardamome ou *Elettaria cardamomum* et l'étude de son activité biologique.

Ce travail est une synthèse bibliographique, il est composé de quatre chapitres :

- Le premier chapitre est consacré à la définition, classification et composition chimique de cardamome.
- Le deuxième chapitre de ce travail concerne l'emploi de la cardamome et leurs utilisations dans plusieurs domaines.
- Le troisième chapitre c'est l'étude de l'activité antioxydante.
- Le quatrième chapitre : l'étude de l'activité antibactérienne et antifongique des extraits d'*Elettaria cardamomum*, accompagné d'une conclusion générale.

---

## I. Chapitre 1 : La cardamome

### I.1 Généralités

#### I.1.1 Définition de cardamome

La cardamome [12] (ou le cardamome, selon la banque de la langue française [13]) (*Elettaria cardamomum*) (du grec καρδάμωμον / kardámômon, mot probablement d'origine indienne, transmis par les Arabes) est une plante herbacée à rhizome, appartenant au genre *Elettaria* de la famille des *zingibéracées*, originaire de la côte de Malabar, c'est la région qu'on provient aussi le poivre. Elle est parfois dite cardamome verte ou cardamome aromatique pour bien la différencier d'autres plantes apparentées.

Cette plante fournit une épice qui porte le même nom.

#### I.1.2 Historique

La cardamome est souvent qualifiée comme la reine d'épices à cause de son arôme très agréable et son goût ; dans le passé c'était surtout pour le poivre noir dans l'importance. La cardamome est toujours l'un d'épices le plus chère dans le marché mondial classant après le safran et la vanille. Elle est un type spécial de plante de récolte qui a une distribution naturelle très restreint ; son autochtone original est les forêts à feuilles persistantes moites des Ghats Occidentaux de l'Inde du sud (connu comme la cardamome des Collines) [14].

Le fruit séché de la cardamome est commercialisé. Jusqu'au début du 20ème siècle, Il a été rassemblé des populations naturelles abondantes d'usines de cardamome distribuées dans les régions forestières des élévations plus hautes des Ghats Occidentaux. Aujourd'hui la production mondiale est partagée par l'Inde, le Guatemala et le Sri Lanka, bien que les quantités négligeables soient produites dans le Salvador, le Nicaragua, le Costa Rica, la Tanzanie, le Viêt-Nam, le Laos, la Thaïlande et Nouvelle Guinée Papua [15].

Son nom *Elettaria* est d'origine tamoule "elattari" (le fruit de cardamome de moyens, tari signifie des granules ensemble signifiant les graines de fruit de cardamome). Van Rheedee a utilisé ce terme dans son grand travail Hortus Malabaricus (qui signifie Jardin de Malabar), le premier rapport écrit sur les usines de la Côte Malabar de l'Inde. Le nom cardamomum est tiré de la cardamome, le terme de Grec pour la cardamome. Dans l'Antiquité, le commerce d'épice a été contrôlé par les Arabes et ils ont pris la cardamome et d'autres épices de la côte Kerala et la Grèce et ce monopole des Arabes continu jusqu'à la découverte d'une route maritime à la côte ouest de l'Inde par Vasco de Gama dans 1498 [16].

### I.1.3 Description de la plante *Elettaria cardamomum*

#### I.1.3.1 Taille et description

Plante vivace apparentée au gingembre et mesurant jusqu'à 3.5 mètres de haut, à rhizomes épais et charnus et très longues tiges stériles formées par les pétioles des feuilles gainantes. Hampes florales étalées et dépourvues de feuilles. Fleurs blanches à taches bleues et jaunes, une seule étamine protubérante.

Capsules mesurant 2 cm de long, ovoïdes et gris-vert, contenant chacune 3 ou 4 graines brunes [17].



**Figure 1 :** La plante *Elettaria cardamomum* [18].

#### I.1.3.2 Appareil reproducteur

L'inflorescence est une longue panicule issue du rhizome. Elle se forme à la base des tiges feuillées et se compose de nombreuses fleurs disposées en grappes alternes..

##### ➤ Fleurs

Les fleurs atteignent de 3 à 3,5 cm de long. De couleur blanche ou vert pâle, striées de violet ou de bleu, elles sont zygomorphes et construites sur le type trois [19].



**Figure 2 :** La fleur de cardamome [20].

##### ➤ Fruit

Le fruit est une capsule à déhiscence septicide. Sa forme est variable selon l'origine : ovoïde, plus ou moins allongée, ou presque ronde. Il a une consistance

épaisse quand il est vert. La capsule est formée trilobulaire, pointue à l'apex, de teinte verte jaunâtre à jaune brun.

Elle atteint 1 à 2 cm de long sur 5 à 10 mm de large. Chaque loge, à paroi interne cotonneuse, s'ouvre par une valve et renferme de cinq à sept graines [19].



**Figure 3 :** Capsule de cardamome [21].

La forme des graines est ovale ou conique, avec une base arrondie, et mesurent de 2 à 4 mm de long. Elles se montrent comprimées, irrégulières, anguleuses, avec une surface striée transversalement sur toute la longueur. La capsule est de couleur orange pâle à brun rougeâtre, ou marron foncé, et devient noir au séchage [19].



**Figure 4 :** La graine de cardamome [22].

#### **I.1.4 Distribution**

La cardamome serait originaire des collines du sud de l'Inde et cultivée au Sri Lanka et dans certaines régions d'Amérique centrale [17].

Aujourd'hui, la production commerciale vient essentiellement de l'Asie tropicale, notamment l'Inde du sud, le Sri Lanka, le Cambodge, le Laos, la Thaïlande, l'Indonésie, la Chine, ainsi que l'Afrique (Tanzanie) et l'Amérique centrale (Guatemala, Costa Rica, Salvador) [23].

### I.1.5 Culture de cardamome

La culture de la cardamome dépend du climat, conditions de pluviosité, sol et autres

- **Climat** : son développement dans les régions à climat humide chaud et la pluviométrie annuelle assez bien répartie (1500-4000 mm). Une gamme de température de 18-28 ° C et à une altitude de 600 à 1200 m au-dessus de MSL sont idéales. La récolte nécessite ombre de 40 à 60 % pour la floraison et une bonne croissance. Un conducteur de surface, disponibilité d'humidité pendant la période sèche est essentielle.
- **Sur le sol** : la cardamome exige le sol glaiseux, acide (pH de 4.2 à 6,8), qui doit être bien drainé car la récolte ne tolère pas la journalisation de l'eau, riche en humus et azote et faible jusqu'à moyenne teneur en phosphore et en potassium.
- **Multiplication** : la multiplication est en grande partie par le biais de semis et aussi végétativement par drageons.
- **Plantation** : La plantation doit être faite avec le début de la mousson de sud-ouest et avant les pluies, en diagonale à la pente. En cas de plantation dans la nouvelle zone, le sol doit être effacé ou si c'est le replanter, la suppression des vieilles centrales est nécessaire. Dans les zones sloop, terrasses convient à travers les pentes avant de prendre des fosses. Plantation dans les tranchées en terrasses est recommandée pour une meilleure conservation des sols et l'humidité. Un petit monticule peut-être se former à l'intérieur de la fosse pour couvrir le rhizome. Immédiatement après la plantation, la base de la plante doit être paillée bien avec des feuilles séchées disponibles.



**Figure 5** : Culture en terrasse de cardamomes en Inde [24].

- **Les maladies courantes** : les plantes de cardamome sont généralement altérées par les maladies causées par les champignons et les bactéries.
- **Après les soins** : les différentes pratiques culturelles suivies après la plantation sont le paillage, abat-jour règlement, désherbage, bousillé, buttage, épandage d’engrais, irrigation et remplissage de l’espace [24].

### I.1.6 Noms régionaux/vernaculaires

**En français** : cardamome, cardamomier, cardamone

**En anglais** : cardamom, small cardamom, cardamon

**En arabe** : الهيل، حب الهيل، الهيل [25,26,27].

La cardamome ayant d’autres noms vernaculaires qui la décrivent [28], tels que :

La “reine des épices” ; La “graine des anges” ; Les "graines du paradis" ; L’amome ; La cardamome de Malabar, de Mysore, de Ceylan, du Cambodge ; La “petite” ou la “grande” cardamome ; La “vraie” ou la “fausse” cardamome ; La cardamome verte, brune et aromatique.

### I.1.7 Classification

- **Classification de Cronquist**

La classification botanique de Cronquist de 1981 est une classification classique des Angiospermes basée sur des critères anatomiques, morphologiques et chimiques [29].

**Tableau 1**: Classification de Cronquist d’*Elettaria Cardamomum* [29].

<b>Règne</b>	<i>Plantæ</i>
<b>Embranchement</b>	<i>Magnoliophyta</i> (Angiospermes)
<b>Classe</b>	<i>Liliopsida</i> (Monocotylédones intermédiaires)
<b>Sous-classe</b>	<i>Zingiberidæ</i>
<b>Ordre</b>	<i>Zingibérales</i>
<b>Famille</b>	<i>Zingiberaceæ</i>
<b>Genre</b>	<i>Elettaria</i>
<b>Espèce</b>	<i>Elettaria cardamomum</i>

**I.1.8 Composition chimique**

L'analyse chimique des graines de la cardamome montre la présence des huiles essentielles (**Tableau 2**), des pigments, des protéines, des minéraux, Cires, stérols, la cellulose, les sucres, l'amidon, l'oxalate de calcium [30,31,32], quelques composants phénoliques et des flavonoïdes comme la quercétine, le kaempferol, la luteoline et la pelargonidine [33,34].

Le principal constituant de la graine est l'amidon, représente jusqu'à 50%, alors que la fibre brute constitue Jusqu'à 31% de la coque de fruit. La teneur en huile volatile dans les graines peut augmenter jusqu'à 8%. Ce dernier contient environ 36,6% de 1,8-cinéol, 31,3% d'acétate d' $\alpha$ -terpinyle, 11,6% de limonène, 2,8% de sabinène, 2,7% de trans-nerdilol, 1,6% de myrcène, 1,5% d' $\alpha$ -pinène, 1,2% de  $\beta$ -pinène, 0,7% de  $\gamma$ -terpinène, 0,5% de terpinéol, 0,3% Citronellol, 0,5% nerd, 0,5% de gerniol, 0,2% d' $\alpha$ -phellandrène et 0,2% de méthyl eugénol. L'arôme de cardamome basique est produit par une mixation des composants principaux, du 1,8- cinéol et de l'acétate d' $\alpha$ -terpinyle [35,36].

**Tableau 2** : Composition chimique et naturelle de cardamome [30,31,32].

L'élément	La quantité
<b>Humidité</b>	20.0 g
<b>Protéine</b>	10.1 g
<b>Glucides</b>	42.1 g
<b>Minéraux</b>	5.4 g
<b>Graisse</b>	2.2 g
<b>Fer</b>	5-0 g
<b>Calcium</b>	13.0 mg
<b>Phosphore</b>	160.0 mg
<b>Thiamine</b>	0.22 mg
<b>Riboflavine</b>	0.17 mg
<b>Acide nicotinique</b>	0.8 mg
<b>Vitamine A</b>	0.1 mg
<b>Vitamine C</b>	0.1 mg
<b>Energie</b>	229.0 cal

**Tableau 3** : Variation de teneur en huile essentielle des graines *d'Elettaria cardamomum* [37].

Durée et condition de conservation	% D'huile essentielle
<b>Graines extraites à la récolte.</b>	4,8
<b>Graines extraites à la récolte conservées 6 semaines en l'air.</b>	2,4
<b>Graines extraites à la récolte et conservées 14 mois à l'air.</b>	1,0
<b>Graines extraites de capsules stockées à l'air 14 mois.</b>	2,9

## II. Chapitre 02 : les emplois de la cardamome

### II.1 Les différents emplois

#### II.1.1 Dans le domaine médical

##### II.1.1.1 Médecine ayurvédique

Pratiqué depuis 5000 ans en Inde, l'Ayurvéda\* est une pratique de soin reconnue par l'OMS, est ancrée dans une profonde tradition indienne. Cette science repose sur une vision globale de l'être humain.

Le mot Ayu signifie "la vie" et Veda la "connaissance" ou "la science".

L'Ayurvéda est donc "la science de la vie", et remonte aux Vedas, textes sacrés de l'Inde antique (IIe millénaire av. J.-C.). Cette approche médicale holistique est toujours pratiquée aujourd'hui, en Inde et dans le reste du monde [38].

La médecine ayurvédique a utilisé la plante de cardamome depuis des millénaires afin de traiter de nombreux troubles digestifs (indigestion, flatulences), gastro-intestinaux, stomacaux, résolvanants, retentissants et antiémétiques [39,40].

##### II.1.1.2 Utilisation traditionnelle

La cardamome est une des plus anciennes épices. En Égypte, on en faisant un grand usage dans l'Antiquité pour fabriquer des parfums [41]. Une infusion de cardamome peut être utilisée comme un gargarisme pour soulager la plaie de la gorge. Ils sont aussi ajoutés au thé pour faire un fortifiant afin de soulager les symptômes de stress dus au surmenage ou la dépression. Ils peuvent être donnés aux patients qui ont la mauvaise haleine ainsi une capsule de cardamome prise avec le miel est réputée pour améliorer la vue.

L'utilisation traditionnelle de cardamome pour traiter des affections cutanées ont attiré l'attention par ceux qui développent le cosmétique à base de plantes, d'autant plus qu'il a été utilisé traditionnellement pour traiter la dépigmentation des zones du corps. Elle est souvent incorporée dans des savons et la main crème [42].

#### II.1.2 Dans le domaine non médical, alimentaire

##### II.1.2.1 Usages culinaires, les plats

On considère que dans ce pays indien, le poivre est le "roi", la cardamome connue sous le titre de "reine des épices" !

Son usage est nombreux. Les jeunes pousses peuvent être consommées crues, cuites à la vapeur ou rôties. Pour l'enveloppement et la cuisson des aliments en papillote, les feuilles de cardamome ont été utilisées, ou comme en Thaïlande, afin d'aromatiser des plats d'origine indienne.

La cardamome est généralement vendue sous forme de capsules sèches, de graines, ou de poudre. Pour ouvrir facilement les capsules et récupérer les graines, il suffit de les faire griller à sec à feu vif dans une poêle pendant une ou deux minutes : les capsules s'ouvrent alors d'elles-mêmes. On écrase ensuite les graines au mortier afin de bénéficier au maximum de leur arôme. On peut aussi les faire revenir à feu doux dans de l'huile ou du ghee\* (**voir Annexes**) [43].

La majorité des européens utilisent la cardamome tant qu'un agent d'arôme dans la cuisine, et comme un ingrédient commun d'assaisonnement spécial et des poudres de curry et pour des sucreries d'arôme, des pâtisseries, des gâteaux, le pain, le pouding et d'autres préparatifs culinaires. Son huile est utilisée pour des alcools d'arôme, traitée la nourriture, la parfumerie et dans des boissons. Elle est aussi utilisée pour masticatoire, le thé d'arôme et la confiserie [44].

La cardamome est omniprésente dans la cuisine indienne. Le masala\* ou massala\* est un mélange d'épices et les masalchi\* l'incorporent dans de nombreux plats à base de riz tels les currys ou biryanis (**voir Annexes**). Le mélange garam masala\* est un savant mélange de cardamome, clous de girofle, cumin, curcuma et noix de muscade (**voir Annexe 1**). Son goût sucré, le kheer\* fait attirer beaucoup de gens pour son arrière-gout.

Un repas : ce gâteau de riz à la cardamome et au safran s'agrément de fruits secs (amandes, pistaches, noix de cajou). Le kulfi\* et les lassis\* s'aromatisent aussi à la cardamome (**voir Annexes**) [45].

### **II.1.2.2 Usages culinaires, les boissons**

La cardamome est très expertisée en décoction dans certaines boissons tel que le thé indien, le café turc, les tisanes, et les liqueurs. Elle donne un coup de fouet en cas de somnolence, surtout après un repas copieux.

#### **➤ Thé indien et café turc**

La composition du thé indien contient de cardamome, le bon chai\*, thé noir mélangé dans une casserole avec le masala et du lait bouillant. On parle d'ailleurs de masala chai\* (**voir Annexes**).

Chaï, en langue hindi, est le terme employé dans le sous-continent indien pour désigner le thé. Ce mot trouve son origine dans le persan (chay), lui-même venant du mandarin (chè). On peut retrouver mention de cette boisson aux épices dans les anciens textes ayurvédiques. Il n'y a pas de recette fixe [46].

Dans le monde arabe, le gahwa, café à la cardamome, est une tradition connue. Les graines de cardamome qui ont été fraîchement concassées sont mises à bouillir avec le café dans la cafetière. La cardamome neutralise les effets excitants de la caféine. Ainsi, le café stimule le processus de digestion sans trop perturber le système nerveux.

➤ **Les tisanes et autres boissons**

Pour les tisanes à la cardamome, on peut les préparer facilement en décoction pendant deux minutes, à raison de quatre ou cinq graines par tasse, une tasse après le repas. Une à deux gouttes d'HE préalablement diluées dans une cuillère à café de miel ou de lait suffisent pour parfumer une infusion [47].

### **II.1.3 Dans d'autres domaines**

La puissance et la richesse de l'odeur de la cardamome favorise leur présence dans la composition des parfums, et ce depuis le Métopion, parfum antique décrit par Pline, sans oublier l'encens des Égyptiens, le Kyphi. Aujourd'hui encore, elle reste un ingrédient très prisé dans de nombreux parfums, où elle apporte sa senteur épicée si particulière.

#### **II.1.3.1 Parfumerie**

➤ **Parfums anciens**

À l'époque de l'Égypte ptolémaïque, Cléopâtre utilisait déjà la cardamome en raison de ses pouvoirs aphrodisiaques. Elle a d'ailleurs élaboré la première véritable eau de toilette, nommée "kyphi", préparation aromatique contenant différentes substances, qui devient par la suite une odeur sacrée pour les Égyptiens [48].

➤ **Parfums modernes**

L'HE est utilisée comme ingrédient dans l'industrie de la parfumerie : camphrée, zestée, aromatique, résineuse, elle s'accorde bien dans les eaux fraîches, les parfums masculins à note conifère et les chypres [49], (voir Figure 6 et Figure 7).



**Figure 6** : Parfum Wanted®, Azzaro [50].



**Figure 7** : Parfum Alien®, Thierry Mugler [51].

#### ➤ D'ambiance

La place de l'encense à la maison est plus que dans les lieux de culte. La liste des ingrédients est infinie : résines, huiles végétales et nombreux aromates dont les graines de cardamome. En Inde, elle se présente souvent sous forme de fins bâtonnets qui se consomment rapidement au cours des rites religieux [52].

Il existe aussi des sprays ou des bougies diffusant un doux parfum de cardamome [53], (voir **Figure 8**).



**Figure 8** : Bougie parfumée Mimosa & Cardamom® Jo Malone [54].

#### II.1.3.2 Cosmétiques

La cardamome trouve quelques applications dans le secteur de la cosmétologie où elle est utilisée dans des compositions parfumantes, et non pas pour ses propriétés biologiques au niveau de la peau (voir **Figure 9** et **Figure10**). [55]

Exemples :



**Figure 9 :** La Crème visage aux sept épices®, La Sultane de Saba [55].



**Figure 10 :** Crème pour le corps Mimosa & Cardamom® Jo Malone [55].

### II.1.3.3 Ornement

Grâce à ses grandes feuilles décoratives toujours vertes, cette magnifique plante ornementale peut être cultivée en appartement, même si elle fructifie rarement. Elle se développera plutôt en serre ou véranda (voir **Figure 11**) [56].



**Figure 11 :** Feuilles ornementales de cardamome [56].

## II.2 Activités biologiques

Plusieurs chercheurs ont prouvé différents effets pharmacologiques et thérapeutiques des fruits d'*Elettaria cardamomum*. Elle est utilisée pour traiter les infections des dents et de la gorge, des gencives, la congestion et la tuberculose pulmonaire, maladie cardiaque, troubles digestifs (anti-ulcéreuses, gastroprotectrices) et l'hypertension artérielle [57,58]. Les différentes caractéristiques antifongique et antimicrobiennes des extraits de la cardamome étaient aussi bien reconnues [59-61]. Diverses études ont suggéré que l'extrait de la cardamome révèle des activités antidiabétiques, anticancéreuses, antiplaquettaires, anti-inflammatoire et immunomodulatrice [62,63]. Elle possède aussi des propriétés antioxydantes, et peut ainsi augmenter les niveaux de glutathion et d'enzymes antioxydantes dans le corps [64,65,58]. Au-delà, elle inhibe la formation des radicaux hydroxyles, des peroxydes lipidiques et des anions superoxydes [66,63]. Dernièrement, L'extrait de la cardamome a été jugé comme facteur de protection contre les risques d'uranium [67] et un modulateur puissant des macrophages[68].

---

### III. Chapitre 3 : Activité anti-oxydante de cardamome

#### III.1 Antioxydants

Un antioxydant est une substance qui présente à des faibles concentrations par rapport à un substrat, peut significativement inhiber ou retarder l'oxydation de ce substrat [69]. Son expansion se définit par le terme « antioxydant » qui englobe ainsi toutes les substances qui protègent les systèmes biologiques contre les effets délétères potentiels des processus ou réactions qui engendrent une oxydation excessive [70].

La plupart du temps, la réaction est arrêtée par les antioxydants car la structure de ces derniers est relativement stable [71].

#### III.2 Le stress oxydatif et les radicaux libres

Les radicaux libres des espèces chimiques très réactives, contenant un électron non apparié. Extrêmement instable, ces composés peuvent réagir avec les molécules les plus stables pour appairer son électron. Ils comprennent les ERO, les ERN et les ERS.

Ils peuvent également causer des dommages cellulaires. Plusieurs moyens de défense ont évolué pour protéger nos cellules contre les radicaux et pour réparer les dommages de l'ADN [72].

Le déséquilibre entre la production de radicaux libres et de métabolites réactifs, que l'on appelle des oxydants ou des ROS, et leur élimination par des mécanismes de protection, dénommés antioxydants. Induire ce qu'on appelle le stress oxydatif [73].

#### III.3 Les maladies liées au stress oxydant :

La plupart des maladies induites par le stress oxydant apparaissent avec l'âge, car le vieillissement augmente la production mitochondriale de radicaux et diminue les défenses antioxydantes. L'apparition des molécules biologiques anormales et en sur-exprimant certains gènes, le stress oxydant sera la principale cause de plusieurs maladies : cancer, syndrome de détresse respiratoire aiguë, œdème pulmonaire, sclérose latérale amyotrophique, vieillissement accéléré et cataracte. Le stress oxydant est aussi un des facteurs potentialisant l'apparition de maladies plurifactorielles tel que la maladie d'Alzheimer, le diabète, les maladies cardiovasculaires et les rhumatismes [69].

### III.4 L'activité anti-oxydante

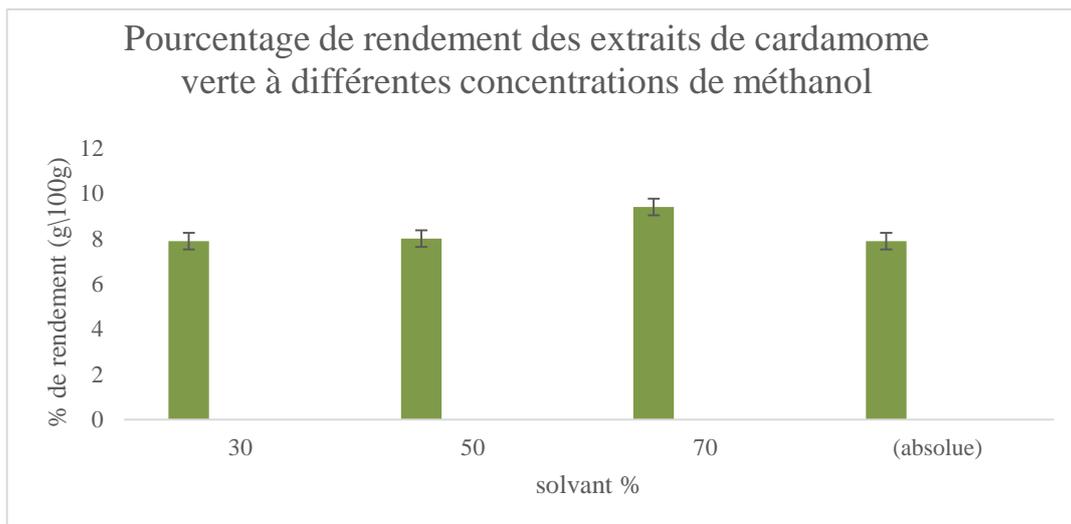
La plupart de ces substances sont naturellement produits tels que les caroténoïdes, les tocophérols, les ascorbates et les polyphénols qui contribuent à la prévention et au traitement des maladies causées par le stress oxydatif. Cette protection est due à la capacité des antioxydants naturels à éliminer les radicaux libres [74,75]. On s'intéresse de plus en plus à l'utilisation et à la mesure de la capacité anti-oxydante dans les produits alimentaires dérivés de plantes. De nombreuses herbes et épices couramment utilisées pour aromatiser les aliments contiennent des composés phénoliques qui montrent une bonne activité anti-oxydante [76]. Par conséquent, l'identification de sources alternatives naturelles et sûres d'antioxydants alimentaires des plantes ont été identifiées [77]. Les épices et les herbes sont les sources d'antioxydants naturels, alors ils jouent un rôle important dans la chimiothérapie des maladies et du vieillissement.

Principalement la plante cardamome contient une quantité suffisante d'antioxydants, y compris les phénoliques, les flavonoïdes, ... etc., peuvent inhiber la peroxydation des lipides en raison de leur activité anti-oxydante. Ainsi que la consommation de ces épices non seulement réduit le risque de cancer et de diverses maladies, mais aussi prévenir la rancidité dans les aliments gras.

La cardamome verte est une bonne source d'antioxydant et donc présente une activité anti-oxydante élevée.

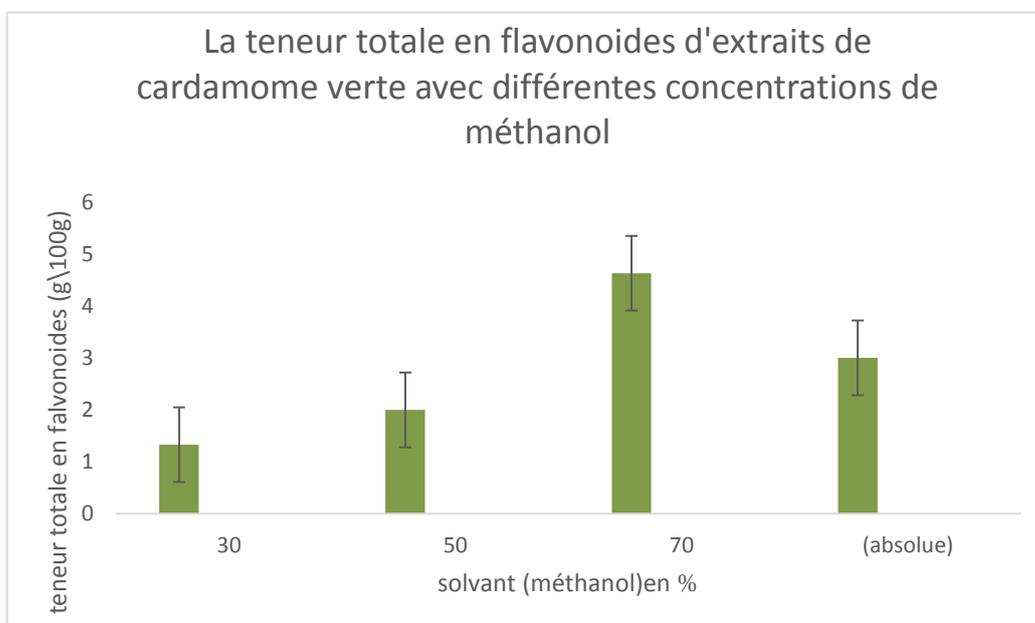
Afin de confirmer notre point de vue on présente les résultats d'une ancienne étude sur l'extraction de composants antioxydants à partir de fruits de cardamome verte (*Elettaria cardamomum*). Cette expérience a été réalisée en utilisant du méthanol comme solvant [78].

Le rendement en pourcentage varie de  $7,9 \pm 0,24$  à  $9,4 \pm 0,28$  g/100 g. la valeur élevée du rendement en pourcentage a été observée à partir de 70 % méthanol et la plus basse à partir de 30 % de méthanol. Donc, 70 % de méthanol s'est avéré un bon solvant pour l'extraction de composants antioxydants de la cardamome verte comme indique la **Figure 12**.



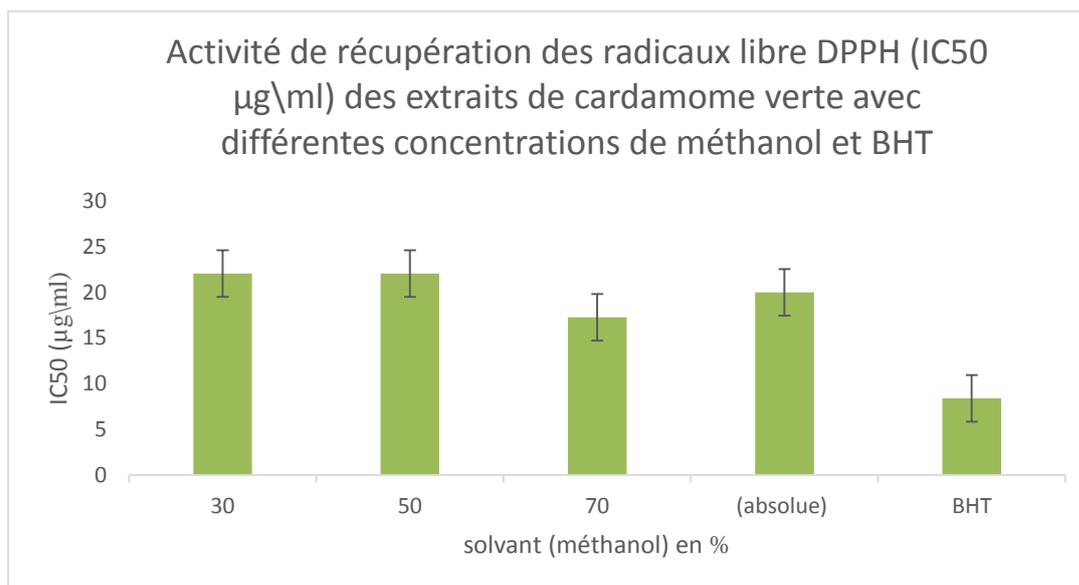
**Figure 12 :** Pourcentage de rendement des extraits de cardamome verte à différentes concentrations de méthanol [78].

La teneur en flavonoïdes des extraits obtenus de différentes concentrations de méthanol varie de  $1,33 \pm 0,03$  à  $4,63 \pm 0,12$  CE g/100 g. La valeur maximale des flavonoïdes était de  $4,63 \pm 0,12$  g CE/100 g obtenue à partir de 70 % d'extraits méthanoliques alors que la valeur minimale ( $1,33 \pm 0,03$  CE g/100 g) était enregistrée pour 30 % (**Figure 13**).



**Figure 13 :** La teneur totale en flavonoïdes d'extraits de cardamome verte avec différentes concentrations de méthanol [78].

Les extraits méthanoliques ont été mesurés par le test DPPH et les résultats ont été comparés sous la forme de la valeur IC50 (**Figure 14**). IC50 des 30 % d'extrait méthanolique ont été étudié comme maximum (22,05 µg/ml) ce qui montre sa plus faible activité de balayage des radicaux, tandis que l'extrait méthanolique à 70 % présentait la IC50 la plus faible valeur (17,26 µg/ml) indiquant que cette fraction a l'activité la plus élevée de balayage des radicaux libres. Abaisser la valeur IC50 de l'extrait, plus efficace sera l'inhibition de DPPH. Après les résultats ont été comparé au BHT standard (IC50 = 8,39 µg/ml) (**Figure 14**).



**Figure 14** : Activité de récupération des radicaux libres DPPH (IC50 µg/ml) des extraits de cardamome verte avec différentes concentrations de méthanol et BHT [78].

Finalement cette étude révèle que l'utilisation de la cardamome verte dans l'alimentation non seulement donne de la saveur aux aliments, mais aussi réduit les risques d'oxydation. Donc cette étude a montré que 70 % de méthanol est un bon solvant pour l'extraction des antioxydants en raison de sa teneur élevée polarité. D'autres travaux sont nécessaires pour isoler les composés qui ont montré une activité antioxydante [78].

### IV. Chapitre 4 : Activités antibactériennes et antifongiques de cardamome

#### IV.1 La découverte du monde microbien

A partir de 1546, Fracastoro a suggéré que des organismes invisibles pouvaient être responsables des infections, mais c'est le Hollandais van Leeuwenhoek (1632-1723) lui qui a révélé à l'homme l'existence du monde microbien, en utilisant des microscopes simples. Leeuwenhoek a remarqué que les formes de bactéries n'étaient pas toutes identiques, mais, de formes sphériques (cocci<sup>2</sup>), allongées, en bâtonnets (bacilles), et des spirilles contournés en spirale [79].

#### IV.2 Les microorganismes et les maladies

Avant même que les microbiologistes ne prouvent reconnaître le rôle joué par les microorganismes dans les maladies, beaucoup d'observations ont été faites dans ce domaine.

- 1546, on pensait que les maladies pouvaient être provoquées par des organismes trop petits pour être vu et sont transmis d'une personne à une autre.
- 1762, on estime des différents microorganismes provoquaient des maladies différentes.
- 1843, on pensait que la fièvre puerpérale, infection que contractait la femme après l'accouchement, était contagieuse et causée par des microorganismes transportés d'une patiente à une autre par des sages-femmes et des médecins.
- 1870, **Robert Koch** a travaillé sur la maladie du charbon (maladie qui touche le bétail, les moutons et parfois l'homme). Il isola le microbe du charbon, du sang des animaux morts. C'était la première fois qu'on prouvait qu'une bactérie provoque une maladie animale. Plus tard, Koch découvrit les bactéries responsables de la tuberculose et du choléra [80].

## Chapitre 4 Activités antibactériennes et antifongiques de cardamome

---

### IV.3 Morphologie et Structure des bactéries

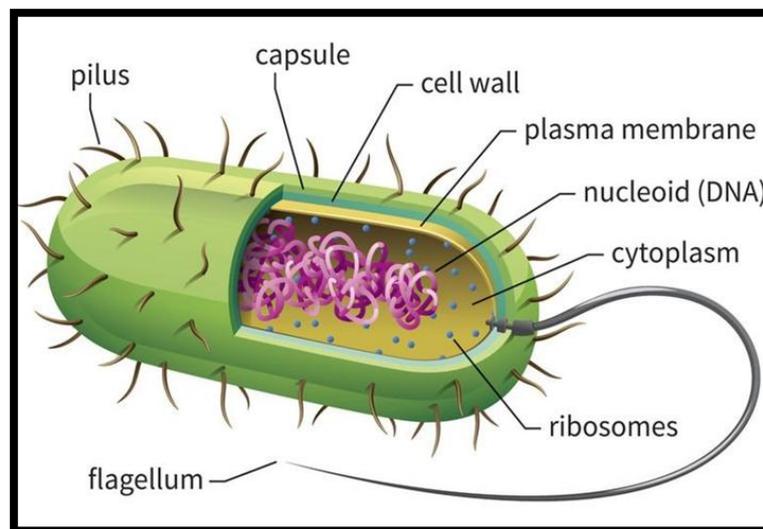
#### ➤ Morphologie des bactéries

Les bactéries sont des micro-organismes unicellulaires, de petite taille (1 $\mu$ m de diamètre). Ce sont des cellules procaryotes, c'est à dire des cellules qui ne possèdent qu'un seul chromosome et qui sont dépourvues de membrane nucléaire.

La bactérie est également dépourvue d'appareil mitotique, n'a pas de mitochondrie, pas de réticulum endoplasmique et pas d'appareil de golgi.

Par contre la plupart des bactéries possèdent un constituant qui leur est spécifique : le peptidoglycane [81].

#### ➤ Structure des bactéries



**Figure 15** : La structure d'une cellule procaryote [82].

### IV.4 Caractéristiques des quelques souches microbiennes les plus utilisées

Le traitement des infections bactériennes par des antibiotiques sont souvent connus. Mais après des essais sur ces molécules antibactériennes inadaptées ont entraîné la sélection de souches multirésistantes [83].

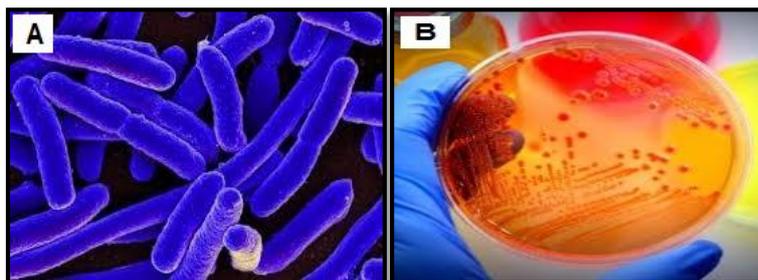
## Chapitre 4 Activités antibactériennes et antifongiques de cardamome

### IV.4.1 *Escherichia coli*

- **Définition**

*Escherichia coli* est un bacille à gram négatif [84], de forme non sporulée, de type anaérobie facultative, généralement mobile grâce aux flagelles, sa longueur varie de 2 à 6  $\mu\text{m}$ , alors que sa largeur est de 1,1 à 1,5  $\mu\text{m}$  [85].

La bactérie était initialement sensible à beaucoup d'antibiotiques, mais l'acquisition de résistances est fréquente, surtout en milieu hospitalier [86].



**Figure 16** : Morphologie d'*E. coli* (A) [87], colonies d'*E. coli* (B) [88].

- **Classification**

**Tableau 4** : Classification d'espèce d'*Escherichia coli* [89].

<b>Domaine</b>	<i>Bactérie</i>
<b>Phylum</b>	<i>Proteobacteria</i>
<b>Classe</b>	<i>Gammaproteobacteria</i>
<b>Ordre</b>	<i>Enterobacteriales</i>
<b>Famille</b>	<i>Enterobacteriaceae</i>
<b>Genre</b>	<i>Escherichia</i>
<b>Espèce</b>	<i>Escherichia coli</i>

- **Habitat**

C'est une espèce dominante de la flore aérobie du tube digestif. *E. coli* ou colibacille est habituellement une bactérie commensale qui peut devenir pathogène si les défenses de l'hôte se trouvent affaiblies ou si elle acquiert des facteurs de virulence particuliers [90].

- **Pouvoir pathogène**

- Infections intestinales ;
- Infections urinaires (femme) ;
- Infections abdominales ;
- Infections méningées néonatales [91].

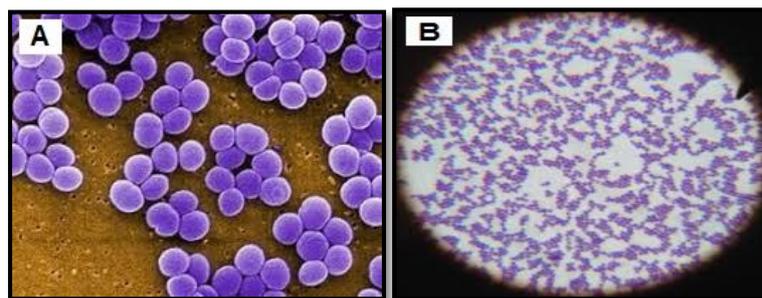
### IV.4.2 *Staphylococcus aureus*

- **Définition**

Ce sont des bactéries cocci à Gram positif ubiquitaire, cette bactérie est commensale de l'homme et se révèle être pathogène opportuniste dans certains cas [83].

Les *S. aureus* sont immobiles, non sporulés, ne possédant pas de capsule visible au microscope optique sauf pour de très rares souches, d'autres forment des colonies mucoïdes et sont entourées d'une pseudocapsule [92].

Elles se disposent en amas irréguliers polyédriques sur les cultures au milieu solide, évoquant l'aspect caractéristique de "grappes de raisin" [93], alors qu'au milieu liquide, elles sont souvent isolées, soit en diplocoques, en tétrades ou en très courtes chaînettes (en générale de 3 à 5 éléments) [92].



**Figure 17 :** Morphologie de *S. aureus* (A) [95], observation microscopique de *S. aureus* (B) [96].

## Chapitre 4 Activités antibactériennes et antifongiques de cardamome

---

- **Classification**

Tableau 5 : Classification d'espèce de *Staphylococcus aureus* [89].

<b>Domaine</b>	<i>Bactérie</i>
<b>Phylum</b>	<i>Ficcus</i>
<b>Classe</b>	<i>Micrococci</i>
<b>Ordre</b>	<i>Micrococcales</i>
<b>Famille</b>	<i>Micrococcaceae</i>
<b>Genre</b>	<i>Staphylococcus</i>
<b>Espèce</b>	<i>Staphylococcus aureus</i>

- **Habitat**

*Staphylococcus aureus* est une bactérie commensal de la peau et des muqueuses de l'homme et des animaux (rhino-pharynx, intestin). Dans la muqueuse nasale d'un tiers apparait des sujets normaux et les zones cutanées humides (périnée, aisselles) ; éliminé dans le milieu extérieur, cette bactérie peut survivre longtemps dans l'environnement [90].

- **Pouvoir pathogène**

*Staphylococcus aureus* est l'espèce la plus pathogène du genre *Staphylococcus* car il tient une place très importante dans les infections communautaires et nosocomiales en plusieurs formes :

- ✓ **Cutanées** : atteinte plus ou moins sévère des follicules pilo-sébacés, atteinte périonguéale. Certaines formes superficielles peuvent se compliquer de lésions bulleuses graves lorsque la souche de *staphylocoque* est productrice d'exfoliative.
  - ✓ **Muqueuses** : otites, sinusites, mastoïdites et conjonctivites.
  - ✓ **généralisées** :
- Intoxication succédant à un foyer initial cutanéomuqueux.
  - Intestinales par absorption de toxine préformée dans des aliments contaminés par *staphylocoque* [91].

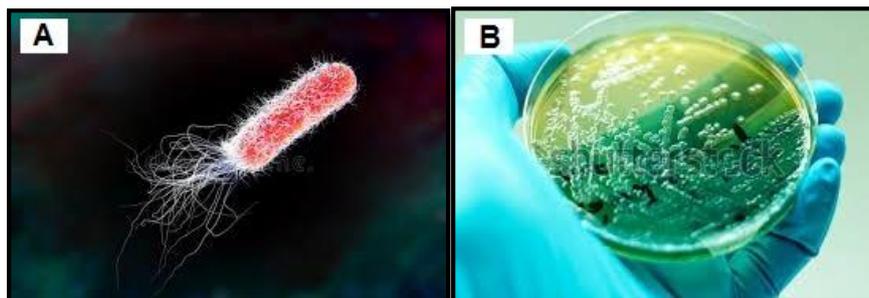
## Chapitre 4 Activités antibactériennes et antifongiques de cardamome

### IV.4.3 *Pseudomonas aeruginosa*

- **Définition**

*Pseudomonas aeruginosa* (ou bacilles pyocyanique) sont des bacilles à Gram négatif, fins, droits et mobiles grâce à un flagelle polaire. Ils ont une ciliature monotriche et sont dépourvus de spores et de capsules. Ils sont aérobies strictes, se cultivant facilement sur tous les milieux en aérobiose [94].

Capable de se développer dans un large spectre de températures (+4°C à +42°C) [97].



**Figure 18** : Morphologie de *P. aeruginosa* (A) [98], colonies de *P. aeruginosa* sur plaque de gélose de MacConkey (B) [99].

- **Classification**

**Tableau 6** : Classification d'espèce de *Pseudomonas aeruginosa* [89].

<b>Domaine</b>	<i>Bactérie</i>
<b>Phylum</b>	<i>Proteobacteria</i>
<b>Classe</b>	<i>Gammaproteobacteria</i>
<b>Ordre</b>	<i>Pseudomonasales</i>
<b>Famille</b>	<i>Pseudomonaceae</i>
<b>Genre</b>	<i>Pseudomonas</i>
<b>Espèce</b>	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>

- **Habitat**

La bactérie est très courante dans l'eau et les milieux humides. Elle peut aussi coloniser l'homme. Elle est fréquente en milieu hospitalier entraînant l'apparition de véritables souches d'Hôpital, qui se développe même dans l'eau distillée ou salée [89].

## Chapitre 4 Activités antibactériennes et antifongiques de cardamome

---

L'espèce *P. aeruginosa* est ubiquitaire dans l'environnement, comme elle peut être commensale du tube digestif. Dans l'environnement, elle est trouvée dans le sol, dans l'eau, à la surface des plantes, des animaux et dans le milieu hospitalier [100].

- **Pouvoir pathogène**

La bactérie n'est pas pathogène pour le sujet normal, mais elle peut provoquer des infections parfois sévères chez des patients dont les défenses sont amoindries, comme des infections urinaires, bronchiques, pulmonaires, oculaires, Ostéoarticulaires, mais également surinfecter des lésions cutanées et provoque des otites externes [89].

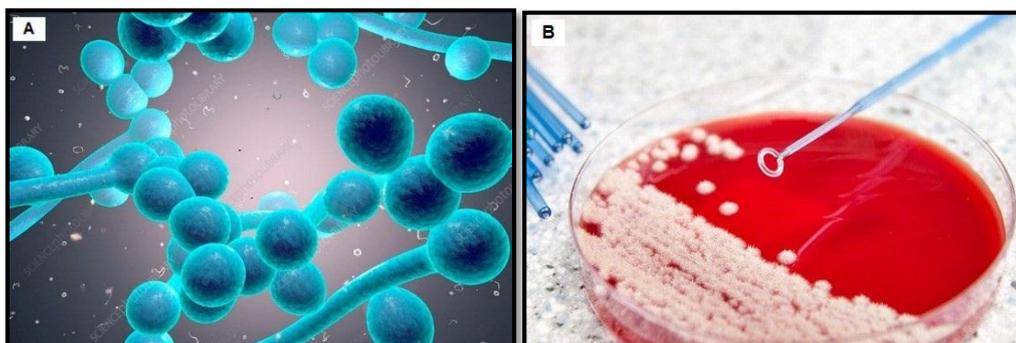
### IV.4.4 *Candida albicans*

- **Définition et morphologie**

*Candida albicans* est une levure diploïde, aérobie, non capsulée et non pigmentée. Leur matériel génétique se subdivise en huit chromosomes [101], elle se reproduit de façon asexuée par bourgeonnements multilatéraux d'une cellule mère (le blastospore) [102].

*C. albicans* mesure de 3 à 15  $\mu\text{m}$  et caractérisée par un polymorphisme retrouvable in vitro et in vivo et qui lui permet de se soustraire aux défenses liées à l'immunité cellulaire. Certains paramètres comme la température, le pH et même la richesse du milieu de culture influencent l'aspect morphologique que peut prendre *C. albicans* [103].

La levure *C. albicans* est dimorphe, caractérisée par deux formes, la forme normale appelée « levure » et la forme infectieuse appelée « mycélium » [104,105].



**Figure 19** : Morphologie de *C. albicans* (A) [106], colonies de *C. albicans* sur Schaedler Agar (B) [107].

## Chapitre 4 Activités antibactériennes et antifongiques de cardamome

---

- **Classification taxonomique**

**Tableau 7 :** Classification d'espèce de *Candida albicans* [108].

<b>Règne</b>	<i>Fungi</i>
<b>Division</b>	<i>Ascomycota</i>
<b>Subdivision</b>	<i>Saccharomycotina</i>
<b>Classe</b>	<i>Saccharomycetes</i>
<b>Ordre</b>	<i>Saccharomycetales</i>
<b>Famille</b>	<i>Debaryomycetaceae</i>
<b>Genre</b>	<i>Candida</i>
<b>Espèce</b>	<i>Candida albicans</i>

- **Habitat et répartition géographique**

*Candida albicans* est un champignon cosmopolite [109]. Elle se plaît à vivre dans des endroits particulièrement chauds et humides du corps humain, comme elle n'est jamais retrouvée sur la peau saine. Sa nourriture préférée est un sucre complexe des cellules épithéliales formant la peau et les muqueuses, c'est le glycogène. Plus le glycogène se trouve dans les cellules du corps, mieux candida s'en nourrit et se développe [104,105].

La levure se présente sous forme de blastospores au niveau des muqueuses digestives et vaginales, et donc elle est considérée comme la forme saprophyte qui vit en symbiose avec l'organisme hôte. Au niveau des tissus infectés, *C. albicans* est retrouvée au même temps sous les formes de blastospores et de mycélium ; la forme mycélienne est capable de pénétrer les muqueuses, alors que la forme blastospore reste non-invasive

Le réservoir principal est le tube digestif où la fréquence de portage varie selon les sujets. *C. albicans* peut même être isolée exceptionnellement dans la nature (sol, plante atmosphère, eau...) mais cela résulte en général d'une contamination fécale [109].

## Chapitre 4 Activités antibactériennes et antifongiques de cardamome

---

- **Pouvoir pathogène**

En pathologie humaine il existe environ 200 espèces du genre *Candida* dont les plus rencontrées sont : *C. albicans*, *C. tropicalis*, *C. glabrata*, *C. krusei*, *C. guilliermondii*, *C. parapsilosis*, *C. kefyr* et *C. dubliniensis* [110].

La contamination se fait en premier lieu inter humaine soit par transmission fécale, soit par contact direct (salive sécrétions, mains).

Au milieu hospitalier, les levures du genre *Candida* et en particulier *Candida albicans* représentent la cause majeure des infections nosocomiales opportunistes d'origine mycosique [109].

### IV.4.5 *Aspergillus niger*

- **Définition et morphologie**

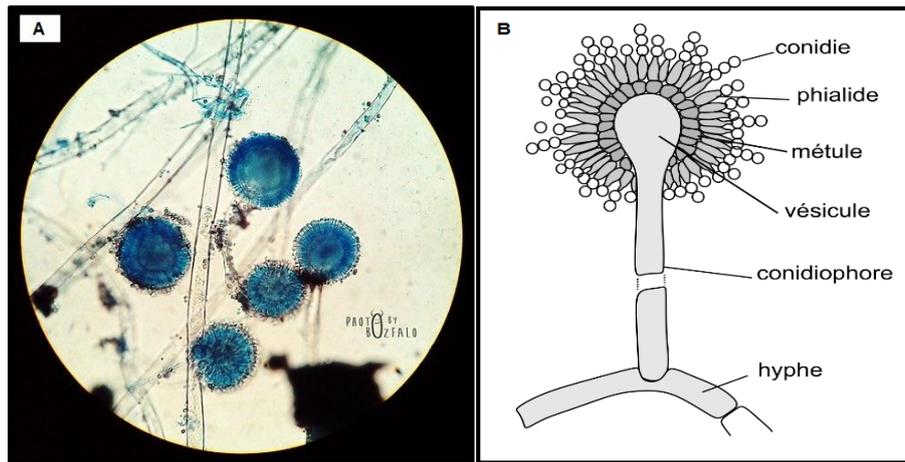
#### **Caractères culturels :**

La croissance d'*Aspergillus niger* est rapide (2 à 3 jours) sur les milieux de culture classiques (Sabouraud et géloses au malt). Leur température optimale de croissance varie entre 25 et 30°C, mais il peut se développer jusqu'à 42°C.

Les colonies d'*A. niger* sont granuleuses, blanches au début, puis jaunes, et elles deviennent noires à maturité. Le revers des colonies soit il est incolore ou jaune pâle.

#### **Morphologie microscopique :**

- **Les têtes conidiennes** : ces têtes conidiennes sont disposées en plusieurs colonnes brunâtres ou noires, bisériées, radiées
- **Les conidiophores** : ils sont longs atteignant 1,5 à 3 mm, lisses, brunâtres ou hyalins dans leur moitié supérieure.
- **Les vésicules** : globuleuses et entièrement fertiles.
- **Les phialides** : mesurant 7 à 10 x 3 à 3,5 µm, portées par des **métules** brunâtres, de dimensions variables.
- **Les conidies** : Elles mesurent 3,5 à 5 µm de diamètre, sont brunes, échinulées à très verruqueuses, habituellement globuleuses, parfois légèrement aplaties.
- **Les sclérotés** : ils sont parfois différenciés, avec une couleur crème à chamois foncé au début, puis virent au chamois vinacé [111].



**Figure 20** : Observation microscopique d'*A. niger* (A) [112], illustration de la morphologie d'*A. niger* (B) [113].

- **Classification taxonomique**

**Tableau 8** : Classification de l'espèce *d'Aspergillus brasiliensis (niger)* [114].

<b>Règne</b>	<i>Fungi</i>
<b>Division</b>	<i>Ascomycota</i>
<b>Subdivision</b>	<i>Pezizomycotina</i>
<b>Classe</b>	<i>Eurotiomycetes</i>
<b>Ordre</b>	<i>Eurotiales</i>
<b>Famille</b>	<i>Aspergillaceae</i>
<b>Genre</b>	<i>Aspergillus</i>
<b>Espèce</b>	<i>Aspergillus brasiliensis (niger)</i>

- **Habitat et répartition géographique**

Dans la nature, les *Aspergillus* représentent entre 1 et 7% des champignons environnementaux. A cause de leur petite taille et de leur hydrophobicité, on les retrouve alors aussi bien dans la poussière que dans les systèmes de climatisation.

On peut trouver les spores aspergillaires fréquemment dans les chantiers ou zones de travaux diverses. On les retrouve aussi sur les plantes (feuilles, fleurs, fruits), les pots de fleurs, la paille, le fourrage humide, mais également à la surface des murs dans les locaux humides (murs recouverts de moisissures) et sur les matériaux de démolition abandonnés à la pluie [115].

## Chapitre 4 Activités antibactériennes et antifongiques de cardamome

---

Puisque les champignons d'*Aspergillus* sont essentiellement saprophytes, leurs survies dans le milieu extérieur est quasiment illimité. Ils résistent aussi aux agents extérieurs y est compris le froid, seules la dessiccation et la chaleur à 100°C peuvent tuer les spores [114].

- **Pouvoir pathogène**

Certaines espèces d'*Aspergillus* sont considérés comme des pathogènes opportunistes ; ils nécessitent des conditions locales favorables pour leurs développements (cavernes tuberculeuses, cancer bronchopulmonaire, broncho-pneumopathies chroniques obstructives...) ou générales (corticothérapies prolongées, hémopathies malignes chimiothérapies aplatissantes, SIDA...) [116,117].

*Aspergillus niger* fait partie des principales espèces responsables de mycoses (aspergilloses) rarement rencontré chez l'immunocompétent ; chez le sujet immunodéprimé elle peut provoquer des aspergilloses, des otites et des sinusites ; elle est aussi à l'origine d'infections cutanées, pulmonaires et généralisées [117] ; *A.niger* peut produire de l'acide oxalique et des malformines [118].

### IV.5 Activités antibactériennes et antifongiques

Les extraits de la cardamome étaient reconnus par ces propriétés antimicrobiennes et antifongiques [119,120,121]. Leurs constituants terpénoïdes sont responsables des activités antifongiques et antibactériennes [122,123].

Les antibiotiques ont été utilisés dans le traitement des infections microbiennes (bactériennes et fongiques). *E. cardamomum* a une grande variété de métabolites secondaires tels que des tanins, des alcaloïdes et des flavonoïdes ayant des activités antimicrobiennes [124].

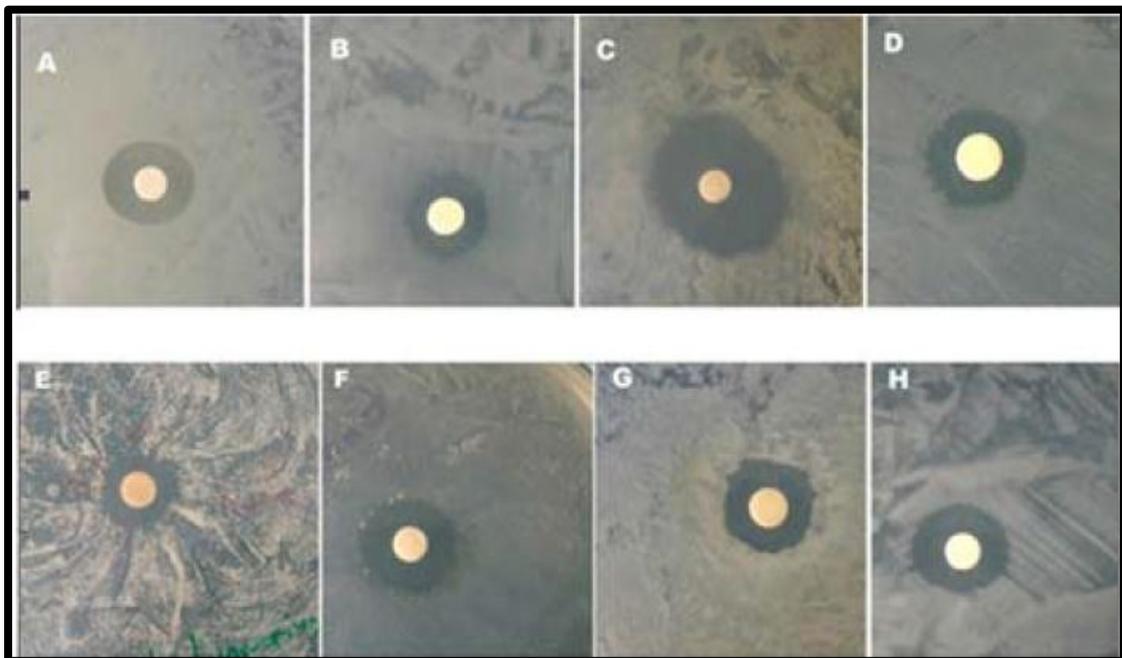
La cardamome n'est pas un simple agent d'aromatisation : elle est carminative, fongicide et bactéricide et elle active le système de complément, ainsi améliore le mécanisme de défense immunobiologique du corps humain [125].

Pleines d'études ont été faites sur l'extrait de cardamome en utilisant plusieurs types des bactéries et des champignons ; afin de savoir leur effet sur ces souches microbiennes, ainsi pour mieux comprendre les deux activités biologiques, on présente quelques exemples des résultats des anciennes études.

## Chapitre 4 Activités antibactériennes et antifongiques de cardamome

➤ Une ancienne étude a été réalisée pour déterminer si l'extrait de graines d'*Elettaria cardamomum* a une activité inhibitrice sur certains pathogènes et saprophyte micro-organismes. Les résultats des essais d'activité antimicrobienne ont indiqué que les graines de cardamome avaient une activité inhibitrice sur *M. smegmatis*, *K. pneumoniae*, *S. aureus*, *E. coli*, *E. faecalis*, *M. luteus* et *C. albicans* ; alors qu'il n'y avait pas une activité inhibitrice a été observée contre *P. aeruginosa*. En examinant le **tableau 9** ; *S. aureus*, un agent pathogène important dans les intoxications alimentaires a été identifié comme la plus sensible souche contre la cardamome [126].

Les résultats des analyses de l'activité antimicrobienne de cette étude sont représentés dans le **tableau 9** et la **figure 21**.



**Figure 21** : Les zones d'inhibition de l'extrait de graines de cardamome, qui ont été déterminées avec des souches de test standard [126].

A) *M. smegmatis* B) *K. pneumoniae* C) *S. aureus* D) *E. coli* E) *S. typhimurium* F) *E. faecalis*  
G) *M. luteus* H) *C. albicans*

## Chapitre 4 Activités antibactériennes et antifongiques de cardamome

**Tableau 9** : Diamètre des zones d'inhibition (mm) des souches testées contre l'extrait de graines de cardamome [126].

La souche testée	La zone d'inhibition (mm)
<i>P. aeruginosa</i> (ATCC 27853)	-
<i>M. smegmatis</i> (CCM 2067)	21
<i>K. pneumoniae</i> (FML5)	14
<i>S. aureus</i> (ATCC 25923)	30
<i>E. coli</i> (ATCC 25922)	13
<i>S. typhimurium</i> (KUEN 1357)	17
<i>E. faecalis</i> (ATCC 15753)	15
<i>M. luteus</i> (A 2971)	18
<i>C. albicans</i> (ATCC 60192)	20

L'extrait de graine de cardamome affichait un degré variable d'activité antimicrobienne sur différents micro-organismes ; *S. aureus* s'est avérée être plus sensible que les autres. D'autre part *P. aeruginosa* s'est avérée être la bactérie la plus résistante contre les graines de cardamome. En examinant les résultats, La zone d'inhibition la plus large s'est formée autour de *S. aureus* suivie de *M. smegmatis*, *C. albicans*, *M. luteus* et *S. typhimurium*. En revanche, les effets les moins inhibiteurs ont été observés pour *E. coli*, *K. pneumoniae* et *E. faecalis* (**Tableau 9**).

Les différents composés chimiques, y compris les huiles volatiles, tanins, alcaloïdes et lipides, qui sont présentés dans les tissus des herbes sont responsables de leurs caractéristiques antimicrobiennes [127,128]. L'effet inhibiteur des graines d'*Elettaria cardamomum* détecté dans cette étude peut être dû à la présence d'huiles volatiles.

En conclusion, leurs résultats indiquent que l'extrait des graines de cardamome qui a été préparé en utilisant l'éther diéthylique a une forte activité inhibitrice sur certains agents pathogènes.

Selon eux, l'utilisation de la cardamome comme un additif antimicrobien dans les aliments peut être utile [126].

## Chapitre 4 Activités antibactériennes et antifongiques de cardamome

➤ Une autre étude a mis en évidence de l'activité antimicrobienne d'extrait éthanolique d'*Elettaria cardamomum* (EEC) par la méthode de diffusion des disques en mesurant les diamètres de zones d'inhibition vis-à-vis des souches microbiennes.

Trois souches bactériennes ont été choisies : *Staphylococcus aureus* ATCC 27853 ; *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853 et *Escherichia coli* ATCC 25922 et un champignon : *Aspergillus niger* et une levure : *Candida albicans*.

Les résultats obtenus montrent que les diamètres des zones d'inhibitions d'EEC correspondant aux concentrations 100 et 50 % sont plus élevées que ceux observées avec des concentrations plus basses : 25 et 12.5 % à l'exception de diamètre d'*Aspergillus niger* (Tableau 10).

**Tableau 10 :** Diamètres des zones d'inhibitions de 5 souches pathogènes (*Staphylococcus aureus* ATCC 27853, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853, *Escherichia coli* ATCC 25922, *Aspergillus niger* et *Candida albicans*) cultivées en présence de quatre concentrations (100, 50, 25 et 12.5) d'extrait éthanolique d'*Elettaria cardamomum* [129].

Les souches microbiennes	Concentrations d'extrait éthanolique d' <i>Elettaria cardamomum</i> (%)			
	100	50	25	12.5
<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 27853	23	22	11	10
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> ATCC 27853	33	31	22	19
<i>Escherichia coli</i> ATCC 25922	15	17	15	0
<i>Aspergillus niger</i>	0	0	25	21
<i>Candida albicans</i>	25	23	19	15

## Chapitre 4 Activités antibactériennes et antifongiques de cardamome

---

Il est remarquable que le diamètre des zones d'inhibitions augmente lorsque la concentration d'extrait augmente, et alors il apparait généralement que l'activité inhibitrice d'*E. cardamomum* est une dose-dépendante. En revanche, le champignon d'*Aspergillus niger* a été inhibé à faibles dilutions [129].

➤ Une mesure de la Concentration minimale inhibitrice (CMI) a été réalisée afin de définir la sensibilité ou la résistance des souches bactériennes aux substances antimicrobiennes ; les résultats de cette expérience sont exprimés par la présence ou l'absence de croissance bactérienne (la croissance bactérienne est indiquée par la présence d'un culot blanc qui se forme au fond du tube).

- La sensibilité de certaines bactéries à l'EEC était moyenne, comme c'est le cas de : *Candida albicans*, *Escherichia coli* avec une valeur de CMI qui est de 20 mg/ml d'EEC.
- Une inhibition importante constatée chez l'extrait éthanolique d'*Elettaria cardamomum* contre des bactéries pathogènes comme *Staphylococcus aureus* avec une CMI de 10 mg/ml d'EEC et alors il est classé comme un agent antibactérien fort pour lutter contre certaines maladies.
- Une CMI de 40 mg/ml d'EEC qui est très faible, a été signalé par ; *Pseudomonas aeruginosa* et *Aspergillus niger* [129].

## Conclusion

---

Le dernier siècle, les gens n'avaient que des plantes pour se soigner des maladies bénignes, telles que le rhume, ou plus sérieuses, comme la tuberculose. Aujourd'hui le traitement à base de plantes (la phytothérapie) revient au premier plan en raison de la diminution de l'efficacité des médicaments actuels.

Dans notre travail, nous avons choisi la plante d'*Elettaria cardamomum* pour ses nombreuses propriétés biologiques, thérapeutiques et médicinales.

La plante *E. cardamomum* est utilisée depuis longtemps dans la médecine ayurvédique et aussi reconnue pour son efficacité dans le traitement des plusieurs maladies comme les troubles digestifs.

Après des recherches approfondit sur plusieurs études, nous sommes arrivés à obtenir les résultats de trois activités biologiques : anti-oxydante, antibactérienne et antifongique.

Donc à travers ces études nous avons conclu que :

- La plante cardamome verte a une bonne activité anti-oxydante (phénoliques et flavonoïdes) montrant que 70 % de méthanol est un bon solvant pour l'extraction des antioxydants.
- *E. cardamomum* a une grande variété de métabolites secondaires tels que des tanins et des flavonoïdes ayant des activités antimicrobiennes
- La zone d'inhibition la plus large s'est formée autour de *C. albicans* et *S. aureus* qui a été identifié comme la plus sensible souche contre les graines de cardamome. En revanche un effet moins inhibiteur a été observé pour *E. coli* ; et aucune activité inhibitrice a été observée contre *P. aeruginosa* (qui a été identifié comme la bactérie la plus résistante au cardamome) et contre *A. niger* à la concentrations 100 % et 50 % d'extrait éthanolique d'*E. cardamomum*.

Il ressort également que l'extrait des graines d'*Elettaria cardamomum* a une forte activité inhibitrice sur certains agents pathogènes ; cette activité est dose-dépendante car le diamètre des zones d'inhibitions augmente lorsque la dilution d'extrait augmente, sauf le champignon *Aspergillus niger* qui a été inhibé à faibles dilutions.

L'ensemble de ces résultats obtenus restent préliminaires et ne constituent qu'une première étape dans la recherche de quelques activités biologiques d'*E. cardamomum* ; des essais complémentaires seront nécessaires :

- ✚ Élargissement l'éventail des espèces microbiennes testées (bactéries, levures et moisissures) ;

## Conclusion

---

- ✚ Evaluation d'autres activités biologiques, dont l'activité antiinflammatoire, antidiabétique, antitumorale, anticancéreuse ... et autres ;
- ✚ D'extraire les huiles essentielles de la cardamome, et d'évaluer leurs activités biologiques.

## Les références bibliographiques

---

- 1. Urquiaga. I et Leighton. F (2000).** Plant polyphenol antioxidants and oxidative stress. *Biological Research.*, 33 (2) : 55-64
  - 2. Fabrice le Stang, (2013),** la découverte du monde des plantes, éd : sang de la terre. ISBN 978-2-84985-291-4 p.89
  - 3. Al-Bayati, F. A. (2008)** Synergistic antibacterial activity between *Thymus vulgaris* and *Pimpinella anisum* essential oils and methanol extracts, *Journal of ethnopharmacology*, 116, 403-406.
  - 4. Menon AN, Chacko S and Narayanan CS. (1999).** Free and glycosidically bound volatiles of cardamom (*Elettaria cardamomum* Maton var. *miniscula* Burkill). *Flavour Fragrance Journal*. 14: 65-68.
  - 5. Lwasa S and Bwowe F. (2007).** Exploring the Economic Potential of Cardamom (*Elettaria cardamomum*) as an alternative and promising income source for Uganda's smallholder farmers. *ACSS Science Conference Proceedings*. 8: 1317-1321.
  - 6. Tyagi RK, Goswami R, Sanayaima R, Singh R, Tandon R and Agrawal A. 2009.** Micropropagation and slow growth conservation of cardamom (*Elettaria cardamomum* Maton). *In Vitro Cellular and Developmental Biology - Plant*. 45: 721-729.
  - 7. Prasath D and Venugopal MN. 2009.** Compound inflorescence cardamom (*Elettaria cardamomum* (L.) Maton) in India. *Genetic Resources and Crop Evolution*. 56: 749-753.
  - 8. Kaushik P, Goyal P, Chauhan A and Chauhan G. 2010.** In Vitro Evaluation of Antibacterial Potential of Dry Fruit Extracts of *Elettaria cardamomum* Maton (Chhoti Elaichi). *International Journal of Production Research*. 9: 287-292.
  - 9. Josephraj Kumar A, Chakrabarty R and Thomas G. 2005.** Occurrence of trypsin-like protease in cardamom (*Elettaria cardamomum* Maton). *Indian Journal of Biochemistry and Biophysics*. 42: 243-245.
  - 10. Farah AJ, Siddiqui A, Aslam M, Javed K and Jafri MA. 2005.** Antiulcerogenic activity of *Elettaria cardamomum* Maton. and *Amomum subulatum* Roxb. seeds. *Indian Journal of Traditional Knowledge*. 4: 298-302.
  - 11. Verma K, Jain V and Katewa SS. 2009.** Blood pressure lowering, fibrinolysis enhancing and antioxidant activities of cardamom (*Elettaria cardamomum*). *Indian Journal of Biochemistry and Biophysics*. 46 : 503-506.
  - 12.** Une erreur fréquente est d'orthographier cardamome avec un n, mais les sources ne laissent aucun doute sur la véritable orthographe : cardamome avec un m.
  - 13.** Trésor de la langue française informatisé (<http://atilf.atilf.fr/tlf.htm>)
-

## Les références bibliographiques

---

14. **Korikanthimath, V.S., Venugopal, M.N., Sudharsan, M.R. and Prasath, D. (2006)** cardamom. In: Ravindran, P.N., NirmalBabu, K., Shiva, K.N. and Kallapurackal, K.A(eds) Advances in spices research: History and Achievements of spices research in India since independence. Agrobios, Jodhpur, pp. 315-363.
  15. **Korikanthimath, V.S (2002)** Agronomy and management of cardamom. In: Ravindran, P.N. and Madhusoodanan, K.J. (eds) cardamom-the Genus Elettaria. Taylor and Francis, London, pp. 91-128.
  16. **Ravindran, P.N. (2002)** Introduction (to cardamom – the genus Elettaria). In: Ravindran, P.N. and Madhusoodanan, K.J. (eds) cardamom-the Genus Elettaria. Taylor and Francis, London, pp. 1-1
  17. **Collectif, (2014)**, Mini guide illustré des plantes médicinales. éd : hachette livre, Marabout ISBN :987-2-501-09003-2 p.186
  18. Plante *E.cardamomum*. [En ligne]. [Consulté le 24.07.2020]. Disponible sur : <https://jardinage.lemonde.fr/dossier-2784-cardamome.html> .
  19. Arvy MP, Gallouin F. Épices, aromates et condiments. Paris: Belin; 2003. 412 p.
  20. Elettaria cardamomum, Kardamom, Cardamom, Green Cardamom, 20 Seeds, BIO hu-öko-01. [En ligne]. [Consulté le 24.07.2020]. Disponible sur : <https://www.amazon.co.uk/Elettaria-cardamomum-Kardamom-Cardamom-Green/dp/B01C1C82TK> .
  21. cardamom plant. [En ligne]. [Consulté le 24.07.2020]. Disponible sur : [https://www.123rf.com/photo\\_52582809\\_green-and-unripe-cardamom-pods-in-plant-in-kerala-india-cardamom-is-the-third-most-expensive-spice-b.html](https://www.123rf.com/photo_52582809_green-and-unripe-cardamom-pods-in-plant-in-kerala-india-cardamom-is-the-third-most-expensive-spice-b.html) .
  22. Cardamom Seed. [En ligne]. [Consulté le 26.07.2020] Disponible sur : <https://www.goobsi.com/ingredients/organic-cardamom-seed-extract/> .
  23. Pichetto B, Schoenzettze E. Petite cardamome – Toildepices [en ligne]. [Consulté le 23.12.2016]. Disponible sur : [http://www.toildepices.com/wiki/index.php?title=Petite\\_cardamome](http://www.toildepices.com/wiki/index.php?title=Petite_cardamome)
  24. Johnya, Kallapurakal and Ravindran, P.N. (2002). Hints for cardamom Cultivation high production Technology” Plant Hortitech, 13(6), pp. 21-26.
  25. Seidemann, J. (2005). World spice plants. Springer, pp. 115-253.
  26. **Al-Mailiki, A. D. M. (2011)**. Isolation and identification of phenolic compounds from Elettaria cardamomumseeds and study of their medicinal activity against Pathogenic Bacteria of Prostate Gland. Journal of Misan Researches, 8, 13-35.
-

## Les références bibliographiques

---

27. **Lim, T. K. (2013).** *Elettaria cardamomum*. In *Edible Medicinal And Non-Medicinal Plants* (pp. 818-827). Springer Netherlands.
  28. Teuscher E, Anton R. *Plantes aromatiques Épices, aromates, condiments et huiles essentielles*. Paris : Tec & Doc ; 2005. 522 p
  29. Dupont F, Guignard JL. *Botanique : les familles de plantes*. 16e éd. Issy-les-Moulineaux : Elsevier Masson ; 2015. 388 p.
  30. **Ravindran, P. N., & Madhusoodanan, K. J. (Eds). (2003).** *Cardamom: the genus Elettaria*. CRC Press.
  31. **Nair, K. P. (2006).** The agronomy and economy of cardamom: the —queen of spices. *Advances in agronomy*, 91, 179-471.
  32. **S. Sharma, J. Sharma, G. Kaur, (2011).** Therapeutic uses of *Elettaria cardomum*, *Int. J. Drug Form. Res* 2 102–108.
  33. **Sultana, S., Ripa, F. A., Hamid, K. (2010).** Comparative antioxidant activity study of some commonly used spices in Bangladesh. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 13, 340.
  34. **Vishwakarma, S., Chandan, K., Jeba, R. C., Khushbu, S. (2014).** Comparative study of qualitative phytochemical screening and antioxidant activity of *Mentha arvensis*, *Elettaria cardamomum* and *Allium porrum*. *Indo American Journal of Pharmaceutical Research*, 4, 2538-56
  35. **Panda, H. (2003).** *Herbal Foods and its Medicinal Values*. National Institute of Industrial Re.
  36. **Aggarwal, B. B., & Kunnumakkara, A. B. (2009).** *Molecular targets and therapeutic uses of spices: modern uses for ancient medicine*. World Scientific.
  37. **Bertile. B, coll. A, (2001).** *Les plantes tropicales ont épicé Anthropologie du développement au sahel ; oxford*.
  38. Verbois S. *La médecine indienne fondements et pratiques de l’Ayurvédā*. Paris: Eyrolles; 2009. 415 p.
  39. Marongiu, B., Piras, A., Porcedda, S. (2004). Comparative analysis of the oil and supercritical CO<sub>2</sub> extract of *Elettaria cardamomum* (L.) Maton. *Journal of Agricultural and food chemistry*, 52, 6278-6282.
  40. Sereshti, H., Rohanifar, A., Bakhtiari, S., & Samadi, S. (2012). Bifunctional ultrasound assisted extraction and determination of *Elettaria cardamomum* Maton essential oil. *Journal of Chromatography A*, 1238, 46-53.
  41. **Johnya, Kallapurakal and Ravindran, P.N. (2002)** “Hint for Cardamom Cultivation High Production Technology” *Plant Hortitech*, 13(6), October, pp. 21-26.
-

## Les références bibliographiques

---

42. Singa, V.B. and Kirt, Singh. (1996) "Spices", Bangalore: New age International Publishers, pp. 35-51.
  43. Lonely Planet. Ma cuisine « made in Inde ». Paris : Solar ; 2013. 72 p.
  44. Henaryn, Ridly. (1999) "Spices" Dehardun: Interantional Book Distribution, pp. 325-357.
  45. Consoglobe. Cardamome : une épice parfumée reine de la Grèce Antique [en ligne]. [Consulté le 5.11.2016]. Disponible sur : <http://www.consoglobe.com/cardamome-epice-parfumee-reinede-la-grece-antique-cg/2>
  46. Envouthé. À la découverte du Chaï [en ligne]. [Consulté le 2.11.2016]. Disponible sur : <https://www.envouthe.com/blog/la-route-du-the/le-the-en-inde/a-la-decouverte-du-chai/>
  47. Aroma Zen. Cardamome [en ligne]. [Consulté le 5.11.2016]. Disponible sur : <http://www.aromazen.com/index.php>
  48. Moro-Buronzio A, Schnebelen JC. Grand guide des huiles essentielles. Paris : Hachette Santé ; 2013. 251 p.
  49. Osmoz. Cardamome, matière première de la parfumerie [en ligne]. [Consulté le 2.11.2016]. Disponible sur : <http://www.osmoz.fr/encyclopedie/matieres-premieres/epice/122/cardamomeelletaria-cardamomum>
  50. Cattelain Le Dû AM. Les secrets de fabrication du parfum Azzaro, sur les traces de la cardamome [En ligne]. [Consulté le 2.11.2016]. Disponible sur : [http://www.gala.fr/beaute/tendances\\_beaute/les\\_secrets\\_de\\_fabrication\\_du\\_parfum\\_azzaro\\_366628](http://www.gala.fr/beaute/tendances_beaute/les_secrets_de_fabrication_du_parfum_azzaro_366628)
  51. Scoop Parfum. La cardamome en parfumerie [en ligne]. [Consulté le 2.11.2016]. Disponible sur : <http://www.scoop-parfum.com/blog/la-cardamome-en-parfumerie-73736/>
  52. Boullard B. La nature des arômes et des parfums : chefs d'œuvre du monde vivant. Paris : Estem ; 1995. 223 p.
  53. Jo Malone. Mimosa & Cardamom [en ligne]. [Consulté le 2.11.2016]. Disponible sur : <http://www.jomalone.fr/mimosa-cardamom#>
  54. Jaiswal Y, Liang Z, Zhao Z. Botanical drugs in Ayurveda and Traditional Chinese Medicine. J Ethnopharmacol. 2016 ; 194 :245-59.
  55. La sultane de Saba. La crème visage aux sept épices [en ligne]. [Consulté le 5.11.2016]. Disponible sur : <http://www.lasultanedesaba.com/produit.php?idunivers=3&famille=0&produit=53&langue=fr>
  56. Ooreka. Cardamome : planter et cultiver [en ligne]. [Consulté le 2.01.2017]. Disponible sur : <https://jardinage.ooreka.fr/plante/voir/1455/cardamome>
-

## Les références bibliographiques

---

- 57. Sarkar, P.R. (2011).** Yaogic Treatment and Natural Remedies. V Ed. AMPS Publication, Purulia, West Bengal, p. 105.
- 58. Das, I., Acharya, A., Berry, D. L., Sen, S., Williams, E., Permaul, E., Saha, T. (2012).** Antioxidative effects of the spice cardamom against non-melanoma skin cancer by modulating nuclear factor erythroid-2-related factor 2 and NF- $\kappa$ B signalling pathways. *British Journal of Nutrition*, 108, 984-997.
- 59. Elgayyar, M., Draughon, F. A., Golden, D. A., Mount, J. R. (2001).** Antimicrobial activity of essential oils from plants against selected pathogenic and saprophytic microorganisms. *Journal of Food Protection*®, 64, 1019-1024.
- 60. Sekine, T., Sugano, M., Majid, A., Fujii, Y. (2007).** Antifungal effects of volatile compounds from black zira (*Bunium persicum*) and other spices and herbs. *Journal of chemical ecology*, 33, 2123-2132.
- 61. Khan, A. M., Qureshi, R. A., Ullah, F., Gilani, S. A., Nosheen, A., Sahreen, S., Murad, W. (2011).** Phytochemical analysis of selected medicinal plants of Margalla Hills and surroundings. *Journal of Medicinal Plants Research*, 5, 6055-6060.
- 62. Sengupta, A., Ghosh, S., Bhattacharjee, S. (2005).** Dietary cardamom inhibits the formation of azoxymethane-induced aberrant crypt foci in mice and reduces COX-2 and iNOS expression in the colon. *Asian Pac J Cancer Prev*, 6, 118-122.
- 63. Qiblawi, S., & Dhanarasu, S. (2015).** Chemopreventive Effect of Cardamom (*Elettaria cardamomum*) Against Benzo ( $\alpha$ ) Pyrene-Induced Forestomach Papillomagenesis in Swiss Albino Mice. *Journal of Environmental Pathology, Toxicology and Oncology*, 34, 95-104.
- 64. Verma, S. K., Rajeevan, V., Bordia, A., & Jain, V. (2010).** Greater cardamom (*Amomum subulatum Roxb*)—A cardio-adaptogen against physical stress. *Journal Herbal Medicine and Toxicology*, 4, 55-58.
- 65. Bisht, V. K., Negi, J. S., Bh, A. K., Sundriyal, R. C. (2011).** *Amomum subulatum Roxb*: Traditional, phytochemical and biological activities-An overview. *African Journal of Agricultural Research*, 6, 5386-5390.
- 66. Yadav, A. S., & Bhatnagar, D. (2007).** Free radical scavenging activity, metal chelation and antioxidant power of some of the Indian spices. *Biofactors*, 31, 219-227.
- 67. Abdelkader, S.M., Bauomi, A.A., Abdel-Rahman, M., Mohammaden, T., Rezk, M.M., (2015).** Antioxidant potentials of (*Elletaria cardamomum*) cardamom against Uranium hazard. *International Journal of Basic and Life Sciences* ,3, 64–181.
-

## Les références bibliographiques

---

- 68. Vaidya, A., & Rathod, M. (2014).** An in vitro study of the immunomodulatory effects of *Piper nigrum* (black pepper) and *Elettaria cardamomum* (cardamom) extracts using a murine macrophage cell line. *AIJRFANS*, 8, 18-27.
- 69. Favier, A., (2003) ;** Le stress oxydant : intérêt conceptuel et expérimental dans la compréhension des mécanismes des maladies et potentiel thérapeutique. *L'Actualité chimique* 108- 115.
- 70. Shimizu H., (2004).** Relationship between plasma glutathione levels and cardiovascular disease in a defined population: The Hisayama study. *Stroke*, 35 (9). 2072-2077.
- 71. Haton C., (2005).** Effets des rayonnements ionisants sur la structure de la fonction de la cellule épithéliale intestinale. Thèse de doctorat de l'université de Paris VI, France. 43.
- 72. Hussain S.P., Hofseth, L.J., Harris, C.C., 2003.** Radical causes of cancer. *Nat. Rev. Cancer* 3,276–285. Doi: 10.1038/nrc1046.
- 73. Reuter S., Gupta, S.C., Chaturvedi, M.M., Aggarwal, B.B., 2010.** Oxidative stress, Inflammation, and cancer: how are they linked? *Free Radic. Biol. Med.* 49, 1603–1616.doi: 10.1016/j.freeradbiomed.2010.09.006.
- 74. T. Yokozawa, E.J. Cho, Y. Hara and K. Kitani, J. Agric. Food Chem., 48, 5068 (2000).**
- 75. L. Wang, J.H. Yen, H.L. Liang and M.J. Wu, J. Food Drug Anal., 11, 60 (2003).**
- 76. W. Zheng and S. Wang, J. Agric. Food Chem., 49, 5165 (2001).**
- 77. D. Banerjee, S. Chakrabarti, A.K. Hazra, S. Banerjee, J. Ray and B. Mukherjee, African J. Biotech.,7, 805 (2008).**
- 78. HAQ NAWAZ BHATTI, FAWAD ZAFAR and MUHAMMAD ASGHAR JAMAL(2015),** Evaluation of Phenolic Contents and Antioxidant Potential of Methanolic Extracts of Green Cardamom (*Elettaria cardamomum*), *Asian Journal of Chemistry*, Vol. 22, N°6 p.4787-4794
- 79. PHILIPPON.A., PROTS.L.,** Cours de Bactériologie Générale, Faculté de médecine COCHIN-PORT-ROYAL, Paris, P 7-9, 2002.
- 80. HART. T., SHEARS.P.,** Atlas de poche de microbiologie, 1ère édition, Médecine-Sciences Flammarion, Paris, P71, 1997.
- 81. ROUGIER.A.,** cour de bactériologie, 1TSBioT, PARIS, P 1-3, 2010.
- 82. Prokaryotic cell.** [En ligne]. [Consulté le 24.07.2020]. Disponible sur : <https://www.toppr.com/content/concept/prokaryotic-and-eukaryotic-cell-262460/> .
-

## Les références bibliographiques

---

- 83. Abedini, A., (2013).** Evaluation biologique et phytochimique des substances naturelles d'*Hyptis atrorubens* Poit. (Lamiaceae), sélectionnée par un criblage d'extraits de 42 plantes. Thèse doctorat. Université Lille. France.
- 84. Berche, P., Gaillard, J. L et Simone, T. M., (1988).** Bactériologie : Les bactéries des infections humaines. Ed. Médecine sciences Flammarion, Paris, 100-108-274 p
- 85. Steven, P., Rachel, C., Martha, E., Paul, H., Jane, S et Peter, W. J., (2004).** Microbiology of Waterborne Diseases. Ed. Elsevier Academic Press, 71-132 p.
- 86. Nucié, C; Vildé, J. L., (2005).** Bactériologie médicale. 2ème éd Masson. Paris, ISBN: 2-294.
- 87.** Morphologie d'*Escherichia coli*, [JPEG]. Disponible sur : <https://www.smithsonianmag.com/smart-news/scientists-create-e-coli-bacteria-completely-synthetic-genome-180972214/>
- 88.** Colonies d'*Escherichia coli*, [JPEG]. Disponible sur : <https://medlineplus.gov/ecoliinfections.html>
- 89. GARRITY. G. M., LILBURN.T.G., COLE. J.R., HARRISON. S.H., EUZÉBY.J. AND TINDALL.B.J.,** Taxonomic Outline of the Bacteria and Archaea, Release 7.7 March 6, Part 9- the Bacteria: Phylum” Firmicutes”: Class “Bacilli”, P 30-45, 2007.
- 90. NAUCIEL.C., VILD.G.L.,** Bactériologie médicale, 2ème édition, Masson, PARIS, P, 2005.
- 91. HELENE.M.,** Cours de Bactériologie, Service de Bactériologie, Université Pierre et Marie Curie, P29-40, 2002 – 2003.
- 92. Couture B. (1990).** Bactériologie médicale « Etude et méthodes d'identification des bactéries aérobies et facultatives d'intérêt médical ». Vigot, Paris. 15-32.
- 93. Fauchere J.L. and Avril J.L. (2002).** Bactériologie générale et médicale. ellipses, Paris. 213-217.
- 94. SINGLETON.P.,** traduit de l'anglais par Dusart.J., bactériologie pour la médecine, la biologie et la biotechnologie, 6ème édition, Dunod, Paris, P14-33, 2005.
- 95.** Morphologie de *Staphylococcus aureus*. [JPEG]. Disponible sur : <https://quizlet.com/139845163/staphylococcus-aureus-flash-cards/>
- 96.** Observation microscopique de *Staphylococcus aureus*. [JPEG]. Disponible sur : <https://microblog2014.wordpress.com/home-page/acid-fast-stain/>
-

## Les références bibliographiques

---

97. **Filopon, D., (2005).** Mécanismes de régulation dans la pathogénicité de *Pseudomonas aeruginosa* : Système de sécrétion de type III, Epigénèse et Quorum, Sensing.
98. Morphologie de *Pseudomonas aeruginosa*. [JPEG]. Disponible sur : <https://www.shutterstock.com/search/pseudomonas+aeruginosa>
99. Colonies de *Pseudomonas aeruginosa*. [JPEG]. Disponible sur : <https://www.shutterstock.com/search/pseudomonas+aeruginosa>
100. **Christiane, Y. E., (2013).** Étude épidémiologique de souches de *Pseudomonas aeruginosa* responsables d'infections et de leurs bactériophages pour une approche thérapeutique.
101. **Chu W.S., Magee B.B et Magee P.T. (1993).** Construction of an SfiI macrorestriction map of the *Candida albicans* genome. J. Bacteriol. 175. 6637 - 6651.
102. **Graser Y., Volovsek M., Arrington J., Schonian G., Presber W., Mitchell T.G and Vilgalys R. (1996).** Molecular markers reveal that population structure of the human pathogen *Candida albicans* exhibits both clonality and recombination. Proc. Natl. Acad.Sci. U S A. 93. 1247-12477.
103. **Sudbery P. E. (2001).** The germ tubes of *Candida albicans* hyphae and pseudohyphae show different patterns of septin ring localization. Mol. Microbiol. 41. 19-31.
104. **Lebeau J. (2004).** Chirurgie maxillo-faciale et stomatologie. Edition Masson, Paris. Page 157.
105. **Beaudy L. (2008).** La vaginite jamais plus solution et remèdes. Edition LANORE François-Xavier Sorlot, Paris. Page 17.
106. **KON Kateryna.** *Candida albicans* fungi, illustration. [JPEG]. Disponible sur : <https://www.sciencephoto.com/media/717218/view/candida-albicans-fungi-illustration>
107. **BECKMANN Daniela.** *Candida albicans* on Schaedler Agar. (2012). [JPEG]. Disponible sur : <https://www.flickr.com/photos/dane/8010137915/in/photolist-dcQ3W8-7YU8sC-aopZti-818gcs-5sUewz-2DJNs-ar22Cr-aqu9bn-QV6yL-866iKf-mRv7Yk-6GPdDt-zyq6JV-6GPdAH-7w4czq-cZBxC5-RU9GbY-dYsGWP-a1CAFU-r2nwwp-o7Yf29-rvR7T3-2ifDwpL-nSwp2S-GSCQG1-69S9i8-QjiXKZ-28TApDd-8rUQxg-4PYRLk-7iYMKZ-GiMTza-qAf2xu-4x1prH-8rXVbG-aBa3y6-GiMTm4-GiMT4F-7PUdjr-GiMSnR-8rUQyp-21awZ3q-aBcJHs-21awZJq-Trd7fL-aBcJM7-rrWkHv-NgKcsr-nSx1Ag-JSoMVC>
-

## Les références bibliographiques

---

- 108. Berkhout, De Schimmelgesl. Monilia, Oidium, Oospora en Torula, Disset. Utrecht : 44 (1923).** [En ligne] <https://mycomap.com/taxonomy/172889-candida-albicans>. [Consulté le 05/03/2018].
- 109. Lagane C. (2007).** Rôle de l'il-13 et des ligands de ppar- $\gamma$  dans la réponse anti-infectieuse des macrophages murins et des monocytes humains vis-à-vis de candida albicans. Thèse de doctorat, de l'université Toulouse III, discipline : immunopathologie, oncogénèse et signalisation cellulaire, France. 13-14.
- 110. Fitzpatrick D.A., Logue M.E., Stajich J.E and Butler G. (2006).** A fungal phylogeny based on 42 complete genomes derived from super tree and combined gene analysis. BMC.Evol. Biol. 6. Page 99.
- 111. Tabuc C. (2007).** Flore fongique de différents substrats et conditions optimales de production des mycotoxines. Thèse de doctorat, Institut national polytechnique de Toulouse et de l'université de Bucarest, France et Roumanie. 30- 31.
- 112. Bfl Bozfalo.** Aspergillus niger | LPCB wet mount preparation (400x). (2014). [JPEG]. Disponible sur : <https://www.flickr.com/photos/bozfalo/13819446463/in/photolist-7Aqimq-46SCRM-46WHzs-9H8bax-4uGDxe-8UErsp-n4bgYk-ngGgqp-n4beLe-5i6e8B-wrZekz-7HUr2C-vuDTia-4vsr9e-7SBD9d-5m6gZa-jC92Z1-5hwxoW-bwBNni-6wPeKj-jr3Xxm-8QWwMG-bwAzGe-5ws6dG-6Tgpxp>
- 113. PANCRAT.** Morphology of Aspergillus niger 768 x 986. (2014). [PNG]. Disponible sur : [https://fr.wikipedia.org/wiki/Aspergillus\\_niger](https://fr.wikipedia.org/wiki/Aspergillus_niger)
- 114. Varga, Frisvad & Samson, Int. J. Syst. Evol. Microbiol. 57(8) : 57 (2007).** [En ligne] <https://mycomap.com/taxonomy/199935-aspergillus-niger> . [Consulté le 05/03/2018].
- 115. Desoubeaux G. et Chandénier J. (2010)** Aspergillus et maladies aspergillaires. Feuillet De Biologie, 51, N°293. Page 11.
- 116. Badillet G., de Bièvre C. et Guého E. (1987),** Champignons contaminants des cultures, champignons opportunistes. Atlas clinique et biologique. Volume II. Edition VARIA, Paris. Page 183.
- 117. Morin O. (1994),** Aspergillus et aspergilloses : biologie, Ed. Techniques Encycl. Med. Chir. (Elsevier, Paris), Maladies infectieuses 8-600-A-10. Page 95.
- 118. Botton B., Breton A., Fèvre M., Gauthier S., Guy P., Larpent J.P., Reymond P., Sanglier J.J., Vayssier Y. et Veau P. (1990),** Moisissures utiles et nuisibles, Importance industrielle, Edition Masson, Paris. Page 275.
-

## Les références bibliographiques

---

- 119. Elgayyar, M., Draughon, F. A., Golden, D. A., Mount, J. R. (2001).** Antimicrobial activity of essential oils from plants against selected pathogenic and saprophytic microorganisms. *Journal of Food Protection®*, 64, 1019-1024.
- 120. Sekine, T., Sugano, M., Majid, A., Fujii, Y. (2007).** Antifungal effects of volatile compounds from black zira (*Buniumpersicum*) and other spices and herbs. *Journal of chemicalecology*, 33, 2123-2132.
- 121. Khan, A. M., Qureshi, R. A., Ullah, F., Gilani, S. A., Nosheen, A., Sahreen, S., Murad, W. (2011).** Phytochemical analysis of selected medicinal plants of Margalla Hills and surroundings. *Journal of Medicinal Plants Research*, 5, 6055-6060.
- 122. Mishra, A.K., Dubey, N.K., (1990).** Fungitoxicity against *Aspergillusflavus*. *Econ. Bot.* 44, 350–533.
- 123. Mishra, A.K., Dwivedi, S.K., Kishore, N., Dubey, N.K., (1991).** Fungistatic properties of essential oils of cardamom. *Int. J. Pharmacognosy* 29, 259–262.
- 124. Kumar U, Kumar B, Bhandari A, Kumar Y (2010).** Phytochemical investigation and comparison of antimicrobial screening of Clove and Cardamom. *Inter. J. Pharmaceu. Sci. Res.*, 1(12) : 138-147.
- 125. Yamahara, J., Kashiwa, H., Kishi, K., Fujimura, H., (1989).** *Chem. Pharm. Bull.* (Japan) 37,855–856. (quoted from Hirasa and Takemasa, 1989)
- 126. Sema AĖAOĖLU, Nursel DOSTBİL, Süleyman ALEMDAR, (2005),** Antimicrobial Effect of Seed Extract of Cardamom (*Elettaria cardamomum* Maton), AĖaoĖlu ve ark, *YYÜ Vet Fak*, 16 (2) :99-101
- 127. Baytop T (1984) :** Usine en Turquie Traitement. UI La Flèche. No : 3255, Faculté de pharmacie. Non : 40, Istanbul
- 128. Çon AH, Ayar A, Gökalp HY (1998) :** Certains huiles essentielles d'épices contre diverses bactéries effet antimicrobien. *Journal alimentaire*, 23 : 171-175.
- 129. BENKHEDDA Fatima et DJADAOUADJI Mimouna, (2018).** Activité antimicrobienne des polyphénols d'*Elettaria cardamomum*. Mémoire de Master. Sciences Alimentaires. Mostaganem : Université Abdelhamid Ibn Badis.
-

## Glossaire des termes Indiens

---

**Ayurvéda** : une des médecines traditionnelles indiennes (Ayu + Veda en sanscrit)

**Ghee** : beurre liquide, clarifié, utilisé comme offrande rituelle (ghî)

**Masala (ou Massala)** : mélange d'épices utilisées dans la cuisine indienne

**Masala chaï (ou Massala chaï)** : thé indien aux épices

**Masalchi** : cuisiniers assembleurs d'épices

**Garam masala** : mélange d'épices indiennes (dont la cardamome)

**Kheer** : riz au lait indien à la cardamome

**Kulfi** : crème glacée indienne à base de lait, parfumée à la cardamome

**Lassi** : boisson indienne à base de lait fermenté, nature ou aromatisée

**Chaï** : thé indien aux épices

---

### Annexe 1 : Mélange massala



Le mélange massala est un mélange d'épices typique de la cuisine indienne, le garam masala peut comporter jusqu'à douze épices différentes ! Ce condiment se trouve sous forme d'une poudre brune et relève agréablement le poulet, le riz et aussi les légumes.

#### ❖ De quoi s'agit-il ?

Le garam masala est un mélange d'épices qui vient du nord de l'Inde. Son nom signifie "mélange d'épices chaudes".

Il peut inclure jusqu'à douze épices différentes, qui sont torréfiées puis moulues.

Il est généralement composé de :

- Cumin
- Cardamome
- Cannelle
- Poivre noir
- Clou de girofle
- Gingembre

Parfois de la coriandre, de la noix de muscade, du piment et du laurier sont ajoutés.

#### ❖ Quelles sont ses propriétés ?

Il facilite la digestion grâce aux différentes épices qui le compose, car ils sont connus pour leurs vertus digestives.

Elles ont pour propriétés de :

- Stimuler l'appétit
  - Faciliter la digestion
  - Éviter les ballonnements.
-

**Annexe 2 :** Tableau représentant la concentration minimale inhibitrice (CMI en mg d'extrait éthanolique d'*Elettaria cardamomum* (mg/mL) des souches pathogènes [119].

Les souches microbiennes	Concentrations minimale inhibitrice (CMI) en mg/mL d'EEC
<i>Escherichia coli</i>	20
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	40
<i>Staphylococcus aureus</i>	10
<i>Bacillus subtilis</i>	40
<i>Bacillus cereus</i>	20
<i>Shigella sonnei</i>	10
<i>Aspergillus niger</i>	40
<i>Candida albicans</i>	20

---

## Résumé

Ce travail s'inscrit dans le cadre de la recherche de trois activités biologiques (antioxydante, antibactérienne et antifongique) de la plante médicinale *Elettaria cardamomum* (la cardamome) de la famille des zingibéracées originaire de l'Asie du sud. Les résultats analysés montrent que l'extrait d'*E. cardamomum* révèle une bonne source d'antioxydants y compris les phénoliques et les flavonoïdes présentant donc une activité antioxydante élevée, en effet l'utilisation de la cardamome verte dans l'alimentation non seulement donne de la saveur aux aliments, mais aussi réduit les risques d'oxydation. Les constituants terpénoïdes des extraits de cardamome sont responsables des activités antifongiques et antibactériennes. L'ensemble des expériences ont indiqué que l'extrait de la cardamome révèle des activités antibactériennes et antifongiques contre *C. albicans*, *S. aureus*, *E. coli*, *M. smegmatis*, *K. pneumoniae*, *S. typhimurium*, *E. faecalis*, *M. luteus*, et *Aspergillus niger* qui a été inhibé à faibles dilutions.

**Mots clés :** *Elettaria cardamomum*, activité antioxydante, activité antibactérienne, activité antifongique, cardamome verte.

## Abstract

This work is part of the research which targets three biological activities (antioxidant, antibacterial and antifungal activity) of the medical plant *Elettaria cardamomum* (cardamom). The latter belongs to the family *Zingiberaceae* native of South Asia. Herein, the results analysed have shown that the extract of *E. cardamomum* reveals a good source of antioxidants including phenolics and flavonoids with high antioxidant activity. In fact, the use of green cardamom in food not only gives flavour to foods, but also reduces the risk of oxidation. Moreover, Terpenoid constituents of cardamom extracts are responsible for antifungal and antibacterial activities. All experiments indicated that the extract of cardamom reveals antibacterial and antifungal activities against *C. albicans*, *S. aureus*, *E. coli*, *M. smegmatis*, *K. pneumoniae*, *S. typhimurium*, *E. faecalis*, *M. luteus*, and *Aspergillus niger* which have been inhibited at low dilution rates.

**Keywords:** *Elettaria cardamomum*, antioxidant activity, antibacterial activity, antifungal activity, green cardamom.

## ملخص

هذا العمل هو جزء من البحث في ثلاثة أنشطة بيولوجية (مضادات الأكسدة، ومضاد للبكتيريا ومضاد للفطريات) للنبات الطبي *Elettaria cardamomum* (الهيل) من عائلة *Zingiberaceae* من جنوب آسيا. تظهر النتائج التي تم تحليلها أن مستخلص *Elettaria cardamomum* يكشف عن مصدر جيد لمضادات الأكسدة بما في ذلك الفينولات والفلافونويد وبالتالي يظهر نشاطاً عالياً مضاداً للأكسدة، في الواقع استخدام الهيل الأخضر في النظام الغذائي لا يعطي نكهة للطعام فحسب، بل يقلل أيضاً من خطر الأكسدة. تكون مكونات نباتات الهيل مسؤولة عن الأنشطة المضادة للفطريات والبكتيريا. أوضحت جميع التجارب أن خلاصة الهيل كشفت عن نشاط مضاد للجراثيم والفطريات ضد بكتيريا *C. albicans*، *S. aureus*، *E. coli*، *M. smegmatis*، *K. pneumoniae*، *S. typhimurium*، *E. faecalis*، *M. luteus*، و *Aspergillus niger* الذي تم تثبيطه عند تخفيفات منخفضة.

**الكلمات المفتاحية:** *Elettaria Cardamomum*، نشاط مضاد للأكسدة، نشاط مضاد للبكتيريا، نشاط مضاد للفطريات، هال أخضر.