



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة محمد البشير الإبراهيمي برج بوعريريج
Université Mohammed El Bachir El Ibrahimi B.B.A



كلية علوم الطبيعة والحياة وعلوم الأرض والكون
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre et de l'Univers
قسم العلوم البيولوجية
Département des Sciences Biologiques

Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de Master

Domaine des Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité : Biochimie

Intitulé :

Étude bibliographique de l'Activité antioxydante et anti-inflammatoire de l'ail (*Allium sativum L*)

Présenté par :

DEFFAF Karima & HIRECHE Loundja & RICHI Dalal

Soutenu le 25/06/2023, Devant le Jury :

	Nom & Prénom	Grade	Affiliation / institution
Président :	M BELHADJ Mohamed Tayeb	MAA	Université de Bordj Bou Arreridj
Encadrant :	M ^{me} NASRI Meriem	MCB	Université de Bordj Bou Arreridj
Examinatrice:	M ^{me} ROUAIGUIA Nadia	MAA	Université de Bordj Bou Arreridj

Année Universitaire 2022/2023

Dédicace

Nous dédions ce mémoire :

A nos chers parents, Pour leur Patience, leur soutien et leurs encouragements.

A nos frères et sœurs.

A nos grands-parents.

A toutes nos familles Deffaf et Hireche et Righi

A tous nos amis

A tous les personnes que nous connaissons

A ceux qui nous ont aidés et qui nous ont donné l'espoir et La confiance pour relever ce défi.

DEFFAF Karima, HIRECHE Loundja et RIGHI Dalal

Remerciements

Tout d'abord, nous remercions ALLAH qui nous a guidé et honoré de son vaste connaissance.

Nous remercions également les membres de jury, Monsieur BELHADJ Mohamed Tayeb Et madame ROUAIGUIA Nadia d'avoir accepté d'évaluer ce travail.

C'est avec grand plaisir que nous exprimons nos sincères remerciements, notre plus grand respect à Notre promotrice Dr. NASRI Meriem, d'abord pour avoir accepté de diriger et de superviser nos travaux.

Enfin nous tenons à remercier toute personne ayant contribué soit de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Table des matières

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des abréviations.

Introduction.....1

Chapitre I : Présentation d'*Allium sativum* L.

1. Généralités sur l' <i>Allium sativum</i> L.....	2
2. Dénomination d' <i>Allium sativum</i> L.	2
2.1. Dénominations vernaculaires.....	2
2.2. Noms synonymes.....	2
2.3. Classification botanique.....	3
3. Origine et répartitions géographiques.....	3
4. Caractéristiques morphologiques.....	3
4.1. Appareil végétatif.....	4
4.1.1. Bulbe.....	4
4.1.2. Racines.....	5
4.1.3. Tige.....	5
4.1.4. Feuilles.....	6
4.2. Appareil reproducteur.....	6
4.2.1. L'inflorescence.....	6
4.2.2. Fleurs.....	7
4.2.3. Fruits.....	7
5. Culture.....	7

5.1. Production d'ail.....	8
6. Utilisations	10
6.1. Utilisation culinaire.....	10
6.2. Utilisations Pharmacologiques.....	10
6.3. Utilisation industrie-agroalimentaire.....	10
6.4. Utilisation cosmétique.....	10
6.5. Utilisations traditionnelles.....	11

Chapitre II : Composition chimique d'*Allium sativum l.*

1. Compositions chimiques.....	13
1.1. Composés non soufrées.....	13
1.1.1. Eau.....	13
1.1.2. Glucides.....	13
1.1.3. Protéines et Acides Aminés.....	14
1.1.4. Lipides.....	14
1.1.5. Fibres alimentaires.....	14
1.1.6. Minéraux et oligo-éléments.....	14
1.1.7. Vitamines.....	15
1.1.8. Quelques traces de pigments.....	15
1.2. Composés soufrées.....	15
1.2.1. Gamma-glutamyl-peptides.....	16
1.2. 2. S-alk(en)ylcystéine sulfoxydes.....	16
1.2. 3. Thiosulfinates.....	16
1.2. 3.1. Allicine (thiosulfonate de diallyle)	16
1.2.3.2. Autres Thiosulfinates.....	17
1.2.4. Ajoènes.....	17
1.3. Autres composées.....	18
1.3.1. Composés phénoliques.	18
1.3.2. Saponines.....	19
1.3.3. Huile essentielle d' <i>Allium sativum l.</i>	19

Chapitre III : Activité antioxydante d'*Allium sativum l.*

1. Activité antioxydante.....	21
1.1. Stress Oxydant.....	21
2. Activités anti - oxydantes d' <i>Allium sativum l.</i>	22

Chapitre IV : Activité anti-inflammatoire d'*Allium sativum l.*

1. Activité anti-inflammatoire.....	24
1.1. Inflammation.....	24
1.2. Activités anti-inflammatoires d' <i>Allium sativuml.</i>	25
2. Autres activités.....	26
2.1. Activité anti cancéreuse.....	26
2. 2. Activité anti hypertensive.....	28
2. 3. Activité antimicrobienne.....	29
3. Toxicité d' <i>Allium sativum l.</i>	30
Conclusion	32

Résumé

Références bibliographiques

Liste des tableaux

Tableau I : Classification classique de l'espèce <i>A. sativum L.</i>	3
Tableau II : Principaux 20 pays producteurs d'ail dans le monde 2018 (FAO)	09
Tableau III : Valeur nutritionnelle de l'ail frais.....	13
Tableau IV : Liste et structures de certains des composés soufrés isolés d' <i>Allium sativum L</i>	18

Liste des figures

Figure 01 : Présentation de l'Ail.....	4
Figure 02 : Bulbe d' <i>Allium sativum</i> et ses caïeux.....	4
Figure 03 : Racines adventives chez <i>Allium sativum</i>	5
Figure 04 : Tige complet d'ail.....	5
Figure 05 : Feuilles de l'ail.....	6
Figure 06 : Hampe florale et sa fleur en bouton chez <i>Allium sativum</i>	6
Figure 07 : Fleur d' <i>Allium sativum</i>	7
Figure 08 : Différentes variétés de l' <i>A sativum</i> classer selon la couleur (a Blanc, b violet, c Rouge, d Rose).....	8
Figure 09 : Principaux constituants de L'ail.....	15
Figure 10 : Transformation d'alliin en allicin.....	17
Figure 11 : Structure de base des flavonoïdes.....	19
Figure 12 : Saponine du bulbe d'ail.....	19
Figure 13 : Balance d'équilibre entre les systèmes pro et antioxydants.....	21
Figure 14 : réaction inflammatoire.....	24
Figure 15 : Etapes de cancérisation.....	27

Liste des abréviations

- ¹O₂** : oxygène singulet
- 2K1C** : deux reins en un clip
- 3T3-L1** : type de cellule adipocyte
- ADN**: acide désoxyribonucléique
- ADP-ribose**: Adenosine diphosphate ribose
- AGE**: Aged garlic extract
- AMS**: Allyl methyl sulfide
- ARNm**: Acide ribonucléique messager
- ASA**: Allium Sativum Agglutinine
- Ca**: Calcium
- Cdk7**: cyclin-dependent kinase7
- COX₂** : cyclooxygénase 2
- CYP** : Cytochrome P450
- DADS** : disulfure de diallyle
- DAS** : sulfure de diallyle
- DATS** : trisulfure de diallyle
- EOA** : Espèces Oxygénées activées
- ERK1/2** : Extracellular signal-regulated protein kinases 1/2
- ERO** : Espèce réactive d'oxygène
- FAO** : Food Alimentation Organisation
- Fe** : fer
- G2 /M** : Phase G2 /phase M du cycle cellulaire
- GCL** : Glutamatecystéine ligase
- GSH** : Glutathion réduite
- H₂O₂** : Peroxyde d'hydrogène
- HL60** : leucémie humaine
- IL** : Interleukine
- K** : Potassium
- Kcal** : Kilocalories
- J.C** : Jésus-Christ
- LPS** : lipopolysaccharides.
- MAPK** : Mitogen-actived protein kinases
- MCP-1** : Monocyte Chemoattractant Protein-1

Mg : magnésium.

Mm Hg : millimètre de mercure.

Na : sodium

NAC : n-acétyl cystéine

NADH, H⁺ : Nicotinamide adénine dinucléotide

NADPH : Nicotinamide adénine dinucléotide phosphate réduit

NFB: Nuclear Factor B

NF-κB: Nuclear Factor-Kappa B

NO : Monoxyde d'azote

NO₂: dioxyde d'azote

Nrf2: Nuclear related factor 2

O₂^{•-} : radical superoxydes

OH : Radical hydroxyle

ONOO- : peroxydinitrite

OSC : composés organosulfurés

P : Phosphore

PC3 : cancer de prostate3

RANKL : récepteur du ligand du facteur nucléaire kappa B

ROO: radical peroxy

ROS -2E1: ROS generation by suppressing CYP-2E1 hepatic enzyme.

ROS : reactive oxygen species

SAC : l'allicine, de la s-allyl cystéine

SAMC : S-allyl-mercapto cystéine

SDF1 : la chimiokine

SEC : s-éthyl cystéine

SIDA : Syndrome D'immunodéficience Acquise.

Th1 : T helper1

TLR-4 : récepteur de type toll 4

TNF : facteur de nécrose tumorale

TNF-α : facteur de nécrose tumorale-α

Vit : Vitamine

vitamine PP : prévention de la pellagre

Zn : zinc

Introduction

Les relations entre les plantes et homme existent depuis l'antiquité (**Din et al., 2011**). Le règne végétal, représentant une source importante d'une grande variété de molécules bioactives qui ont été mises à profit dans l'industrie alimentaire, en cosmétologie et en pharmacie (**Bahorun et al., 1996**). D'après les estimations, 80% de la population mondiale dépend principalement de la médecine traditionnelle (**Ghnimi, 2015**). La médecine par les plantes, autrement appelée phytothérapie (**Verbois, 2015**), qui se définit comme étant une discipline allopathique, destinée à prévenir et à traiter certains troubles fonctionnels et/ou certains états pathologiques au moyen de plantes, de parties de plantes ou de préparations à base de plantes (**Chabrier et al., 2010**).

Ail (*Allium sativum* L.) est un membre de la famille des Alliacées, a été largement reconnu comme une épice précieuse et un remède populaire pour divers maux et troubles physiologiques (**Londhe et al., 2011**). C'est une plante herbacée, bulbeuse connue depuis des temps immémoriaux. Cultivé pratiquement partout dans le monde, l'ail semble provenir de l'Asie centrale, puis s'être répandu en Chine, au Proche-Orient et dans la région méditerranéenne avant de se déplacer vers l'ouest en Europe centrale et australe, en Afrique du Nord (Égypte) et au Mexique. L'ail est utilisé depuis des milliers d'années à des fins médicinales, Les registres en sanskrit montrent son usage médicinal il y a environ 5000 ans, et il est utilisé depuis au moins 3000 ans en médecine chinoise. Les Égyptiens, les Babyloniens, les Grecs et les Romains utilisaient l'ail à des fins de guérison (**Londhe et al., 2011**).

L'ail contient des composés phénoliques, des saponines, des polysaccharides et des composés organo soufrés, entre autres composants. Ses composés organo soufrés sont responsables de ses propriétés biologiques et pharmacologiques les plus importantes et sont extraits et isolés à des fins thérapeutiques. Les composés dérivés de l'ail ont été attribués à des activités anti-inflammatoires, antioxydantes et antimicrobiennes avec des effets bénéfiques contre les maladies cardiovasculaires, les cancers et les troubles du système immunitaire (**Melguizo et al., 2022**).

Notre travail de recherche est consacré essentiellement sur l'espèce *Allium sativum* L. De nombreux chercheurs ont étudié les activités biologiques de cette espèce. Pour cela on a visé à apporter une collecte de ces travaux, de les étudier, de fournir une synthèse sur les activités anti-inflammatoires et antioxydantes de l'ail et sa toxicité.

Chapitre I

Présentation d'*Allium sativum* L.

1. Généralités sur l'*Allium Sativum L.*

L'ail est une plante aromatique connue depuis l'Antiquité. Bien qu'aujourd'hui il soit principalement utilisé en cuisine pour donner son goût piquant à divers plats. De nombreuses propriétés pharmacologiques et thérapeutiques lui sont encore attribuées aujourd'hui. Il est intéressant de revenir sur son histoire pour voir d'où viennent ces croyances, tout en voyant ce que la science est capable de mettre en valeur (Najja *et al.*, 2011).

L'ail (*Allium sativum L.*) est la deuxième espèce la plus utilisée après l'oignon (*allium cepa L.*), elle est utilisée comme remèdes contre plusieurs affections courantes telles que le rhume, la grippe, les morsures (Ejeta *et al.*, 2022).

2. Dénominations d'*Allium sativum L.*

2.1. Dénominations vernaculaires

Français : ail commun, ail cultivé, ail Blanc, thériaque des pauvres, ail de printemps, ail rose sans bâton.

Anglais : garlic, common garlic.

Allemand : Knoblauch, Knobloch, Knobl, Echter Knoblauch, Knoblauch, Gemeiner Knoblauch, Gewöhnlicher Knoblauch.

Espagnol : ajo, ajo comun, ajo vulgar.

Italien : aglio, aglio comune.

Portugais : alho.

Arabe : thoum ثوم

(Goetz et GhediraK, 2012).

2.2. Noms synonymes

Allium sativum L.

Allium controversum.

Allium sativum subsp. Controversum.

Allium sativum var. controversum.

Allium ophioscorodon Link.

Allium sativum subsp. Ophioscorodon.

Porrum sativum.

Allium sativum var. *subrotundum* Gren.

(Colin, 2016)

2.3. Classification botanique

Selon Lambinon *et al.* (2004), certains scientifiques plaçant les *Alliums* dans la sous-famille des Liliaceae, voire des Amaryllidaceae, plutôt que dans une famille distincte, les Alliumaceae. Cela a fait l'objet de révisions récentes et est toujours controversé.

Tableau I : classification classique de l'espèce *A. sativum* L (Ghesquiere, 2016).

Règne	Plantae
Sous-Règne	<i>Tracheobionta</i> (= Végétaux vasculaires)
Embranchement	<i>Magnoliophyta</i> (= Spermaphytes)
Sous embranchement	<i>Magnoliophytina</i> (= Angiospermes)
Classe	<i>Liliopsida</i> (= Monocotylédones)
Sous classe	<i>Liliidae</i>
Ordre	Asparagales
Famille	<i>Liliaceae</i>
Genre	<i>Allium</i>
Espèce	<i>Allium sativum</i> L.

3. Origine et répartition géographiques

Allium sativum est une espèce d'oignon du genre *Allium*. *Allium sativum* est originaire d'Asie centrale (Kazakhstan, ouest de la chine), elle est cultivée dans la pluparts des pays. (Kan *et al.*, 2022). Les régions méditerranéennes et caucasienne étant considérées comme des centres secondaires. *Allium longicuspis* serait son ancêtre car il présente de nombreuses similitudes avec cette espèce. Les preuves de son utilisation comme plante médicinale remontent à 1550 avant J.C, dans certaines parties du monde par le biais de commerçants nomades et de grandes conquêtes (Kouassi *et al.*, 2021).

4. Caractéristiques morphologiques

L'ail (*Allium sativum*) est une épice annuelle herbacée aromatique et plante bulbeuse et vivace qui peut atteindre jusque 90 cm de hauteur (Bechaa, 2020).

C'est une plante qui peut se tenir debout ou prostrée à une hauteur de 20 à 70 cm, composé de 10 à 50 petites bulbes ou gousses sont bilatéralement asymétriques sauf près du centre (singh et singh, 2019). (Figure 01).

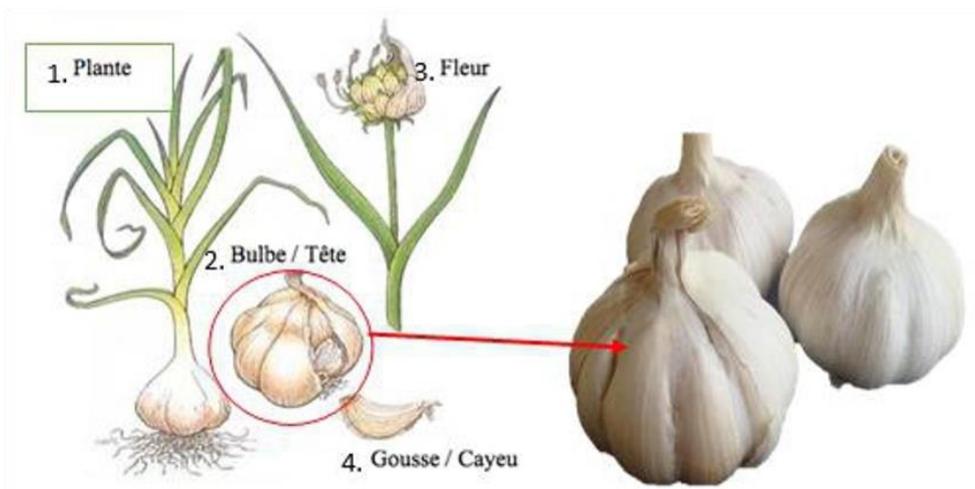


Figure 01 : Présentation de l'Ail (Sabrina, 2021).

4.1. Appareil végétatif

4.1.1. Bulbe

Recouvert peau membraneuse et contient jusqu'à 20 bulbe comestible appelé clous de girofle. IL est de couleur blanc, brun, brun clair, violet, violet clair ou violet foncé.IL a une forme arrondie, ovale ou circulaire, ainsi qu'une formes latérale ovale large et étroite (choudhary *et al.*, 2022). (Figure 02).



Figure 02 : Bulbe d'*Allium sativum* et ses caïeux (Gerbeaud^a).

4.1.2. Racines

Le système racinaire de l'ail est indéterminé, assez épais et peu ramifié, avec un épiderme, un cortex multicellulaire et un endothélium entourant une stèle centrale. Le développement des racines des plantes est sensible à l'humidité et à la température du sol. Un système racinaires peu développé est l'un des facteurs limitant sa capacité à absorber les nutriments. Ils mesurent jusqu'à 40 cm de long et 2cm de large (**Kouassi *et al.*, 2021**). (**Figure 03**).



Figure 03 : Racines adventives chez *Allium sativum* (Tredoulat ^b).

4.1.3. Tige

Sont des Pseudotrunc est très courte et forme un plateau à la base où se développe des racines adventives. Elle est constituée d'une série de feuilles reliées par un tégument. (**choudhary *et al.*, 2022**). (**Figure 04**).



Figure 04 : Tige complet d'ail (Pascale, 2019).

4.1.4. Feuilles

Les feuilles sont linéaires, alternant avec des gaines tubulaires dont le nombre varie de 9 à 12 selon l'espèce, sont vertes et atteignent 12 à 15 cm de hauteur.

Selon le cultivar, les feuilles hautes peuvent provenir d'une petite tige rigide au-dessus du bulbe ou d'un pseudotrunc plus flexible composé des gaines foliaires qui se chevauchent (Choudhary et al., 2022). (Figure 05).



Figure 05 : Feuilles de l'ail (Pascale, 2019).

4.2. Appareil reproducteur

4.2.1. L'inflorescence

C'est une simple ombelle globuleuse protégée par deux bractées fusionnées qui enveloppent l'inflorescence avant la floraison. L'ombelle apparaît au bout d'un épi plein ou (pédicelle) et s'enroule d'abord avant de devenir dressée et rigide. Les inflorescences apparaissent rarement chez la plupart des cultivars, et certains cultivars d'ail ne forment pas de pédoncules, ce sont de petits œillets initialement en capsules. L'ombelle peut être constituée à la fois de fleurs et de bulbes, ou uniquement de bulbes (Colin, 2016). (Figure 06).



Figure 06 : Hampe florale et sa fleur en bouton chez *Allium sativum* (Le petit mas^c).

4.2.2. Fleurs

L'ail produit des fleurs hermaphrodites (**singh et singh, 2018**). Elles sont blanc verdâtre ou rose avec 6 tépales (sépalés et pétales) d'environ 3 mm de long de petites œillettes sont souvent intercalés entre les fleurs (**Alam et al., 2016**). (Figure 7).



Figure 07 : Fleur d'*Allium sativum* (*Waste magazine*^d).

4.2.3. Fruits

Ont une odeur piquante et sont pâles ou légèrement jaunâtres. (**choudhary et al., 2022**). La fertilisation peut se produire avant que le fruit n'atteint un stade où il peut se reproduire (**Alam et al., 2016**).

5. Culture

L'ail est cultivé dans les régions tempérées et subtropicales du monde. L'ail se propage à partir des caïeux. Le caïeu doit être à peine recouvert de terre, environ 3 cm (**Arvy et Gallouin, 2003**).

La classification traditionnelle de l'ail distingue les variétés selon des critères morpho physiologiques basés sur la période de végétation et la couleur de la tunique du bulbe et des bulbilles (**tuil et al, 2015**).

L'ail blanc (figure 09.a) et l'ail violet (figure 09 .b) doivent être plantés avant décembre (pour les variétés d'hiver), l'ail rose (figure 09 .d) et l'ail rouge (figure 09.c) sont de préférence plantés au printemps (variétés de printemps) (**Arvy et Gallouin, 2003**).

Cette plante préfère les sols assez fermés en profondeur, mais bien ameubli en surface, frais et drainé, riche en limon, argile et calcium, le sol ne doit pas contenir de fumier frais ou du compost incomplètement décomposé ; le pH le plus favorable est au voisinage de 6,5 (**Arvy et Gallouin, 2003**).

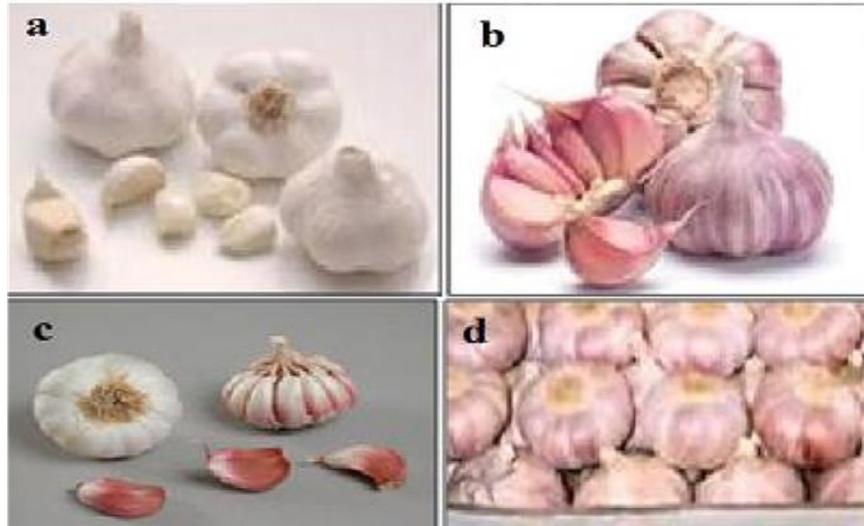


Figure 08 : Les différentes variétés de l'*A sativum* classer selon la couleur (a Blanc, b violet, c Rouge, d Rose) (Arvy et Gallouin, 2003).

5.1. Production d'ail

La production mondiale d'ail est estimée à un peu plus de 28 millions de tonnes issues de sa culture, selon l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (**FAO**). La production d'ail est très élevée en Asie, ce continent étant en tête avec 26 millions de tonnes d'ail produites en 2018, la Chine étant le premier pays producteur d'ail (81%). Ensuite l'Europe, l'Amérique et enfin l'Afrique (**Tableau II**).

Tableau II : Principaux 20 pays producteurs d'ail dans le monde 2018 (FAO).

N°	Pays	Quantité en tonnes
1	Chine, continentale	22273802
2	Inde	1721000
3	Bangladesh	461970
4	République de Corée	331741
5	Égypte	286213
6	Espagne	273476
7	États-Unis d'Amérique	260340
8	Ouzbékistan	254857
9	Fédération de Russie	211981
10	Myanmar	207094
11	Algérie	202201
12	Ukraine	187020
13	Argentine	148156
14	Turquie	143207
15	Éthiopie	124801
16	Brésil	118837
17	Pérou	104574
18	Mexique	94692
19	Pakistan	81167
20	Thaïlande	74288
totale	Monde	28 494 130

L'Algérie occupe la 11ème place en termes de production d'ail et productivité (FAO, 2018). Les produits sont distribués dans les provinces suivantes : Biskra, Medea, Mila, Skikda, Batna, Tizi Ouzou, Bejaia, Tlemcen, Guelma, Oum El Bouaghi (FAO, 2014).

6. Utilisations

6.1. Utilisation Culinaire

L'ail a de nombreuses utilisations culinaires. Aujourd'hui, le bulbe est utilisé frais, mais il est également séché et utilisé comme condiment sous forme de granulés ou de poudre. Les gousses entières peuvent être cuites à la vapeur ou au four. Le sel d'ail est très utilisé pour aromatiser les aliments. Depuis quelques années, on trouve sur le marché, des fleurs d'ail qui sont en fait les hampes florales coupées dès leur apparition. Elles sont consommées cuites ou marinées et sont particulièrement appréciées par les Orientaux (e).

Quand on cuisine de l'ail, certains recommandent d'enlever le germe, qui est moins digeste que le reste de la gousse en raison de la concentration plus élevée de produits soufrés organiques (Najja *et al.*, 2010).

6.2. Utilisations Pharmacologiques

L'ail était considéré comme une panacée (remède à tous) jusqu'au Moyen-Âge, lorsque les grandes pestes ont mis à l'épreuve ses vertus. Il est utilisé comme médicament sous forme de vinaigre d'ail, ou avec d'autres aromates et épices Pour combattre la contagion (Satiadev, 1998).

6.3. Utilisation Industrie - agroalimentaire

L'ail est utilisé également comme biopesticide (Bernard *et al.*, 2002). Les substances soufrées de l'extrait d'Ail montrent de multiples activités pesticides qui peuvent les destiner à de nombreuses applications phytosanitaires. Il a été démontré que ces composés ont des effets fongicides que nématocides et insecticides (Bernard *et al.*, 2002 ; Bourgoïn *et al.*, 2017).

L'ail est utilisé comme antioxydant dans les huiles, ce qui les conserve longtemps. Les antibiotiques dans les aliments pour le bétail, la volaille et les poisson ont été remplacés par la poudre d'ail, et aucun résidu d'antibiotique n'a été trouvé dans la viande (Saleh *et al.*, 2015). Dans le poisson fumé, les aliments cuits et la viande fraîche conservés à 4 °C, de l'ail est ajouté pour éviter la détérioration et le rancissement (Nurwantoro *et al.*, 2015).

6.4. Utilisation Cosmétique

L'ail est utilisé dans le domaine de beauté par sa composition riche en vitamines, minéraux et oligo-éléments. (Aniail, 2007).

6.5. Utilisations traditionnelles

L'ail a été utilisé Traditionnellement pour traiter les rhumes et les infections respiratoires et pour éliminer les vers intestinaux .En application topique, il est recommandé de brûler les verrues et de traiter les infections causées par des champignons microscopiques (**f**) et utilisé aussi pour traiter l'hyperlipidémie et Prévient les changements vasculaires observés dans l'athérosclérose, et dans le traitement l'hypertension artérielle légère. La drogue aussi Promu comme carminatif pour l'indigestion. L'ail est considéré comme un antipyrétique, diurétique, menstruel, Sédatif expectorant (Goetz et Ghedira, 2012).

Chapitre II

Composition chimique

d'Allium sativum l.

1. Compositions chimiques :

La composition chimique varie selon le cultivar, le lieu de culture, le moment de la récolte et les conditions de stockage des bulbes (**Bruneton, 2009**).

L'ail contient plus de 200 composés et se compose d'acides, 1,5 % de fibres, 1,2 % d'amines libres, 2 % de protéines, 2,3 % de composés soufrés organiques (OSC), 28 % de glucides et 65 % d'eau. Il contient également des vitamines liposolubles (E, K, A), des vitamines hydrosolubles (complexe C, B) et des minéraux (Na, Mg, Fe, K, P, Ca, Zn). (**Zugaro et al., 2023**). La valeur énergétique de l'ail est de 138,7kcal/100g (**Saleh et al., 2015**).

Tableau III: Valeur nutritionnelle de l'ail frais (**Sulerai et al., 2015**)

Nutriments	Quantité par 100g/m.h
Energie	134 kcals
Eau	65 %
Protéines	6 - 7 g
Glucides	24 - 27 g
Fibres	1 g
Lipides	0,1 mg
Sodium	19 mg
Phosphore	134 mg
Calcium	38 mg
Vit C	14 mg
Vit E	0,01 mg
Vit B1	0,2 mg
Fer	1,4 mg

1.1. Composés non soufrés

1.1.1. Eau

Une gousse d'ail est composée principalement de 65% d'eau (**Bourgoin et al., 2017**)

1.1.2. Glucides

Un grain d'ail contient 28% de glucides, dont des glucides simples (fructose, glucose), du saccharose et des sucres complexes comme les fructanes, nécessaires à la croissance des plantes (**Colin, 2016; Bourgoin et al., 2017**).

L'ail constitué de monosaccharides (fructose, glucose), de disaccharides (saccharose, lactose), de trisaccharides (raffinose), de tétrasaccharides (tétrafructose, scorose), de polysaccharides (amidon, dextrine, inuline, fructane) et d'autres tels que le D-galactane, l'arabinose, la pectine, D-fructane (**Gambogou *et al.*, 2019**).

De plus, les polysaccharides d'ail contiennent 85 % de fructose, 14 % de glucose et 1 % de galactose (**Ao Shang *et al.*, 2019**).

1.1.3. Protéines et Acides Aminés

Les protéines représentent 6% de la composition totale de l'ail. Les protéines majeures sont les lectines ASA I (ASA 25) et ASA II (ASA 110) (**Trudel, 2005**). Elle se caractérise par une teneur élevée en acide aspartique, leucine et sérine mais une faible teneur en méthionine et en cystéine (**Kundra, 2015**).

lysine, l'acide aspartique, l'histidine, l'arginine, la thréonine, le porc, la glycine, la glutamine, l'alanine, la cystine, la proline, la valine, la leucine, la méthionine, la phénylalanine, l'isoleucine et le tryptophane font partie des 17 acides aminés qu'elle contient (**hasib *et al.*, 2021**).

1.1.4. Lipides

La concentration de lipides dans l'ail est trop faible pour fonctionner dans le corps. Ce sont des acides gras (acide linoléique, acide oléique, acide palmitique), des triglycérides, des phospholipides (phosphatidylcholine, phosphatidylsérine, phosphatidyléthanolamine), des prostaglandines (prostaglandine A, prostaglandine E, prostaglandine F) (**Gambogou *et al.*, 2019**).

1.1.5. Fibres alimentaires

Sont des polysaccharides des végétaux (**Mohamed, 2018**). Les bulbes d'ail contiennent 1,5 % de fibres. Il existe des fibres solubles, comme la pectine et des fibres insolubles, comme la cellulose et l'hémicellulose (**Colin, 2016 ; Bourgoïn *et al.*, 2017**).

1.1.6. Minéraux et oligo-éléments

Les minéraux et oligo-éléments ou oligo-éléments sont des matières minérales essentielles à la vie.

L'ail contient de grandes quantités de phosphates, de potassium, de magnésium, de cuivre, de fer, de manganèse, de zinc et de sélénium. Contrairement aux autres légumes, il contient de grande quantité de sélénium telle que : diméthylséléniuméthyl-tert-méthanesulfosélénium,

diméthyldiséniure, bis (méthylthio) sélénure, allylméthylsélénure, méthyl ester-2-propène sulfosélénate, propyl ester-1propène sulfosélénate, allylthiométhyl sulfosélénure (**Gambogou et al., 2019**).

1.1.7. vitamines

L'ail contient de nombreuses vitamines, dont les vitamines B (vitamine B1 (thiamine), B2 (riboflavine), B3 (ou vitamine PP), B5, B6 et B9 (folate)), qui contribue à la réponse métabolique de notre corps et pour assurer une variété de fonctions. IL est également une source de petites quantités de vitamine C, Vitamine E et vitamine A (sous forme de bêta-carotène ou de provitamine A, Vitamine A) (**Seninger, 2009**).

1.1.8. Quelques traces de pigments

Comme la chlorophylle, Caroténoïdes, anthocyanes (ce sont des pigments hydrosolubles violet rougeâtre ou bleu). L'ail a une quantité de pigment très faible, il n'a donc pas de couleur (**Gambogou et al., 2019**).

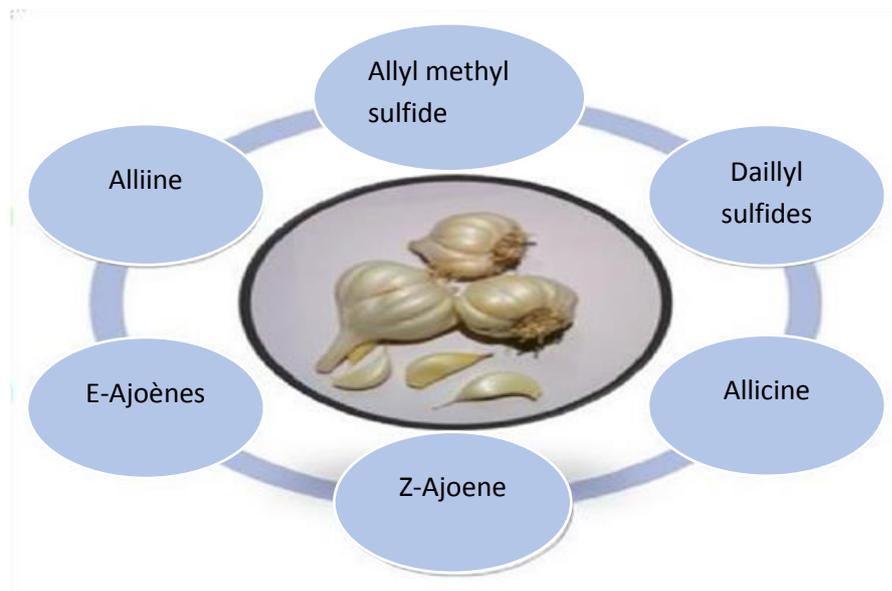


Figure 09: Principaux constituants de L'ail (**Chaudhary et al., 2022**).

1.2. Composés soufrées

Selon (**Sharma et al., 2021**) L'ail contient une variété de composés bioactifs, notamment des composés organosulfurés (OSC), l'allicine, la s-allyl cystéine (SAC), la S-allyl-mercapto cystéine (SAMC), du sulfure de diallyle (DAS), du disulfure de diallyle (DADS) et du trisulfure de diallyle (DATS).

Le DAS, le DADS, le DATS et l'ajoène sont tous solubles dans l'huile (**Alam et al., 2016**). L'ail contient au moins 33 composés soufrés. Il contient des concentrations plus élevées de composés soufrés que les autres espèces d'*Allium*. Les composés soufrés sont responsables de l'odeur piquante de l'ail et d'une grande partie de ses propriétés médicinales. En général, les composés organosoufrés de l'ail cru ont une digestibilité plus élevée que ceux de l'ail cuit (**Shang et al., 2019**).

1.2.1. Gamma-glutamyl-peptides

Ce sont des composés hydrosolubles (**Santhosha et al., 2013**) et non volatils (**Sendl, 1995**). Ils sont présents dans l'ail frais intact, entier au niveau cytoplasmique des cellules du bulbe. Ils sont synthétisés à partir du glutathion (**Dethier, 2009**).

Sous l'action de la g-glutamyl transpeptidase, la g-glutamylcystéine, un autre précurseur contenant du soufre, est transformé en S-allylcystéine soluble dans l'eau (SAC) et en métabolites ultérieurs, comprend la S allylmercaptocystéine (SAMC) et la S-méthylcystéine (**Tsai et al., 2012**).

1.2.2. S-alk(en)ylcystéine sulfoxydes

L'ail contient trois S-alk(en)ylcystéine sulfoxydes : l'alliine, l'isoalliine et la méthiine (**colin, 2016**). Est un métabolite secondaire obtenu à partir de la cystéine accumulée dans les plantes du genre *Allium* (**Batiha et al., 2020**).

1.2.3. Thiosulfates

1.2.3.1. L'allicine (thiosulfonate de diallyle)

L'un des composés les plus biologiquement actifs, l'allicine (diallyl thiosulfinate ou disulfure de diallyle) n'est pas présent dans l'ail tant qu'il n'est pas écrasé ou coupé (**Papu et al., 2014**).

L'allicine est un thiosulfinate de diallyle, qui représente 70 à 80 % des thiosulfinate présente dans *Allium sativum*. Il est également très instable et se décompose rapidement en composés soufrés lorsqu'il est oxydé, tels que le sulfure de diallyle (DAS), le disulfure de diallyle (DADS), le trisulfure de diallyle (DATS), l'ajoène et le sulfure d'hydrogène (**Alam et al., 2016**).

Dans la biosynthèse de l'allicine, la cystéine est convertie en alliin, qui est hydrolysée par l'enzyme l'alliinase (Batiha *et al.*, 2020). (Figure 10).

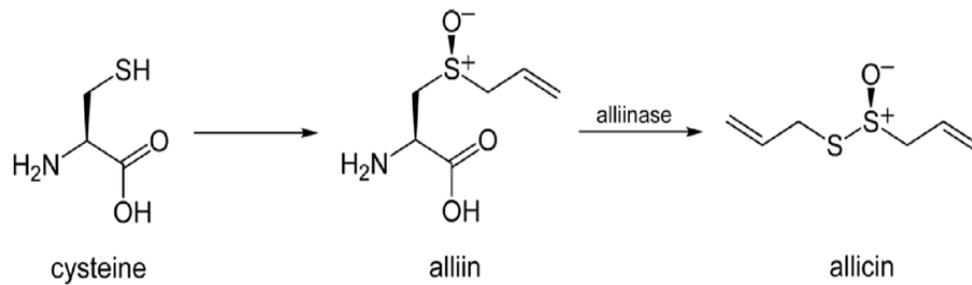


Figure 10 : transformation d'alliin en allicin (Costeplane ^g).

1.2.3. 2. Autres thiosulfonates

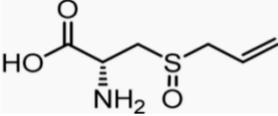
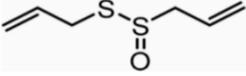
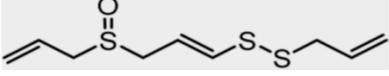
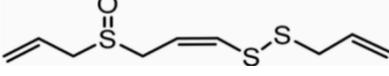
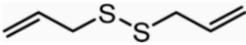
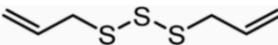
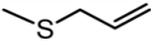
Les autres thiosulfonates présents chez l'ail sont :

L'allyl methyl thiosulfonate, le methyl allyl thiosulfonate et le trans-1-propenyl thiosulfonate (colin, 2016).

1.4. Ajoènes

Les ajoènes sont des produits secondaires obtenus par la dégradation de l'allicine. Lorsque l'ail est ouvert, des dérivés d'ajoène se forment (Naznin *et al.*, 2008). Les ajoènes sont en fait représentés par deux isomères : le E et le Z-ajoène (4, 5,9trithiadodéca-1, 6,11-triène-9-oxide (Sendl, 1995). le Z-ajoène est moins stable que l'E-ajoène (Naznin *et al.*, 2008), et ce sont des molécules volatiles (colin, 2016).

Tableau IV : Liste et structures de certains des composés soufrés isolés d'*Allium sativum*. (Batiha *et al.*, 2020).

Composition	Formes Moléculaires	Structure
Alliin	C ₆ H ₁₁ NO ₃ S	
Allicin	C ₆ H ₁₀ O ₂ S ₂	
E-Ajoene	C ₉ H ₁₄ O ₃ S ₃	
Z-Ajoene	C ₉ H ₁₄ O ₃ S ₃	
Diallyl sulfide (DAS)	C ₆ H ₁₀ S	
Diallyl disulfide (DADS)	C ₆ H ₁₀ S ₂	
Diallyl trisulfide (DATS)	C ₆ H ₁₀ S ₃	
Allyl methyl sulfide (AMS)	C ₄ H ₈ S	

1.3. Autres composées

1.3.1. Composés phénoliques

L'ail contient plus de 20 composés phénoliques, qui sont plus élevés que de nombreux légumes communs. Le principal composé phénolique était le résorcinol, suivi du pyrogallol, de l'acide gallique, de la rutine, de l'acide protocatéchuique et de la quercétine. L'ail contient certains flavonoïdes (apigénine, quercétine et myricétine) (Shang *et al.*, 2019). (Figure 11).

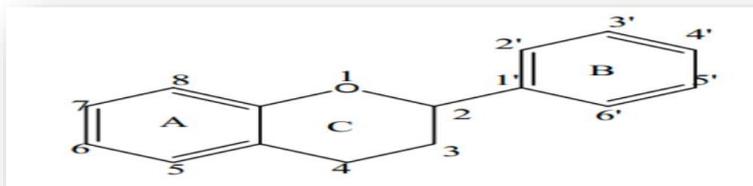


Figure 11 : Structure de base des flavonoïdes (Ghedira, 2005).

1.3.2. Saponines

La première saponine stéroïde à été identifiée chez l'ail est le proto-eruboside-B, ensuite L'eruboside-B a été obtenue par l'hydrolyse enzymatique du proto-eruboside-B par une β -glucosidase (Colin, 2016).

Se sont avérés plus stables pendant la cuisson. La teneur en saponines totales de l'ail violet est près de 40 fois celle de l'ail blanc, et plusieurs composés de saponine n'existent que dans l'ail violet, comme la des galactotigonine-rhamnose, la proto-desgalactotigonine, la proto-desgalactotigoninerhamnose, le voghioside D1, sativoside B1-rhamnose et sativoside (Shang *et al.*, 2019). (Figure 12).

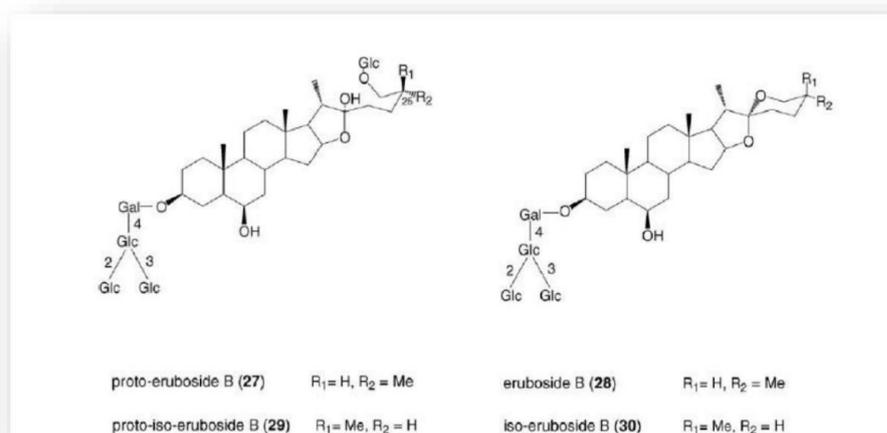


Figure 12 : Saponin du bulbe d'ail (Dethier, 2009).

1.3.3. Huile essentielle d'Ail

L'huile essentielle d'ail est obtenue par distillation. Une gousse d'ail, qui contient 0,2 à 0,5 % d'huile essentielle, est d'abord broyée puis distillée ou extraite à l'aide d'un solvant organique tel que l'hexane pour obtenir la fraction « huile ». Les composés solubles dans

l'eau, y compris l'allicine sont éliminés. Les capsules d'ail contiennent de l'huile végétale et une petite quantité d'huile essentielle car l'odeur est très prenante (**Ghesquiere, 2016**).

Huile essentielle (HE) d'ail est une huile supplémentaire aux nombreuses propriétés et doit être utilisée en petites quantités et fortement diluée pour prévenir les coliques et les infections intestinales (**Grosjean, 2011**).

Chapitre III

Activité

antioxydant

d'Allium sativum l.

1. Activité antioxydant

1.1. Stress Oxydant

Le concept de stress oxydatif a été mentionné pour la première fois par Helmut Sies en 1985 dans son livre intitulé "Stress oxydatif : une perturbation de l'équilibre prooxydant-antioxydant favorise le premier" (**Hao et al., 2021**). Le stress oxydant ou stress oxydatif : se définit comme un déséquilibre entre la production d'oxydants et les mécanismes de défense antioxydants dans un même organisme, entraînant des dommages aux biomolécules telles que les lipides, les protéines et les acides nucléiques. (**Benslama, 2020**). Ces dommages sont associés au développement de nombreuses maladies chroniques, telles que le diabète, le cancer, les maladies inflammatoires, les maladies cardiovasculaires et les maladies neurodégénératives (**Matschke et al., 2019**).

Le stress oxydatif devient anormal lorsque les cellules sont inondées de radicaux libres qu'il faut éliminer, ou ne disposent pas de ressources antioxydants suffisantes (vitamines, oligo-éléments, enzymes) pour les éliminer (**Benslama ,2020**). (**Figure 13**).

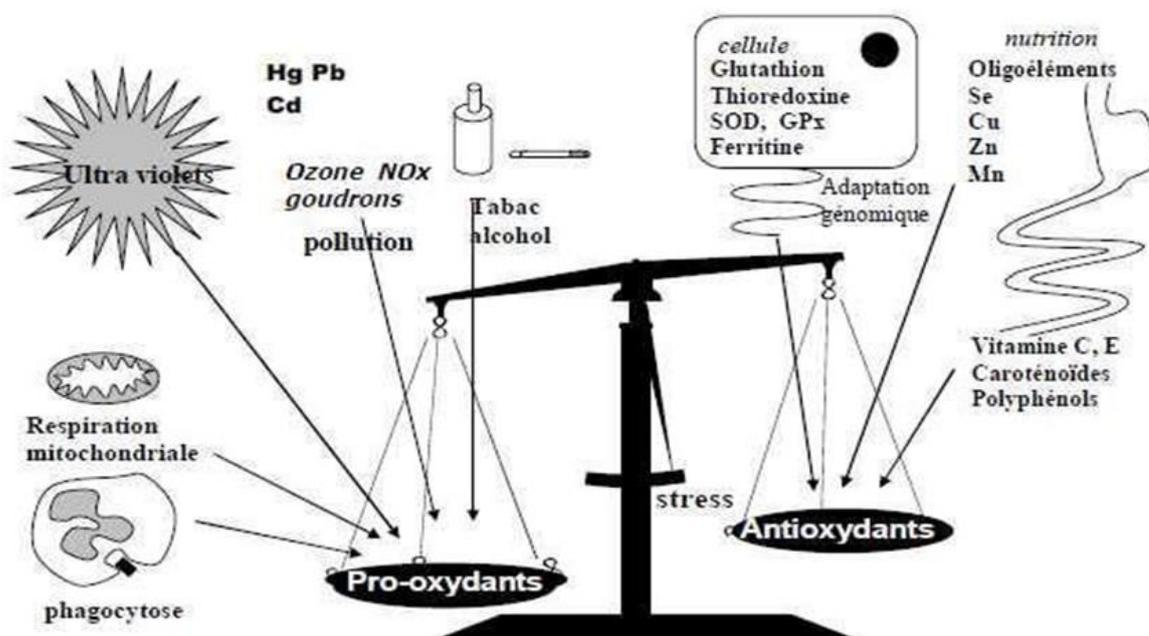


Figure 13 : La balance d'équilibre entre les systèmes pro et antioxydants (**Douaouya ,2017**).

2. Activités anti-oxydantes d'*Allium sativum*

Batiha et al., (2020) ont rapporté que la consommation fréquente d'ail favorise les activités antioxydantes internes et réduit les effets indésirables oxydatifs soit en augmentant la synthèse endogène d'antioxydants, soit en réduisant la production d'oxydants tels que les radicaux libres d'oxygène (ORS).

Chung (2006) a comparé les effets antioxydants de plusieurs composés de l'ail : Désoxyalliine, alliine, allicine et disulfure de diallyle. Ces quatre molécules capturent l'hydroxyle HO•, mais seule l'alliine capte le superoxyde O²•⁻ (alors que l'allicine empêche leur formation). Les flavonoïdes de l'ail ont également une capacité antioxydante, contre les radicaux d'oxygène libres, tels que l'hydroxyle et le superoxyde qui empêche sa contribuent au vieillissement et à la formation des cellules cancéreuses, L'ail est un Antioxydant utilisé pour neutraliser ce type de composé.

Singh et Singh (2019) ont observé que deux composés organosulfurés lipophiles, le sulfure de diallyle (DAS) et le disulfure de diallyle (DADS) et deux composés organosoufrés hydrophiles, la s-éthyl cystéine (SEC) et la n-acétyl cystéine (NAC), protègent les lipides contre l'oxydation, en activant les enzymes antioxydantes associées. Les effets antioxydants *in vivo* de ces quatre composés organosoufrés contre les oxydations associées aux lipides étaient dus à l'activation et à la modification de plusieurs enzymes telles que la 3-hydroxy-3 méthylglutaryl-CoA réductase, la glutathion-transférase et la catalase. Dans le syndrome métabolique induit par le fructose, l'extrait aqueux d'ail réduit le stress oxydatif et inhibe le remodelage vasculaire en supprimant la NADPH oxidase. Les extraits obtenus à partir des feuilles ont montré la meilleure activité antioxydante par rapport aux fleurs et aux bulbes. L'ail est riche en antioxydants qui aident à détruire les particules de radicaux libres qui peuvent endommager les membranes cellulaires et l'ADN, et peuvent contribuer au processus de vieillissement.

Fait intéressant, **Batiha** et ses collègues en 2020 ont rapporté que le DAS présentait de puissantes activités antioxydantes et cytoprotectrices et que ces activités pourraient être dues à la suppression de l'activité enzymatique du cytochrome P450-2E1 et ainsi à la réduction de la génération d'espèces réactives de l'oxygène et de l'azote ou à l'induction de l'expression de l'ARNm de Nrf2 et de l'hème-enzyme oxygénase 1. L'alliine, c'est le composé majeur isolé des AGE, présente des activités antioxydants à large spectre en contrôlant la génération de ROS et en empêchant la protéine kinase activée par les mitogènes (MAPK). De plus, il a été

rapporté qu'il empêchait la production de ROS en inhibant la NADPH oxydase 1. Et donc en inhibant la fusion des ostéoclastes causée par l'activateur du récepteur du ligand du facteur nucléaire kappa B (RANKL).

Une étude *in vitro* a révélé que l'ajoène, un sous-produit chimiquement stable de l'ail, peut activer le facteur nucléaire 2 (Nrf2), régulant l'expression de la glutamatecystéine ligase (GCL), augmentant les niveaux de GSH, un antioxydant puissant et augmentant l'expression d'autres gènes qui codent pour les enzymes métabolisant la cystéine. Nrf2 contrôle l'expression de nombreux gènes impliqués dans la défense contre les agents xénobiotiques et le stress oxydatif et est considéré comme un régulateur clé du stress oxydatif et de la réponse inflammatoire. (Melguizo-Rodríguez *et al.* , 2022).

L'allicine possède également des propriétés antioxydantes, celui-ci peut piéger les radicaux hydroxyles. Il réduit le stress oxydatif dans l'hypertrophie cardiaque induit par l'angiotensine. Il en inhibant la NADPH oxydase. Cependant la biodisponibilité de l'allicine dans le corps humain est faible (Prasad *et al.*, 1995). L'allicine atténue les réponses au stress oxydatif causées par différents facteurs via la voie Nrf2 et la régulation de l'apoptose (Melguizo-Rodríguez *et al.* , 2022).

Chapitre IV

Activité anti inflammatoire d'*Allium sativum* l.

1. Activité anti inflammatoire

1.1. L'inflammation

Le potentiel thérapeutique de l'ail a été étudié dans diverses pathologies surtout dans les maladies inflammatoires (Moutia *et al.*, 2018). L'inflammation est le mécanisme de défense de l'organisme contre les attaques d'agents physiques, chimiques, biologiques ou infectieux et est essentielle à son intégrité. Cette réponse immunitaire protectrice peut parfois être préjudiciable du fait du caractère agressif du pathogène et des persistances, des anomalies de la régulation et de la production des cellules impliquées dans l'inflammation. Ceci est généralement suivi d'une vasodilatation, permettant aux cellules et à certaines molécules de migrer du sang pour attaquer les tissus localisés, entraînant rougeurs, chaleur, œdème et douleur (Diallo, 2019) (figure 14). Il existe deux types d'inflammations aiguës sévères, où l'inflammation chronique peut entraîner une pathologie, une défaillance d'organe, une maladie inflammatoire chronique, une auto-immunité ou la mort (Fullerton et Gilroy, 2016).

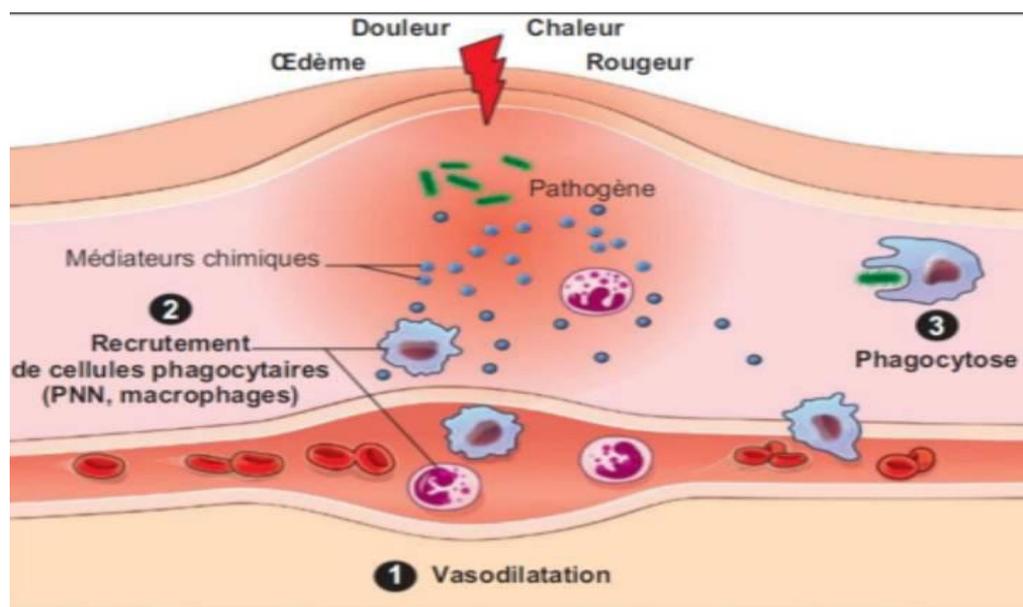


Figure 14 : réaction inflammatoire (h).

1.2. Activités anti inflammatoires d'*Allium sativum* l.

Une enquête de recherche a montré que l'extrait d'ail vieilli contient trois acides aminés soufrés, tels que les acides S-allylcystéine, S-1-propénylcystéine et S-allylmercaptocystéine, qui se sont avérés avoir un effet synergique dans la réduction de l'inflammation des cellules épithéliales de la gencive humaine (**Sharma et al., 2021**).

L'allicine démontre un mécanisme de défense contre les agents pathogènes grâce à sa capacité à renforcer l'activité des cellules immunitaires et à affecter les voies de signalisation associées à ces cellules immunitaires. De plus, l'allicine agit sur les lymphocytes T en inhibant la chimiokine SDF1, qui interagit avec la structure dynamique du cytosquelette d'actine (**Batiha et al., 2020**).

Moutia et al., 2018 ont montré que l'allicine, un composé important de l'ail, inhibe la sécrétion de TNF- α , soutenant l'effet anti-inflammatoire de l'allicine sur les cellules épithéliales intestinales. **Melguizo-Rodríguez, et al., 2022** ont observé aussi l'effet inhibiteur de l'allicine sur les cytokines pro-inflammatoires Th1.

L'alliine s'est avérée empêcher l'augmentation de l'expression des gènes et des protéines associées à l'état pro-inflammatoire induit par le LPS dans les adipocytes 3T3-L1. Cet effet est obtenu par la voie du récepteur de type TLR-4 et éventuellement par la régulation de l'activité de ERK1/2 (**Moutia et al., 2018**).

Une autre étude a montré que l'extrait d'ail inhibe la dimérisation induite par le LPS du TLR4, suggérant que cette inhibition est l'un des mécanismes sous-jacents à l'activité anti-inflammatoire de l'ail (**Moutia et al., 2018**). Dans une autre étude *in vitro*, **Hodge et al, 2002** Il a été rapporté que l'AGE réduit la production d'IL-12 et d'autres cytokines pro-inflammatoires et augmente l'IL-10, inhibant ainsi la production de facteur de nécrose tumorale- α (TNF- α) et d'IL-6 (**Hodge et al., 2002**).

Le facteur de transcription NF- κ B peut être inhibé par le SAC et le DATS, ainsi que d'autres composés dérivés de l'ail, inhibant ainsi plusieurs gènes codant pour les cytokines associées aux réponses pro-inflammatoires (TNF- α , IL-1, IL-6, MCP-1 et IL-12) (**Melguizo-Rodríguez et al., 2022**). Il a été démontré que le SAC inhibe de manière dose-dépendante l'activation du NFB induite par le TNF et le H₂O₂ dans les cellules T humaines (**Moutia et al., 2018**).

Batiha et al., (2020) ont rapporté que l'activité anti-inflammatoire du DAS était induite par la réduction de l'expression de cytokines inflammatoires telles que NF-B, IL-1 et TNF- α et en inhibant l'enzyme hépatique CYP. **Coline (2016)** a montré que le DAS est capable d'inhiber l'augmentation induite de l'expression de la cyclooxygénase 2 (COX₂), l'inhibition de ce dernier, entraîne une diminution de la production de médiateurs inflammatoires.

L'activité anti-inflammatoire de l'huile d'ail était due à l'inhibition de l'expression et de la production des cytokines pro-inflammatoires TNF- α et IL-1 β . Ces régulations des niveaux de cytokines pro-inflammatoires du côlon par le traitement à l'huile d'ail pourraient être définies par la présence de composants bioactifs tels que le sulfure de diallyle, dont il a été démontré qu'il inhibe les cytokines pro-inflammation et la sécrétion de TNF- α et IL-1 β . L'allyl Sulfure de méthyle, connu par la stimulation de la production de cytokines anti-inflammatoires et d'IL-10 (**Singh et Singh 2019**).

2. D'autres activités

De plus les propriétés antioxydants et anti-inflammatoire de l'ail mentionnés précédemment, (**Nouroz et al ., 2015**) Ils ont prouvé que l'ail (*Allium sativum* L.) est l'une des plantes les plus anciennes cultivées pour son usage alimentaire et médical. D'autres nombreux effets bénéfiques de l'ail incluent ses propriétés antithrombotiques, antimicrobiennes, antiarthritiques, antitumorales, hypoglycémiques et hypolipidémiques.

2.1. Activité anticancéreuse

Au cours des dernières décennies, de nombreuses études épidémiologiques ont été menées sur l'association entre la consommation d'ail et l'incidence du cancer (**Tsai et al., 2012**).

Le cancer se traduit par une multiplication anarchique de cellules qui forment une tumeur cancéreuse peut se propager dans l'organisme et former des métastases(i), ce phénomène passe par trois étapes solen la (**Figure15**).

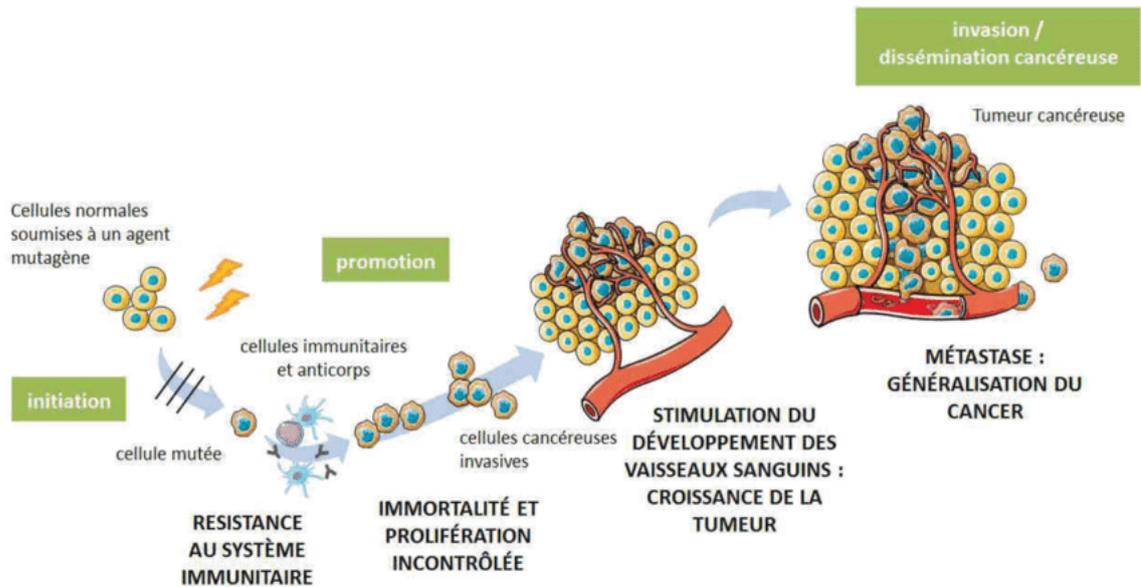


Figure 15 : Etapes de cancérisation (j).

De nombreuses études ont été réalisées sur des modèles animaux pour tester l'activité antimutagène et l'activité chimiopréventive, ont démontrée à l'aide de différentes préparations d'ail, notamment des extraits d'ail frais, de l'ail vieilli, de l'huile d'ail et un certain nombre de composés organosoufrés dérivés de l'ail, l'activité chimiopréventive. Bien que le mécanisme d'action exact ne soit pas encore entièrement compris, plusieurs mécanismes d'action ont été proposés. Ceux-ci comprennent les enzymes métabolisant les médicaments, les propriétés antioxydants et leurs effets sur l'inhibition de la croissance tumorale. Récemment, il a été observé que l'extrait d'ail vieilli, a une activité de piégeage des radicaux libres plus puissante par rapport à l'extrait frais. Les deux principaux composés de l'ail vieilli, la S-allylcystéine et la S-allylmercapto-L-cystéine, avaient l'activité de piégeage des radicaux libres la plus élevée (**londhe et al., 2011**).

IL a été démontré que certains composés organosoufrés dérivés de l'ail, dont la S-allylcystéine, retardent la croissance de tumeurs induites chimiquement et implantables dans divers modèles animaux (**londhe et al., 2011**).

De nombreuses études *in vivo* et *in vitro* ont montré que l'ajoène induit l'apoptose dans les cellules cancéreuses mais pas dans les cellules saines. Cela peut être dû à la formation de peroxyde. Et induit 30% d'apoptose dans les myéloblastes de patients atteints de leucémie myéloïde chronique en crise blastique. L'ajoène a considérablement amélioré l'effet inhibiteur des agents chimio thérapeutiques (**Choudhary et al., 2022**).

Rahman 2007. En présence d'Ajoene, des cellules leucémiques humaines HL60 ont été arrêtées en phase G2/M. L'activité catalytique de la trypsine et des protéases de type chymotrypsine a été inhibée (**Tsai et al., 2012**).

En **2007**, **Rahman** a étudié l'effet chimio préventif de l'allicine sur la croissance des cellules cancéreuses d'origine murine et humaine par un test de viabilité cellulaire. Il a découvert que l'allicine inhibe la croissance des cellules cancéreuses et induit l'apoptose avec des caractéristiques typiques telles que les corps apoptotiques, la fragmentation de l'ADN, l'activation de la caspase et la poly (ADP-ribose)-clivage polymérase, par conséquent, ces effets de l'allicine l'emportent partiellement sur les propriétés anti cancérigènes décrites de l'ail.

Dans une autre étude, l'activité de l'allicine dans le cancer du sein triple négatif a été trouvée dans l'ail, en particulier le composant thioallyliques a été attribué à ses propriétés anticancéreuses et il a été démontré qu'il empêchait la toxine de se lier de manière covalente au matériel génétique (**Sharma et al., 2021**).

Il est prouvé que l'ail et ses organosulfures inhibent l'invasion tumorale et les métastases (**Tsai et al., 2012**). Ces substances organosoufrées telles que le **DAS**, le **DADS** et le **DATS** empêchent la croissance des cellules malignes pendant la phase du cycle cellulaire (**Choudhary et al., 2022**).

Dans les cellules cancéreuses du côlon humain (**Tsai et al., 2012**), il a été démontré que le **DAS**, le **DADS** et le **DATS** jouent des rôles différents dans la diminution de la cycline-Cdk7 kinase et l'augmentation des niveaux de protéine cycline B1. Il a été démontré que l'arrêt des cellules tumorales hépatiques humaines J5 dans les cellules en phase G2 / M.IL provoque l'apoptose induite par **DATS** dans les cellules cancéreuses de la prostate humaines PC3.

2.2. Activité Anti-hypertensive

L'utilisation la plus connue de l'ail est peut-être celle de thérapie complémentaire pour abaisser la tension artérielle (pression artérielle systolique 140 mmHg et pression artérielle diastolique 90 mmHg). Bien que son mécanisme d'action moléculaire ne soit pas encore clair. Il a été révélé que la progression du cycle cellulaire stimulée par l'angiotensine II et la migration des cellules musculaires lisses aortiques étaient bloquées par le sulfure d'allylméthyle (AMS) et le sulfure de diallyle (DAS) (**Choudhary et al., 2022**).

Un groupe de chercheurs a examiné l'activité antihypertensive de l'ail dans le modèle d'hypertension du rat (2K1C) et a trouvé une corrélation inverse entre la consommation d'ail et la tension artérielle. Comme étudié chez des rats 2K1C, un groupe de chercheurs a étudié des extraits d'ail crus pour le traitement de l'hypertension artérielle. (**Sharma et al., 2021**).

Y-glutamyl peptide et y-glutamyl allyl cystéine sulfoxyde de feuilles d'ail a des effets bénéfique sur l'hypertension (**Vannereau et Mellouki, 2013**). L'allicine abaisse les niveaux de calcium cellulaire et provoque la relaxation des muscles lisses et la réduction de la pression vasculaire et sanguine (**Hughes et Lawson, 1991**).

Vannereau et Mellouki, 2013 ont démontré que le peptide Y-glutamyl et le sulfoxyde de Y-gluta-miallylcystéine des feuilles d'ail inhibent près de 60 % des enzymes impliquées dans la régulation de la pression artérielle *in vitro*, ce qui peut exercer des effets bénéfiques sur l'hypertension, à savoir l'enzyme de conversion de l'angiotensine I.

Vingt-six patients hypertendus ont reçu deux comprimés d'alliine contenant 4,75 g de concentré d'ail (environ 2,375 g de persil séché et 0,31 g d'ail séché) trois fois par jour pendant trois jours. Des réductions moyennes de la pression artérielle systolique et diastolique de 12,3 mmHg et 6,5 mmHg, respectivement, ont été observées chez 85 patients. Il a également déclaré que 12 des 13 patients avaient un soulagement des étourdissements, tandis (**Choudhary et al., 2022**).

Les études sur des modèles animaux pour déterminer les effets de l'ail sur la tension artérielle sont rares, mais tous ces rapports indiquent que l'ail abaisse la tension artérielle. Par exemple, la prise de 2 % de poudre des feuilles d'ail sauvage pendant 8 semaines est efficace pour abaisser la tension artérielle des rat normo-tendus (**londhe et al., 2011**).

2.3. Activité antimicrobienne

L'ail a été surnommé la pénicilline russe pour son utilisation répandue comme antiseptique topique et systémique. Les propriétés antimicrobiennes de l'ail ont été décrites pour la première fois par Pasteur (1958) à travers son activité contre une variété de bactéries, virus, parasites, protozoaires et champignons (**Divya et al., 2017**).

Sharma et al., (2021) ont démontré que diverses préparations d'ail ont une activité antimicrobienne à large spectre contre les bactéries Gram-négatives et Gram-positives, notamment *Escherichia coli*, *Salmonella*, *Staphylococcus*, *Streptococcus*, *Klebsiella*, *Proteus*, *Bacillus* et *Clostridium*. Même les bactéries acido-résistantes comme *Mycobacterium*

tuberculosis sont sensibles à l'ail. Ils ont étudié l'effet de l'ail sur le microbiome buccal, explore l'ail comme antidote et étudie les effets anti-biofilm des nanoparticules chargées d'extrait d'ail.

Vannereau et Mellouki, 2013 ont montré que l'allicine et d'autres thiosulfates ont un effet inhibiteur sur *Mycobacterium avium*, responsable d'infections pulmonaires sévères chez les patients atteints du SIDA. Un extrait contenant 1 mg/ml de thiosulfate était suffisant pour inhiber complètement la croissance des mycobactéries en culture.

Rahman a rapporté en **2007** que l'allicine présentait une activité antibiotique. Les recherches ont prouvé les effets de certaines des épices les plus couramment utilisées sur les bactéries intestinales saines et malades *in vitro* et a rapporté que l'ail était le plus efficace pour inhiber la croissance de certaines bactéries.

Les propriétés antimicrobiennes *in vivo* ont été démontrées d'un extrait aqueux d'*Allium sativum* contre les flores gram-négatives et gram-positives dans le tractus gastro-intestinal des poussins, indiquant son efficacité contre ces deux flores. L'extrait d'ail peut également inhiber certaines flores bactériennes résistantes à certains antibiotiques utilisés, ils ont en outre souligné l'effet inhibiteur de l'ail sur *E. coli* entérotoxigène.

Fujisawa et al., (2009) ont comparé les effets antibactériens des extraits d'ail frais et de l'allicine Purifié. Ils ont souligné que le premier médicament était légèrement plus efficace contre *Staphylococcus aureus*, contre lequel l'allicine était 8% aussi efficace que la vancomycine, un antibiotique courant contre cette même bactérie. **Harjai et al., (2010)** ont montré que l'ail bloque le quorum sensing et atténue la virulence de *Pseudomonas aeruginosa*, un pathogène qui cause des maladies nosocomiales. L'utilisation de l'ail dans les préparations de tomates a également été proposée comme agent antimicrobien naturel (**Dethier, 2010**).

3. Toxicité d'*Allium sativum* L.

Bien que l'ail soit largement utilisé, mais connue par la toxicité limitée de ses composés organosoufrés (**Dahiya et al., 2022**). De nombreuses recherches ont été menées sur l'évaluation de la toxicité d'*A. sativum* (**Tudu et al., 2022**).

Amagase, (2006) fait une expérience chez la souris pour évaluer la dose létale 50 (la dose à laquelle 50 % des animaux meurent). L'allicine est de 309 mg/kg pour les mâles et de 363 mg/kg pour les femelles. À 145mg/kg le disulfure de diallyle est de 130 mg/kg chez les mâles

et de 130 mg/kg chez la femme. Estimation finale de la concentration de S-allylcystéine est de 8890 mg/kg pour les mâles et de 9390 mg/kg pour les femelles.

Pharmacologique, l'allicine qui Peut agit comme un antibiotique à large spectre ayant des effets bactéricides sur les bactéries gram-négatives et gram-positives. Par conséquent, une utilisation excessive peut entraîner la mort de la flore normale du corps, provoquant la colonisation du corps par des microbes étrangers. La toxicité de l'allicine dans les ails s'accompagne d'une utilisation excessive et certains effets secondaires sont également mis en évidence afin que le patient puisse attribuer ces changements à l'utilisation de la concoction d'ail, ce qui aidera grandement à la bonne gestion de ces toxicités (**Alare et al., 2020**).

Le DAS est le principal composé organosulfuré présent dans l'ail, c'est pourquoi nous avons l'intention d'évaluer la toxicité du DAS par voie orale. Des études antérieures suggèrent fortement que l'utilisation de DAS à des concentrations très élevées peut induire des effets toxiques importants. D'autres études ont également démontré des toxicités considérables de l'ail à des doses plus élevées. Des rapports antérieurs ont fait état de DL50 pour des extraits d'ail à une dose comprise entre 0,5 ml/kg et 30 ml/kg administrés par diverses voies à des rats et des souris (**Dahiya et al, 2022**).

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.

Ce travail est une recherche approfondie sur les activités antioxydante et anti inflammatoires de l'ail, englobe deux parties, la première contient la présentation de l'origine et la répartition géographique d'*Allium sativum L*, caractéristiques morphologiques, la culture, l'utilisation et la phytochimie. Concernant la deuxième partie, qui est le but principal de ce travail, c'est de déterminer les activités antioxydantes et anti-inflammatoires.

L'ail plante potagère de la famille des liliacées dont La racine à bulbe est composée de trois à 20 bulbilles, considéré comme l'une des plantes médicinales utilisées depuis l'Antiquité en médecine traditionnelle. C'est ce qui a poussé les chercheurs à étudier ses composants et à en extraire certains médicaments. Cette espèce est connue pour contenir des acides aminés soufrés ainsi que de nombreuses vitamines et minéraux, Une variété de métabolites secondaires, y compris les flavonoïdes, et les saponines.

En effet, *Allium sativum L*. est utilisé en médecine traditionnelle pour traiter les rhumes et les infections respiratoires et pour éliminer les vers intestinaux, traiter l'hypertension artérielle légère, ainsi recommandé de brûler les verrues et de traiter les mycoses cutanées. Nombreuse effets thérapeutiques ont été exploré par des études *in vivo* et *in vitro*.

Sur la base des informations contenues dans des études antérieures sur les propriétés de cette espèce, nous pouvons retenir que l' *Allium savitum L* est riche en vitamines, minéraux et de quantité de métabolites secondaires biologiquement actifs, les plus importants d'entre eux sont les composés orgnosulfures, Cela justifie, selon plusieurs auteurs, ses propriétés antioxydantes et anti-inflammatoires.

L'ensemble de ces résultats a permis de constater que l'ail est très intéressant sur le plan nutritionnel et Médical.

الثوم هو نبات عطري وعشبي من عائلة Alliaceae والتوابل المستخدمة على نطاق واسع في جميع أنحاء العالم لقيمتها الطبية والطهوية. اظهرت الدراسة البيولوجية الجغرافية للثوم عن وجود العديد من المركبات النشطة بيولوجيًا، مثل الأليسين، الأليين، كبريتيد الديليل، ثنائي كبريتيد الديليل، دياليل ثلاثي كبريتيد، أجوين، إس-أليل-سيسيتين، وبيتيدات جاما-جلوتاميل. كما تم التعرف على المركبات الفينولية ووجود مادة السابونين. أظهرت الأبحاث التي أجريت في المختبر وفي الجسم الحي أن الثوم ومكوناته النشطة بيولوجيًا لها خصائص من بين أهم خصائصه: مضادات الأكسدة ومضادات الالتهابات، وخواص أخرى مثل مضادات السرطان، مضادات الميكروبات، ومضادة لارتفاع ضغط الدم.

الكلمات المفتاحية: الثوم ، مضاد للأكسدة، مضاد للالتهابات، المركبات الفينولية، نبات.

RESUME

L'ail est une plante aromatique, herbacé de la famille Alliacees et épice largement utilisés dans le monde entier pour sa valeur médicinale et culinaire. L'étude bibliographique de l'ail a permis de montrer la présence de divers composés bioactifs, tels que l'allicine, l'alliine, le sulfure de diallyle, le disulfure de diallyle, le trisulfure de diallyle, l'ajoène, la S-allyl-cystéine et gamma-glutamyl-peptides. Les composés phénoliques ont été également identifiés. Les travaux menés *in vitro* et *in vivo* montrent que l'ail et ses constituants bioactifs présentent des propriétés thérapeutiques, parmi ses propriétés les plus importantes : antioxydantes, anti-inflammatoires, anticancéreuses, antimicrobienne et anti-hypertensive.

Mots-clés : Ail, Antioxydant, Anti-inflammatoire, Composés phénoliques, Plante.

Abstract

Garlic is an aromatic, herbaceous plant of the Alliaceae family and spice widely used throughout the world for its medicinal and culinary value. The bibliographic study of garlic has shown the presence of various bioactive compounds, such as allicin, alliin, diallyl sulfide, diallyl disulfide, diallyl trisulfide, ajoene, S-allyl-cysteine and gamma-glutamyl-peptides. Phenolic compound were also identified. Work carried out *in vitro* and *in vivo* shows that garlic and its bioactive constituents have therapeutic properties among its most important properties: antioxidants, anti-inflammatory, anti-cancer, antimicrobial and anti-hypertensive.

Key words: Garlic, Antioxidant, Anti-inflammatory, Phenolic compound, Plant.

Références

Bibliographiques

A

Alam, D., Hoq, D., & Uddin, D. (2016). Medicinal plant *Allium sativum* = A Review. *Journal of Medicinal Plants Studies*, 4(6), 72-79.

Alare, K., & Alare, T. (2020). Review of Toxicity of Allicin from Garlic. *Open Access J Toxicol*.

Amagase H. Clarifying the Real Bioactive Constituents of Garlic. *J Nutr.* 2006 ; 136(3) :716S-725S.

Aniaïl. (2007). Association Nationale Interprofessionnelle de l'Ail. Manifeste pour l'ail denos terroirs. Dossier de press pp : 15.

Arvy, M.P. et Gallouin, F. (2003). Epices aromates et condiments. Paris : Belin. P : 24-30.

B

Bahorun, T., Gressier, B., Trotin, F., Brunet, C., Dine, T., Luyckx, M., . . . Pinkas, M. (1996). Oxygen species scavenging activity of phenolic extracts from hawthorn fresh plant organs and pharmaceutical preparations. *Arzneimittel-forschung*, 46(11), 1086-1089.

Balisa Mosisa Ejeta, Yohanis Sitotaw, Seid Imamu, Wondwosen, Meskerem Adamu, et al. (2022) eview on the Medicinal uses and Safety Profiles of *AlliumSativum* Linn (Garlic). *Journal of Medicine and Healthcare*. SRC/JMHC-260.

Bechaa, B. (2021). Contribution à l'étude de l'effet des prétraitements sur la conservation de l'ail Doctoral dissertation, Université Batna 1.

Benslama.A(2020). Etude phytochimique et activités antioxydante et hépatoprotectrice des extraits de *Thymus pallidus*.Thèse de doctorat,Université Ferhat Abbas Sétif 1

Bernard, J R. Regnault-Roger, C. Philogène et Vincent, C. (2002). Biopesticides d'origine

Bourgoin, M A. Garzaguajardo, R. Philippe, G et Souchet S. (2017). Étude des propriétésAntimicrobiennes de l'extrait d'ail (*Allium sativum* L.). École supérieure d'agricultures, f49000 Angers, France, Pp : 2.

Bruneton J. (2009). Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales. 4e éd. Paris ; Cachan : Éd. Tec& doc ; Éd. médicales internationaux, 1269p.

C

Chabrier J. Y. 2010. *Plantes médicinales et formes d'utilisation en phytothérapie* (Doctoral dissertation, UHP-Université Henri Poincaré).p172.

Choudhary, S., Ubed Noor, M., Hussain, M., Mishra, M., & Tyagi, S. (2022).Pharmacological properties and phytoconstituents of garlic (*Allium*. *Biological Sciences, 02(04)*, 338-346.

Chung, L. Y. (2006). The antioxidant properties of garlic compounds: allyl cysteine, alliin, allicin, and allyl disulfide. *Journal of medicinal food, 9(2)*, 205-213.

Colin, L. (2016). L'ail et son intérêt en phytothérapie (Doctoral dissertation, Université de Lorraine).

D

Dahiya, A., Prakash, A., Agrawala, P. K., & Dutta, A. (2022).Investigation on Oral Toxicity of Diallyl Sulfide : A Principle Organosulfur Compound Derived from *Allium Sativum* (Garlic) in mice. *Defence Life Science Journal, 7(1)*, 3-10.

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 ; 2009, 106p.

Dethier, B2010.Contribution à l'étude de la synthèse de l'alliine de l'ail. Thèse : Bioingénieur .Université de Liège. Belgique.

Diallo.I., 2019. Potentiels anti-oxydants et anti-inflammatoires de sporophores de *Lentinula edo-des* (Shiitake) sous différentes conditions de culture. *Médecine humaine et pathologie. UniversitéMontpellier, Français* : 181p.

Din, N., Dibong, S. D., Mpondo, E. M., Priso, R. J., Kwin, N. F., & Ngoye, A. (2011). Inventory and identification of plants used in the treatment of diabetes in Douala Town (Cameroon). *European Journal of Medicinal Plants, 1(3)*, 60-73.

Divya, B. J., Suman, B., Kumar, L. L., Venkataswamy, M., Eswari, B., & Thyagaraju, K. (2017). The role of *Allium sativum* (Garlic) in various diseases and its health benefits: a comprehensive review. *Int. J. Adv. Res, 5(8)*, 592-602.

Douaouya. L.(2017).Investigation phytochimique et étude des activités biologiques d'une variété locale de l'Allium sativum L.*Thèse de doctorat, université badji mokhtar, annaba.*

E

El, F., HASIB, A., BOUILLI, A., BOUSSADA, L., & ABIDI, O. (2021).Phytochemical compounds and Pharmacological Activities of Garlic (Allium sativum L.) : A Review. Moroccan Journal of Public Health, 3(2).

El-Saber Batiha, G., Magdy Beshbishy, A., G. Wasef, L., Elewa, Y. H., A. Al-Sagan, A., Abd El-Hack, M. E., ... & Prasad Devkota, H. (2020). Chemical constituents and pharmacological activities of garlic (Allium sativum L.): A review. Nutrients, 12(3), 872

F

Food and Agricultural Organization (FAO) 2020. Global review of area and production of garlic.

Fujisawa et al. (2009) Fujisawa, H., K. Watanabe, Suma K., Origuchi K., Matsufuji H., Seki T., Ariga T., 2009.Antibacterial Potential of Garlic-Derived Allicin and Its Cancellation by Sulfhydryl Compounds.*Bioscience Biotechnology and Biochemistry*, **73** (9) : 1948-1955.

Fullerton & Gilroy, 2016). Fullerton J. N.et Gilroy D. W. (2016). Resolution of inflammation: a new therapeutic frontier. Nature reviews Drug discovery, 15(8), pp.551-567.

G

G. Hodge, S. Hodge and P. Han, Allium sativum (garlic) suppresses leukocyte inflammatory cytokine production in vitro: potential therapeutic use in the treatment of inflammatory bowel disease, *Cytometry*, 2002, 48, 209–215.

Gambogou. B. Ameyapoh. Y. Gbekley. E et Djeri.B, (2019). Revue sur l'Ailet ses composés bioactifs. Review on Garlic and its bioactive compounds.*European Scientific Journal*.1857- 7431.

Ghedira, K. (2005). Les flavonoïdes : structure, propriétés biologiques, rôle prophylactique et emplois en thérapeutique. *Phytotherapie*, 3(4), 162–169.

Références bibliographiques

Ghesquiere, C. (2016). Les bienfaits de l'ail dans les maladies cardiovasculaires. Thèse pour le diplôme d'état de docteur en Pharmacie, Université de Picardie Jules Verne. 2016.

Ghnimi, W. (2015). Thèse de doctorat en cotutelle : université de Lorraine (France) et université de Carthage (Tunisie).

Goetz, P., & Ghedira, K. (2012). *Allium sativum* L. (Alliaceae): ail. In *Phytothérapie anti-infectieuse* (pp. 211-220). Springer, Paris.

Grosjean, N. (2011). *L'aromathérapie*. Editions Eyrolles.

H

Hao, Y., Xing, M., & Gu, X. (2021). Research progress on oxidative stress and its nutritional regulation strategies in pigs. *Animals*, 11(5), 1384.

Harjai, K., Kumar, R., & Singh, S. (2010). Garlic blocks quorum sensing and attenuates the virulence of *Pseudomonas aeruginosa*. *FEMS Immunology & Medical Microbiology*, 58(2), 161-168.

Hughes, B. G., & Lawson, L. D. (1991). Antimicrobial effects of *Allium sativum* L. (garlic), *Allium ampeloprasum* L. (elephant garlic), and *Allium cepa* L. (onion), garlic compounds and commercial garlic supplement products. *Phytotherapy Research*, 5(4), 154-158.

K

Khan, M. M., Khalilullah, H., Eid, E. E., Azam, F., Khan, M. A., Khan, A., ... & Anwar, M. (2022). A Dig Deep to Scout the Pharmacological and Clinical Facet of Garlic (*Allium sativum*). *Current Traditional Medicine*, 8(1), 1-19.

Kouassi Agbo So, T., Abdou, R., Saidou Sani, I., Toudou, A., & Bakasso, Y. (2021). Garlic (*Allium sativum* L.): Overview on its Biology. *Asian Journal of Biochemistry, Genetics and Molecular*, 7(3), 1-10.

Kundra, A. (2015). Isolation and Characterization of Protein derived from Garlic Scale and their application in Bone Tissue Engineering (Doctoral dissertation).

L

Lambinon J., Delvosalle L., Duvigneaud J., 2004. Nouvelle flore de la Belgique, du Grand-Duché de Luxembourg, du Nord de la France et des Régions voisines (Ptéridophytes et

Références bibliographiques

Spermatophytes). 5 éd. Meise, Editions du Patrimoine du Jardin botanique national de Belgique.

Londhe, V. P., Gavasane, A. T., Nipate, S. S., Bandawane, D. D., & Chaudhari, P. D. (2011). Role of garlic (*Allium sativum*) in various diseases: An overview. *Angiogenesis*, 12(13), 129-134.

M

Matschke V., Theiss C., Matschke J. (2019). Oxidative stress: the lowest common denominator of multiple diseases. *Neural Regen Res*. 14 (2): 238-241.

Melguizo-Rodríguez, L., García-Recio, E., Ruiz, C., De Luna-Bertos, E., Illescas-Montes, R., & Costela-Ruiz, V. J. (2022). Biological properties and therapeutic applications of garlic and its components. *Food & Function*, 13(5), 2415-2426.

Mohamed, A. B. (2018). Impact des fibres alimentaires et des acides gras à chaîne courte sur le dialogue tube digestif, foie et tissus périphériques, dans le cadre d'une surnutrition (Doctoral dissertation, Université Clermont Auvergne [2017-2020]).

Moutia, M., Habti, N., & Badou, A. (2018). In vitro and in vivo immunomodulator activities of *Allium sativum* L. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2018.

N

Najja, Hanen., Zouari, Sami., Arnault, Ingrid., Auger, Jacques., Ammar, Emna., Neffati, Mohamed. Différences et similitudes des métabolites secondaires chez deux espèces du genre *Allium*, *Allium roseum* L. et *Allium ampeloprasum* L., 2010, 158 (1), 111-123, 2011.

Najjaa, H., Zouari, S., Arnault, I., Auger, J., Ammar, E., Neffati, M., (2011). Différences et similitudes des métabolites secondaires chez deux espèces du genre *Allium*, *Allium roseum* L. et *Allium ampeloprasum* L. *Acta Botanica Gallica* 158, 111-123.

Naznin, M.T., et al., Characterization of E- and Z-ajoene obtained from different varieties of garlics. *Food Chemistry*, 2008, vol 106, pp 1113–1119.

Nouroz, F., Mehboob, M., Noreen, S., Zaidi, F., & Mobin, T. (2015). A review on anticancer activities of garlic (*Allium sativum* L.). *Middle East J Sci Res*, 23(6), 1145-1151.

Nurwantoro ., Bintoro V.P., Legowo A.M., Purnomoadi A., SetianI B.E. (2015). Garlic Antioxidant (*Allium sativum* L.) to Prevent Meat Rancidity. *Procedia Food Science*, 3, 137 – 141.

P

Papu, S., Jaivir, S., Sweta, S., & Singh, B. R. (2014). Medicinal values of garlic (*Allium sativum* L.) in human life : an overview. *Greener Journal of Agricultural Sciences*, 4(6), 265-280.

Pascale, C. M. (2019). The weaponization of language : Discourses of rising right-wing authoritarianism. *Current Sociology*, 67(6), 898-917.

Prasad, K ., Laxdal, V .A., Yu, M.et al. Antioxidant activity of allicin, an active principle in garlic. *Mol Cell Biochem* 148, 183-189(1995).

R

Rahman, M. S. (2007). Allicin and other functional active components in garlic : Health benefits and bioavailability. *International Journal of Food Properties*, 10(2), 245-268.

S

Sabrina, B. (2021). Activité antimicrobienne, antioxydante et anticoccidienne des extraits phénoliques de quelques plantes médicinales locales. Thèse de doctorat, Université Ferhat Abbas Sétif 1.

Saleh N.E., Michael F.R., Toutou M.M. (2015). Evaluation of garlic and onion powder as phyto-additives in the diet of sea bass (*Dicentrarchus labrax*). *Egyptian Journal of Aquatic Research*, 41, 211–217.

Santhosha SG, Jamuna P, Prabhavathi SN. Bioactive components of garlic and their physiological role in health maintenance: A review. *Food Biosci.* 2013 ; 3 :59-74.

Satiadev Seetohul. L'ail condiment et médicament. *PROSI Magazine* – N° 351, 1998.

Sendl A. *Allium sativum* and *Allium ursinum*: Part 1 Chemistry, analysis, history, botany. *Phytomedicine*. 1995; 1(4):323-39.

Références bibliographiques

Shang, A., Cao, S. Y., Xu, X. Y., Gan, R. Y., Tang, G. Y., Corke, H., ... & Li, H. B. (2019). Bioactive compound and biological functions of garlic (*Allium sativum* L.). *Foods*, 8(7), 246.

Sharma, N., Behl, T., Singh, S., Bansal, A., Singh, S. K., & Zahoor, I. (2021). Expatriating the therapeutic profile of garlic (*Allium sativum*): a bench to bedside approach. *Biointerface Res. Appl. Chem*, 11(6), 14225-14239.

Singh, R., & Singh, K. (2019). Garlic: A spice with wide medicinal actions. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 8(1), 1349-1355.

Suleria H. A. R., Butt M. S., Khalid N., Sultan S., Raza A., Aleem M. & Abbas M. (2015). Garlic (*Allium sativum* L.) : diet based therapy of 21st century—a review. *Asian Pacific Journal of Tropical Disease*, 5, 271-278.

T

Touil, A., Litaïem, J., & Zagrouba, F. (2015). Isothermes de sorption et propriétés thermodynamique de l'*Allium sativum*. *Journal of the Tunisian Chemical Society*, 17: 105-114.

Trudel, R. (2005). Protéine de l'ail, *Allium sativum*, au service de la lutte contre des insectes piqueurs-suceurs (Homoptera). *Phytoprotection*, 86(2), 87.

Tsai, C. W., Chen, H. W., Sheen, L. Y., & Lii, C. K. (2012). Garlic: Health benefits and actions. *BioMedicine*, 2(1), 17-29.

Tudu, C. K., Dutta, T., Ghorai, M., Biswas, P., Samanta, D., Oleksak, P., ...& Dey, A. (2022). Traditional uses, phytochemistry, pharmacology and toxicology of garlic (*Allium sativum*), a storehouse of diverse phytochemicals: A review of research from the last decade focusing on health and nutritional implications.

V

Vannereau A., Mellouki F. 2013. Quelques exemples d'activités biologiques des substances soufrées des *Allium* utilisées en phytothérapie. *Acta Botanica Gallica*. Pp 145.

Verbois, S. (2015). La phytothérapie. Une synthèse de référence illustrée pour découvrir les vertus et profiter des bienfaits des plantes. Eyrolles Pratique. 190p.

Z

Zugaro, S., Benedetti, E., & Caioni, G. (2023). Garlic (*Allium sativum* L.) as an Ally in the Treatment of Inflammatory Bowel Diseases. *Current Issues in Molecular Biology*, 45(1), 685-698.

Site web

(a) **Gerbeaud X.** Ail - *allium sativum* [Internet]. Gerbeaud.com. 2008 [cité 13 Oct 2015]. Disponible sur : <http://www.gerbeaud.com/fruit-legume-de-saison/ail-alliumsativum.php>

(b) **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-legume-racine,6529.html>

(c) **Le petit mas.** Ail et fleurs d'ail du Québec [Internet]. Le petit mas. 2013 [cité 15 oct 2015]. Disponible sur : <http://lepetitmas.ca/blog/pourquoi-et-a-quel-moment-doit-on-recolter-la-fleur-d-ail/>

(d) **Waste magazine.** *Allium sativum* [Internet]. Magazine on line waste. [cité 20 oct 2015]. Disponible sur : <http://waste.ideal.es/alliumsativum.htm>

(e) Filière des plantes médicinales biologiques du Québec. *Allium sativum*, Guide de production sous régie biologique [en ligne]. Edition 2009. Disponible sur : [«http://www.agrireseau.qc.ca/agriculturebiologique/documents/guide-ail.pdf»](http://www.agrireseau.qc.ca/agriculturebiologique/documents/guide-ail.pdf)

(f) <https://www.vidal.fr/parapharmacie/phytotherapie-plantes/ail-allium-sativum.html>

consulté le 29.04.2023.

(g) **Costeplane Chloé** L'ail : un véritable super-aliment [Internet]. Word Press.com. Disponible sur : <https://chloecosteplane.files.wordpress.com/2018/02/travail-de-recherche-sur-lail.pdf> consulté le 14 .04 .2023.

(h) <https://quizlet.com/fr-fr/fiches-de-memorisation/iten-185-reaction-inflammatoire-aspects-biologiques-et-cliniques-conduite-a-tenir-743279255> consulté le 28.04.2023.

Références bibliographiques

(i) <https://www.ameli.fr/assure/sante/themes/cancers/definition-processus-developpement>

Consulté le 13.05.2023.

(j) <https://www.researchgate.net/figure/Les-etapes-de-la-cancerisation-fig1-323334601>

Consulté le 13.05.2023.