

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université de Saida- Dr MOULAY Tahar



Faculté des Sciences  
Département de Biologie

Mémoire pour l'obtention du diplôme de Master

En Biochimie

Thème

# *L'allium sativum* et son intérêt en phytothérapie

**Présenté par :**

- CHALANE Fatima Zahra

**Devant le jury composé de :**

Présidente Dr. HADJADJ Hassina

MCB Université de Saida- Dr MOULAY Tahar

Examineur Dr. AMMAM Abdelkader

MCA Université de Saida- Dr MOULAY Tahar

Rapporteur Dr. CHALANE Fatiha

MCA Université de Saida- Dr MOULAY Tahar

**Année universitaire : 2022 / 2023**

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
Université de Saida- Dr MOULAY Tahar



Faculté des Sciences  
Département de Biologie  
Mémoire pour l'obtention du diplôme de Master  
En Biochimie  
Thème

# *L'allium sativum* et son intérêt en phytothérapie

**Présenté par :**

- CHALANE Fatima Zahra

**Devant le jury composé de :**

Présidente Dr. HADJADJ Hassina

MCB Université de Saida- Dr MOULAY Tahar

Examineur Dr. AMMAM Abdelkader

MCA Université de Saida- Dr MOULAY Tahar

Rapporteur Dr. CHALANE Fatiha

MCA Université de Saida- Dr MOULAY Tahar

Année universitaire : 2022 / 2023

# *Dédicace*

**Avec l'aide de Dieu le Tout puissant a enfin achevé ce travail.**

**Comme je tiens à dédier ce modeste travail aux personnes qui me sont chères ; A mes chers parents sans eux je n'aurai pas pu être ce que je suis, en reconnaissance de leurs efforts, leurs amours et leurs encouragements durant toutes mes études.**

**Et A toutes les personnes les plus proches de mon cœur**

**Je remercie toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin, directement ou indirectement dans la réalisation de ce travail.**

## ***Remerciement***

**Je remercie ALLAH tout puissant de m'avoir accordée la force, le courage et la volonté afin de pouvoir accomplir ce modeste travail qui représente le fruit de plusieurs années d'études.**

**Je tiens à remercier vivement Dr CHALANE Fatiha pour m'avoir encadrée, pour ses précieuses remarques constructives et son suivi pour mener à terme cette étude. Je tiens à remercier les membres du jury Dr HADJADJ Hassina Et Dr AMMAM Abdelkader.**

**Enfin, ma reconnaissance s'adresse aussi à tous ceux qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.**

## Liste des tableaux

N°	Tableau	Page
01	Les principales classes des composés phénoliques ( <i>Boubekri, 2014</i> ).	15
02	Classification d' <i>allium sativum</i> selon APGIII (2009).	23
03	Les 10 plus grands producteurs d' <i>allium sativum</i> en 2010	31
04	Les composés actifs dans L' <i>allium sativum</i> ( <i>Corzomartinez, 2007 ; Trefeil, 1997 ; Sendl, 1995 ; Senninger, 2009</i> ).	32 33
05	Activités antibactériennes de l'HE d' <i>allium sativum</i> les cinq souches bactériennes et le contrôle positif après 48 h ( <i>Mnayer, 2014</i> ).	39
06	Activités antifongique de l'HE d' <i>allium sativum</i> contre les souches fongiques étudié et le contrôle positif après 48 h.	41

## Liste des figures

N°	Figure	Page
01	Présentation schématique d'une liaison peptidique chez les protéines.	12
02	Structures de quelques alcaloïdes ( <i>Berrechioua, 2016</i> ).	16
03	structure chimique de quelques monoterpènes( <i>Nait achour, 2012</i> ).	17
04	Structure chimique de quelques composés aromatiques ( <i>Fekih 2015</i> ).	17
05	Classification des tanins ( <i>Vermerris, et- Nicholson, 2006</i> ).	19
06	De la plante au médicament ( <i>Beddou, 2015</i> ).	20
07	<i>Allium</i> dont les différentes espèces .	24
08	Schéma général d' <i>Allium sativum</i> ( <b>1 : port de la plante, 2 : bulbe/ tête, 3 : inflorescence,4 : gousse</b> ) ( <i>Présentation de l'ail photo biophytopharma</i> ).	25
09	<i>Le bulbe de l'ail cultivé(Allium Sativum)</i> ( <i>The RodaleHerb Book, et al,1987</i> ).	26
10	<i>Allium sativum</i> (a : les feuilles, b : la tige) ( <i>traduction Nature Ail©2018</i> ).	27
11	Quelques exemples d'espèces du genre <i>Allium</i> .	30
12	Composé principal de <i>l'ail coupé</i> [14].	35
13	Structure de <i>l'alliine</i> ( <i>Dethier B, 2009</i> ).	35

## Liste des abréviations

- **HE** : huile essentielle
- **OMS** : l'Organisation mondiale de la Santé
- **av. J.-C** : avant Jésus-Christ
- **Cm** : Centimètre
- **Fig** : Figure
- **h** : heur
- **kDa** : kilo dalton
- **mm** : millimètre
- **W** : Wat
- **µl** : microlitre
- **ex** : exemple
- **ans** : année

## Sommaire

Sommaire		
N°	Titre	Page
	Chapitre I : les plantes médicinales	09
1	Historique	10
2	Définition des plantes médicinales	10
3	Intérêt de l'étude des plantes médicinales	10
4	Composition biochimique des plantes médicinales	11
4.1	Métabolites primaires	11
4.1.1	Définition et structure protéines	11
4.1.2	Classification des protéines végétales	12
4.2	Les métabolites secondaires	13
4.2.1	Définition de principe actif	13
4.2.2	Principaux groupe des principes actifs	14
5	Utilisation des plantes médicinales	19
5.1	Utilisation en médecines	19
5.2	En Agriculture	21
5.3	En alimentation assaisonnements	21
5.4	En cosmétique	21
	Chapitre II <i>L'alliumsativum</i>	22
1	Introduction	23
2	Etude botanique	23
2.1	Classification d' <i>Allium sativum</i>	23
2.2	Les Amaryllidacées	24
2.3	Description d' <i>Allium sativum</i>	25

2.3.A	Le bulbe	25
2.3.B	Racines, tige et feuilles	26
3	Les types <i>d'allium sativum</i>	28
4	Différentes espèces <i>Allium</i>	28
5	production mondiale	31
6	Les compositions <i>d'allium sativum</i>	31
7	Fabrication de l'huile essentielle <i>d'allium sativum</i>	34
8	Composition chimique <i>d'allium sativum</i>	34
9	Utilisations thérapeutique	36
	Chapitre III : Une synthèse sur l'effet anti microbien <i>d'allium sativum</i>	37
1	La phytothérapie	38
1.1	Définition	38
1.2	Les huiles essentielles et arômes: en aromathérapie et pharmacie	38
2	Les effets Thérapeutiques	38
2.1	L'Effet antibactérien de l'HE <i>d'allium sativum</i>	39
2.1.A	Résultats	39
2.1.B	Discussion des résultats	40
2.2	L' Effet antifongique de l'HE <i>d'allium sativum</i>	41
2.2.A	Résultats	41
2.2.B	Lecture	42
2.2.C	Discussion des résultats	42
	Conclusion	44
	Références	46

# *Introduction*

## **Introduction**

Face à la maladie et à la recherche incessante de l'homme qui, observant la nature et les effets de ses propres expériences, a depuis longtemps découvert que le monde végétal est porteur d'une multitude de solutions aux problèmes de santé qui affligent les humains (*Sirois, 2008*).

Depuis des milliers d'années, l'homme utilisait les plantes trouvées dans la nature, pour traiter et soigner des maladies (*Sanago, 2006*).

L'utilisation des plantes en phytothérapie est très ancienne et connaît actuellement un centre d'intérêt auprès du public; selon l'organisation mondiale de la santé (OMS), environ 65-80 % de la population mondiale a recours à la médecine traditionnelle pour satisfaire ses besoins en soins de santé primaire, en raison de la pauvreté et du manque d'accès à la médecine moderne (*Ma et al, 1997*).

Chaque culture a une histoire d'utilisation des plantes aromatiques pour guérir les maladies. En Algérie l'usage de plantes aromatiques et médicinales est une tradition de mille ans. Le travail le plus récent publié sur les plantes médicinales algériennes est reporté dans les ouvrages de Beloud et Baba Aissa (*Beloud, 1998 ; et Baba Aissa, 1999*).

Les activités biologiques des plantes aromatiques et médicinales sont connues depuis l'antiquité. Toutefois, il aura fallu attendre le début du 20<sup>ème</sup> siècle pour que les scientifiques commencent à s'y intéresser. Ces propriétés sont dues essentiellement à la fraction d'huile essentielle et aux composés phénoliques contenues dans les plantes.

Dans le contexte des plantes aromatiques, l'objectif de ma recherche est d'identifier la plante aromatique : l'ail et les propriétés de ses composés naturels qui ont un rôle en phytothérapie.

La phytothérapie est l'une des vieilles médecines du monde. Elle représente une alternative intéressante pour traiter et soigner sans créer de nouvelles maladies. Malgré le développement phénoménal de l'industrie pharmaceutique et chimique, l'intérêt populaire pour la phytothérapie n'a jamais cessé d'évoluer. De nos jours ces deux types de médication se retrouvent intimement liés puisque le modèle moléculaire de la plupart des médicaments mis sur le marché, ont pour origine la plante (*Shu, 1998*).

Selon l'OMS, les plantes médicinales sont devenues importantes pour la recherche pharmacologique et l'élaboration des médicaments, non seulement lorsque les constituants des plantes sont utilisés directement comme agents thérapeutiques, mais aussi comme matières premières pour la synthèse de médicaments ou comme modèles pour les composés pharmacologiquement actifs.

Ainsi, malgré le développement du médicament de synthèse, le médicament végétal sous ses différentes formes continue à occuper une place de choix. Entre 20.000 et 25.000 plantes sont utilisées dans la pharmacopée humaine. 75% des médicaments ont une origine végétale et 25% d'entre eux contiennent au moins une molécule active d'origine végétale (*Fouché, et al ;2000*)

*Chapitre I*

*Les Plantes Médicinales*

## 1. Historique

Dès 3000 av.J.-C., la civilisation s'est épanouie en Egypte, au Moyen-Orient, en Inde et en Chine, et l'utilisation des plantes est devenue plus élaborée. Le premier recueil consacré aux plantes médicinales, le papyrus égyptien Ebers, que l'on fait remonter à 1500 av.J.-C., est le plus ancien exemple encore conservé. Il dresse l'inventaire de centaines des plantes médicinales, avec leurs modes d'utilisation, incantations et sorts. Parmi les plantes répertoriées, on trouve *le balsamier*(*Commiphoramolmol*), *le ricin*(*Ricinuscommunis*) et *l'ail* (*Allium sativum*). En Inde, les Veda, des poèmes épiques rédigés eux aussi vers 1500 av.J.-C., contiennent des témoignages de la connaissance des plantes dès cette époque (*Fadi, 2011*).

## 2. Définition des plantes médicinales

Plante médicinale : définie par la pharmacopée par une plante dont au moins une partie possède des propriétés médicamenteuses. Egalement appelée « drogue végétale » (*Aref, et Heded, 2015*). Les parties les plus concentrées en principes actifs seront choisies donc il peut s'agir de la plante entière, des feuilles, de la tige, des rameaux, des sommités fleuries, de l'écorce, des racines, des fruits ou des fleurs, utilisées fraîches ou sèches (*Cazau-Beyret,2013*).

## 3. Intérêt de l'étude des plantes médicinales

La plus part des espèces végétales possèdent des vertus thérapeutiques, car elles contiennent des principes actifs qui agissent directement sur l'organisme. On les utilise aussi bien en médecine classique qu'en phytothérapie.

Actuellement, plusieurs travaux de recherche sont focalisés sur les plantes médicinales, afin de comprendre leur effet sur l'être humain et leur rôle dans l'environnement. En effet selon l'intérêt de l'étude réalisé on distingue :

**-Etude chimiotaxonomique:** qui consiste à rechercher des catégories de molécules dans les plantes en fonction de leur appartenance botanique.

**-Etude ethnopharmacologique:** qui consiste à recueillir des renseignements sur l'utilisation des plantes auprès des populations vivant encore près de la nature en Amérique du sud, dans les îles du Pacifique, en Afrique ou dans le sud-est Asiatique.

**-Etude pharmacologique :** est caractérisée par l'observation du comportement des plantes dans leur environnement naturel. Cette étude sert à obtenir des informations sur les interactions plantes-microorganismes, plantes-insectes et plantes-animaux qui sont associées à des signaux chimiques (*Maamri, 2018*).

#### **4. Composition biochimique des plantes médicinales**

Les plantes contiennent des métabolites dits « secondaires » qui peuvent être considérées comme des substances indirectement essentielles à la vie des plantes contrairement aux métabolites primaires (les protéines, les glucides et les lipides) qui sont essentiels pour le développement et la croissance de la plante (*Krief, 2003*).

##### **4.1 Métabolites primaires**

Un métabolite primaire est un type de métabolite qui est directement impliqué dans la croissance, le développement et la reproduction normale d'un organisme ou d'une cellule. Ce composé a généralement une fonction physiologique dans cet organisme, c'est-à-dire une fonction intrinsèque. Les métabolites primaires rassemblent les protéines, les lipides, les carbohydrates et les acides nucléiques (*BENDIF, 2017*).

##### **4.1.1. Définition et structure protéines**

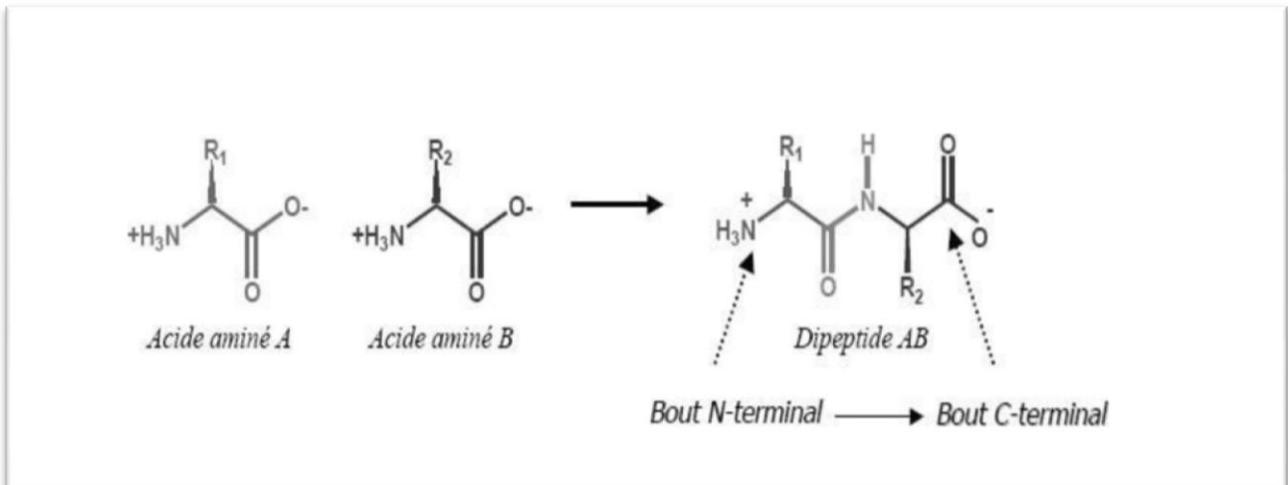
Les protéines sont des polymères naturels azotés dont la taille varie entre plusieurs milliers et plusieurs millions de daltons. Elles sont composées d'un enchaînement linéaire d'acides aminés liés par des liaisons peptidiques (Fig. 1). Cet enchaînement possède une organisation tridimensionnelle (ou repliement) qui lui est propre. De la séquence au repliement, puis à l'association, il existe quatre niveaux d'organisation structurale de la protéine (*BENALIA, 2016*) :

**-La structure primaire:** correspond à la succession linéaire des acides aminés, reliés entre eux par des liaisons peptidiques (*POULAIN, 2006*).

**-La structure secondaire:** décrit le repliement local de la chaîne principale d'une protéine et concerne les arrangements spatiaux entre les résidus d'acides aminés proches. De telles interactions confèrent souvent une structure périodique et ordonnée à la chaîne sont les éléments les plus importants de la  $\beta$  et les feuillets  $\alpha$  polypeptidique. Les hélices structure secondaire (*Srinivasan, et Rose, 1999*).

**-La structure tertiaire:** Elle correspond au repliement de la chaîne polypeptidique dans l'espace résultant des interactions entre les résidus d'acides aminés très éloignés dans la séquence linéaire. On parle plus couramment de structure tridimensionnelle ou structure 3D (*POULAIN, 2006*).

**-La structure quaternaire :** Elle se fait par l'association d'au moins deux chaînes polypeptidiques, identiques ou différentes, par des liaisons non-covalentes (liaisons hydrogènes, liaisons ioniques, interactions hydrophobes). Chacune de ces chaînes est appelée monomère (ou sous-unité) et l'ensemble, oligomère ou protéine multimérique (*KRID, 2008*).



**Fig. 1 :** Présentation schématique d'une liaison peptidique chez les protéines.

#### 4.1.2. Classification des protéines végétales

Il existe quatre grandes familles de protéines d'origine végétale, classées selon leur le coefficient de sédimentation et selon la solubilité : les globulines, les albumines, les glutélines et les prolamines. Les albumines et les globulines constituent la majeure fraction protéique des végétaux.

##### A.Albumines

La fraction albumine est la fraction soluble dans l'eau. Elle regroupe la plupart des protéines qui présentent une activité biologique, ainsi que les protéines de réserve telle que les enzymes, la lectine et les inhibiteurs. Elle à une masse molaire varie entre 10 kDa et 100 kDa. Généralement, les albumines

présentent des teneurs élevées en lysine et en acides aminés soufrés, comme la méthionine et la cystéine, ainsi qu'une quantité élevée de ponts disulfures qui affectent leur résistance à la dénaturation thermique.

## **B. Globulines**

Les globulines sont solubles dans les solutions aqueuses salines. Elles sont constituées principalement de deux fractions caractérisées par des coefficients de sédimentation de 7S et 11S, ces fractions portent des noms spécifiques pour différents végétaux, et elle dépend de la provenance de la plante (légumineuse, céréale ou oléo-protéagineuse), ainsi que des conditions de culture.

## **C. Les glutélines et les prolamines**

La glutéline et la prolamine sont les protéines solubles dans les solutions aqueuses basiques et les mélanges eau/alcool respectivement. Leur structure est peu étudiée, mais il est connu que ces fractions représentent des agglomérats de globulines liées entre elles par des ponts disulfures et des interactions hydrophobes, et possèdent une morphologie complexe (NESTERENKO, 2012).

## **4.2. Les métabolites secondaires**

Les métabolites secondaires sont probablement des éléments qui participent à la coévolution des plantes avec les organismes vivants, tels que parasites, pathogènes et prédateurs, mais aussi pollinisateurs et disséminateurs. Ces différentes relations ont donné lieu à une extrême diversification des composés secondaires qui sont utilisés par l'homme pour la thérapie humaine ou animale sous le nom de principe actif des drogues végétales (Krief, 2003).

### **4.2.1. Définition de principe actif**

C'est une molécule présentant un intérêt thérapeutique curatif ou préventif pour l'Homme ou l'animal. Il est contenu dans une drogue végétale ou une préparation à base de drogue végétal.

Les drogues végétales sont essentiellement des plantes, parties de plantes, algues, champignons ou lichens, entiers, fragmentés ou coupés, utilisés en l'état, soit le plus souvent sous forme desséchée, soit à l'état frais. Certains exsudats n'ayant pas subi de traitements spécifiques sont également considérés comme des drogues végétales. Les drogues végétales doivent être définies avec précision par la

dénomination scientifique universelle selon le système binominal (genre, espèce, variété, auteur) (*Chabrier, 2010*).

#### **4.2.2.Principaux groupe des principes actifs**

##### **A. Polyphenols**

Les polyphenols ou les composés phénoliques sont des métabolites secondaires largement distribués dans le règne végétal. On les trouve dans tous les fruits et les légumes (*Dai, et Mumper, 2010*). Ces composés sont présents dans toutes les parties des plantes mais avec une répartition quantitative qui varient entre les différents tissus(*Cheyrier, 2005*). Plus de 8000 structures ont été identifiées, allant des molécules plutôt simples (monomères et oligomères) aux polymères (*Waksmundzka-Hajnos, et Sherma, 2011*).

Les polyphenols sont caractérisés par la présence d'au moins un noyau benzénique auquel est directement lié au moins un groupe hydroxyle, libre ou engagé dans une autre fonction : éther, ester, hétéroside. Ils sont communément subdivisés en acides phénoliques (dérivés de l'acide benzoïque ou dérivés de l'acide cinnamique), coumarines, stilbènes, flavonoïdes, lignanes, lignines, tanins (*Visioli, et al 2000*).

**Tableau 1 :** Les principales classes des composés phénoliques (*Boubekri, 2014*).

Squelette carboné	Classe	Exemple	Origine (exemple)
C6	Phénols simple	Catéchol	
C6-C3	Acides hydroxybenzoïques	p-Hydroxybenzoïques	Epices, fraise
C6-C3	Acides hydroxycinnamique	Acide caféique, acide férulique	Pomme de terre, pomme
	Coumarines	Scopolétine, esculétine	Citrus
C6-C2-C6	Silènes	Resvératrol	Vigne
C6-C3-C6	Flavonoïdes		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Flavonols</li> </ul>	Kamphérol, quercétine	Fruits, légumes, fleurs
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Anthocyanes</li> </ul>	Cyanidine, pélargonidine	Fleurs, fruits rouges
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Flavanols</li> </ul>	Catéchine, épicatechine	Pomme, raisin
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Flavanones</li> </ul>	Naringénine	Citrus
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Isoflavonols</li> </ul>	Daidzéine	Soja
(C6-C3)2	Lignanes	Pinorésinol	Pin
(C6-C3)n	Lignines		Bois, noyau de fruits
(C15)n	Tanins		Raisin rouge, kaki

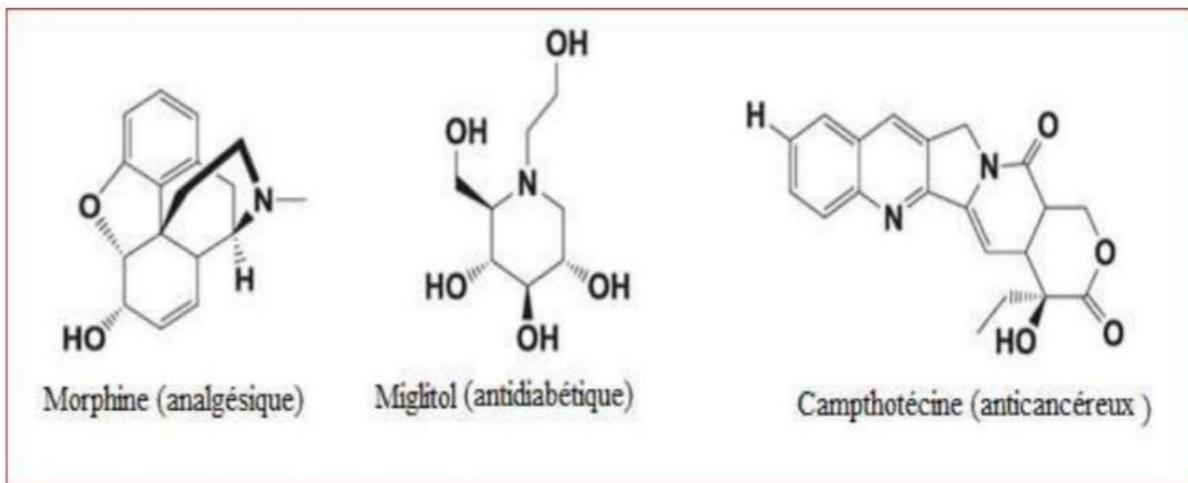
## B. Les alcaloïdes

Le terme d'alcaloïde (de l'arabe al kaly, la soude et du grec eidos, l'aspect) a été introduit par W. Meisner au début du XIXe siècle pour désigner des substances naturelles réagissant comme des bases, comme des « alcalis » (*Mohammed, 2013*).

Les alcaloïdes forment une grande famille de molécules chimiquement hétérogène. Leurs caractéristiques communes sont la présence d'au moins un atome d'azote et leur forte activité biologique.

L'atome d'azote accepte souvent un proton, ce qui leur confère un caractère légèrement basique en solution (d'où leur nom d'alcaloïdes).

De la préhistoire jusqu'à nos jours, les alcaloïdes ont été utilisés comme médicaments relaxants musculaires, analgésique (morphine), antipaludiques (quinine), pour combattre l'excès d'acide urique (colchicine), comme anticancéreux (vinblastine, vincristine) et tranquillisants (*Medjekane, 2017*).



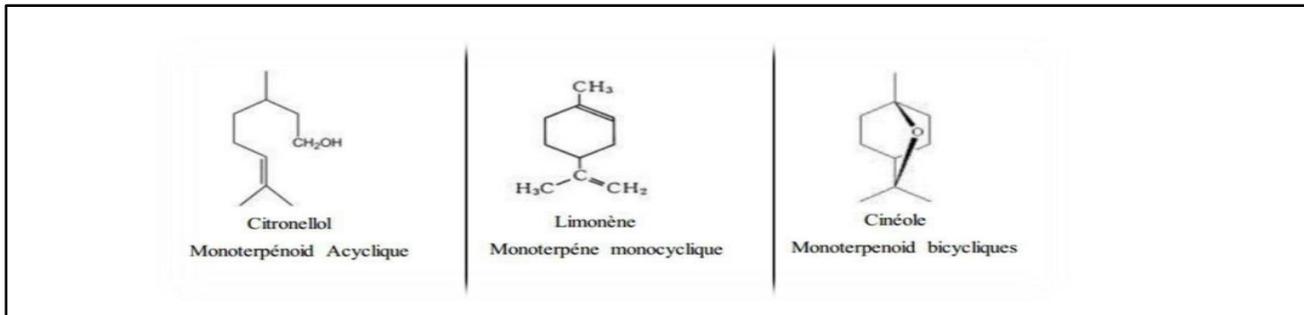
**Fig. 2 :** Structures de quelques alcaloïdes (*Berrechioua, 2016*).

### C. Les huiles essentielles

Nom générique pour tous les produits lipophiles, volatils, préexistants dans une plante ou une drogue végétale. Une huile essentielle est constituée de nombreuses substances chimiques peu solubles dans l'eau. Dans la plante, celles-ci résultent pour la plupart du métabolisme des terpènes et sont localisées dans des organes ou elles sont biosynthétisées (papilles, cellules et poils, poches, canaux). Les HE sont obtenues par distillation à la vapeur, par hydrodistillation (entraînement à la vapeur d'eau) ou encore dans des cas particuliers, par pression mécanique (ex: agrumes) par dissolution dans des lipides (en fleurage pour des organes délicats tels que la fleur de Jasmin) et plus fréquemment maintenant dans des gaz supercritiques (dioxyde de carbone) (*Mehani, 2015*).

Les HE ont une composition hétérogène dont les groupes majoritaires sont : le groupe des terpénoïdes, et le groupe des composés aromatiques dérivés du phényle propane.

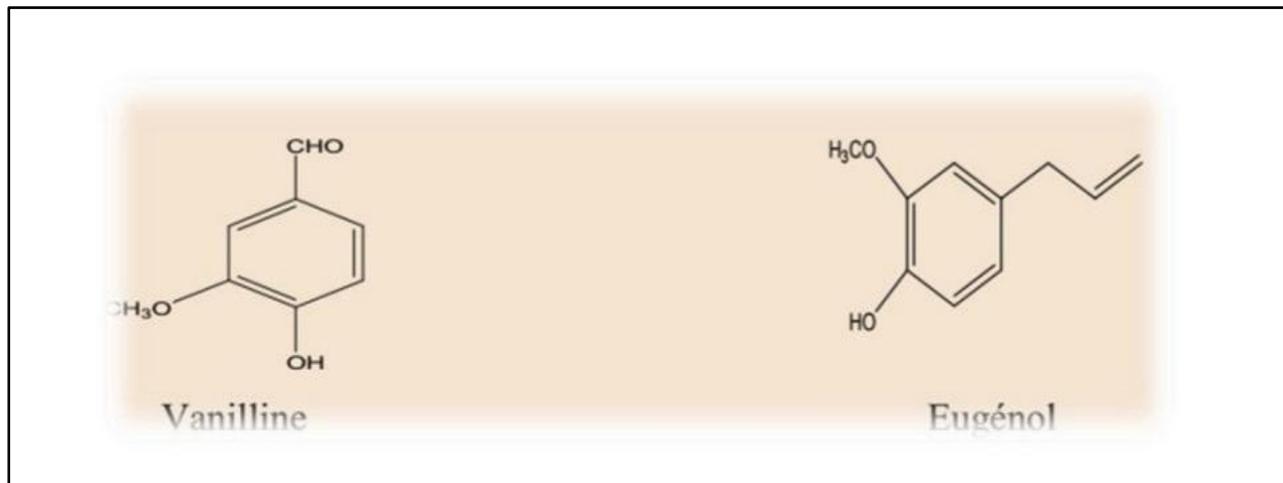
**-Groupe des terpénoïdes :** C'est le groupe le plus important. Il comprend des monoterpènes (10 atomes de carbone), des sesquiterpènes (20 atomes de carbone), des diterpènes (30 atomes de carbone).



**Fig. 3 :** structure chimique de quelques monoterpènes(*Nait achour, 2012*).

#### **-Les phénylpropanes (composés aromatiques)**

Cette classe comporte des composés odorants bien connus comme la vanilline, l'eugénol, l'anéthole, l'estragole et bien d'autres. Ils sont davantage fréquents dans les huiles essentielles (*Fekih, 2015*).



**fig. 4 :** Structure chimique de quelques composés aromatiques (*Fekih 2015*).

## **D.Les tannins**

Ce sont des substances de saveur astringente ayant la propriété de tanner la peau et de se combiner aux protéines animales par des liaisons hydrogène.

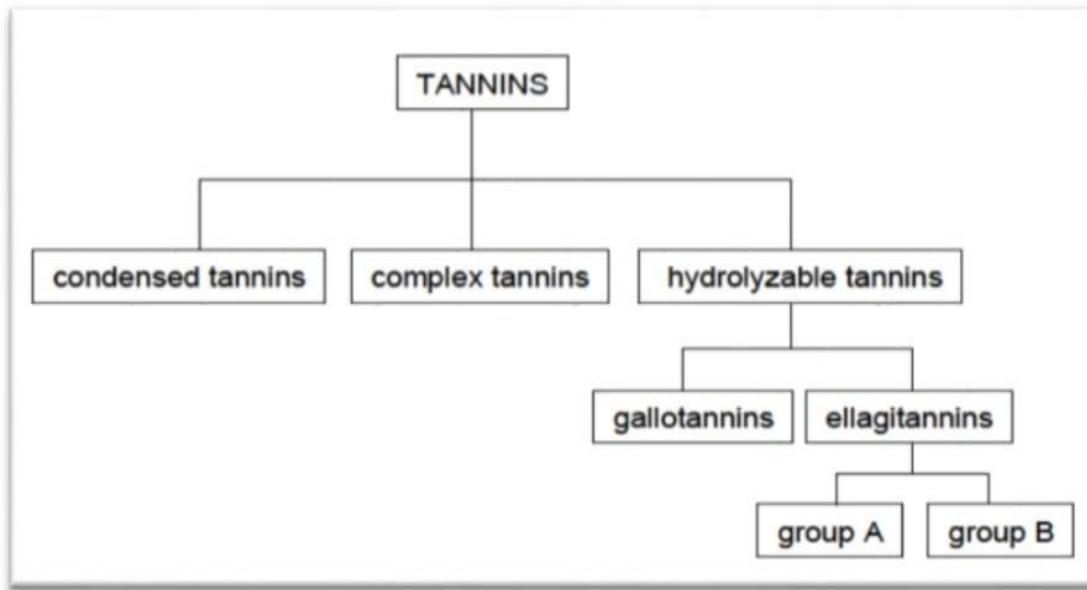
Ce sont des composés polyphénoliques qui permettent de stopper les hémorragies et de lutter contre les infections. Les plantes riches en tanins sont utilisées pour rendre les tissus souples comme dans le cas des veines variqueuses, pour drainer les sécrétions excessives, comme dans la diarrhée et pour réparer les tissus endommagés par un eczéma ou une brûlure (*MEDJDOUB, 2013*).

Chez les végétaux supérieurs, il existe deux groupes de tanins différents par leur structure aussi bien que par leur origine biogénétiques: Les tanins hydrolysables et les tanins condensés :

**a-Tanins hydrolysables :** sont des polyesters de glucides et d'acides phénols, ils sont facilement scindés par les enzymes de tannases en oses et en acide phénol, selon la nature de celui-ci on distingue: les tanins galliques qui donnent par l'hydrolyse des oses et de l'acide gallique, et les tanins ellagiques qui sont hydrolysés par les enzymes en oses et en acide ellagique.

**b-Tanins condensés :** sont des polymères flavanolique constitués d'unités flavan-3-ols, le plus souvent épicatechine et catéchine.

Les tanins condensés sont des molécules hydrolysables, leur structure voisine de celle des flavonoïdes est caractérisée par l'absence de sucre (*Boudjouref, 2011*).



**fig. 5** : Classification des tanins (Vermerris, et- Nicholson, 2006).

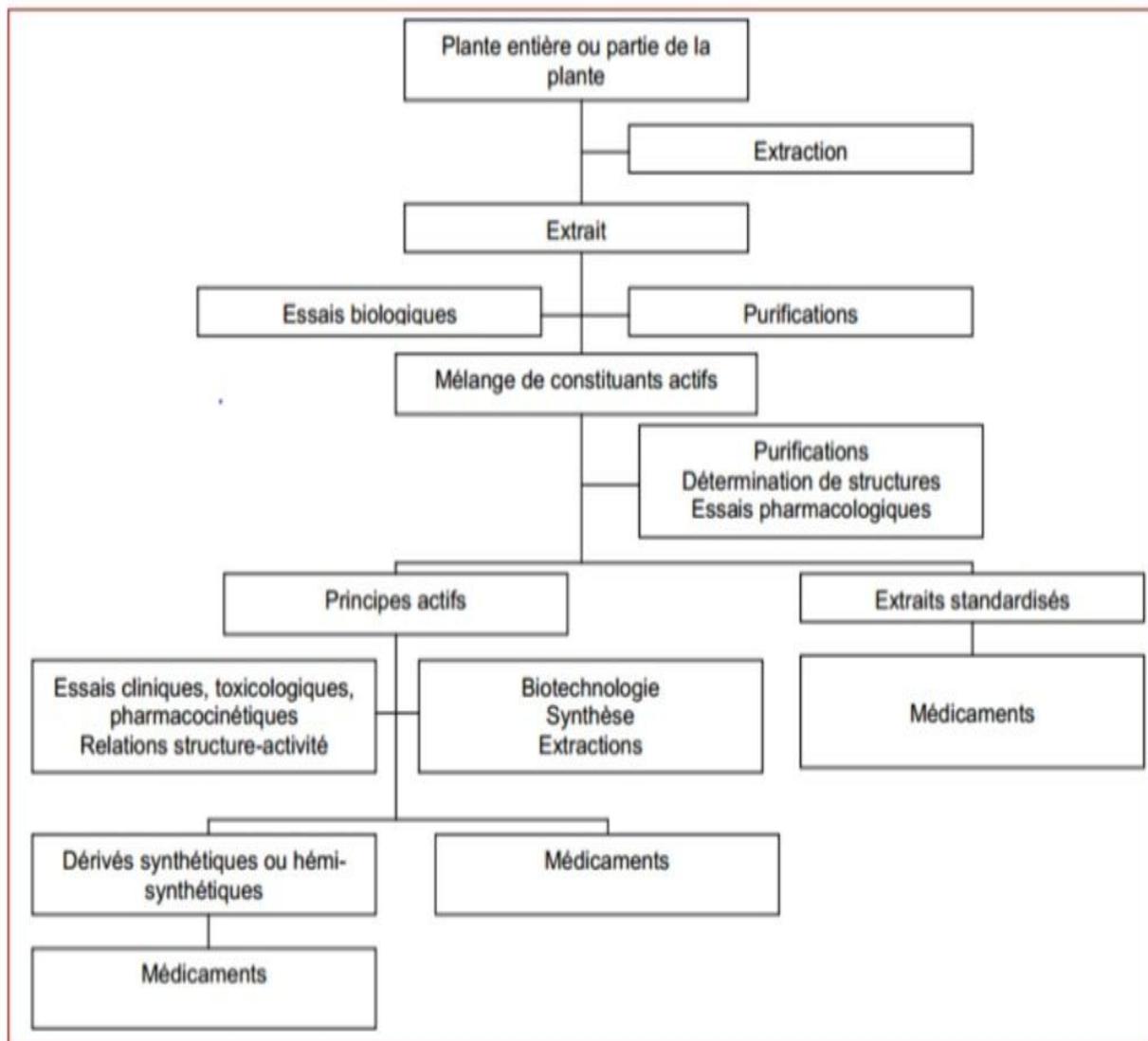
## 5. Utilisation des plantes médicinales

### 5.1. Utilisation en médecines

Il existe plusieurs médicaments à base des plantes médicinales utilisés pour le traitement de pas mal de maladies telle que :

- Maladies cardiovasculaires, ex: Flavoce est un médicament constitué par la flavone non substitué en combinaison avec la rutine et isoquercetine est utile dans le traitement de l'athérosclérose.
- Les maladies du stress, des activités antioxydantes : tels le thé noir, le thé vert et le cacao sont riches en composé phénoliques, parmi lesquels theaflavine, le resveratrol, le gallate et epigallocatechineprocyanidine, très étudié en raison de leur rôle en tant qu'agent chemopreventifs basés sur leurs capacités antioxydantes.
- Activité antimicrobienne, antivirale, antiparasitaire : Les produits naturels des plantes depuis des périodes très anciennes ont joué un rôle important dans la découverte de nouveaux agents thérapeutiques ex: la quinine obtenue à partir du quinquina "*Cinchona*" a été avec succès employée pour traiter le malaria l'arbre de thé (*Melaleuca alternifolia*) est renommé pour ses propriétés:

antibactériennes, anti-infectieux, antifongiques, antivirales, aussi comme antiviral (*Azadirachta indica*, *Aloe vera*, *Withaniasomnifera*, *Curcuma longa*...etc.).



**Fig. 6** : De la plante au médicament (*Beddou, 2015*).

## **5.2. En Agriculture**

Exemple:l'arbre *Azadirachta indica*, qui se développe dans tout le subcontinent indien, est une des plantes médicinales les plus importantes au Bangladesh, de 12 à 18 mètres de hauteur avec un périmètre atteignant jusqu'à 1,8 à 2,4 mètres. Les HE de cet arbre ont des utilisations dans l'agriculture dans le contrôle de divers insectes et nématodes (vers parasites).

## **5.3. En alimentation assaisonnements**

Les épices et les herbes aromatiques utilisées dans l'alimentation sont pour une bonne part responsable des plaisirs de la table, considérée comme condiments et aromates. La popularité des épices et herbes aromatiques a été et reste très liée à leurs propriétés organoleptiques.

La notion de flaveur des épices et aromates recouvre l'ensemble des perceptions olfacto-gustatives. Ces perceptions résultent de stimuli générés par une multitude de composés organiques dont certains sont volatils et constituent ce qu'on appelle en général l'HE, les autres non volatils, sont plus particulièrement responsables de la saveur et de la couleur.

## **5.4. En cosmétique**

Produits de beauté, parfums et articles de toilette, produits d'hygiène. Des suppléments diététiques (*Mehani, 2015*).

*Chapitre II*  
*L'allium Sativum*



## 1.Introduction

Depuis bien longtemps les hommes traitent leur maux avec les plants, parmi celles-ci *l'Allium sativum* L. (*ail*).*l'Alliumsativum* fait partie des plus anciennes cultures horticoles connues. Dans l'Ancien Monde, la culture égyptienne et indienne(*USDA, et Garlicorigins, 2006*). Il est cultivé depuis des milliers d'années autant pour une utilisation culinaire que médicinale. Les premières traces de l'utilisation de *l'ail* remontent à plus de 5000 ans, Il serait issu des plaines à l'Est de la Mer caspienne d'où il aurait atteint l'Asie (Kazakhstan, Ouzbékistan actuels). Ce sont ensuite les marchands, les marins, les explorateurs ou encore les nomades qui ont permis à *l'ail* d'être répandu dans le reste du monde.

## 2. Etude botanique

### 2.1. Classification d'*Allium sativum*

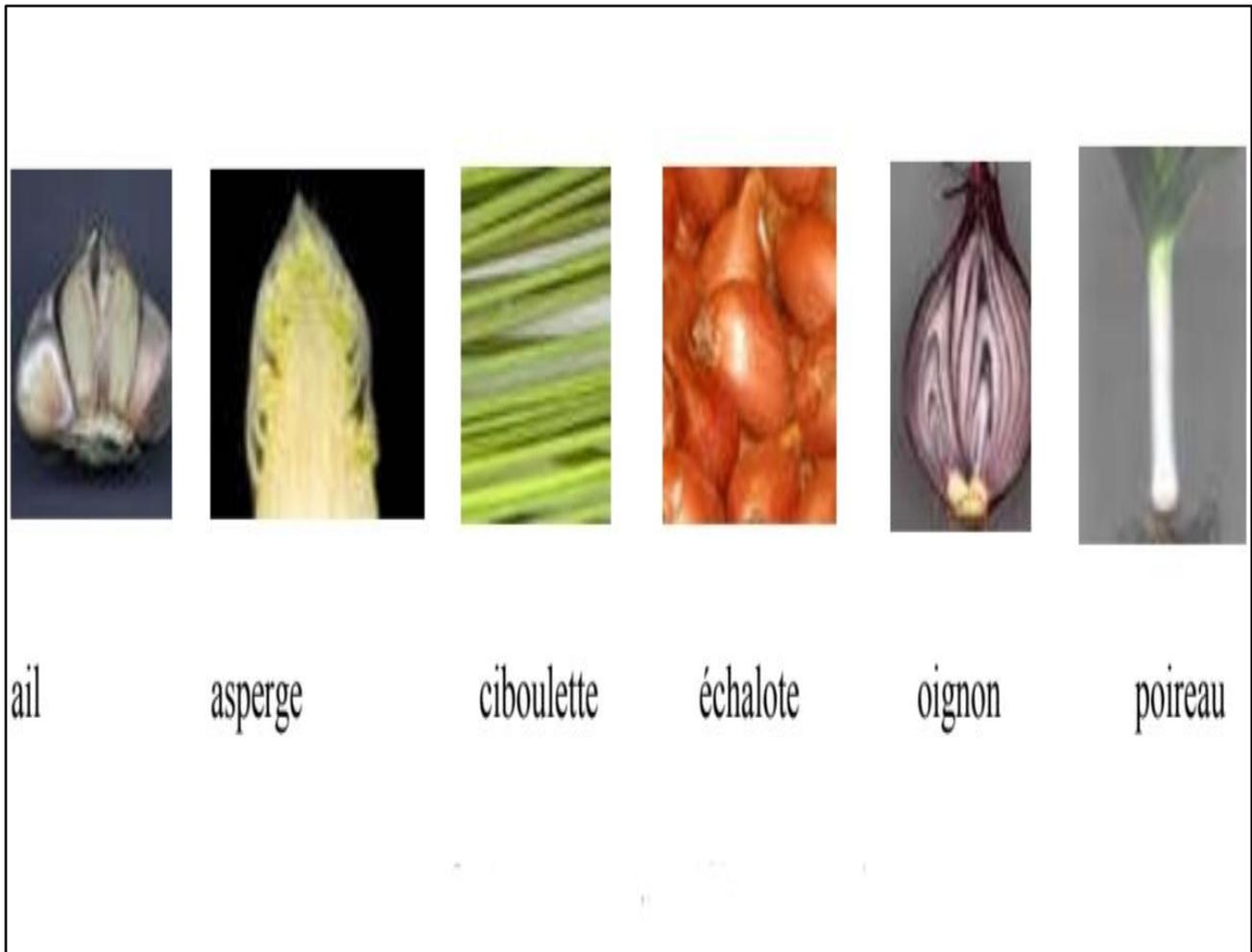
APG Classification	
Uni	Plantae
(clade)	Angiosperms
(clade)	monocotylédones
Ordre	Asparagales
Famille	amaryllidaceae
sous-famille	Allioideae
nom binomial	
<i>Allium sativum</i> L	

**Tableau 2 :** Classification d'*allium sativum* selon APGIII (2009).

En 2009, le groupe **APGIII** ne reconnaît plus les *Alliacées* et range *alliumsativum* dans la famille des *Amaryllidacées*(**Tableau 2**).

## 2.2. Les Amaryllidacées

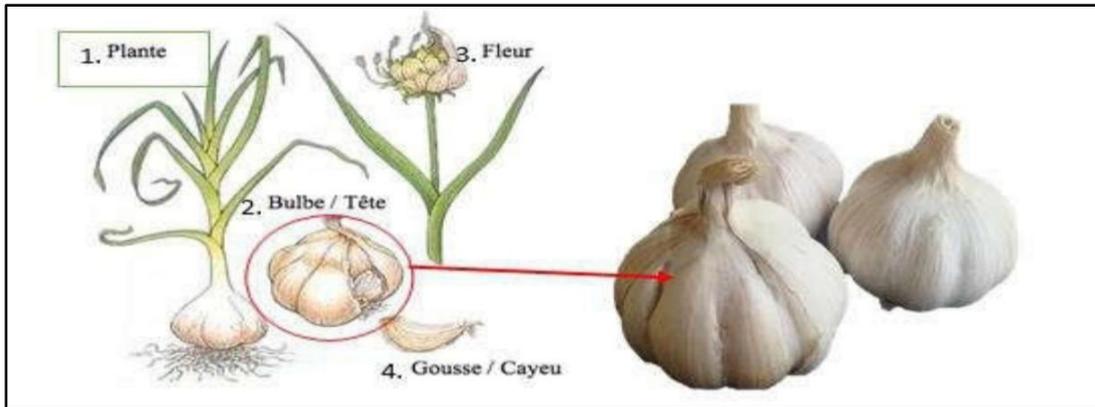
Les Amaryllidacées sont une famille de plus de 1700 espèces, dont le genre *Allium* est majoritaire avec environ 750 espèces. (Dupont, et al, 2012) où sont aussi classés les oignons, l'échalote, La ciboulette ou encore le poireau....



**Fig. 7 :** *Allium* dont les différentes espèces .

Les *Amaryllidacées* sont des plantes monocotylédones, c'est-à-dire que la graine ne possède qu'un seul cotylédon. Ce sont des plantes herbacées, vivaces et bulbeuses [1].

### 2.3. Description d'*Allium sativum*



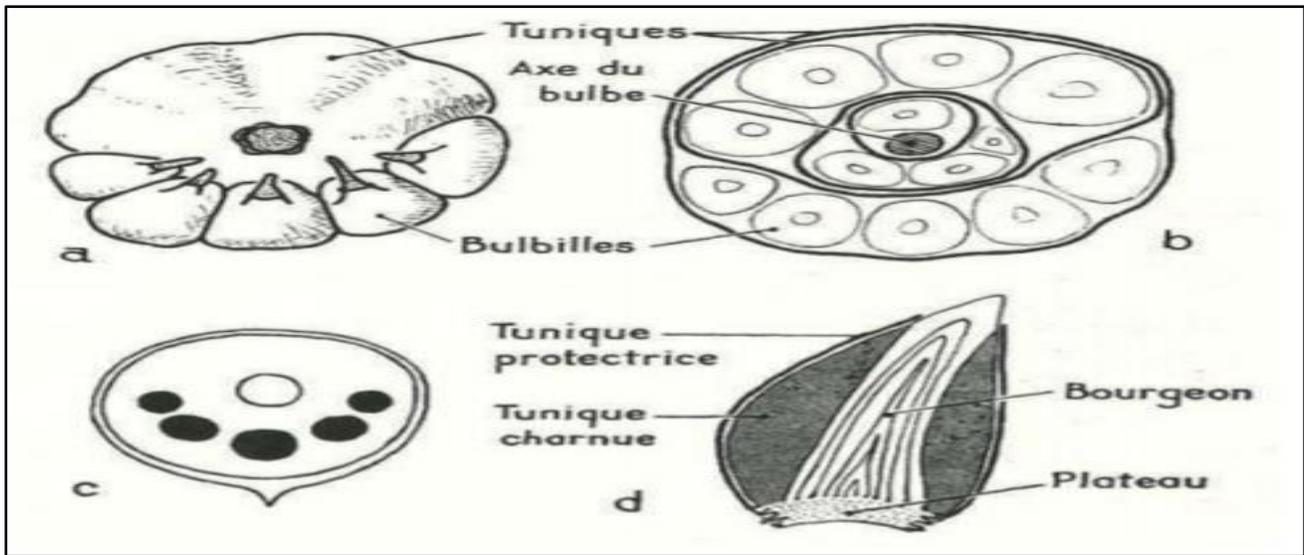
**Fig. 8 :** Schéma général d'*Allium sativum* (1 : port de la plante, 2 : bulbe/ tête, 3 : inflorescence, 4 : gousse) (*Présentation de l'ail photo biophytoharma*).

L'ail son nom complet est l'ail cultivé, de son nom scientifique *Allium sativum*, *Allium* vient du celtique all, qui se désigne comme une saveur brûlante, âcre en raison de sa saveur piquante et *sativum* signifie cultivé, (*Deboise, 2001*). Il s'agit d'une plante potagère vivace constituée d'un bulbe formé de gousses enveloppées dans une membrane, surmonté d'une tige unique, pouvant atteindre un mètre de haut, et portant des feuilles longues et minces. La tige porte à son extrémité une ombelle de fleurs blanches comestibles. L'ail est un condiment au goût prononcé et aux multiples vertus (*Guide des plantes qui soignent, 2010*). La partie la plus importante de cette plante à des fins médicinales est le bulbe. La tête d'*allium sativum* est un bulbe complexe formé de nombreuses petites bulbilles appelées gousses d'ail ou caïeux.

La partie la plus importante de cette plante à des fins médicinales est le bulbe composé (*UMM, 2004*) [2]. La tête d'*allium sativum* est un bulbe complexe formé de nombreuses petites bulbilles appelées gousses d'ail ou caïeux.

#### 2.3.A. Le bulbe

Les bulbes sont formés à la base de la tige, ils sont composés de 3 à 20 bulbilles (plus communément connues sous le nom de gousses) arquées appelés caïeux. Ces derniers ont un diamètre de 5 à 10 mm et sont composées d'une enveloppe externe (*WHO, 1999*).



**Fig.09 :** *Le bulbede l'ail cultivé(Allium Sativum)(The RodaleHerb Book, et al ,1987).*

- a-** Bulbe dont les tuniques externes ont été enlevées pour faire apparaître une série de *bulbilles*.
- b-** Bulbe coupé en travers.
- c-** Diagramme des bourgeons collatéraux(ou *bulbilles*).
- d-** Coupe longitudinale d'une *bulbille*.

### 2.3.B. Racines, tige et feuilles

#### -Les racines

Ce sont des racines adventives qui prennent naissance sous *le bulbe*, au niveau du plateau correspondant à la tige souterraine.

#### -La tige

Elle mesure en moyenne 40 cm de haut, mais elle peut amplement dépasser cette hauteur (jusqu'à 150 cm). Elle sort de la partie haute *du bulbe*. C'est en fait une fausse tige qui est formée par l'emboîtement entre elles des gaines foliaires des feuilles qui partent du plateau *du bulbe*(Tredoulat, 2015) [3].

## -Les Feuilles

Les feuilles de *l'ail* en forme de lanière mesurent 1 à 2 pieds de long, entourant une tige ou une hampe florale centrale, qui développe une grappe globulaire de minuscules fleurs blanches (William, et al,1987).

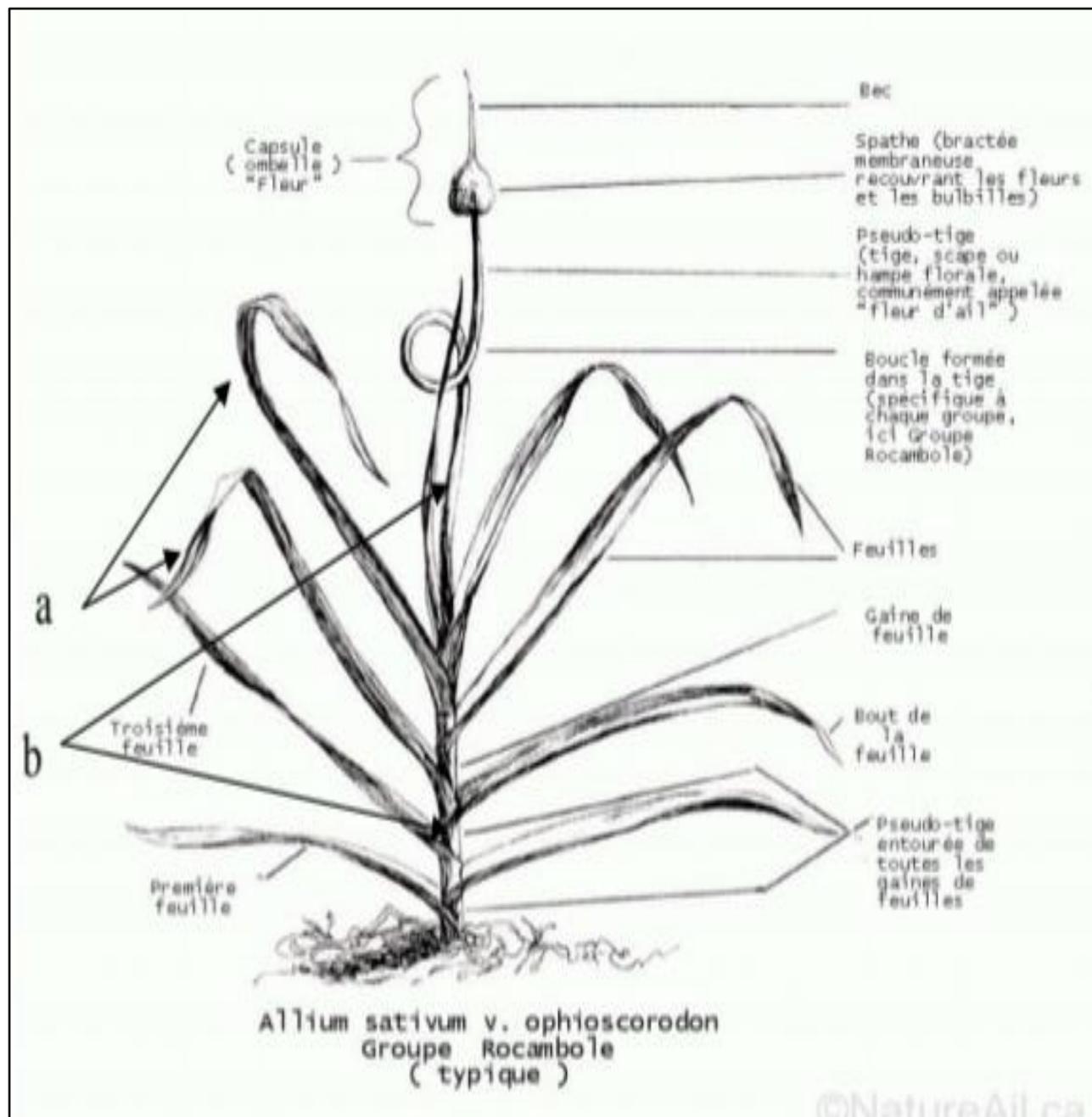


Fig. 10 :*Alliumsativum*(a : les feuilles, b : la tige)(traduction Nature Ail©2018).

### **3. Les types d'*Allium sativum***

Il y a longtemps, était classé par la teinte de son enveloppe (blanche ou rose), aujourd'hui on distingue les différents types d'*Allium sativum* par leur période de plantation :

#### **• Les variétés automnales**

Ce type d'*Allium sativum* a une enveloppe blanche et parfois une sous-enveloppe blanc nacré. Il est planté à l'automne puis récolté en été. Il peut être conservé jusqu'en décembre.

On retrouve principalement la Messidrôme, la Thermidrôme et la Germidour. Ce sont des *ails* avec de gros bulbes mais peu abondants.

#### **• Les variétés alternatives**

Ces variétés peuvent être plantées en automne comme au printemps. Elles ont une enveloppe rosée qui protège de petites gousses brillantes de couleur ivoire (*Marie-Charlotte Rivet Bonjean, 2018*).

### **4. Différentes espèces *Allium***

Le genre *Allium* est le plus répandu, avec 600-900 espèces. Il existe différentes variétés de l'*ail*, *Allium sativum* qui se diffère par la taille, la forme du bulbe, ou encore par la couleur de l'enveloppe (*Goetz, et al, 2012*).

Quelques exemples d'espèces ornementales du genre *Allium* (*Leblond, 2006*).

*Allium neapolitanum* (Ail de naple) [4]



*Allium ericetorum* (Ail des bryères) [5]





**Fig. 11** : Quelques exemples d'espèces du genre *Allium*.

## 5. production mondiale

D'après les données de FAOSTAT ([faostat3.fao.org](http://faostat3.fao.org)), la production d'*allium sativum* dans le monde reste très importante.

**Tableau 3 :** Les 10 plus grands producteurs d'*allium sativum* en 2010.

Pays	Production (tonnes)
 Chine	13664069
 Inde	833970
 Corée du Sud	271560
 Egypte	244626
 Russie	213480
 Birmanie	185900
 Ethiopie	180300
 États-Unis	169510
 Bangladesh	164392
 Ukraine	157400
<b>Monde</b>	<b>17674893</b>

## 6. Les compositions d'*allium sativum*

- d'*allium sativum* est un alicament, il est très complet de par sa composition [10].

- Un bulbe d'ail contient en moyenne :

60 à 65% d'eau (Suleria HAR, et al, 2015) 30% de glucides (Senninger, 2009).

2 % de protéines [11] (Jean-Michel Hurtel, 2001).

1,2% d'acides aminés [12].

1,5 % de fibres (Omar, 2013).

- Il existe de nombreux composés actifs dans le bulbe de l'ail, comme :

**Tableau 4 :** Les composés actifs dans *L'allium sativum* (Corzomartinez, 2007 ; Trefeil, 1997 ; Sendl, 1995 ; Senninger, 2009).

<p><b>Les glucides :</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Les monosaccharides (fructose, glucose).</li> <li>➤ Les disaccharides (saccharose, lactose). Les trisaccharides (raffinose).</li> <li>➤ Les tétrasaccharides (tétrafructose, scorodose).</li> <li>➤ Les polysaccharides (l'amidon, dextrine, inuline, fructosane).</li> <li>➤ et autres comme le D-galactane, L-arabinose, pectines, D-fructane.</li> </ul>
<p><b>Les lipids:</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Les acides gras (acide linoléique, acide linoléique, acide oléique, acide palmitique).</li> <li>➤ Les triglycérides.</li> <li>➤ Les phospholipides (phosphatidylcholine, phosphatidylsérine, phosphatidyléthanolamine).</li> <li>➤ Les prostaglandines (prostaglandine A, prostaglandine E, prostaglandine F).</li> </ul>

<b>Les composés azotés :</b>	- 18 acides aminés : ➤ Les acides aminés essentiels (la lysine, la thréonine, la valine, la méthionine, l'isoleucine, le tryptophane, la phénylalanine, la leucine, l'histidine). ➤ Les autres acides aminés comme l'arginine, l'acide aspartique, la sérine, la glutamine, la proline, la glycine, l'alanine et la cystéine
<b>Les vitamines :</b>	➤ Vitamine A (Bêta-carotène) ➤ Vitamine B1 ou Thiamine ➤ Vitamine B2 ou Riboflavine ➤ Vitamine B3 ou PP ou Niacine ➤ Vitamine B5 ou Acide pantothénique ➤ Vitamine B6 ou Pyridoxine ➤ Vitamine B9 ou Folates totaux ➤ Vitamine B12 ou Cobalamines ➤ Vitamine C ➤ Vitamine D ➤ Activité vitaminique E(en équivalents alpha-tocophérol)
<b>Les minéraux et oligo-éléments :</b>	➤ Le phosphate, le potassium, le magnésium, le cuivre, le fer, le manganèse, le zinc et le sélénium. ➤ Diméthylsélénide, acide méthylesterméthanesulfénosélénoïque, diméthyldisélénide, bis(méthylthio)sélénide, allylméthylsélénide, acide méthylester-2-propènesulfénosélénoïque, acide propylester-1-propènesulfénosélénoïque, allylthiométhylthiosélénide.
<b>- Les composés soufrés :</b>	➤ Alliine, allicine et les dérivés d'Allicine.
<b>- Les enzymes :</b>	➤ L'hexokinase, l'alliinase. ➤ L'γ-L-glutamylpeptidase. ➤ L'γ-L-glutamyltranspeptidase. ➤ La lipase, la peroxydase et la polyphenoloxydase.
<b>Autres composés divers :</b>	➤ Les saponosides, les flavonoïdes...

## 7. Fabrication de l'huile essentielle d'*allium sativum*

L'HE d'*allium sativum* peut être extraite de deux façons :

- La première technique, qui est la distillation à la vapeur d'eau fait appel à un alambic.
- La seconde méthode est la technique d'extraction à l'aide de solvant.

A cet effet, les gousses d'*allium* sont réduites en purée et additionnée avec un solvant comme l'éthanol ou l'hexane.

Le mélange est ensuite pressé, puis filtré. Enfin, on fait évaporer le solvant en modifiant la pression et la température et on recueille l'HE d'*allium sativum* [13].

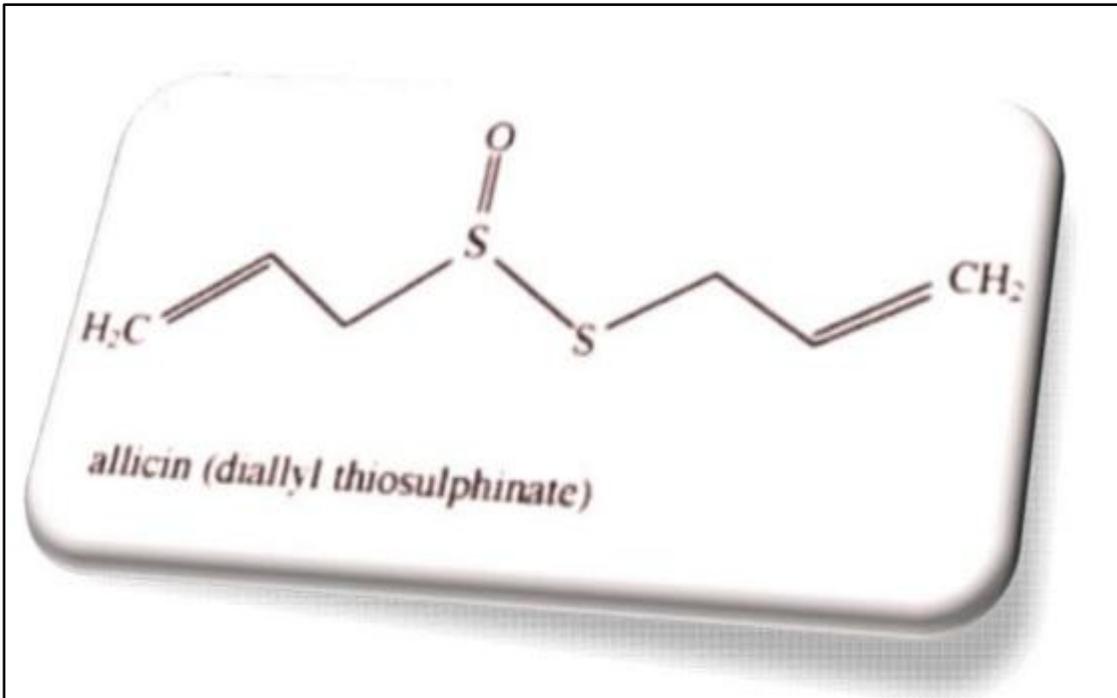
## 8. Composition chimique d'*allium sativum*

Les études sur *allium sativum* ont commencé en 1844 avec Wertheim qui a extrait, examiné l'HE puis a établi le terme "*allyl*" pour le radical C<sub>3</sub>H<sub>5</sub> (Jansen, et al, 1987).

En 1909, Rundqvist avance une théorie (plus tard réfutée) que le précurseur des disulfures était un glucoside qu'il a nommé "*alliine*" mais n'a pas pu l'isoler sous une forme pure (Guenther, 1977).

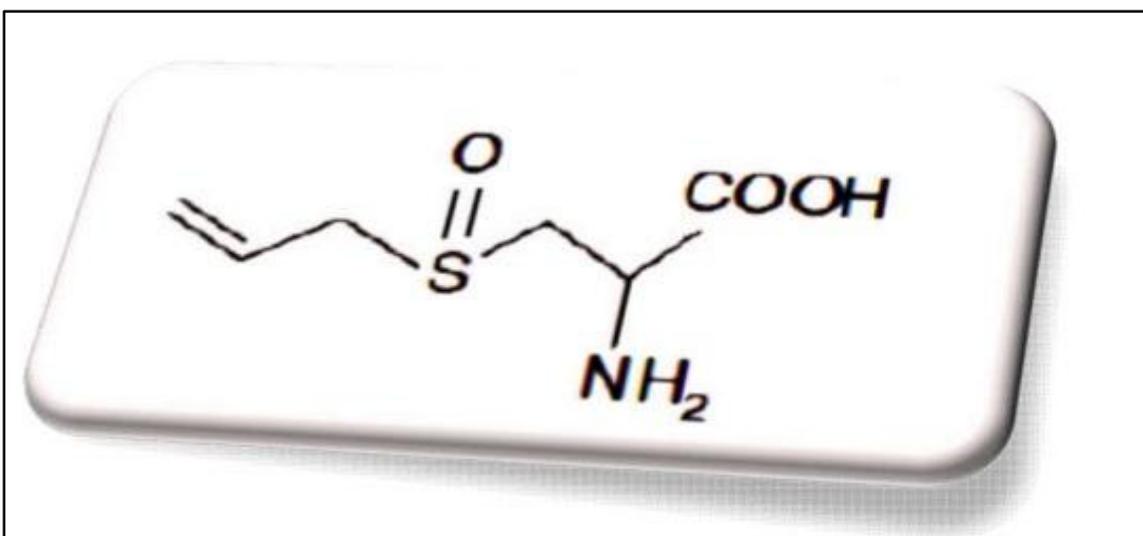
Les premiers exposés sur les propriétés physiques et la structure chimique du principal composé odorifiant et antibactérien de *l'ail* écrasé, étaient donnés par Cavallito et al en 1944.

Il a suggéré la structure : CH<sub>2</sub>=CH-CH<sub>2</sub>-S(O)-S-CH<sub>2</sub>-CH=CH<sub>2</sub>, et a introduit le terme "*Allicine*" pour ce composant (Jansen, et al, 1987).



**Fig. 12 :** Composé principal de *l'ail coupé*[14].

D'autres investigations par Stoll et Seebeck montraient que *l'allicine* est formée par une réaction enzymatique d'un amino-acide, appelé "*Alliine*" (Jansen, et al, 1987 ; Shankaranarayana, et al, 1982).



**Fig. 13 :** Structure de *l'alliine*(Dethier B, 2009).

## 9. Utilisations thérapeutique

*L'allium sativum* est d'abord utilisé en cuisine pour relever le goût des aliments, mais ses nombreuses propriétés thérapeutiques en font un complément alimentaire prisé. En effet, des qualités antimicrobiennes, antioxydantes, anti-inflammatoires, antitumorales et de prévention du Cancer lui ont été reconnues.

En outre, il aurait le pouvoir d'inhiber la coagulation, de réduire l'hypercholestérolémie et le taux de lipides sanguins, ou encore de faciliter la digestion. *L'ail* prévient aussi le risque de thrombose et d'athérosclérose.

Enfin, il diminue l'hyperglycémie et la tension sanguine (*Silagy C.A, et al, 1994 ; Bruneton, 1999*).

*L'allium sativum* était considéré comme une panacée (remède à tous) (*SatiadevSeetohul, 1998*).

## *Chapitre III*

### *Une Synthèse Sur L'effet anti Microbien*

#### *D'allium Sativum*

## **1. La phytothérapie**

### **1.1 Définition**

Le terme « Phytothérapie », provient du grec « phyton » qui signifie « plante » et «therapein» qui signifie «soigner » (*Vacheron, 2010*).

La phytothérapie désigne la médecine basée sur les extraits de plantes et les principes actifs naturels.

On peut la distinguer en trois (3) types de pratiques :

- Une pratique traditionnelle, parfois très ancienne basée sur l'utilisation des plantes selon les vertus découvertes empiriquement.
- Une pratique basée sur les avancées et les preuves scientifiques, qui recherchent des principes actifs extraits des plantes.
- Une pratique de prophylaxie, déjà utilisée dans l'antiquité. Nous sommes tous phytothérapeutes sans le savoir : c'est notamment le cas dans la cuisine, avec l'usage *d'Ail, du thym, du Gingembre* ou simplement du *Thé vert* ... Une alimentation équilibrée et contenant certains éléments actifs étant une phytothérapie prophylactique( *Clément, 2005*).

### **1.2. Les huiles essentielles et arômes: en aromathérapie et pharmacie**

L'aromathérapie peut se définir comme la partie de la phytothérapie qui utilise les huiles essentielles. Le mot « aromathérapie » (du latin aroma, arôme, et du grec therapia, soin, cure) signifie le traitement des maladies et le soin du corps par des extraits aromatiques de plantes, ce qui la différencie de la phytothérapie qui fait usage de l'ensemble des éléments d'une plante(*Gérault, et Mary,2008; Salvador, 2010*).

## **2. Les effets Thérapeutiques**

Compte tenu de leur extraordinaire richesse en molécules biochimiques différentes, souvent plus de 200, il est facile de comprendre que chaque huile essentielle possède plusieurs propriétés. Contrairement aux médicaments classiques, qui renferment généralement une molécule active, correspondant à une propriété.

N'oublions pas que leur rôle initial est de protéger naturellement la plante contre les maladies, les invasions de parasites (*Danièle, 2016*).

## 2.1. L'Effet antibactérien de l'HE *d'allium sativum*

L'activité antimicrobienne in vitro de l'HE *d'allium sativum* est évaluée par la méthode de disques en mesurant les zones d'inhibition pour les cinq souches bactériennes étudiées : les souches à Gram positif sont, *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes*, et les souches à Gram négatif sont, *Salmonella Typhimurium*, *Escherichia coli*, *Campylobacter jejuni*. Les résultats sont présentés dans le Tableau 6 (*Mnayer, 2014*).

### 2.1.A. Résultats

Résultats sont analysés selon (*Ponce et al, 2003*).

**Tableau 5 :** Activités antibactériennes de l'HE *d'allium sativum* les cinq souches bactériennes et le contrôle positif après 48 h (*Mnayer, 2014*).

Nom d'auteur	Les souches bactériennes	Résultats (effet)	Diamètre de zone d'inhibition (mm)
( <i>Mnayer, 2014</i> )	<i>Staphylococcus aureus</i>	+	20
( <i>Mnayer, 2014</i> )	<i>Salmonella Typhimurium</i>	+	9
( <i>Mnayer, 2014</i> )	<i>Listeria monocytogenes</i>	+	23
( <i>Mnayer, 2014</i> )	<i>Escherichia coli</i>	+	9,3
( <i>Mnayer, 2014</i> )	<i>Campylobacter jejuni</i>	+	12,6

## 2.1.B. Discussion des résultats

L'HE d'*allium sativum* est très efficace, inhibant les cinq bactéries testées avec différentes sensibilités. L'HE d'*ail* est très efficace sur *Staphylococcus aureus* et *Listeria monocytogenes*, avec des zones d'inhibition de 20mm et 23mm respectivement. L'HE d'*allium sativum* présente une activité d'inhibition plus faible sur *Campylobacter jejuni*, *Escherichia coli* et *Salmonella Typhimurium* avec des diamètres d'inhibition de 12,6mm 9,3mm et 9mm respectivement.

Le chercheur a justifié la sensibilité de différentes souches bactériennes à l'HE d'*allium sativum* par :

Les résultats sont en accord avec d'autres déjà publiés montrant que l'HE d'*allium sativum* a une activité antibactérienne contre les bactéries à Gram négatif et à Gram positif (**Babu, et al 2011 ; Benkeblia, 2004 ; Casella et al, 2012; Kim et al, 2004; Rattanachaikunsopon et Phumkhachorn, 2008, 2009; RazaviRohani, et al 2011; Zohri, et al 1995**).

Plusieurs études montrent que le diallyl sulfide exerce une bonne activité antimicrobienne (**Corzomartinez et al, 2007; Kim, et al 2004; O'Gara, et al 2000; Yin et Cheng, 2003**). Dans les composés soufrés, le plus grand nombre d'atomes de soufre est associé à une meilleure activité antimicrobienne (**Kim et al, 2004; Rattanachaikunsopon et Phumkhachorn, 2008; Tsao et Yin, 2001**). Les bonnes activités antimicrobiennes de l'HE d'*allium sativum* peuvent alors être expliquées par la présence de diallyldisulfide dans leurs compositions (37,90% et 5,14% respectivement). En outre, l'HE d'*allium sativum* contient aussi le diallyltrisulfide (28,06%) et le diallyltétrasulfide (4,14%). Ces composés qui sont riches en atome de soufre peuvent contribuer aussi à cette activité.

Plusieurs études indiquent que les HE agissent mieux sur les bactéries à Gram positif que sur les bactéries à Gram négatif (**Lambert, et al 2001**). Ceci est dû à la différence de la composition de la paroi cellulaire (**Ratledge et Wilkinson, 1988**). Cependant, beaucoup de controverses existent dans les divers travaux publiés sur la sensibilité par rapport au Gram. La bactérie à Gram négatif *Campylobacter jejuni* est décrite comme particulièrement sensible à l'action des HE (**Wannissorn, et al 2005**). Ceci est en accord avec nos résultats puisque *Campylobacter jejuni* montre une sensibilité à l'HE d'*allium sativum*.

En raison de la complexité de la composition chimique des HE, leurs mécanismes d'action ne sont pas encore élucidés. Cependant, des hypothèses sur leurs activités pourraient être proposées ciblant différentes structures bactériennes. Leur caractère hydrophobe permet d'attaquer la membrane

phospholipidique de la cellule bactérienne et d'augmenter sa perméabilité. Par conséquent, les contenus des cellules sont libérés conduisant à la mort des bactéries (*Burt, 2004*).

Plus précisément, la relation entre la structure chimique et les activités antibactériennes des composés soufrés n'est pas entièrement comprise. Cependant, (*Kyung, 2012*) a signalé que le soufre peut endommager les cellules microbiennes.

Etant donné que l'HE *d'allium sativum* affecte fortement les souches bactériennes, elle peut être utilisée comme traitement traditionnel pour les maladies causées par ces souches, telles que : Intoxication alimentaire, Infection de la peau, Maladie respiratoire, Fièvre (*Mnayer, 2014*).

## 2.2. L' Effet antifongique de l'HE *d'allium sativum*

L'activité antifongique in vitro de l'HE *d'allium sativum* est évaluée par la méthode de disques en mesurant les zones d'inhibition pour les souches fongiques étudiées : *Conidialbicans*, *Aspergillus niger*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Rhizopus stolonifer*, *Mycélienne alternaria alternaria*, *Microsporium audouinii*, *Alternariatriticina*, *Magnaporthe oryzae*, Les résultats sont présentés dans le Tableau 6.

### 2.2.A. Résultats

**Tableau 6 :** Activités antifongiques de l'HE *d'allium sativum* contre les souches fongiques étudiées et le contrôle positif après 48 h.

Nom d'auteur	Les souches fongiques	Résultats (effet)	Diamètres des zones d'inhibition (mm)
( <i>khebbab et Bouanaka, 2018</i> )	<i>Conidialbicans</i>	+++	29
( <i>Benzegane et Teffahi, 2013</i> )	<i>Aspergillus niger</i>	+++	35
( <i>Benzegane et Teffahi, 2013</i> )	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	++	17,67
( <i>Benzegane et Teffahi, 2013</i> )	<i>Rhizopus stolonifer</i>	+++	37
( <i>Saighi et Ben hamdi, 2020</i> )	<i>Mycélienne alternaria alternaria</i>	+	11
( <i>Ennaghra, 2017</i> )	<i>Microsporium audouinii</i>	+++	24
( <i>Khan et Raj sharma, 2016</i> )	<i>Alternariatriticina</i>	+++	21,31
( <i>Khan et Raj sharma, 2016</i> )	<i>Magnaporthe oryzae</i>	+	14,20

## 2.2.B. Lecture

La lecture des résultats se fait par la mesure du diamètre de la zone d'inhibition et peut être symbolisé par des signes d'après la sensibilité des souches vis-à-vis des extraits (*Hamidi, 2013*).

- Non sensible (-) ou résistante : diamètre < 8mm.
- Sensible (+) : diamètre compris entre 9 à 14mm.
- Très sensible (++) : diamètre compris entre 15 à 19mm.
- Extrêmement sensible (+++) : > 20mm.

## 2.2.C. Discussion des résultats

L'HE d'*Allium sativum* est très efficace, inhibant toutes les souches fongiques étudiées avec différentes sensibilités.

Les souches fongiques : *Rhizopus stolonifer*, *Aspergillus niger*, *Candida albicans*, *Microsporium audouinii*, *Alternaria triticina*, est extrêmement sensible à L'HE d'*Allium sativum* avec des diamètres des zones d'inhibition de 37mm, 35mm, 29mm, 24mm, 21,31mm, respectivement.

*Saccharomyces cerevisiae* la seule souche fongique qui est Très sensible avec un diamètre de zone d'inhibition de 17,67mm.

*Magnaporthe oryzae* et Mycélienne de *Alternaria alternaria* sensible à L'HE d'*Allium sativum* avec des diamètres des zones d'inhibition de 14,20mm et 11mm respectivement, ces deux souches fongiques sont les plus faibles inhibantes par rapport aux autres souches fongiques.

L'HE d'*Allium sativum*, montre une activité fongistatique sur *C. albicans*, L'évaluation de l'activité antifongique par la méthode de diffusion sur gélose, nous a donné des diamètres d'inhibition très variables selon la souche à tester.

Les HE sont considérées comme actives si elles produisent des diamètres d'inhibition de croissance microbienne supérieurs ou égaux à 15 mm selon (*Rossi, et al, 2007*). Pour *Candida albicans* le diamètre d'inhibition est supérieur à 15 mm. L'HE d'*Allium sativum* ont fortement inhibé la croissance de cette souche. Ce résultat est en corrélation avec les travaux de (*Benmeddour, et al, 2015*) sur *l'ail*.

Concernant l'espèce *Aspergillus niger*, cette dernière s'est révélée extrêmement sensible à les HE (**Reyhan, et Mihriban, 2007**).

l'espèce *RizhopusStolonifier* présente une sensibilité élevée aux L'HE d'*Allium sativum*, Tandis que la levure *Saccharomyces cerevisiae* présente une légère sensibilité avec de diamètre d'inhibition de 17,67mm.

D'après les résultats obtenus, on remarque que l'inhibition de la croissance *mycélienne* d'*Alternariaalternaria* en présence L'HE d'*Allium sativum*, Les diamètres varient entre 11mm. degré de l'efficacité de L'HE d'*Allium sativum* sur la croissance *mycélienne* d'*Alternariose* est remarqué jusqu'à une concentration de 100µl (**saighi, et Ben hamdi, 2020**).

D'après ces résultats, on a constaté que l'HE d'ail a une activité antifongique considérable sur la croissance de la souche *M.audouinii*.

Alors que, les travaux de (**KHEBBEB, et al, 2018**), ont montré que *Allium sativum* possède une très bonne activité antifongique.

L'existence d'une activité antifongique dans les extraits peut être attribuée à la présence d'allicine qui est connue pour son activité antifongiques à large spectre. C'est un composé soufré qui est responsable de l'odeur piquante d'ail abîmé ou écrasé (**Borlinghaus, et al 2014**). L'*Alliin* est le composé majeur naturellement présent dans *l'ail* qui se décompose en *allicine*, ammonium et le pyruvate sous l'action de l'enzyme *alliinase* (**Focke, et al 1990**).

*L'allicine* est également connue pour inhiber la germination des spores fongiques que la croissance des hyphes (**Yamada, et Azuma, 1977**). L'ajoène, un autre composé bioactif majeur de *l'ail* pourrait également être attribuée à la propriété antifongique de l'HE (**Naganawa, et al 1996 ; Ledezma, Apitz-Castro, 2006**). Ajoene est connu pour posséder une activité antifongique beaucoup plus forte que *l'allicine*. De nombreux autres composés bioactifs capables d'inhiber la croissance fongique pourrait également être attribuée à l'activité antifongique des l'HE (**Ledezma, Apitz-Castro, 2006 ; Yin, et Tsao, 1999 ; Perello, Noll, et Slusarenko, 2013**).

En générale, la variabilité des résultats est probablement due à l'influence de plusieurs facteurs tels que la méthodologie, les microorganismes testés et les HE utilisées (**PATTNAIK, et al, 1996**).

# *Conclusion*

## Conclusion

Les plantes médicinales sont des plantes utilisées pour ses propriétés thérapeutiques , Cela signifie qu'au moins un de ses parties (*feuille ,tige ,racine ,ect*) peut être employée dans la but de se soigner. La phytothérapie est une médecine traditionnelle ancestrale basée sur l'utilisation des propriétés pharmacologiques naturelles des molécules contenues dans les plantes.

*L'ail (Allium sativum L.)* est l'une des plus anciennes plantes cultivées, utilisé à la fois pour des applications alimentaires et médicinales. En fait, cette plante commune est une riche source de plusieurs phytonutriments également utilisés dans le traitement et la prévention de nombreuses maladies.

Il est déconseillé de cuire *l'ail* au préalable afin de ne pas dénaturer *l'alliinase* qui est essentielle pour obtenir *l'allicine*. Une autre façon d'obtenir un bio-pesticideserait l'extraction par macération à froid dans l'eau déminéralisée.

De nombreuses études épidémiologiques et expérimentales récentes réalisées sur les propriétés antioxydantes et anti-microbienne et antifongique *d' Allium sativum*suggèrent que cette plante possède un pouvoir antioxydant et antibactérien et antifongique remarquable ; elle pourrait donc avoir des applications thérapeutiques et contribuent de manière très efficace à la prévention de certaines maladies telles que les maladies infectieuses, Intoxication alimentaire, Maladie respiratoire, hypertension artérielleetpeuvent être utiliséesl'HE *d'ail* comme conservateurs alimentaires et comme antimicrobiens en cas d'infection par des germes microbiens, ainsi que dans la lutte contre certaines maladies cardiovasculaires.

# *Les Références*

## **-A-**

Aref, M., et Heded, M. (2015). Contribution à l'étude phytochimique, les activités biologiques (Antioxydante et Antibactérienne) d'une plante médicinale *Cleome arabica L* (Région d'Oued Souf). Master Académique, ECHAHID HAMMA LAKHDAR D'ELOUED.

## **-B-**

Beloud A. (1998). Plantes médicinales d'Algérie. Office de publications universitaires. P.277.

Baba Aissa F. (1999). Encyclopédie des plantes utilisées Flore d'Algérie et du Maghreb. Edas, P368.

Bruneton J. Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales. Techniques et Documentations La voisier, 1999.

Beddou, F. (2015). Etude Phytochimique et Activités Biologiques de deux plantes Médicinales Sahariennes *Rumex Vesicarius L* et *Anvillea Radiata* coss Dur. theses doctorates, Abou Bekr Belkaid Retrieved from [dspace.univtlemcen.dz/bitstream/112/7722/1/ABEDDOU.pdf](http://dspace.univtlemcen.dz/bitstream/112/7722/1/ABEDDOU.pdf).

BENALIA, M. (2016). Etude de la fraction lipidique de quelques graines de *cucurbitacées*. doctorat KASDI MERBAH- OUARGLA.

BENDIF, H. (2017). Caractérisation phytochimique et détermination des activités biologiques in vitro des extraits actifs de quelques Lamiaceae: *Ajuga iva (L.) Schreb.*, *Teucrium polium L.*, *Thymus munbyanus* subsp. *coloratus* (Boiss. et Reut.) Greuter et Burdet et *Rosmarinus eriocalyx* Jord et Fourr. Doctorat, L'ECOLE NORMALE SUPERIEURE DE KOUBA-ALGER.

Berrechioua, A. (2016). Investigation Phytochimique Sur Des Extraits Bioactifs De Deux Brassicaceae Médicinales Du Sud Algerien : *Moricandia Arvensis* Et *Zilla Macroptera*. Doctorat Abou Bakr Belkaid Tlemcen. Retrieved from <http://dspace.univtlemcen.dz/bitstream/112/9360/1/INVESTIGATION-PHYTOCHIMIQUE-SUR-DESEXTRAITS.PDF>.

Boubekri, C. (2014). Etude De L'activité Antioxydante Des Polyphénols Extraits De *Solanum Melongena* Par Des Techniques Electrochimiques. Doctorat, Mohamed Khider, Biskra. Retrieved from <http://thesis.univbiskra.dz/62/1/Etude%20de%20l%20activité%20antioxydante%20d>

es %20polyph%C3%A9nols%20extraits%20de%20Solanum%20melongena%20par%20des %20techniques%20C3%A9lectrochimiques.pdf.

*Boudjouref, M. (2011). Etude De L'activité Antioxydante Et Antimicrobienne D'extraits d'Artemisia Campestris* LMagister, Ferhat Abbas, Sétif. Retrieved from <http://www.univsetif.dz/MMAGISTER/images/facultes/SNV/2011/Boudjouref%20Mourad.pdf>.

*Babu, A. J., Sundari, A. R., Indumathi, J., Srujan, R. V. N., et Sravanthi, M. (2011). Study on the Antimicrobial activity and Minimum Inhibitory Concentration of Essential Oils of Spices. Veterinary World, 4(7), 311–316.*

*Benkeblia, N. (2004). Antimicrobial activity of essential oil extracts of various onions (*Allium cepa*) and garlic (*Allium sativum*). LWT - Food Science and Technology, 37(2), 263–268.*

*Burt, S. (2004). Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods— a review. International Journal of Food Microbiology, 94(3), 223–253.*

*Benmeddour T., Laouar H., Benabdi A.A. and Brahimi S. (2015). Evaluation of antibacterial and antifungal activity of extracts from three species of the genus *Allium*: *a. Cepa*, *fistulosum* and *sativum* grown in agricultural area of Doussan. Wilaya of Biskra. Courrier du Savoir. 09-14.*

*Borlinghaus J, Albrecht F, Gruhlke MC, Nwachukwu ID, Slusarenko AJ. Allicin: Chemistry and biological properties. Molecules 2014;19:12591-618.*

*Benzegane .Y et Teffahi .M, (2013), ETUDE DE L'ACTIVITE ANTIMICROBIENNE D'EXTRAITS VEGETAUX. Thèse de master .ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE EL Harrach, Algérie.*

## **-C-**

*Clément .R.-P., Aux racines de la phytothérapie : entre tradition et modernité (1re partie), Phytothérapie, 3 (2005).*

*Corzomartinez, M, Corzo, N, Villamiel, M, Biological properties of onions and garlic. Trends in Food Science et Technology, vol 18, p 609–625, 2007.*

Cazau-Beyret, N. (2013). Prise en Charge des douleurs articulaires par aromathérapie et Phytothérapie doctorat doctorat, Toulouse III Paul Sabatier. Retrieved from <http://thesesante.ups-tlse.fr/204/1/2013TOU32076.pdf>.

Chabrier, J.-Y. (2010). Plantes médicinales et formes d'utilisation en phytothérapie. . Doctorat doctorat Henri Poincaré - Nancy 1. Retrieved from [http://docnum.univlorraine.fr/public/SCDPHA\\_T\\_2010\\_CHABRIER\\_JEAN\\_YVES.pdf](http://docnum.univlorraine.fr/public/SCDPHA_T_2010_CHABRIER_JEAN_YVES.pdf).

Cheyrier, V. (2005). Polyphenols in foods are more complex than often thought 1–3. American Society for Clinical Nutrition, 81(1), 223S-229S.

Casella, S., Leonardi, M., Melai, B., Fratini, F., et Pistelli, L. (2012). The Role of Diallyl Sulfides and Dipropyl Sulfides in the In Vitro Antimicrobial Activity of the Essential Oil of *Garlic, Allium sativum* L., and *Leek, Allium porrum* L. *Phytotherapy Research*, 27(3), 380-3.

## **-D-**

Danièle festy - Isabelle pacchioni, guide de poche d'aromathérapie. 48 huiles essentielles pour se soigner en toute simplicité, 979-10-285-0286-7, p11, 2016.

Dupont F, Guignard J-L. Botanique: les familles de plantes. 15-ème- éd. Issy-les-Moulineaux: Elsevier Masson, p 300, 2012.

Deboise, D. L'ail, histoire, culture, chimie, actions pharmacologiques, utilisations. Thèse : Pharmacie : Lille : 2001.

Dethier B. Contribution à l'étude de la synthèse de l'alliine de l'ail [Travail de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme de master bioingénieur en chimie et bio-industries]. Université de Liège ; p106, 2009.

Dai, J., et Mumper, R. J. (2010). Plant phenolics: extraction, analysis and their antioxidant and anticancer properties. [Review]. *Molecules*, 15(10), 7313-7352. doi: 10.3390/molecules15107313.

## **-E-**

*Ennaghra N. (2017). Les Dermatophytoses Dans la Région d'Annaba : Méthodologie de Diagnostic Microbiologique et Evaluation d'une Phytothérapie. Thèse de doctorat. Université Badi Mokhtar Annaba, Algérie.*

## **-F-**

*Fouché J.G, Marquet A et Hambuckers A (2000). Les plantes médicinales, de la plante au médicament. « Observatoire du monde des plantes ». Sart-tilman Liege.*

*Fadi, Z. (2011). Le Romarin *Rosmarinus Officinalis* Le Bon Procédé D'extraction Pour Un Effet Thérapeutique Optimal doctorat doctorat Mohammed V, RABAT. Retrieved from <http://ao.um5.ac.ma/xmlui/bitstream/handle/123456789/1901/P0342011.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.*

*Fekih, N. (2015). Propriétés Chimiques et biologiques des huiles essentielles de trois espèces du genre pinus poussant en Algérie. Doctorat, Abou Bekr Belkaid. Retrieved from <http://dspace.univ-tlemcen.dz/bitstream/112/7317/1/PROPRIETES-CHIMIQUES.pdf>.*

*Focke M, Feld A, Lichtenthaler K. Allicin, a naturally occurring antibiotic from garlic, specifically inhibits acetyl-CoA synthetase. FEBS Lett 1990;261:106-8.*

## **-G-**

*Goetz P, Ghédira K., Phytothérapie anti-infectieuse, Collection phytothérapie practice. Springer, Paris, 2012.*

Guide des plantes qui soignent, édition Vidal, 2010.

## **-J-**

*Jean-Michel Hurtel (2001). L'ail *allium savitum*. Plantes et médecine.*

## **-K-**

*KRID, A. (2008 ). Modélisation de nouvelles molécules biologiques actives liées au stress oxydant. magister MENTOURI DE CONSTANTINE.*

*Krief, S. (2003). Métabolites secondaires des plantes et comportement animal : surveillance sanitaire et observations de l'alimentation de chimpanzés (pan troglodytes schweinfurthii) en ouganda activités biologiques et étude chimique de plantes consommées. muséum national d'histoire naturelle paris. Retrieved from <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00006170/document>.*

*Kim, J., Kim, Y., et Kyung, K. (2004). Inhibitory activity of essential oils of garlic and onion against bacteria and yeasts. Journal of Food Protection, 67(3), 499–504.*

*Kyung, K. H. (2012). Antimicrobial properties of allium species. Current Opinion in Biotechnology, 23(2), 142-147.*

*KHEBBEB, L; BOUANAKA, H., 2018- Étude comparative, in vitro, entre l'effet des antifongiques de synthèse et les huiles essentielles d'*Allium sativum* et *Zingiberis rhizoma* sur deux espèces d'intérêt médical: *C. albicans* et *A. niger*. 68p.*

*KHAN. S, RAJ SHARMA. N,(2016), ANTIFUNGAL POTENTIAL OF ETHANOL EXTRACTS OF ALLIUM SATIVUM AND ALLIUM AMPELOPRASUM University, Phagwara, Punjab, India.*

## **-L-**

*Leblond, N, Les Allium de Midi-Pyrénées, Conservatoire botanique pyrénéen. Isatis n°6, 2006.*

*Lambert, R. J., Skandamis, P., Coote, P., et Nychas, G. J. (2001). A study of the minimum inhibitory concentration and mode of action of oregano essential oils, thymol and carvacrol. Journal of Applied Microbiology, 91, 453–462.*

*Ledezma E, Apitz-Castro R. Ajoene the main active compound of garlic (*Allium sativum*): A new antifungal agent. Rev Iberoam Micol 2006;23(2):75-80.*

## **-M-**

Ma W. G., Tan R. X., Fuzzati N., Li Q. S., Wolfender J. L. et Hostettmann K. (1997). Natural Occurring and synthetic polyne glycosides. *Phytochemistry*, 45(2) : 411- 415.

Marie-Charlotte Rivet Bonjean. Les variétés d'ail, Publiée 04/06/2018 Mis à jour le 04/06/2018.

Maamri S. (2018). Etude de *pictacia Atlantica* des deux region de sud algérien : dosage des lipides, dosage des polyphenols, essais antileishmaniens. Magister, M'HEMED Bougera.

Medjdoub , H. (2013). Contribution à la recherche d'éventuelles activités biologiques de *Zygophyllum geslini* Coss. .doctorat, ABOU BEKR BELKAID. Retrieved from <http://dspace.univ-tlemcen.dz/bitstream/112/2246/1/These-MEDJDOUB.pdf>.

Medjekane, M. (/2017). Prévalence de l'infection a *Helicobacter pylori* et son inhibition par des molécules bioactives doctorat Hassiba Benbouali de Chlef. Retrieved from <file:///C:/Users/Devil/Downloads/depot%20MERIEM%20MEDJEKANE.pdf>.

Mehani, M. (2015). Activité antimicrobienne des huiles essentielles d'*Eucalyptus Camendulensis* dans la région d'Ouargla. doctorat, KASDI MERBAH. Retrieved from <https://dspace.univ-ouargla.dz/jspui/bitstream/123456789/8995/1/Mehani-MounaDoctorat.pdf>.

Mohammed, Z. (2013). Etude phytochimique et activités biologiques de quelques plantes médicinales de la région nord et sud ouest de l'Algérie. Doctorat, Abou Bakr Belkaid Tlemcen. Retrieved from <http://dspace.univ-tlemcen.dz/bitstream/112/2393/3/TheseMohammedi-zohra-2013.pdf>.

## **-N-**

Nait achour , K. ( 2012). Etude de la composition chimique des essence de quatre espèce *eucalyptus* poussent dans la région de tizi ousou. magistère, mouloud Mammeri tizi ousou.

Nesterenko , A. (2012). Étude et fonctionnalisation de protéines végétales en vue de leur application en micro encapsulation doctorat, Toulouse.

Naganawa R, Iwata N, Ishikawa K, Fukuda H, Fujino T, Suzuki A. Inhibition of microbial growth by ajoene, a sulfur-containing compound derived from garlic. *Appl Environ Microbiol* 1996;62(11):4238-42.

## **-O-**

Omar, S.H, *Garlic and Cardiovascular Diseases*. Natural Products, p 3661–3696, 2013.

O’Gara, E., Hill, D., et Maslin, D. (2000). Activities of garlic oil, garlic powder, and their diallyl constituents against *Helicobacter pylori*. *Appl. Environ. Microbiol.*, 66, 2269–2273.

## **-P-**

Poulain, P. (2006). Structure et dynamique de protéines isolées : approches statistiques. doctorat CLAUDE BERNARD - LYON I.

Ponce, A. G., Fritz, R., Del Valle, C. E., et Roura, S. I. (2003). Antimicrobial activity of essential oils on native microbial population of organic Swiss chard. *Lebensmittel-Wissenschaft und Technology*, 36, 679–684.

Perello A, Noll U, Slusarenko AJ. In vitro efficacy of garlic extract to control fungal pathogens of wheat. *J Med Plants Res* 2013;7(24):1809-17.

## **-R-**

Ratledge, C., et Wilkinson, S. (1988). An overview of microbial lipids. In: Ratledge, C., Wilkinson, S.G. (Eds.), *Microbial Lipids*, vol. 1. Academic Press, London, pp. 3–22.

Rattanachaiakunsopon, P., et Phumkhachorn, P. (2008). Diallyl sulfide content and antimicrobial activity against food-borne pathogenic bacteria of chives (*Allium schoenoprasum*). *Bionosci. Biotechnol, Biochem*, 72(11), 2987–2991.

Reyhani I and Mihriban K (2007). Control of *Aspergillus niger* with garlic, onion and leek extracts. Uludag University, Agricultural Faculty, Food Engineering Department, Görükle, Bursa, Turkey. *African Journal of Biotechnology* Vol. 6 (4). 384- 387.

Rossi PG, Berti L, Panighi J, et al (2007). Antibacterial action of essential oils from Corsica. *J Essent Oil Res* 19. 82, 176.

## -S-

*Sanago R. (2006)* . Le rôle des plantes médicinales en médecine traditionnelle. Université Bamako(Mali) : 53.

*Shu, Y.Z., 1998.*Recentnaturalproductsbaseddrugdevelopment : a Pharmaceutical industry perspective. Journal of Natural Products 61, 1053–1071.

*Sirois C. (2008).* Valorisation des extraits de *pin gris (Pinus banksiana)* par l'étude de leurs Compositions chimiques et leurs activités biologiques. Mémoire. Université du Québec à Chicoutimi ; 14-15 ; 31-33.

*Sendl A. Allium sativum and Allium ursinum : Part 1 Chemistry, analysis, history, botany. Phytomedicine. ; 1(4) :p323-39, 1995.*

*Shankaranarayana ML, Raghavan B, Abraham KO and Natarajan CP, Sulphur Compounds in Flavours. In Morton ID and Macleod AJ (Ed) Food Flavours, part A Introduction Elsevier Scientific PublishingCompany, 1982.*

*SatiadevSeetohul.L'ail condiment et médicament. Prosi Magazine –N° 351, 1998.*

*Suleria HAR, Butt MS, Khalid N, Sultan S, Raza A, Aleem M, et al. Garlic (Allium sativum) : dietbasedtherapy of 21st century—a review. Asian Pac J Trop Dis ; 5(4):p271-8 , 2015.*

*Senninger F.L'ail et ses bienfaits. Saint-Julien-en-Genevois ; Genève-Bernex : Editions Jouvence ; 94p, 2009.*

*Silagy C.A, Neil H.A. A meta-analysis of the effect of garlicon blood pressure. Journal of Hypertension, 12(4) :p 463-468, 1994.*

*Srinivasan, R., et Rose, G. D. (1999).* A physical basis for proteinsecondary structure. PNAS, 96 (25), 14258-14263.

*Saighi . I, et Ben hamdi . M, (2020),* Identification et caractérisation des maladies fongiques de *pomme de terre* et essai de lutte biologique par les extraits végétaux dans la région d'EL-oued. Thèse de master . Université Echahid Hamma Lakhdar- EL-OUED, Algérie.

## **-T-**

*The RodaleHerb Book*. William S. Hylton, Ed, RodalePress, Emmaus, Pennsylvania, p 653, 1987.

Tredoulat T. Cultiver l'ail avec la lune [Internet]. Rustica. [Cité 13 oct 2015]. Disponible sur : <http://www.rustica.fr/articles-jardin/cultiver-l-ail-avec-lune-legumeracine,6529.html>.

Trefeil, N, L'ail (*Allium sativum*) : Botanique, composition chimique, propriétés antioxydantes .Thèse : Pharmacie : Limoges : 1997.

Tsao, S., et Yin, M. (2001). In-vitro antimicrobialactivity of four diallylsulphidesoccurringnaturally in garlicand Chineseleekoils. *Journal of MedicalMicrobiology*, 50 (7), 646–9.

## **-U-**

USDA.Garlicorigins. United States Department of Agriculture (USDA) Medicinal Plant Database, 2006.

UMM.University of Maryland Medical Center.200.

## **-V-**

Vacheron.S, la phyto-aromathérapie à l'officine, Paris (2010).

Vermerris, W., & Nicholson, R. (2006).Phenolic Compound Biochemistry Springer.

Visioli, F., Borsani , L., et Galli , C. (2000). Diet And Prevention Of CoronaryHeartDisease: The PotentialRole Of Phytochemicals. *CardiovascularResearch* 47, 419–425.

## **-W-**

WHO (*World HealthOrganization*). WHO Monographs on selectedmedicinal plants. Vol. 1. WHO : Genève, 1999.

William S. Hylton, Ed., RodalePress, Emmaus, Pennsylvania, the RodaleHerb Book. p653, 1987.

Waksmundzka-Hajnos , M., etSherma , J. (2011). High Performance LiquidChromatography in Phytochemicallence. *Chromatographic Science Series*, , 477-478.

Wannissorn, B., Jarikasem, S., Siriwangchai, T., et Thubthimthed, S. (2005). Antibacterial properties of essential oils from Thai medicinal plants. *Fitoterapia*, 76, 233–236.

## **-Y-**

Yin, M., et Cheng, W. (2003). Antioxidant and antimicrobial effects of four garlic-derived organosulfur compounds in ground beef. *Meat science*, 63(1), 23–28.

Yamada Y, Azuma K. Evaluation of the in vitro antifungal activity of allicin. *Antimicrob Agents Chemother* 1977;11(4):743-9.

Yin MC, Tsao SM. Inhibitory effect of seven *Allium* plants upon three *Aspergillus* species. *Int J Food Microbiol* 1999;49(1-2):49-56.

## **Site internet**

[1] <https://www.aujardin.info/services/auteurs.php>.

[2] Garlic. [Http://www.umm.edu/altmed/ConsHerbs/Garlicch.html](http://www.umm.edu/altmed/ConsHerbs/Garlicch.html).

[3] [www.rustica.fr/articles-jardin/cultiver-l-ail-avec-lune-legume-racine.6529.html](http://www.rustica.fr/articles-jardin/cultiver-l-ail-avec-lune-legume-racine.6529.html).

[4] <https://www.plantearomatique.com/nos-plantes/512-ail-de-naples-3.html>.

[5] <https://www.tela-botanica.org/bdtx-nn-3002-synthese>.

[6] <https://plantes-sauvages-comestibles.com/lail-des-vignes-de-la-ciboulette-en-libreservice>.

[7] <https://www.tela-botanica.org/bdtx-nn-3167-synthese>.

[8] <https://www.pinterest.com.au/pin/227009637442425437/>.

[9] Allium sphaerocephalon (ail à tête ronde) #allium #ail #ornement #massif #jardin #chardon #ail Amaryllis Amalfi - Christmas Flowering Single Amaryllis  
<https://www.pinterest.com/pin/374995106467414400/>.

[10] <http://sante.lefigaro.fr/mieux-etre/nutrition-aliments/ail/que-contient-lail>.

[11] <http://cat.inist.fr/?aModele=afficheN&cpsid=194293>.

[12] <http://www.phytomania.com/ail.htm>.

[13] <http://santedoc.com/medecine/alternative/aromatherapie/huile-essentielle-dail.html>.

[14] [http://orbi.ulg.ac.be/bitstream/2268/41218/1/battisti\\_microbiology.pdf](http://orbi.ulg.ac.be/bitstream/2268/41218/1/battisti_microbiology.pdf).