



جامعة محمد الخامس بالرباط  
Université Mohammed V de Rabat

**UNIVERSITE MOHAMMED V-RABAT  
FACULTE DE MEDECINE ET DE  
PHARMACIE RABAT**



**Année : 2020**

**Thèse N° : 61**

**L'AIL ALIMENT OU MÉDICAMENT ?**

**THÈSE**

Présentée et soutenue publiquement le : .../.../2020

Par :

Monsieur **Ali AYOUBI**

Né le 05/08/1994 à Tata

**Pour l'Obtention du diplôme de  
Docteur en Pharmacie**

**Mots clés** : Ail ; Nutrition ; Médicament ; Phytothérapie.

**Membres du Jury** :

**Madame Saida TELLAL**

Professeur de Biochimie

**Monsieur Rachid NEJJARI**

Professeur de Pharmacognosie

**Monsieur Jaouad EL HARTI**

Professeur de Chimie Thérapeutique

**Monsieur Mustapha BOUATIA**

Professeur de Chimie Analytique et Bromatologie

**Président**

**Rapporteur**

**Juge**

**Juge**

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

سبحانك لا علم لنا إلا  
ما علمتنا إنك أنت العليم  
الحكيم

سورة البقرة: الآية: 31

صَدَقَ اللَّهُ الْعَظِيمَ



**UNIVERSITE MOHAMMED V DE RABAT**  
**FACULTE DE MEDECINE ET DE PHARMACIE - RABAT**

**DOYENS HONORAIRES :**

- 1962 – 1969 : Professeur Abdelmalek FARAJ  
1969 – 1974 : Professeur Abdellatif BERBICH  
1974 – 1981 : Professeur Bachir LAZRAK  
1981 – 1989 : Professeur Taieb CHKILI  
1989 – 1997 : Professeur Mohamed Tahar ALAOUI  
1997 – 2003 : Professeur Abdelmajid BELMAHI  
2003 - 2013 : Professeur Najia HAJJAJ – HASSOUNI

**ADMINISTRATION:**

***Doyen*** Professeur Mohamed ADNAOUI

***Vice-Doyen chargé des Affaires Académiques et étudiantes***

Professeur Brahim LEKEHAL

***Vice-Doyen chargé de la Recherche et de la Coopération***

Professeur Toufiq DAKKA

***Vice-Doyen chargé des Affaires Spécifiques à la Pharmacie***

Professeur Younes RAHALI

***Secrétaire Général :***

Mr. Mohamed KARRA

\*Enseignants Militaires

## 1. ENSEIGNANTS.CHERCHEURS MEDECINS ET PHARMACIENS

### PROFESSEURS DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR :

#### Décembre 1984

Pr. MMOUNI Abdelaziz	Médecine Interne - <u>Clinique Royale</u>
Pr. MAAZOUZI Ahmed Wajdi	Anesthésie -Réanimation
Pr. SETTAF Abdellatif	Pathologie Chirurgicale

#### Décembre 1989

Pr. ADNAOUI Mohamed	Médecine Interne - <u>Doyen de la FMPR</u>
Pr. OUZZANI Taïbi Mohamed Réda	Neurologie

#### Janvier et Novembre 1990

Pr. KHARBACH Aïcha	Gynécologie .Obstétrique
Pr. TAZI Saoud Anas	Anesthésie Réanimation

#### Février Avril Juillet et Décembre 1991

Pr. AZZOUZI Abderrahim	Anesthésie Réanimation- <u>Doyen de FMPO</u>
Pr. BAYAHIA Rabéa	Néphrologie
Pr. BELKOUCHI Abdelkader	Chirurgie Générale
Pr. BENCHEKROUN Belabbes Abdellatif	Chirurgie Générale
Pr. BENSOUA Yahia	Pharmacie galénique
Pr. BERRAHO Amina	Ophtalmologie
Pr. BEZAD Rachid	Gynécologie Obstétrique <u>Méd. Chef Maternité des Orangers</u>
Pr. CHERRAH Yahia	Pharmacologie
Pr. CHOKAIRI Omar	Histologie Embryologie
Pr. KHATTAB Mohamed	Pédiatrie
Pr. SOUIAYMANI Rachida	Pharmacologie <u>Di r. du Centre National PV Rabat</u>
Pr. TAOUFIK Jamal	Chimie thérapeutique

#### Décembre 1992

Pr. AHALIAT Mohamed	Chirurgie Générale <u>Doyen de FMPT</u>
Pr. BENSOUA Adil	Anesthésie Réanimation
Pr. CHAHED OUZZANI Laaziza	Gastro-Entérologie
Pr. CHRAIBI Chafiq	Gynécologie Obstétrique
Pr. EL OUAHABI Abdessamad	Neurochirurgie
Pr. FELIAT Rokaya	Cardiologie
Pr. JIDDANE Mohamed	Anatomie
Pr. TAGHY Ahmed	Chirurgie Générale
Pr. ZOUHDI Mimoun	Microbiologie

\*Enseignants Militaires

### **Mars 1994**

Pr. BENJAAFAR Noureddine  
Pr. BEN RAIS Nozha  
Pr. CAOUI Malika  
Pr. CHRAIBI Abdelmjid

Pr. EL AMRANI Sabah  
Pr. ERROUGANI Abdelkader  
Pr. ESSAKALI Malika  
Pr. ETTAYEBI Fouad  
Pr. IFRINE Lahssan  
Pr. RHRAB Brahim  
Pr. SENOUCI Karima

### **Mars 1994**

Pr. ABBAR Mohamed\*  
Pr. BENTAHIA Abdelali  
Pr. BERRADA Mohamed Saleh  
Pr. CHERKAOUI Lalla Ouafae  
Pr. IAKHDAR Amina  
Pr. MOUANE Nezha

### **Mars 1995**

Pr. ABOUQUAL Redouane  
Pr. AMRAOUI Mohamed  
Pr. BAIDADA Abdelaziz  
Pr. BARGACH Samir  
Pr. EL MESNAOUI Abbes  
Pr. ESSAKALI HOUSSYNI Leila  
Pr. IBEN ATIYA ANDALOUSSI  
Ahmed  
Pr. OUAZZANI CHAHDI Bahia  
Pr. SEFIANI Abdelaziz  
Pr. ZEGGWAGH Amine Ali

### **Décembre 1996**

Pr. BELKACEM Rachid  
Pr. BOUIANOUAR Abdelkrim  
Pr. EL AIAMI EL FARICHA EL  
Hassan  
Pr. GAOUZI Ahmed  
Pr. OUZEDDOUN Naima  
Pr. ZBIR EL Mehdi\*

Radiothérapie  
Biophysique  
Biophysique  
Endocrinologie et Maladies Métaboliques **Doyen de la FMPA**  
Gynécologie Obstétrique  
Chirurgie Générale - **Directeur du CHIS**  
Immunologie  
Chirurgie Pédiatrique  
Chirurgie Générale  
Gynécologie -Obstétrique  
Dermatologie

Urologie **Inspecteur du SSM**  
Pédiatrie  
Traumatologie - Orthopédie  
Ophtalmologie  
Gynécologie Obstétrique  
Pédiatrie

Réanimation Médicale  
Chirurgie Générale  
Gynécologie Obstétrique  
Gynécologie Obstétrique  
Chirurgie Générale  
Oto-Rhino-Laryngologie  
Urologie

Ophtalmologie  
Génétique  
Réanimation Médicale

Chirurgie Pédiatrie  
Ophtalmologie  
Chirurgie Générale

Pédiatrie  
Néphrologie  
Cardiologie **Directeur HMI Mohammed V**

\*Enseignants Militaires

### **Novembre 1997**

Pr. ALAMI Mohamed Hassan  
Pr. BIROUK Nazha  
Pr. FELIAT Nadia  
Pr. KADDOURI Nouredine  
Pr. KOUTANI Abdellatif  
Pr. I.AHLOU Mohamed Khalid  
Pr. MAHRAOUI Chafiq  
Pr. TOUFIQ Jallal  
Pr. YOUSFI MALKI Mounia

Gynécologie-Obstétrique  
Neurologie  
Cardiologie  
Chirurgie Pédiatrique  
Urologie  
Chirurgie Générale  
Pédiatrie  
Psychiatrie **Directeur Hôp. Ar.-razi Salé**  
Gynécologie Obstétrique

### **Novembre 1998**

Pr. BENOMAR ALI  
Pr. BOUGTAB Ahdesslam  
Pr. ER RIHANI Hassan  
Pr. BENKIRANE Majid\*

Neurologie **Doyen de la FMP Abulcassis**  
Chirurgie Générale  
Oncologie Médicale  
Hématologie

### **Janvier 2000**

Pr. ABID Ahmed\*  
Pr. AIT OUAMAR Hassan  
Pr. BENJELLOUN Dakhama Badr  
.Sououd  
Pr. BOURKADI Jamal-Eddine  
Pr. CHARIF CHEFCHAOUNI AI  
Montacer  
Pr. ECHARRAB El Mahjoub  
Pr. EL FTOUH Mustapha  
Pr. EL MOSTARCHID Brahim\*  
Pr. TACHINANTE Rajae  
Pr. TAZI MEZALEK Zoubida

Pneumo-phtisiologie  
Pédiatrie  
Pédiatrie

Pneumo-phtisiologie **Directeur Hôp. My Youssef**  
Chirurgie Générale

Chirurgie Générale  
Pneumo-phtisiologie  
Neurochirurgie  
Anesthésie-Réanimation  
Médecine Interne

### **Novembre 2000**

Pr. AIDI Saadia  
Pr. AJANA Fatima Zohra  
Pr. BENAMR Said  
Pr. CHERTI Mohammed  
Pr. ECH.CHERIF EL KETTANI Selma  
Pr. EL HASSANI Amine  
Pr. EL KHADER Khalid  
Pr. GHARBI Mohamed El Hassan  
Pr. MDAGHRI ALAOUI Asmae

Neurologie  
Gastro-Entérologie  
Chirurgie Générale  
Cardiologie  
Anesthésie-Réanimation  
Pédiatrie • **Directeur Hôp. Cheikh Zaid**  
Urologie  
Endocrinologie et Maladies Métaboliques  
Pédiatrie

\*Enseignants Militaires

### **Décembre 2001**

Pr. BALKHI Hicham\*  
Pr. BENABDELJLIL Maria  
Pr. BENAMAR Loubna  
Pr. BENAMOR Jouda  
Pr. BENELBARHDADI Imane  
Pr. BENNANI Rajae  
Pr. BENOACHANE Thami  
Pr. BEZZA Ahmed\*  
Pr. BOUCHIKHI IDRISSE Med Larbi  
Pr. BOUMDIN El Hassane\*  
Pr. CHAT Latifa  
Pr. DAALI Mustapha\*  
Pr. EL HIJRI Ahmed  
Pr. EL MAAQILI Moulay Rachid  
Pr. EL MADHI Tarik  
Pr. EL OUNANI Mohamed  
Pr. ETTAIR Said  
Pr. GAZZAZ Miloudi\*  
Pr. HRORA Abdelmalek  
Pr. KABIRI EL Hassane\*  
Pr. IAMRANI Moulay Omar  
Pr. LEKEHAL Brahim

Pr. MEDARHRI Jalil  
Pr. MIKDAME Mohammed\*  
Pr. MOHSINE Raouf  
Pr. NOUINI Yassine  
Pr. SABBAH Farid  
Pr. SEFIANI Yasser  
Pr. TAOUFIQ BENCHEKROUN  
Soumia

### **Décembre 2002**

**AL BOUZIDI Abderrahmane\***  
Pr. AMEUR Ahmed \*  
Pr. AMRI Rachida  
Pr. AOURARH Aziz\*  
Pr. BAMOU Youssef \*  
Pr. BELMEJDOUB Ghizlene\*  
Pr. BENZEKRI Laila  
Pr. BENZZOUBEIR Nadia  
Pr. BERNOUSSI Zakiya  
Pr. CHOHO Abdelkrim \*  
Pr. CHKIRATE Bouchra

\*Enseignants Militaires

Anesthésie-Réanimation  
Neurologie  
Néphrologie  
Pneumo-phtisiologie  
Gastro-Entérologie  
Cardiologie  
Pédiatrie  
Rhumatologie  
Anatomie  
Radiologie  
Radiologie  
Chirurgie Générale  
Anesthésie-Réanimation  
Neuro-Chirurgie  
Chirurgie-Pédiatrique  
Chirurgie Générale  
Pédiatrie • **Directeur Hôp Univ. Cheikh Khalifa**  
Neuro-Chirurgie  
Chirurgie Générale **Directeur Hôpital Ibn Sina**  
Chirurgie Thoracique  
Traumatologie Orthopédie  
Chirurgie Vasculaire Périphérique **V-D chargé Aff Acad. Est.**  
Chirurgie Générale  
Hématologie Clinique  
Chirurgie Générale  
Urologie  
Chirurgie Générale  
Chirurgie Vasculaire Périphérique  
Pédiatrie

Anatomie Pathologique  
Urologie  
Cardiologie  
Gastro-Entérologie  
Biochimie-Chimie  
Endocrinologie et Maladies Métaboliques  
Dermatologie  
Gastro-Entérologie  
Anatomie Pathologique  
Chirurgie Générale  
Pédiatrie

**Dir. Adj. HMI Mohammed V**

Pr. EL AIAMI EL Fellous Sidi Zouhair  
Pr. EL HAOURI Mohamed \*  
Pr. FILALIADIB Abdelhai  
Pr. HAJJI Zakia  
Pr. JAAFAR Abdeloihab\*  
Pr. KRIOUILE Yamina  
Pr. MOUSSAOUI RAHALI Driss\*  
Pr. OUJILAL Abdelilah  
Pr. RAISS Mohamed  
Pr. SIAH Samir \*  
Pr. THIMOU Amal  
Pr. ZENTAR Aziz\*

#### **Janvier 2004**

Pr. ABDELIAH El Hassan  
Pr. AMRANI Mariam  
Pr. BENBOUZID Mohammed Anas  
Pr. BENKIRANE Ahmed\*  
Pr. BOUI.AADAS Malik  
Pr. BOURAZZA Ahmed\*  
Pr. CHAGAR Belkacem\*  
Pr. CHERRADI Nadia  
Pr. EL FENNI Jamal\*  
Pr. EL HANCHI ZAKI  
Pr. EL KHORASSANI Mohamed  
Pr. HACH Hafid  
Pr. JABOUIRIK Fatima  
Pr. KHARMAZ  
Mohamed  
Pr. MOUGHIL Said  
Pr. OUBAAZ Abdelbarre \*  
Pr. TARIB Abdelilah\*  
Pr. TIJAMI Fouad  
Pr. ZARZUR Jamila

#### **Janvier 2005**

Pr. ABBASSI Abdellah  
Pr. ALLALI Fadoua  
Pr. AMAZOUZI Abdellah  
Pr. BAHIRI Rachid  
Pr. BARKAT Amina  
Pr. BENYASS Aatif  
Pr. DOUDOUH Abderrahim \*  
Pr. HAJJI Leila  
Pr. HESSISSEN Leila

\*Enseignants Militaires

Chirurgie Pédiatrique  
Dermatologie  
Gynécologie Obstétrique  
Ophtalmologie  
Traumatologie Orthopédie  
Pédiatrie  
Gynécologie Obstétrique  
Oto-Rhino-Laryngologie  
Chirurgie Générale  
Anesthésie-Réanimation  
Pédiatrie  
Chirurgie Générale

Ophtalmologie  
Anatomie Pathologique  
Oto-Rhino-Laryngologie  
Gastro-Entérologie  
Stomatologie et Chirurgie Maxillo-faciale  
Neurologie  
Traumatologie Orthopédie  
Anatomie Pathologique  
Radiologie  
Gynécologie Obstétrique  
Pédiatrie  
Chirurgie Générale  
Pédiatrie  
Traumatologie Orthopédie  
  
Chirurgie Cardia-Vasculaire  
Ophtalmologie  
Pharmacie Clinique  
Chirurgie Générale  
Cardiologie

Chirurgie Réparatrice et Plastique  
Rhumatologie  
Ophtalmologie  
Rhumatologie ***Di recteur Hôp. Al Ayaché Salé***  
Pédiatrie  
Cardiologie  
Biophysique  
Cardiologie (***mise en disponibilité***)  
Pédiatrie

Pr. JIDAL Mohamed\*  
Pr. LAAROUSSI Mohamed  
Pr. LYAGOUBI Mohammed  
Pr. SBIHI Souad  
Pr. ZERAIDI Najia

Radiologie  
Chirurgie Cardio-vasculaire  
Parasitologie  
Histo-Embryologie Cytogénétique  
Gynécologie Obstétrique

### **AVRIL 2006**

Pr. ACHEMLAL Lahsen\*  
Pr. BELMEKKI Abdelkader\*  
Pr. BENCHEIKH Razika  
Pr. BIYI Abdelhamid\*  
Pr. BOUHAFS Mohamed El Amine  
Pr. BOULAHYA Abdellatif\*

Rhumatologie  
Hématologie  
O.R.L  
Biophysique  
Chirurgie Pédiatrique  
**Chirurgie Cardio-Vasculaire. *Di recteur***  
**Hôpital Ibn Sina Mar**

Pr. CHENGUETI ANSARI Anas  
Pr. DOGHMI Nawal  
Pr. FELIAT Ibtissam  
Pr. FAROUDY Mamoun  
Pr. HARMOUCHE Hicham  
Pr. IDRIS LAHLOU Amine\*  
Pr. JROUNDI Laila  
Pr. KARMOUNI Tariq  
Pr. KILI Amina  
Pr. KISRA Hassan  
Pr. KISRA Mounir  
Pr. LAATIRIS Abdelkader\*  
Pr. LMIMOUNI Badreddine\*  
Pr. MANSOURI Hamid\*  
Pr. OUANASS Abderrazzak  
Pr. SAFI Soumaya\*  
Pr. SEKKAT Fatima Zahra  
Pr. SOUALHI Mouna  
Pr. TELLAL Saida\*  
Pr. ZAHRAOUI Rachida

Gynécologie Obstétrique  
Cardiologie  
Cardiologie  
Anesthésie-Réanimation  
Médecine Interne  
Microbiologie  
Radiologie  
Urologie  
Pédiatrie  
Psychiatrie  
Chirurgie - Pédiatrique  
Pharmacie Galénique  
Parasitologie  
Radiothérapie  
Psychiatrie  
Endocrinologie  
Psychiatrie  
Pneumo - Phtisiologie  
Biochimie  
Pneumo- Phtisiologie

### **Octobre 2007**

Pr. ABIDI Khalid  
Pr. ACHACHI Leïla  
Pr. ACHOUR Abdessamad\*  
Pr. AIT HOUSSA Mahdi \*  
Pr. AMHAJJI Larbi \*  
Pr. AOUI Sarra  
Pr. BAITE Abdelouahed \*  
Pr. BALOUCH Lhousaine \*  
Pr. BENZIANE Hamid \*

Réanimation médicale  
Pneumo phtisiologie  
Chirurgie générale  
Chirurgie cardia vasculaire  
Traumatologie orthopédie  
Parasitologie  
Anesthésie réanimation  
Biochimie-chimie  
Pharmacie clinique

\*Enseignants Militaires

Pr. BOUTIMZINE Nourdine  
 Pr. CHERKAOUI Naoual \*  
 Pr. EHARCHIOU Abdelkader \*  
 Pr. ELBEKKALI Youssef \*  
 Pr. ELABSI Mohamed  
 Pr. EL MOUSSAOUI Rachid  
 Pr. EL OMARI Fatima  
 Pr. GHARIB Nouredine  
 Pr. HADADI Khalid \*  
 Pr. ICHOU Mohamed \*  
 Pr. ISMAILI Nadia  
 Pr. KEBDANI Tayeb  
 Pr. LOUZI Lhoussain \*  
 Pr. MADANI Naoufel  
 Pr. MAHI Mohamed \*  
 Pr. MARC Karima  
 Pr. MASRAR Azlarab  
 Pr. MRANI Saad \*  
 Pr. OUZZIF Ez zohra  
 Pr. RABHI Monsef \*  
 Pr. RADOUANE Bouchaib\*  
 Pr. SEFFAR Myriame  
 Pr. SEKHSOKH Yessine \*  
 Pr. SIFAT Hassan \*  
 Pr. TABERKANET Mustafa \*\*  
 Pr. TACHFOUTI Samira  
 Pr. TAJDINE Mohammed Tariq\*  
 Pr. TANANE Mansour \*  
 Pr. TLIGUI Houssain  
 Pr. TOUATI Zakia

Ophtalmologie  
 Pharmacie galénique  
 Chirurgie générale  
 Chirurgie cardio-vasculaire  
 Chirurgie générale  
 Anesthésie réanimation  
 Psychiatrie  
 Chirurgie plastique et réparatrice  
 Radiothérapie  
 Oncologie médicale  
 Dermatologie  
 Radiothérapie  
 Microbiologie  
 Réanimation médicale  
 Radiologie  
 Pneumo phtisiologie  
 Hématologie biologique  
 Virologie  
 Biochimie-chimie  
 Médecine interne  
 Radiologie  
 Microbiologie  
 Microbiologie  
 Radiothérapie  
 Chirurgie vasculaire périphérique  
 Ophtalmologie  
 Chirurgie générale  
 Traumatologie-orthopédie  
 Parasitologie  
 Cardiologie

### **Mars 2009**

Pr. ABOUZAHIR Ali \*  
 Pr. AGADR Aomar \*  
 Pr. AIT ALJAbdelmounaim \*  
 Pr. AKHADDAR Ali \*  
 Pr. ALLALI Nazik  
 Pr. AMINE Bouchra  
 Pr. ARKHA Yassir  
 Pr. BELYAMANI Lahcen \*  
 Pr. BJIJOU Younes  
 Pr. BOUHSAIN Sanae \*  
 Pr. BOUI Mohammed \*  
 Pr. BOUNAIM Ahmed \*

Médecine interne  
 Pédiatrie  
 Chirurgie Générale  
 Neuro-chirurgie  
 Radiologie  
 Rhumatologie  
 Neuro-chirurgie *Di recteur Hôp. des Spécialités*  
 Anesthésie Réanimation  
 Anatomie  
 Biochimie-chimie  
 Dermatologie  
 Chirurgie Générale

\*Enseignants Militaires

Pr. BOUSSOUGA Mostapha \*  
Pr. CHTATA Hassan Toufik\*  
Pr. DOGHMI Kamal \*  
Pr. ELMALKI Hadj Omar  
Pr. EL OUENNASS Mostapha\*  
Pr. ENNIBI Khalid \*  
Pr. FATHI Khalid  
Pr. HASSIKOU Hasna \*  
Pr. KABBAJ Nawal  
Pr. KABIRI Meryem  
Pr. KARBOUBI Lamya  
Pr. IAMSAOURI Jamal \*  
Pr. MARMADE Lahcen  
Pr. MESKINI Toufik  
Pr. MESSAOUDI Nezha \*  
Pr. MSSROURI Rahal  
Pr. NASSAR Ittimade  
Pr. OUKERRAJ Latifa  
Pr. RHORFI Ismail Abderrahmani\*

Traumatologie-orthopédie  
Chirurgie Vasculaire Périphérique  
Hématologie clinique  
Chirurgie Générale  
Microbiologie  
Médecine interne  
Gynécologie obstétrique  
Rhumatologie  
Gastro-entérologie  
Pédiatrie  
Pédiatrie  
Chimie Thérapeutique  
Chirurgie Cardio-vasculaire  
Pédiatrie  
Hématologie biologique  
Chirurgie Générale  
Radiologie  
Cardiologie  
Pneumo-Phtisiologie

### **Octobre 2010**

Pr. ALILOU Mustapha  
Pr. AMEZIANE Taoufiq\*  
Pr. BEIAGUID Abdelaziz  
Pr. CHADLI Mariama\*  
Pr. CHEMSI Mohamed\*  
Pr. DAMI Abdellah\*  
Pr. DARBI Abdellatif\*  
Pr. DENDANE Mohammed Anouar  
Pr. EL HAFIDI Naima  
Pr. EL KHARRAS Abdennasser\*  
Pr. EL MAZOUZ Samir  
Pr. EL SAYEGH Hachem  
Pr. ERRABIH Ikram  
Pr. LAMALMI Najat  
Pr. MOSADIK Ahlam  
Pr. MOUJAHID Mountassir\*  
Pr. NAZIH Mouna\*  
Pr. ZOUAIDIA Fouad

Anesthésie réanimation  
Médecine Interne *Directeur ERSSM*  
Physiologie  
Microbiologie  
Médecine Aéronautique  
Biochimie, Chimie  
Radiologie  
Chirurgie Pédiatrique  
Pédiatrie  
Radiologie  
Chirurgie Plastique et Réparatrice  
Urologie  
Gastro-Entérologie  
Anatomie Pathologique  
Anesthésie Réanimation  
Chirurgie Générale  
Hématologie  
Anatomie Pathologique

### **Decembre 2010**

Pr. ZNATI Kaoutar

Anatomie Pathologique

### **Mai 2012**

Pr. AMRANI Abdelouahed  
Pr. ABOUEWAA Khalil \*

Chirurgie pédiatrique  
Anesthésie Réanimation

\*Enseignants Militaires

Pr. BENCHEBBA Driss \*  
Pr. DRISSI Mohamed \*  
Pr. EL AIAOUI MHAMDI Mouna  
Pr. EL OUAZZANI Hanane \*  
Pr. ER-RAJI Mounir  
Pr. JAHID Ahmed  
Pr. RAISSOUNI Maha \*

Traumatologie-orthopédie  
Anesthésie Réanimation  
Chirurgie Générale  
Pneumophtisiologie  
Chirurgie Pédiatrique  
Anatomie Pathologique  
Cardiologie

### **Février 2013**

Pr. AHID Samir  
Pr. AIT EL CADI Mina  
Pr. AMRANI HANCI Laila  
Pr. AMOR Mourad  
Pr. AWAB Almahdi  
Pr. BEIAYACHI Jihane  
Pr. BELKHADIR Zakaria Houssain  
Pr. BENCHEKROUN Laila  
Pr. BENKIRANE Souad  
Pr. BENNANA Ahmed\*  
Pr. BENSNGHIR Mustapha \*  
Pr. BENYAHIA Mohammed \*  
Pr. BOUATIA Mustapha  
Pr. BOUABID Ahmed Salim\*  
Pr. BOUTARBOUCH Mahjouba  
Pr. CHAIB Ali \*  
Pr. DENDANE Tarek  
Pr. DINI Nouzha\*  
Pr. ECH-CHERIF EL KEITANI  
Mohamed Ali  
Pr. ECH-CHERIF EL KEITANI Najwa  
Pr. ELFATEMINizare  
Pr. EL GUERROUJ Hasnae  
Pr. EL HARTI Jaouad  
Pr. EL JAOUDI Rachid \*  
Pr. ELKABABRI Maria  
Pr. EL KHANNOUSSI Basma  
Pr. EL KHLOUFI Samir  
Pr. EL KORAICHI Alae  
Pr. EN-NOUALI Hassane \*  
Pr. ERGUIG Laila  
Pr. FIKRI Meryem  
Pr. GHFIR Imade  
Pr. IMANE Zineb  
Pr. IRAQI Hind  
Pr. KABBAJ Hakima

Pharmacologie  
Toxicologie  
Gastro-Entérologie  
Anesthésie Réanimation  
Anesthésie Réanimation  
Réanimation Médicale  
Anesthésie Réanimation  
Biochimie-Chimie  
Hématologie  
Informatique Pharmaceutique  
Anesthésie Réanimation  
Néphrologie  
Chimie Analytique et Bromatologie  
Traumatologie orthopédie  
Anatomie  
Cardiologie  
Réanimation Médicale  
Pédiatrie  
Anesthésie Réanimation  
  
Radiologie  
Neuro-chirurgie  
Médecine Nucléaire  
Chimie Thérapeutique  
Toxicologie  
Pédiatrie  
Anatomie Pathologique  
Anatomie  
Anesthésie Réanimation  
Radiologie  
Physiologie  
Radiologie  
Médecine Nucléaire  
Pédiatrie  
Endocrinologie et maladies métaboliques  
Microbiologie

\*Enseignants Militaires

Pr. KADIRI Mohamed \*  
Pr. LATIB Rachida  
Pr. MAAMAR Mouna Fatima Zahra  
Pr. MEDDAH Bouchra  
Pr. MELHAOUI Adyl  
Pr. MRABTI Hind  
Pr. NEJJARI Rachid  
Pr. OUBEJJA Houda  
Pr. OUKABLI Mohamed \*  
Pr. RAHALI Younes

Pr. RATBI Ilham  
Pr. RAHMANI Mounia  
Pr. REDA Karim \*  
Pr. REGRAGUI Wafa  
Pr. RKAIN Hanan  
Pr. ROSTOM Samira  
Pr. ROUAS Lamiaa  
Pr. ROUIBAA Fedoua \*  
Pr. SALIHOUN Mouna  
Pr. SAYAH Rochde  
Pr. SEDDIK Hassan \*  
Pr. ZERHOUNI Hicham  
Pr. ZINE Ali \*

### **AVRIL 2013**

Pr. EL KHATIB Mohamed Karim \*

### **MARS 2014**

Pr. ACHIR Abdellah  
Pr. BENCHAKROUN Mohammed \*  
Pr. BOUCHIKH Mohammed  
Pr. EL KABBAJ Driss \*  
Pr. EL MACHTANI IDRISSE Samira \*  
Pr. HARDIZI Houyam  
Pr. HASSANI Amale \*  
Pr. HERRAK Laila  
Pr. JANANE Abdellah \*  
Pr. JEA.IDI Anass \*  
Pr. KOUACH Jaouad\*  
Pr. LEMNOUER Abdelhay\*  
Pr. MAKRAM Sanaa \*  
Pr. OUIAHYANE Rachid\*  
Pr. RHISSASSI Mohamed Jaafar

\*Enseignants Militaires

Psychiatrie  
Radiologie  
Médecine Interne  
Pharmacologie  
Neuro-chirurgie  
Oncologie Médicale  
Pharmacognosie  
Chirurgie Pédiatrique  
Anatomie Pathologique  
Pharmacie Galénique ***Vice-Doyen à la Pharmacie***  
Génétique  
Neurologie  
Ophtalmologie  
Neurologie  
Physiologie  
Rhumatologie  
Anatomie Pathologique  
Gastro-Entérologie  
Gastro-Entérologie  
Chirurgie Cardio-Vasculaire  
Gastro-Entérologie  
Chirurgie Pédiatrique  
Traumatologie Orthopédie

Stomatologie et Chirurgie Maxillo-faciale

Chirurgie Thoracique  
Traumatologie- Orthopédie  
Chirurgie Thoracique  
Néphrologie  
Biochimie-Chimie  
Histologie-Embryologie-Cytogénétique  
Pédiatrie  
Pneumologie  
Urologie  
Hématologie Biologique  
Génycologie-Obstétrique  
Microbiologie  
Pharmacologie  
Chirurgie Pédiatrique  
CCV

Pr. SEKKACH Youssef\*  
Pr. TAZI MOUKHA Zakia

Médecine Interne  
Génécologie-Obstétrique

### **DECEMBRE 2014**

Pr. ABILKACEM Rachid\*  
Pr. AIT BOUGHIMA Fadila  
Pr. BEKKALI Hicham \*  
Pr. BENAZZOU Salma  
Pr. BOUABDELIAH Mounya  
Pr. BOUCHRIK Mourad\*  
Pr. DERRAJI Soufiane\*  
Pr. DOBLALI Taoufik  
Pr. ELAYOUBI EL IDRISSE Ali  
Pr. EL GHADBANE Abdedaim Hatim\*  
Pr. EL MARJANY Mohammed\*  
Pr. FEJJAL Nawfal  
Pr. JAHIDI Mohamed\*  
Pr. IAKHAL Zouhair\*  
Pr. OUDGHIRI Nezha  
Pr. RAMI Mohamed  
Pr. SABIR Maria  
Pr. SBAI IDRISSE Karim\*

Pédiatrie  
Médecine Légale  
Anesthésie-Réanimation  
Chirurgie Maxillo-Faciale  
Biochimie-Chimie  
Parasitologie  
Pharmacie Clinique  
Microbiologie  
Anatomie  
Anesthésie-Réanimation  
Radiothérapie  
Chirurgie Réparatrice et Plastique  
O.R.L  
Cardiologie  
Anesthésie-Réanimation  
Chirurgie Pédiatrique  
Psychiatrie  
Médecine préventive, santé publique et Hyg.

### **AOUT 2015**

Pr. MEZIANE Meryem  
Pr. TAHIRI Latifa  
*PROFESSEURS AGREGES:*

Dermatologie  
Rhumatologie

### **JANVIER 2016**

Pr. BENKABBOU Amine  
Pr. ELASRI Fouad\*  
Pr. ERRAMI Nouredine\*  
Pr. NITASSI Sophia

Chirurgie Générale  
Ophtalmologie  
O.R.L  
O.R.L

### **JUIN 2017**

Pr. ABI Rachid\*  
Pr. ASFALOU Ilyasse\*  
Pr. BOUAYTI El Arbi\*  
Pr. BOUTAYEB Saber  
Pr. EL GHISSASSI Ibrahim  
Pr. HAFIDI Jawad  
Pr. OURAINI Saloua\*  
Pr. RAZINE Rachid  
Pr. ZRARA Abdelhamid\*

Microbiologie  
Cardiologie  
Médecine préventive, santé publique et Hyg.  
Oncologie Médicale  
Oncologie Médicale  
Anatomie  
O. R.L  
Médecine préventive, santé publique et Hyg.  
Immunologie

\*Enseignants Militaires

## **NOVEMBRE 2018**

Pr. AMELLAL Mina

Pr. SOULY Karim

Pr. TAHRI Rjae

Anatomie

Microbiologie

Histologie-Embryologie-Cytogénétique

## **NOVEMBRE 2019**

Pr. AATIF Taoufiq \*

Pr. ACHBOUK Abdelhafid \*

Pr. ANDALOUSSI SAGHIR Khalid \*

Pr. BABA HABIB Moulay Abdellah \*

Pr. BASSIR RIDA ALLAH

Pr. BOUATTAR TARIK

Pr. BOUFETTAL MONSEF

Pr. BOUCHENTOUF Sidi

Mohammed\*

Pr. BOUZELMAT Hicham \*

Pr. BOUKHRIS Jalal \*

Pr. CHAFRY Bouchaïb \*

Pr. CHAHDI Hafsa \*

Pr. CHERIF EL ASRI Abad \*

Pr. DAMIRI Amal \*

Pr. DOGHMI Nawfal \*

Pr. EL LALAOUI Sidi-Yassir

Pr. EL ANNAZ Hicham \*

Pr. EL HASSANI Moulay EL Mehdi \*

Pr. EL HJOUJI Aabderrahman \*

Pr. EL KAOUI Hakim \*

Pr. EL WALI Abderrahman \*

Pr. EN-NAFAA Issam \*

Pr. HAMAMA Jalal \*

Pr. HEMMAOUI Bouchaïb \*

Pr. HJIRA Naoufal \*

Pr. JIRA Mohamed \*

Pr. JNIENE Asmaa

Pr. LARAQUI Hicham \*

Pr. MAHFOUD Tarik \*

Pr. MEZIANE Mohammed \*

Pr. MOUTAKI ALLAH Younes \*

Pr. MOUZARI Yassine \*

Pr. NAOUI Hafida \*

Pr. OBTEL Majdouline

Pr. OURRAI Abdelhakim \*

Pr. SAOUAB Rachida \*

Pr. SBITTI Yassir \*

Néphrologie

Chirurgie Réparatrice et Plastique

Radiothérapie

Gynécologie-obstétrique

Anatomie

Néphrologie

Anatomie

Chirurgie Générale

Cardiologie

Traumatologie-orthopédie

Traumatologie-orthopédie

Anatomie Pathologique

Neurochirurgie

Anatomie Pathologique

Anesthésie-réanimation

Pharmacie Galénique

Virologie

Gynécologie-obstétrique

Chirurgie Générale

Chirurgie Générale

Anesthésie-réanimation

Radiologie

Stomatologie et Chirurgie Maxillo-faciale

O.R.L

Dermatologie

Médecine Interne

Physiologie

Chirurgie Générale

Oncologie Médicale

Anesthésie-réanimation

Chirurgie Cardio-vasculaire

Ophthalmologie

Parasitologie-Mycologie

Médecine préventive, santé publique et Hyg.

Pédiatrie

Radiologie

Oncologie Médicale

\*Enseignants Militaires

Pr. ZADDOUG Omar \*  
Pr. ZIDOUH Saad \*

Traumatologie Orthopédie  
Anesthésie-réanimation

## 2. ENSEIGNANTS-CHERCHEURS SCIENTIFIQUES

### PROFESSEURS/Prs. HABILITÉS

Pr. ABOUDRAR Saadia	Physiologie
Pr. ALAMI OUHABI Naima	Biochimie-chimie
Pr. AIAOUI KATIM	Pharmacologie
Pr. AIAOUI SLIMANI Lalla Naïma	Histologie-Embryologie
Pr. ANSAR M'hammed	Chimie Organique et Pharmacie Chimique
Pr. BARKIYOU Malika	Histologie-Embryologie
Pr. BOUHOUCHE Ahmed	Génétique Humaine
Pr. BOUKLOUZE Abdelaziz	Applications Pharmaceutiques
Pr. CHAHED OUAZZANI Lalla Chadia	Biochimie-chimie
Pr. DAKKA Taoufiq	Physiologie
Pr. FAOUZI Moulay El Abbas	Pharmacologie
Pr. IBRAHIMI Azeddine	Biologie moléculaire/Biotechnologie
Pr. KHANFRI Jamal Eddine	Biologie
Pr. OUIAD BOUYAHYA IDRISSE Med	Chimie Organique
Pr. REDHA Ahlam	Chimie
Pr. TOUATI Driss	Pharmacognosie
Pr. YAGOUBI Maamar	Environnement, Eau et Hygiène
Pr. ZAHIDI Ahmed	Pharmacologie

*Mise à jour le 11/06/2020*

*Khaled Abdellah*

*Chef du Service des Ressources Humaines*

*FMPR*

\*Enseignants Militaires

A decorative rectangular frame with ornate, symmetrical scrollwork at each corner, enclosing the central text.

*Dédicaces*

*Je dédie cette thèse à ....*

*À ALLAH*

*Tout puissant*

*Qui m'a inspiré*

*Qui m'a guidé dans le bon chemin*

*Qui m'a toujours accordé sa grâce*

*Je vous dois ce que je suis devenue*

*Louanges et remerciements*

*Pour votre clémence et miséricorde*

*À mon cher père Salah AYOUBI et ma cher mère Aida OUSSAID  
Autant de phrases aussi éloquentes soient-elles ne sauraient exprimer  
ma gratitude et ma reconnaissance.*

*Vous conseils et votre soutien m'ont toujours guidée vers la réussite.  
Aujourd'hui je vous dois tout ce que je suis, je demande à Dieu le tout  
puissant qu'il vous préserve et vous accorde santé, bonheur et quiétude*

*A mes frères Abdelatif, M'hand et Youssef*

*Tous les mots du monde ne sauraient exprimer mes sentiments les plus  
profonds envers vous. Merci de m'avoir soutenue, aidée et encouragée  
pendant toutes ces années. Merci d'avoir toujours été là quand j'en  
avais besoin. Que dieu vous offre bonheur et santé durant toute votre  
vie.*

*A la famille Dgany, mes oncles, mes tantes, mes cousin et mes cousines*

*Pour votre soutien et vos encouragements, puisse ce travail être le témoignage de  
ma profonde affection.  
Que Dieu vous comble de bonheur, de santé, de succès et de prospérité dans votre  
vie et vous protège.*

*À mes amis Chihab eddine, Hamza, Wahiba, Amina et tous les autres*

*Merci pour votre soutien, vos conseils et les longs mois passé à la  
bibliothèque ensemble.  
Que Dieu vous comble de bonheur, de santé, de succès et de prospérité  
dans votre vie et vous protège.*

## *Remerciement*

*À nos maîtres et professeurs qui nous ont fait l'honneur de nous enseigner, et qui une fois de plus, nous font l'honneur de juger notre travail*

*À notre maître et président de thèse : Professeur Saida TELLAJ  
Professeur de Biochimie*

*Nous vous remercions pour le grand honneur que vous nous faites en acceptant de présider cette thèse.*

*Votre compétence, votre dynamisme, ainsi que vos qualités humaines et professionnelles exemplaires ont toujours suscité notre admiration.*

*Qu'il soit permis, cher maître, de vous exprimer notre sincère reconnaissance, notre profond respect et notre plus grande estime.*

*À notre maître et rapporteur de thèse : Professeur Rachid NEJJARI  
Professeur de Pharmacognosie*

*Vous avez bien voulu nous confier ce travail riche d'intérêt et nous guider à chaque étape de sa réalisation.*

*Vous nous avez toujours réservé le meilleur accueil, malgré vos obligations professionnelles.*

*Qu'il soit permis, cher maître, de vous exprimer notre chaleureux remerciement, notre sincère reconnaissance, notre profond respect et notre plus grande estime.*

*À notre maître et juge de thèse : Professeur Mustapha BOUATIA*

*Professeur de Chimie Analytique et Bromatologie*

*Nous sommes particulièrement heureux et honorés que vous avez bien  
accepté de juger notre thèse.*

*Nous avons été touchés par la simplicité, la gentilles et la rigueur de  
travail qui vous caractérisent.*

*L'honneur de votre présence nous touche infiniment et nous tenons à  
vous exprimer nos sincères remerciements et notre profond respect.*

*À notre maître et juge de thèse : Professeur Jaouad EL HARTI*

*Professeur de Chimie Thérapeutique*

*Nous sommes particulièrement heureux et honorés que vous avez bien  
accepté de juger notre thèse.*

*Nous avons été touchés par la simplicité, la gentilles et la rigueur de  
travail qui vous caractérisent.*

*L'honneur de votre présence nous touche infiniment et nous tenons à  
vous exprimer nos sincères remerciements et notre profond respect.*

A decorative rectangular frame with ornate, symmetrical scrollwork at each corner, enclosing the central text.

*LISTE  
DES ABREVIATIONS*

<b>AA</b>	: Acide aristolochique
<b>ACSOs</b>	: S-alk(en)yl cysteine sulfoxides
<b>AMS</b>	: Allyl methyl sulphide
<b>APG</b>	: Angiosperm Phylogeny Group
<b>ATP</b>	: Adénosine triphosphate
<b>CMB</b>	: Concentration minimal bactéricide
<b>CO</b>	: Cross-over
<b>CP</b>	: Contre placebo
<b>CPK</b>	: Créatine phosphokinase
<b>DA</b>	: Double aveugle
<b>DHBA</b>	: Acide dihydroxybenzoïque
<b>DL<sub>50</sub></b>	: Dose létale médiane
<b>DSDA</b>	: Disulfure de diallyle
<b>EAV</b>	: Extrait d'ail vieilli
<b>EMA</b>	: European Medicines Agency
<b>ESCO<sup>P</sup></b>	: European Scientific Cooperative on Phytotherapy
<b>FDA</b>	: Food and Drug Administration
<b>glu</b>	: Glutamate
<b>gly</b>	: Glycine
<b>HDL</b>	: High density lipoprotein
<b>IC<sub>50</sub></b>	: Concentration inhibitrice médiane
<b>IgE</b>	: Immunoglobuline E
<b>LDH</b>	: Lactate déshydrogénase
<b>LDL</b>	: Low density lipoprotein
<b>MDA</b>	: Malondialdéhyde
<b>MGFE</b>	: Garlic fermented with <i>Monascus pilosus</i> (L'ail fermenté avec <i>Monascus pilosus</i> )
<b>OSCs</b>	: Organosulfur compounds (Les composés organosulfurés)
<b>PAD</b>	: Pression diastolique
<b>PL</b>	: Parallèle

<b>PAS</b>	: Pression systolique
<b>RD</b>	: Randomisée
<b>RH</b>	: Rectocolite hémorragique
<b>SAC</b>	: S-allylcystéine
<b>SACS</b>	: S-allylcystéine sulfoxide
<b>SARM</b>	: <i>Staphylococcus aureus</i> résistant à la méthicilline
<b>SEC</b>	: S-ethylcystéine
<b>SPC</b>	: S-propylcystéine
<b>SDA</b>	: Le sulfure de diallyle
<b>SPHA</b>	: Supplément traditionnel d'homogénat d'ail
<b>TSDA</b>	: Trisulfure de diallyle
<b>VLDL</b>	: Very low density lipoprotein

A decorative rectangular frame with ornate, symmetrical scrollwork at each corner, rendered in a light gray color. The frame encloses the central text.

*LISTE  
DES ILLUSTRATIONS*

## Liste des figures

Figure 1 : Place des végétaux dans le vivant.....	6
Figure 2 : Forme de bulbe et gousse d'ail. ....	11
Figure 3 : Section horizontale du bulbe d'ail. ....	12
Figure 4 : Feuille d'ail.....	12
Figure 5 : L'inflorescence et les bulbilles de l'ail. ....	13
Figure 6 : Structure de <i>l'allium sativum L.</i> ....	14
Figure 7 : Différence entre l'ail à tige tendre et l'ail à tige dure.....	17
Figure 8 : Une tresse de bulbe d'ail.....	20
Figure 9 : Répartition mondiale de la culture d'ail en 2018 selon l'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture. ....	22
Figure 10 : Structure de $\gamma$ -glutamyl-S-allyl cystéine.....	27
Figure 11 : Structure de $\gamma$ -glutamyl-S-trans-1-propényl cystéine.....	27
Figure 12 : Structure de la S-allyl-cystéine.....	28
Figure 13 : Conversion de l'alliine en allicine. ....	29
Figure 14 : structure de l'isoalliine. ....	29
Figure 15 : structure de la methiine.....	30
Figure 16 : schéma de biosynthèse d'alliine, d'isoalliine et de methiine.....	31
Figure 17 : décomposition d'allicine.....	32
Figure 18 : décomposition de l'allicine.....	35
Figure 19 : Structure de l'E-ajoène et Z-ajoène.....	36
Figure 20 : Structure des vinylthiines. ....	36
Figure 21 : Structures générales des mono à hexasulfures de diallyle, mono à hexasulfures de méthyl allyle et des di et trisulfures de 1-propényl allyle. ....	37
Figure 22 : Garlicnines B et C.....	38
Figure 23 : Les composés soufrés avec leur voie de biosynthèse. ....	39
Figure 24 : structure de : Proto-eruboside-B, Staivoside et Proto-desgalactotigonin.....	40
Figure 25 : Structure d'allixine.....	41
Figure 26 : mécanisme antihypertenseur de l'ail. ....	56

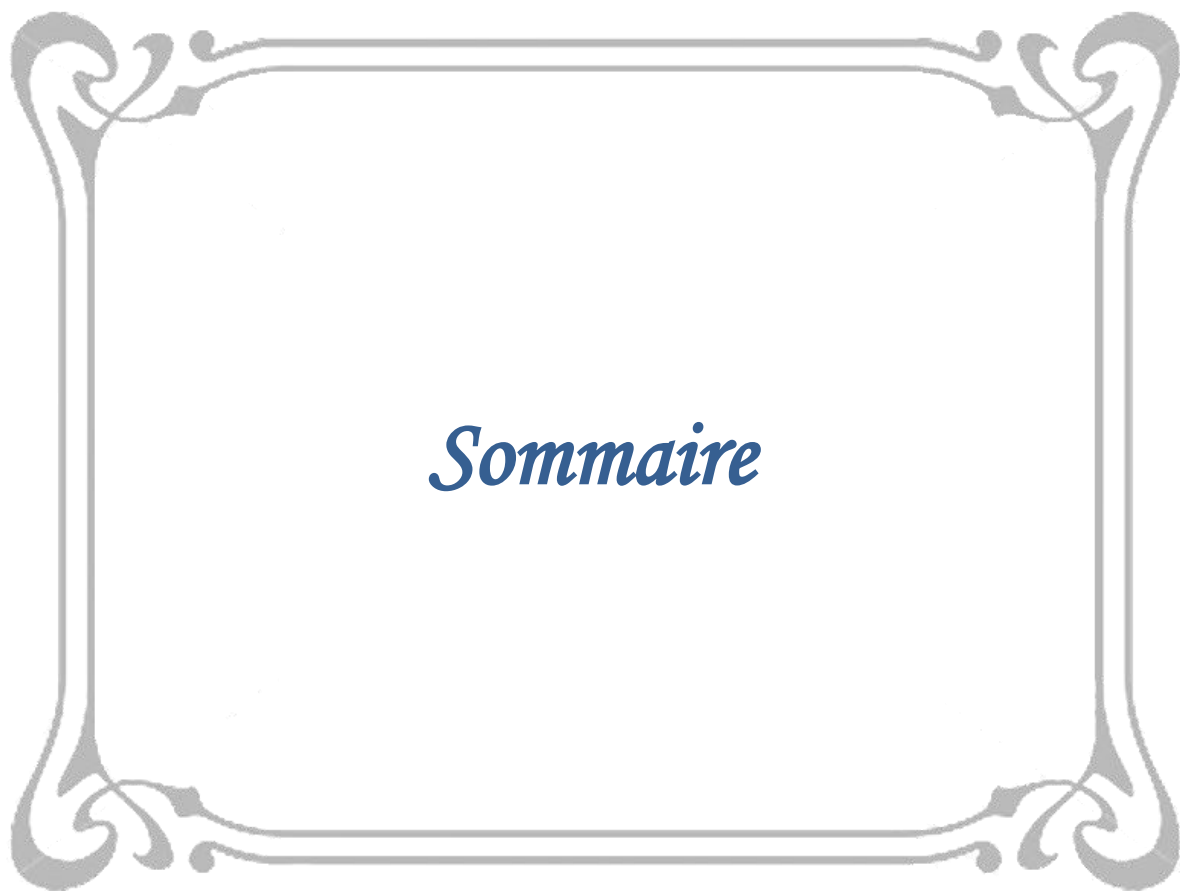
Figure 27 : Effets régulateur de la synthèse des acides gras et cholestérol par différents composés de l'ail. ....	58
Figure 28 : Mécanisme d'action des composés organosulfurés de l'ail dans la prévention du cancer. ....	63
Figure 29 : Les effets macroscopiques d'huile d'ail sur la RH induite chez des rats. ....	68

## Liste des tableaux

Tableau I : Taxonomie <i>d'Allium sativum L.</i> .....	8
Tableau II : Les types d'ail tel que décrits par England et al (1991, 1995) .....	16
Tableau III : Les $\gamma$ -glutamyl peptides identifiés dans l'ail. ....	26
Tableau IV : Les acides aminés contenue dans l'ail. ....	47
Tableau V : La teneur de l'ail en vitamines. ....	48
Tableau VI : Les éléments minéraux contenus dans l'ail.....	50
Tableau VII : Sensibilité de différentes bactéries envers l'allicine.....	65
Tableau VIII : Récapitulatif des essais cliniques réaliser sur l'ail. ....	84
Tableau IX : Les dix premiers producteurs d'ail (2018). ....	95
Tableau X : Prix de production et quantités importés 2016. ....	96
Tableau XI: Information concernant les compléments alimentaires à base d'ail commercialisés au Maroc .....	98

## Liste des annexes

Annexe 1 : Poudre d'ail dans la Pharmacopée Européenne IX <sup>e</sup> édition.....	111
Annexe 2 : Monographie du bulbe d'ail dans « Monographies de l'OMS sur les plantes médicinales ».....	113



# *Sommaire*

## Table des matières

<b>Introduction .....</b>	<b>2</b>
<b>Partie I: La botanique et la chimie de l'<i>Allium sativum</i> L. ....</b>	<b>4</b>
I.    Généralité sur l'organisme végétale .....	5
II.   Aperçu sur la classification du monde végétale .....	6
III.  Étymologie.....	8
IV.   Étude botanique .....	8
IV.1.  Taxonomie.....	8
IV.2.  Famille des liliacées .....	9
IV.3.  Famille des Amaryllidacées .....	10
IV.4.  Caractéristique botanique d' <i>Allium sativum</i> .....	11
IV.4.1.  Les Racines et les tiges .....	11
IV.4.2.  Le Bulbe .....	11
IV.4.3.  Les Feuilles.....	12
IV.4.4.  Inflorescence.....	12
IV.4.5.  La fleur .....	13
V.    Différentes variétés d'ail .....	15
VI.   Culture d'ail.....	18
VI.1.  La plantation.....	18
VI.2.  Le développement et entretien .....	19
VI.3.  La récolte.....	20
VI.4.  Le stockage.....	21
VI.5.  La répartition géographique .....	22
VI.6.  Les maladies et ravageurs .....	23
VI.6.1.  La pourriture fusarienne .....	23
VI.6.2.  La rouille.....	23
VI.6.3.  Le mildiou.....	23
VI.6.4.  La teigne de poireau .....	23
VI.6.5.  La mouche de l'oignon .....	24
VI.6.6.  Les thrips .....	24

VI.6.7. Les virus .....	24
VII. La composition chimique de l'ail .....	25
VII.1. Composé soufrés .....	25
VII.1.1. $\gamma$ -Glutamyl peptides .....	25
VII.1.2. S-allyl-cystéine .....	28
VII.1.3. S-alk(en)yl-L-cysteine-sulfoxide .....	28
VII.1.4. Composés produits après lyse cellulaire .....	32
VII.1.5. Récapitulatif .....	39
VII.2. Composés non soufrés.....	40
VII.2.1. Saponines .....	40
VII.2.2. Allixine .....	41
VII.2.3. Polyphénols .....	41
VIII. Les monographies (Pharmacopée Européenne IX <sup>e</sup> édition et Monographies de l'OMS).....	42
<b>Partie II : Les valeurs nutritives de l'ail .....</b>	<b>43</b>
I. La composition qualitative et quantitative en nutriments.....	44
I.1. L'eau .....	44
I.2. Les glucides .....	44
I.3. Les lipides .....	45
I.4. Les protéines .....	46
I.5. Les vitamines .....	48
I.6. Les éléments minéraux .....	49
II. L'ail dans l'alimentation.....	51
<b>Partie III : La pharmacotoxicologie de l'ail.....</b>	<b>53</b>
I. Les effets pharmacologiques de l'ail .....	54
I.1. Inhibition de l'agrégation plaquettaire .....	54
I.2. Effets sur la circulation sanguine .....	54
I.3. Effet sur la pression artérielle .....	55
I.4. Dyslipidémie .....	57
I.5. Cardioprotection de l'ail contre la toxicité de la doxorubicine.....	59

I.6.	Effet antidiabétique de l’ail.....	60
I.7.	Activité antioxydante de l’ail.....	61
I.8.	Activité anticancéreuse .....	62
I.9.	Effet Immunomodulateur .....	63
I.10.	Activité antibactérienne .....	64
I.11.	Activité antifongique .....	66
I.12.	Activité antiparasitaire .....	67
I.13.	Activité antivirale.....	67
I.14.	Activité anti-inflammatoire.....	68
I.15.	Activité organo-protective de l’ail .....	69
I.15.1.	Activité hépatoprotecteur .....	69
I.15.2.	Neuroprotection .....	69
II.	La toxicité et phytovigilance .....	70
II.1.	Toxicité de l’ail .....	70
II.2.	Botulisme .....	70
II.3.	Effets indésirables de l’ail.....	71
II.4.	Contre-indication .....	71
II.5.	Femme enceinte et allaitante.....	71
II.6.	Interactions médicamenteuses .....	72
III.	Les essais cliniques.....	73
III.1.	Hypertension artérielle .....	73
III.2.	Effet de l’ail sur les plaquettes et la fibrinolyse .....	74
III.3.	Effet sur la dyslipidémie .....	75
III.4.	Effet hypoglycémiant .....	78
III.5.	Effet anticancéreux.....	79
III.6.	Activité antibactérienne.....	80
III.7.	Activité antifongique.....	81
III.8.	Activité antivirale .....	82
III.9.	Activité antiparasitaire .....	83
IV.	Récapitulatif.....	84

<b>Partie IV : L'ail en médicament.....</b>	<b>88</b>
I.    Réglementation et législation .....	89
II.   Mode d'utilisation d'ail .....	91
II.1. Préparation disponible sur le marché .....	91
II.2. Les formes traditionnelles .....	93
II.3. Marché .....	95
II.4. Les Allégation .....	97
II.5. Spécialités commercialisés au Maroc. ....	98
II.6. Recommandations .....	101
<b>Conclusion.....</b>	<b>103</b>
<b>Résumés.....</b>	<b>106</b>
<b>Annexes .....</b>	<b>110</b>
<b>Bibliographie et webographie .....</b>	<b>124</b>



## Introduction

Aujourd'hui dans cette époque de progrès rapides en matière de technologie médicale, les préparations à base de plantes médicinales ou communément appelées médecines alternatives ont acquis une grande popularité en termes de maintien des soins de santé et un grand nombre de pays en voie de développement ainsi que les pays développés préfèrent utiliser la médecine alternative comme source de remède curatif et préventif pour diverses maladies[1].

L'ail (*Allium sativum*) est une plante à bulbe fortement aromatique originaire de Kazakhstan, Ouzbékistan et de la Chine occidentale. Il a été domestiqué il y a longtemps et pousse dans les régions tempérées et tropicales du monde entier et de nombreux cultivars ont été développés pour s'adapter aux différents climats[2].

L'ail est la plante à bulbe la plus consommée après l'oignon. Plus de 10 millions de tonnes d'ail sont produites chaque année. La Chine, la Corée, l'Inde, les États-Unis, l'Espagne, l'Égypte et le Bangladesh sont les plus gros producteurs mondiaux.

L'ail est réputé pour être une plante médicinale prophylactique et thérapeutique dans plusieurs traditions. Il a joué plusieurs rôles médicaux et diététiques à travers l'histoire humaine. Avicenne dans son livre bien connu AL Qanoon Fi Tib (Le Canon de la Médecine) recommandait l'ail comme traitement de l'arthrite, de l'odontalgie, de la toux chronique, de la constipation, des infections parasitaires, des morsures des insectes et des serpents ainsi que des maladies infectieuses (en tant qu'antibiotique). L'ail a aussi joué un important rôle médicinal dans la civilisation sumérienne et des anciens égyptiens. Il semblerait que lors des premiers jeux olympiques en Grèce, les athlètes aient été nourris d'ail pour augmenter leur endurance[3]. En Rome antique les ouvriers et soldats mâchaient l'ail avant les batailles, les esclaves l'utilisaient pour se défendre contre les morsures de serpent. En Afrique, les pêcheurs enduisent l'extrait d'ail sur leur corps pour se protéger contre les crocodiles. En Europe on croyait que l'ail était capable de protéger contre les vampires, les démons, les mauvais esprits et d'avoir d'autres propriétés magiques[4].

Les études récentes ont montré que l'ail avait différents effets, notamment cardiovasculaires, anticancéreux, antimicrobiens, anti-inflammatoires, antioxydants, antifongiques et des effets immunomodulateurs.

Sur cette base, la présente thèse vise à présenter toutes les études récentes concernant la composition chimique, les valeurs nutritives et les propriétés bioactives d'ail et en mettant l'accent sur les effets thérapeutiques appuyés par des essais cliniques.

Notre thèse est divisée en quatre parties :

Dans la première partie nous évoquerons la botanique et la composition chimique de la plante. La deuxième partie sera consacrée aux valeurs nutritives de l'ail. Les propriétés pharmacologique, toxicologique et les récents essais cliniques sur l'ail seront détaillé au niveau de la troisième partie, alors que dans la quatrième et dernière partie on métra le point sur le marché pharmaceutique de l'ail avant de finir par les recommandations du bon usage de cette drogue.

A decorative rectangular frame with ornate, symmetrical scrollwork at each corner, enclosing the text.

*Partie I: La botanique et la chimie  
de l'Allium sativum L.*

## **I. Généralité sur l'organisme végétale**

Afin que les animaux puissent vivre, ces derniers ont besoin de consommer soit des végétaux ou d'autres animaux, alors que pour les végétaux la nutrition se fait d'une manière totalement différente.

Les végétaux sont qualifiés d'organismes autotrophes (Être vivant produisant la matière organique à partir de la matière minérale), capables de synthétiser les glucides en combinant l'énergie solaire, le dioxyde de carbone et l'eau.

Cette synthèse est rendue possible grâce à la présence dans les cellules végétales de chlorophylle capable de convertir l'énergie solaire en énergie chimique.

L'organisme végétale est ainsi considéré comme le support de tout le monde vivant, puisque les hétérotrophe sont incapable de synthétisé toute ou une partie de leur besoins.

Une autre particularité fondamentale des organismes végétaux est la présence d'une paroi rigide de nature glucidique (la cellulose : constituant majeur) autour de chaque cellule, par conséquent une perte de déformabilité et de mobilité ce qui donne l'immobilité et la fixation au sol de la majorité des plantes.

De même, il n'existe pas de cellule végétale mobile analogue aux lymphocytes des vertébrés et lors de la formation de l'embryon, on n'observe aucun des déplacements ou mouvements cellulaires caractéristiques de l'embryogenèse animale[5].

## II. Aperçu sur la classification du monde végétale

Durant l'antiquité on divisait le monde vivant en deux règnes : Animaux et végétaux.

Mais avec l'avancement de la science et en se basant sur les séquences d'ARN ribosomique on distingue maintenant six grands ensembles : protistes, procaryotes, champignons (incluant les lichens), animaux et deux lignées végétales (Figure 1)[5].

Les procaryotes et les protistes possèdent une cellule procaryote qui comporte une paroi externe, une membrane plasmique et un ADN circulaire qui baigne dans le cytoplasme. Les champignons, les animaux et les deux lignées végétales ont une cellule eucaryote doté d'une membrane plasmique protégée ou non par une paroi externe, d'un cytoplasme composé d'un noyau, d'un système endomembranaire, des flagelles locomoteurs et des organites intracellulaires.

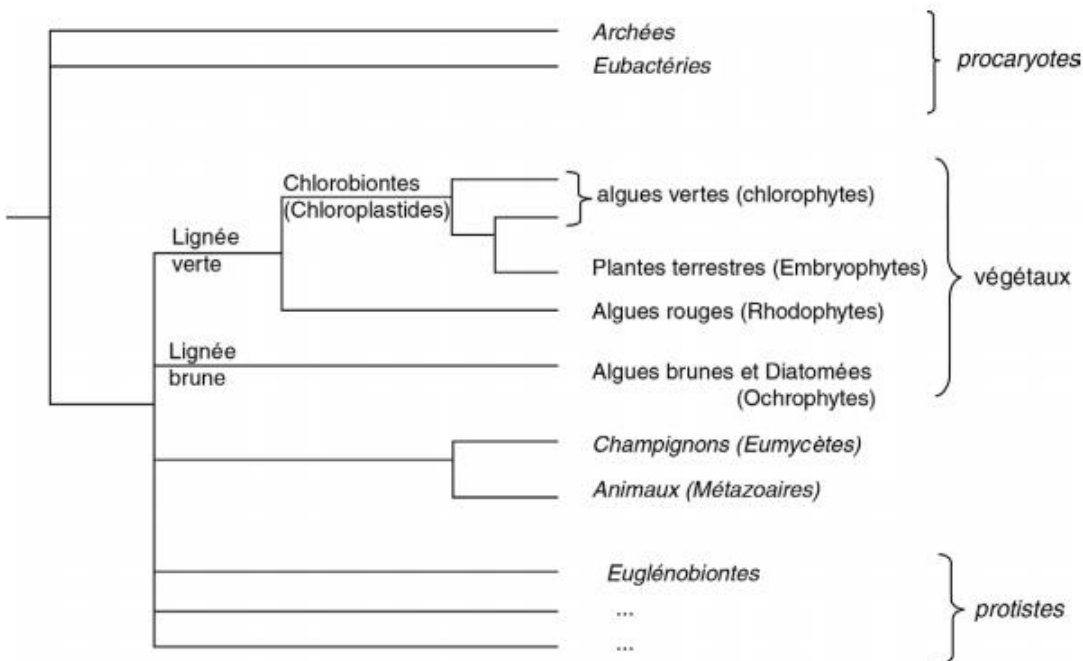


Figure 1 : Place des végétaux dans le vivant. [5]

La botanique moderne date de la Renaissance. L'anglais John Ray (1623-1703) édifie la première classification d'allure moderne, basée sur le nombre de cotylédons de la graine. C'est de lui que vient la distinction entre Monocotylédones et Dicotylédones.

Linné (1707-1778), peut être considéré, comme le fondateur de la botanique moderne. Il a Créé un système de classification qui repose sur l'appareil reproducteur, c'est également Linné qui a précisé les caractères des plantes et a donné les moyens de les reconnaître et de les identifier grâce à un système binaire d'appellation.[6,7]

À partir du XXème siècle les classifications phylogénétiques ont permis de rapprocher les plantes ayant des ancêtres communs, en se basant sur les techniques de la biologie moléculaire. En 1998 l'Angiosperm phylogeny Group (APG) a publié une nouvelle classification phylogénétique des Angiospermes, cette dernière fut mise à jour en 2003 (APG II), en 2009 (APG III), puis en 2016 (APG IV).[8]

### III. Étymologie

Le genre *Allium* tire son nom directement du nom latin de l'ail. Le mot dériverait du celtique *all* signifiant « brûlant, âcre » (telles les propriétés de l'ail). En anglais c'est Garlic qui dérive de « garleac » ou « gar leek », « gar : spear ; leek : herb » qui veut dire plante en forme de lance[9]. En arabe c'est Thum (الثوم) : qui signifie le pommeau d'épée en raison de la similitude de forme entre les deux.

Dénominations vernaculaires :

Arabe : Thum (ثوم)

Amazigh : Tiskert, Tisherte

Français : Ail commun, ail cultivé, thériaque des pauvres

Anglais : garlic, common garlic.

### IV. Étude botanique

#### IV.1. Taxonomie

Tableau I : Taxonomie d'*Allium sativum* L. [8,10,11]

	APG IV (2016)	Takhtajan (1997)	Cronquist, Takhtajan (1981)
Règne	Plantes		
Sous-règne	Trachéophytes (Tracheobionta)		
Embranchement	Spermaphytes (Magnoliophyta)		
Sous-embranchement	Angiospermes (Magnoliophytina)		
Classe	Monocotylédones (Liliopsida)		
Ordre	Asparagales	Amaryllidales	Liliales
Famille	Amaryllidaceae	Alliaceae	Liliaceae
Genre	<i>Allium</i>		
Espèce	<i>Allium sativum</i> L.		

## IV.2. Famille des liliacées

Les liliacées sont une famille de plantes à fleurs, généralement à bulbes et parmi l'une des plus importantes familles selon la classification de Cronquist (1981). Elles comprennent 280 genres (*Allium*, *Lilium*, *Gagea*, *Tulipa*, *Lilium*...) et presque 4000 espèces, répandu dans le monde entier mais particulièrement abondantes dans les régions assez sèches, tempérées à subtropicales.

Plantes herbacées vivaces, principalement géophyte, souvent vénéneuse dont les organes sous terrain sont sous forme d'un rhizome, d'un bulbe ou d'un corme, qui meurt généralement chaque année, certains genres tropicaux tels que *Crinum* et *Astelia* sont persistant.

Les feuilles sont simples, alternes ou rarement opposées ou verticillées, souvent basal à nervure parallèles, avec ou sans base gainante, parfois équitante ou cylindrique.

Les fleurs bisexuées et hypogynes forment divers sortes d'inflorescences, souvent une grappe, un épi, une panicule, une ombelle, une cyme, parfois solitaire, pour la plupart régulière, principalement trimères ou rarement dimères ou tétramère ; les pétales libre ou soudés, en 2 cycles et pétaloïde ; l'androcée possède 2 verticilles avec des anthères à déhiscence longitudinale ; le gynécée est constitué par 3 carpelles soudés qui forment un ovaire supère rarement infère triloculaire.

Le fruit généralement un capsule loculicide ou speticidaire, moins souvent une baie, rarement en forme de noix.[11,12]

### IV.3. Famille des Amaryllidacées

Les Amaryllidacées sont une famille largement distribuée, dans les climats tropicaux et tempérés, en particulier en Afrique du sud, en Amérique du sud et dans les régions méditerranéenne.[13]

Comporte 1600 espèces avec différentes genres : les amaryllis, Narcisses, Jonquilles et le genre *Allium* qui est le plus important (750 espèces). Ce sont des herbes vivaces par un bulbe, plus rarement par un rhizome (*Clivia*). Chez le genre *Allium*, les bulbes, des vivaces peuvent devenir bisannuels (Oignon) ou annuels (Ail cultivé, Echalote).

Les Amaryllidacées ont une multiplication végétative par des bulbilles ou caëux assurant la survie de l'espèce, L'inflorescence est une ombelle simple, formé en fait de cymes hélicoïdes condensées à l'aisselle d'une spathe membraneuse. Parfois il n'y a qu'une fleur solitaire (*Narcissus pseudonarcissus L.*)[5,12]

Les fleurs sont généralement régulières (sauf le genre *Sprekelia*, fleurs irrégulières), bisexuées et trimères.

Le périanthe est formé de deux verticilles de trois tépales, soudés (*Sternbergia*) ou libres (*Galanthus*) ; parfois il existe une paracorolle qui est une couronne pétaloïde interne issue de la soudure des stipules staminales.

L'androcée est constitué de 2 verticilles de 3 étamines, mais leur nombre peut aller jusqu'à 18 ; les filets sont libres ou soudés à la base du tube du périanthe. Les anthères sont à déhiscence généralement longitudinale, mais quelquefois poricide. La pollinisation est entomophile ; Le gynécée présente 3 carpelles, formant un ovaire infère triloculaire.

Le fruit est sous la forme d'une capsule loculicide, parfois une baie. La graine dispose d'un albumen charnu.[12]

## IV.4. Caractéristique botanique d'*Allium sativum*

L'Ail commun (*Allium sativum* L.) est une plante herbacée vivace par un bulbe, à tige dressé et peut atteindre une hauteur de 30 à 80cm.

### IV.4.1. Les Racines et les tiges

La tige proprement dite est très courte, constituant un plateau à la base de la plante, en dessus une fausse tige formée par l'emboîtement des gaines foliaires des feuilles et en dessous des racines adventives.[14]

### IV.4.2. Le Bulbe

Le bulbe est solitaire formé de plusieurs bourgeons axillaires qui se transforment en caïeux (les gousses), sessiles insérés sur un plateau, chaque caïeu est composé d'une tunique protectrice et d'une seule gaine foliaire charnue. Le bulbe peut atteindre 7 cm de diamètre, blanc à violacé et le nombre de caïeux varie selon les variétés de l'ail, pour l'ail à tige dure une coupe horizontale du bulbe montre 6 à 11 caïeux formant un seul cercle autour de du plateau basal alors que l'ail à tige tendre montre un nombre plus élevé jusqu'à 24 caïeux réparties en plusieurs cercles (Figures 2 et 3).[5,9,14,15].



**Figure 2 : Forme de bulbe et gousse d'ail. [14]**  
**Gousse d'ail ; 2. Bulbe d'ail**



**Figure 3 : Section horizontale du bulbe d'ail.**  
**1. L'ail à tige tendre ; 2. L'ail à tige dure.**[16]

#### **IV.4.3. Les Feuilles**

Les feuilles sont en lanière mesurent de 30 à 60 cm de long, entourant une tige ou scape central, qui se termine par un amas globulaire de minuscule fleurs de couleur vairés. Les feuilles sont plates, linéaires, gris-vert et pliés longitudinalement, avec une quille sur la face inférieure. [17]

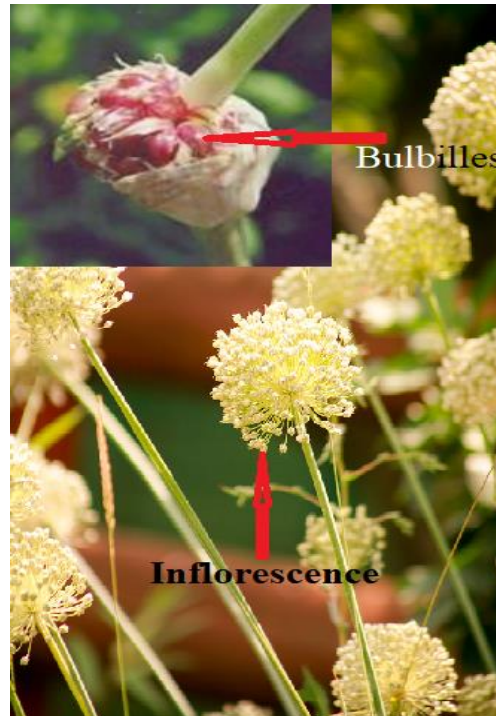


**Figure 4 : Feuille d'ail.** [17]

#### **IV.4.4. Inflorescence**

Il s'agit d'une ombelle simple sphérique, protégée avant la floraison par une spathe membraneuse, puis s'ouvre d'un côté. L'ombelle est portée sur une hampe florale, cette dernière s'enroule avant la floraison pour donner un aspect de queue de proc (l'ail à tige dure) ou reste dressé (l'ail à tige tendre).

L'inflorescence est rare chez la plupart des cultivars, il peut se composer de fleurs et de bulbilles ou seulement de bulbilles qui permet une multiplication végétative de l'espèce.[14]



**Figure 5 : L'inflorescence et les bulbilles de l'ail. [18]**

#### **IV.4.5.La fleur**

Les fleurs si elles existent sont souvent régulières et hermaphrodites ; Périanthe en 2 verticilles de 3 pièces ; L'androcée comporte 2 verticilles de 3 étamines où les anthères montrent une déhiscence longitudinale ; Le gynécée est formé de 3 carpelles soudés, un ovaire supère triloculaire et un style unique et trilobé ; Le fruit est une capsule loculicide, mais rarement disponible car la multiplication est souvent végétatif.[12]



**Figure 6 : Structure de *l'allium sativum L.***

1. Vue générale ; 2. Jeune gousses en développement ; 3. Bulbe entièrement développé après récolte ; 4. Forme du bulbe après stockage d'hiver ; 5. Section longitudinal d'une gousses ; 6. Inflorescence.

## V. Différentes variétés d'ail

L'ail (*Allium sativum* L.) est une plante à multiplication végétative qui ne produit pas de graines dans les conditions standards de croissance. Les lignées présentent un degré remarquablement élevé de diversité phénotypique.[19]

Helm (1956) a décrit trois variétés botaniques d'*A. sativum* L.: var. *sativum*, var. *ophioscorodon* et var. *pekinense*. Cependant, Jones et Mann (1963) ont noté que de nombreux clones d'ail possédaient les combinaisons des caractéristiques utilisées par Helm pour distinguer la var. *sativum* de la var. *ophioscorodon*, et ont donc proposé que les deux dernières variétés soient désignées comme groupes horticoles plutôt que taxons botaniques. Ils n'ont cependant pas contesté la séparation de la var. *pekinensis* (groupe de l'Asie de l'Est), en raison de ses caractéristiques distinctes. Helm (1956) a étudié une autre plante semblable à l'ail, connue sous le nom de rocambole, et a conclu que ce nom ne devrait pas être appliqué qu'aux formes d'ail avec des hampes enroulées, et non à *A. scorodoprasum*.[20]

Selon Kzakova (1978), les auteurs Zagorodskij (1935), Kuznetsov (1954) et Alekseeva (1960) ont divisé indépendamment les cultivars d'ail en deux sous-espèces ou groupes: « sans montaison » et « à montaison ». Parmi eux, Kuznetsov (1954) a subdivisé chaque groupe en trois écotypes. Kazakova n'était pas d'accord avec cette classification, car, lors d'essais sur le terrain, elle a trouvé que « la montaison » était un caractère instable dont l'expression dépend des conditions environnementales.[20]

Hanelt (1990) a approuvé la classification de Jones et Mann (1963) d'*A. Sativum* en deux groupes, le groupe de l'ail commun (comportant la var. *Sativum* et *A. pekinense* comme synonymes) et le groupe ophioscorodon. Pour une meilleure compréhension de la classification de l'ail, England (1991) a proposé que le taxon de l'ail se compose des deux sous-espèces ophioscorodon et sativum et de cinq variétés, peut-être mieux considérées comme des sous-groupes. Sous-espèce. *ophioscorodon* comprend trois variétés: «Rocamboles», «Continental» et «Asiatic». Sous-espèce. *sativum* comprend deux sous-groupes, «Artichaut» et «Silverskin». Ultérieurement Messiaen et al. (1993) et Lallemand et al. (1997) ont classé les clones d'ail selon les caractéristiques morphologiques et physiologiques et par polymorphisme des isoenzymes, cela a conduit England à modifier sa

classification morphologique de 1991 et a incorporé la variété «Asiatic», dans la sous-espèce. *sativum*. De plus, «continental» de la sous-espèce. *ophioscorodon* était divisé en deux variétés, «Purple Stripe» et «Porcelain».[20]

Kuznetsov a présenté une classification botanique et écologique de l'espèce. Il a distingué deux sous-espèces d'*Allium sativum* : *A. sativum var. sagitatum Kuz.* (l'ail à montaison), et *A. sativum var. vulgariae Kuz.* (l'ail sans montaison).[21]

Les variétés utilisées au Maroc sont de deux types : *A. sativum var. sagitatum Kuz* et *var. vulgariae Kuz.* [22]

**Tableau II : Les types d'ail tel que décrits par England et al (1991, 1995). [19,23]**

Variétés	Enroulement de la hampe	Bulbilles	Nombre des caïeux	Arrangement des caïeux	Cultivars	Sous-groupe correspondant
Silverskin	Absent	Absent	8-24	3-6 rangers	Nookta Rose	<i>sativum</i>
Artichoke	Absent	Parfois présent	12-16	3-6 rangers	Inchelium Red	<i>sativum</i>
Rocambole	1-3 boucles	10-40	3-14	Un ranger	Spanish Roja	<i>ophioscorodon</i>
Porcelain	Aléatoire	Plusieurs	2-5	Un ranger	Music	<i>ophioscorodon</i>
Purple Stripe	0.75 boucle	> 50	8-12	Un ranger	Persian Star	<i>ophioscorodon</i>
Marble purple stripe	0.75 boucle	20-60	4-7	Un ranger	Metechi	<i>ophioscorodon</i>
Asiatic	Retombe	Faible nombre	4-8	Un ranger	Asian Tempest	<i>sativum</i>

\_\_\_\_\_ *Allium sativum sativum*: l'ail à tige tendre, *Allium sativum ophioscorodon*: l'ail à tige dure \_\_\_\_\_

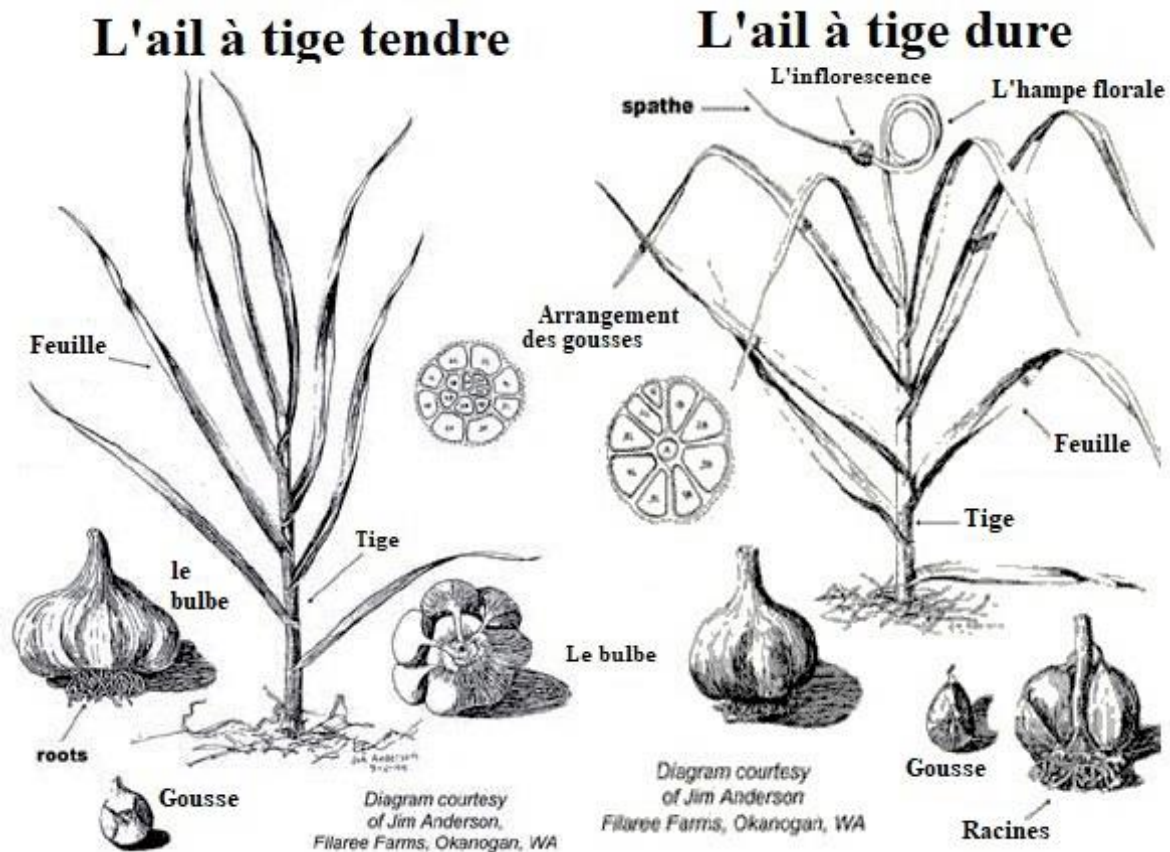


Figure 7 : Différence entre l'ail à tige tendre et l'ail à tige dure. [24]

## **VI. Culture d'ail**

### **VI.1. La plantation**

Aujourd'hui l'ail représente l'une des bulbes les plus produits au niveau du monde entier avec une production de presque 28 millions de tonnes en 2018.[25]

La plantation de l'ail se fait généralement à partir des gousses (caïeux) plutôt que les bulbilles. L'avantage d'utiliser les bulbilles c'est d'abord leur abondance par rapport aux caïeux, et aussi l'absence de contact avec le sol, ce qui limite la transmission des maladies dont la source est le sol. L'inconvénient c'est qu'il faut plusieurs années pour produire des bulbes de taille convenable.[9]

Le bulbe d'ail est formé de plusieurs caïeux. Lors de la plantation les bulbes sont éclatés en plusieurs gousses qui seront plantées dans les 24h. La période de la plantation est l'automne et la récolte est effectuée durant l'été suivant, mais il est tout de même possible de la faire au printemps. Dans les climats plus chauds l'ail à tige dure doit être conservé entre 7 et 10 °C pendant environ trois semaines avant la plantation.[9,26]

L'ail pousse dans une large gamme de sols, mais préfère les sols légers, bien drainés, riche en matière organique avec une capacité élevée à retenir l'humidité ainsi que les éléments nutritifs. Les sols lourds ne sont pas recommandés car ils ont une tendance à durcir lors des périodes sèches et à limiter l'expansion des bulbes qui prennent des formes irrégulières. Les sols sableux et trop légers, exigent des pratiques agronomiques intensive due à la faible rétention de l'humidité. Le pH idéal se situe entre 6.5 et 7.[26]

Les gousses sont plantées avec la partie pointue vers le haut, même s'ils sont plantés à l'envers ils peuvent toujours se développée mais les tiges seront recourbées et les bulbes mal formés. La profondeur doit être d'au moins 5cm et une distance de 18cm entre les rangées.

En règle générale, une densité de 45 à 55 plantes par mètre carré semble être l'idéale, quelle que soit la méthode de culture utilisée.[24]

## **VI.2. Le développement et entretien [23,24,26]**

Après la plantation, les réserves des caïeux sont utilisées pour la formation des racines et la germination des feuilles. La plante devient dépendante des feuilles vertes pour sa croissance au fur et à mesure que la saison progresse et que le caïeu est épuisé.

L'ail peut être cultivé avec succès en utilisant un sillon, un arroseur, ou une irrigation goutte à goutte. Une bonne irrigation tout au long de la saison de végétation est recommandée. Toute période de sécheresse du sol, notamment au moment de la bulbaison, se traduit par une baisse de rendement.

Le moment approprié pour l'irrigation est la matinée ou le début d'après-midi ce qui laisse aux feuilles le temps de sécher avant la tombée de la nuit. À maturité et lorsque l'ail est prêt pour la récolte, l'irrigation est arrêtée. Cela facilite la récolte et limite la détérioration des bulbes.

Les variétés qui produisent une hampe (l'ail à tige dure) devraient avoir ces hampes supprimées juste après leur recourbement et avant leur redressement. Cela force toute l'énergie de la plante dans les bulbes, ce qui permet d'accroître la taille des bulbes jusqu'à 30% [27]. Les bulbes généralement deviennent prêts à la récolte vers la période de juin-juillet, selon la variété d'ail et l'endroit géographique.

Chez certaines variétés la bulbaison exige des jours longs (dépassant la photopériode critique variétale) ; il faut alors faire attention aux variétés cultivées. Les variétés dont la photopériode critique est longue (du Nord de l'Europe ou du Canada) ne forment que de la biomasse végétative mais jamais de bulbe. C'est le cas du Maroc, où il est impossible d'avoir une longueur de journée supérieure à 12-13 heures en hiver.

### VI.3. La récolte

Les bulbes poursuivent leur croissance à la fin du printemps et vers la fin de juillet, au début d'août les bulbes seront prêts pour être récoltés (le temps nécessaire dépend du climat et la variété plantée), généralement la variété *Asiatic* a la plus courte période, alors que la variété *Silverskin* est celle avec la plus grande période[20]. La récolte commence lorsque 30 – 50% des feuilles commencent à faner et à pointer vers le bas. D'un côté une récolte précoce va donner des bulbes qui n'ont pas encore atteint leur taille maximale, d'un autre côté la récolte tardive aboutira à des bulbes dont l'enveloppe est tachée, partiellement décomposée, avec des caïeux découverts, et dans les deux cas la durée de stockage sera affectée négativement. [26,27]

Les bulbes sont desserrés et sont tirés à la main ou levés à la machine et placés dans des andains peu profonds pour un séchage supplémentaire. Pour le durcissement, les bulbes sont protégés de l'ensoleillement car ils peuvent se brûler et/ou blanchir au soleil assez facilement, et l'excès d'humidité doit être évité. Les bulbes sont souvent placés dans des sacs grillagés qui permettent la circulation de l'air ou tout simplement suspendus dans des endroits secs avec une bonne circulation d'air et sans humidité ni soleil direct; de telles conditions sont importantes pour faciliter le séchage. Après 10 à 20 jours, les bulbes perdent entre 18 et 20% d'eau, ils sont généralement suffisamment séchés pour être séparés des racines et/ou des feuilles et sont prêts à être commercialisés ou stockés. Dans certaines situations, les tiges d'ail séchées ne sont pas retirées mais sont utilisées pour regrouper et/ou tresser les bulbes ensemble (Figure). [9,27,28]



**Figure 8 : Une tresse de bulbe d'ail. [16]**

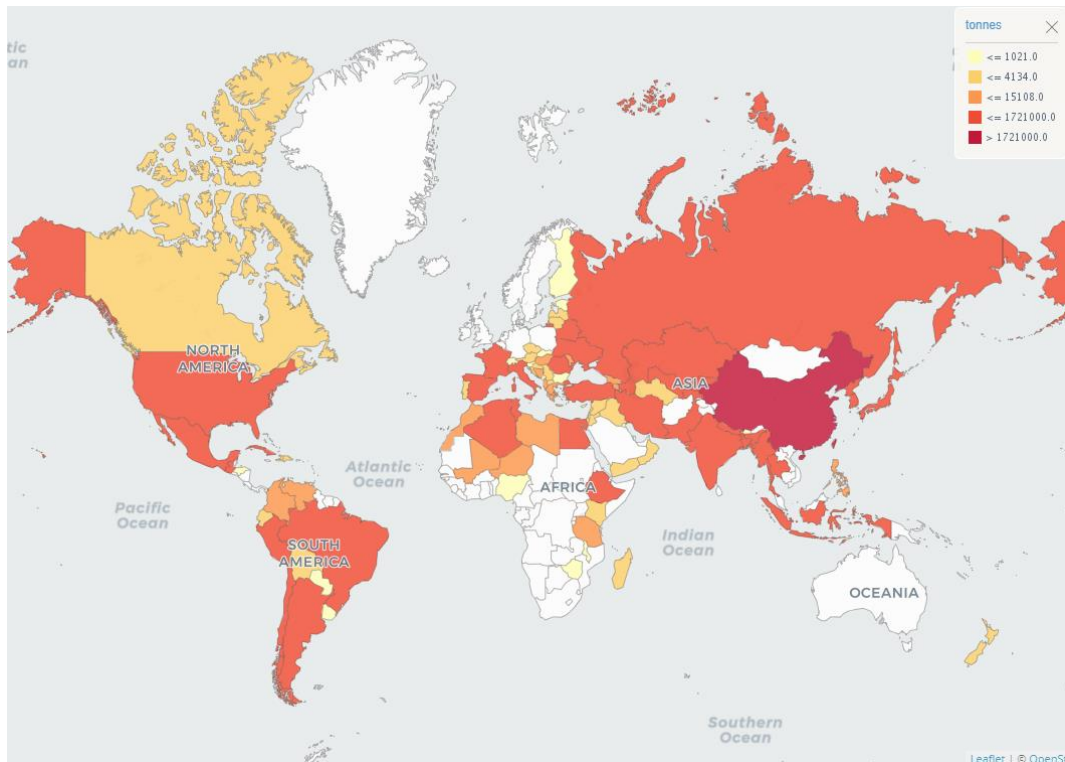
#### **VI.4. Le stockage**

Après la récolte, les bulbes d'ail entrent dans une période de «dormance», au cours de laquelle ils présentent une inactivité presque complète quelles que soient les conditions environnementales et ont un faible taux de respiration. Cependant, les méristèmes internes subissent un développement lent mais continu. La germination est le résultat final de ce processus. La levée de dormance dépend de plusieurs facteurs: températures de stockage, cultivar, saison et la maturité des bulbs lors de la récolte[29,30].

Les bulbes d'ail destinés à une consommation immédiate peuvent être conservés à des températures ambiantes de 20 à 30°C pendant plusieurs mois. Dans des conditions de stockage optimales, les bulbes d'ail conservent leur qualité pendant environ 120 jours, à part une légère perte de poids. Après cela, la phase de germination commence, caractérisée par une détérioration rapide des bulbes, une perte de texture, de poids et de saveur. Les températures comprises entre 10°C et 20°C sont les plus conductrices à la germination. Au-dessous de 10 ° C, tous les processus biologiques sont ralentis, tandis que des températures de 25 ° C et au-dessus inhibent la pousse mais favorisent la décomposition du bulbe [30]. Il a également été démontré que les bulbes maintenus à température ambiante après 9 mois de stockage à -3 ° C, conservent les caractéristiques de qualité de l'ail récolté en fraîcheur (fermeté, goût) pendant au moins deux mois. De plus, les bulbes d'ail peuvent être stockés avec succès à -3 ° C pendant 6 mois et ensuite utilisés pour les semis de printemps.[19]

## VI.5. La répartition géographique

La culture d'ail est répartie dans le monde entier, cela est dû aux grands nombre de variétés adaptés à tous les climats.



**Figure 9 : Répartition mondiale de la culture d'ail en 2018 selon l'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture. [25]**

Au Maroc, les principales régions de production sont, Saïs, Taounate, les régions montagneuses et le littoral.[22]

La production Marocaine était aux environs de 13 600 tonnes en 2018 avec une superficie cultivé de 1 365 ha.[25]

## **VI.6. Les maladies et ravageurs**

### **VI.6.1. La pourriture fusarienne**

Maladie causée par le *Fusarium cumorium*, touche le plateau du bulbe et les racines, le champignon se développe généralement dans un sol chaud et humide. Les symptômes se manifestent par un jaunissement de la pointe des tiges et évoluent vers le dépérissement, les racines brunissent et se vident de leur contenu. Les spores sont en dormance dans le sol et sur les débris de plantes. Pour cela, la rotation de culture avec des plantes de familles différentes est nécessaire.[31]

### **VI.6.2. La rouille**

La rouille est une maladie de l'ail dont l'agent causal est un champignon (*Puccinia porri*), l'infection entraîne des pustules ovales rougeâtres à orange terne sur le limbe des feuilles. Les feuilles fortement infectées jaunissent et peuvent s'effondrer prématurément. Lorsque l'infection est grave, la taille et la qualité du bulbe sont réduites. La rouille est une maladie sporadique qui cause généralement peu ou pas de dommages économiques. La rotation des cultures permet la lutte contre cette infection.[24]

### **VI.6.3. Le mildiou**

Le mildiou est une infection fongique caractérisé par une croissance blanchâtre avec décoloration jaune des feuilles. L'agent pathogène peut survivre pendant de nombreuses années sous forme d'oospores. Le mildiou a besoin de conditions humides pour se propager. Le mildiou est capable de tuer les jeunes plants et ralentir la croissance des plus âgés.[27]

### **VI.6.4. La teigne de poireau**

Originnaire d'Europe, la teigne du poireau préfère le genre *Allium*, qui comprend l'ail. Le papillon adulte est brun et nocturne, ce qui le rend difficile à trouver. Il pondra ses œufs sur la plante hôte sélectionnée. La première génération commencera à manger aux feuilles. Puis, au fur et à mesure que les générations suivantes apparaîtront au cours de l'été, elles commenceront à manger l'intérieur de la plante, en descendant vers le bulbe. Cela provoquera

la pourriture du bulbe alors qu'il est encore dans le sol ou pendant le processus de durcissement.[27]

#### **VI.6.5. La mouche de l'oignon**

La mouche de l'oignon adulte est une mouche grise qui ressemble à une mouche domestique, il pond de longs œufs blancs autour de la base de la plante. Les larves sont minuscules et blanches ils pénètrent dans les bulbes provoquant leur pourriture ce qui cause le dessèchement et flétrissement des feuilles et jaunissement des jeunes plants.[27,32]

#### **VI.6.6. Les thrips**

Les thrips sont des insectes suceurs de petites tailles. Minuscules, ne dépassant pas deux millimètres de long et difficiles à repérer. Ils se propagent tant dans les serres qu'à l'extérieur. Ils s'organisent en colonies qui s'installent sous le feuillage. Au niveau des surfaces foliaires, ils produisent des lésions tachetées blanches argentées. Les feuilles des plantes attaquées perdent leur coloration avec des reflets argentés, se flétrissent et finissent par mourir.[32]

#### **VI.6.7. Les virus**

Les virus sont présents dans la plupart des variétés d'ail, mais à l'état latent à moins que la plante ne subisse pas un stress ou que sa croissance ne soit pas interrompue. Les virus se propagent entre autres, par les pucerons. Les symptômes se reconnaissent par un jaunissement du feuillage sous forme de mosaïques, marbrures, mouchetures ou de stries.[31]

## VII. La composition chimique de l'ail

L'ail contient environ 200 substances actives : vitamines, glucides, éléments minéraux (macro et microéléments – calcium, phosphore, soufre, iode, etc.), protéines, acides aminés, enzymes et composés organosulfurés.[33]

La plus part des effets fonctionnels ainsi que l'odeur et le goût caractéristiques de l'ail sont associés aux composés organosulfurés, qui sont des métabolites secondaires de la plante, synthétisés à des fins défensives contre les facteurs de stress abiotiques, formés une fois que le tissu végétal est endommagé.[34]

Les substances actives de l'ail peuvent être divisées en deux groupes principaux : les composés soufrés et les composés non soufrés.[35]

### VII.1. Composé soufrés

La teneur totale de l'ail en soufre représente environ 1.0% du poids sec. Les cystéine sulfoxydes et les  $\gamma$ -glutamyl peptides contiennent environ 82% du soufre total, le reste étant présent dans les protéines solubles (3%), le sulfate (5%) et composés insolubles (6%).[36]

#### VII.1.1. $\gamma$ -Glutamyl peptides

Les plantes du genre *allium* contiennent des pourcentages remarquablement élevés de  $\gamma$ -glutamyl peptides (fraction non protéique).

Les  $\gamma$ -glutamyl peptides contiennent de l'acide L-glutamique, fixé à l'atome de carbone qui porte un autre acide aminé par liaison amide. Les premières études relatives à ces composés ont été réalisées au début des années 1960 par Virtanen et Suggi et al.[36]

Le  $\gamma$ -glutamyl-S-trans-1-propénylcystéine est le  $\gamma$ -glutamyl-peptide le plus abondant et le deuxième composé soufré le plus abondant dans l'ail.[36]

Jusqu'à présent, un nombre considérable de  $\gamma$ -glutamyl peptides ont été isolés et identifiés (Tableau III).

**Tableau III : Les  $\gamma$ -glutamyl peptides identifiés dans l'ail. [36]**

---

$\gamma$ -Glutamyl-S-methyl-L-cysteine sulfoxyde

$\gamma$ -Glutamyl-S-allythio-L-cysteine

$\gamma$ -Glutamyl-S-methyl-L-cysteine

S-(2-carboxy-n-propyl)-glutathione

$\gamma$ -L-Glutamyl-S-allyl-L-cysteine

$\gamma$ -L-Glutamyl-L-phénylalanine

$\gamma$ -L-Glutamyl-L-méthionine

$\gamma$ -L-Glutamyl-L-isoleucine

$\gamma$ -L-Glutamyl-L-leucine

$\gamma$ -L-Glutamyl-L-valine

$\gamma$ -L-Glutamyl-S-(1-propenyl)-cysteine-S-oxide

$\gamma$ -L-Glutamyl-S-propylcysteine

---

Ces peptides ne jouent aucun rôle direct dans le développement enzymatique de la saveur car ils ne sont pas clivés par l'alliinase. Ils sont considérés comme les principales substances de réserve nécessaires au métabolisme de l'azote au début de la croissance.[36]

Les  $\gamma$ -glutamyl peptides semblent fournir une réserve pour les alk(en)yl cysteine sulfoxydes. Lawson et al a constaté que l'ail fraîchement cueilli contient principalement de la  $\gamma$ -glutamyl-S-allyle cystéine et  $\gamma$ -glutamyl-S-trans-1-propényl cystéine.[37]

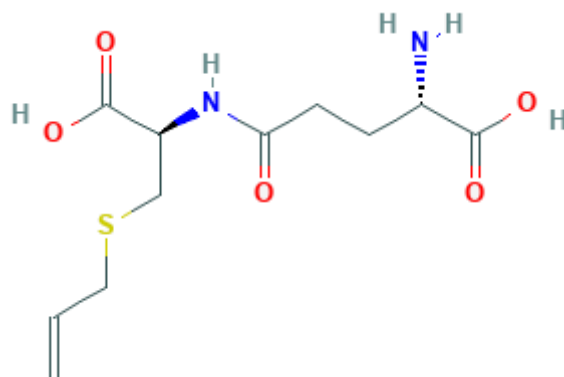


Figure 10 : Structure de  $\gamma$ -glutamyl-S-allyl cystéine. [38]

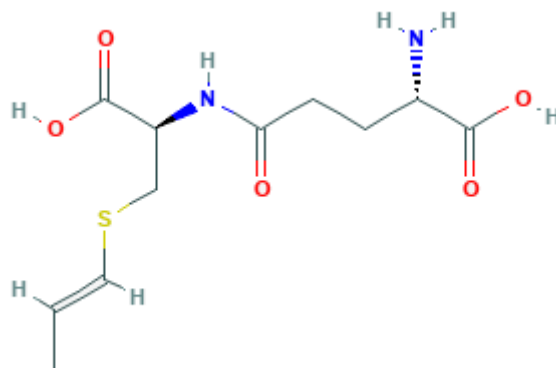
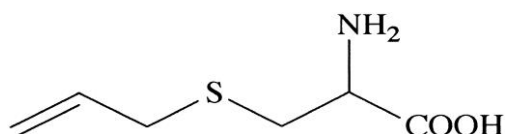


Figure 11 : Structure de  $\gamma$ -glutamyl-S-trans-1-propényl cystéine. [39]

### VII.1.2. S-allyl-cystéine

Le S-allyl-cystéine est un acide amine soufré, l'un des produits bioactifs de l'ail et c'est le dérivé de la cystéine et précurseur de l'alliine (Figure 11). Il s'est avéré que le S-allyl-cystéine présente des effets antioxydants, anti-carcinogènes, antiathérogènes, immunostimulants, hépatoprotecteurs et anti-âge.[40]



**Figure 12 : Structure de la S-allyl-cystéine.[40]**

### VII.1.3. S-alk(en)yl-L-cysteine-sulfoxide

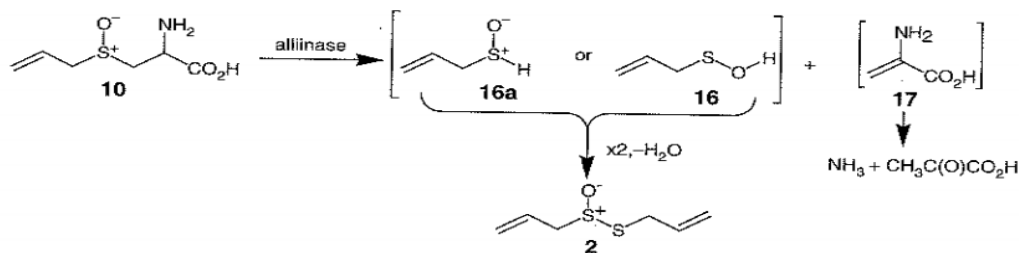
Les S-alk(en)yl cysteine sulfoxydes (ACSOs), lorsqu'ils sont hydrolysés par l'enzyme alliinase ils donnent la saveur piquante caractéristique de l'ail. Trois différents ACSOs ont été identifiés dans l'ail : l'alliine (S-allyl-L-cysteine sulfoxide), l'isoalliine (S-(trans-1-propenyl)-L-cysteine sulfoxide), le methiine (S-methyl-L-cysteine sulfoxide) et des traces de propiine (S-propylcysteine sulfoxyde).[20]

#### VII.1.3.1. Alliine

L'alliine est un acide aminé non protéique stable et inodore et c'est le ACSOs majoritaire, il a été isolé pour la première fois par Stoll et Seebeck en 1951. C'est un métabolite secondaire et précurseur des produits responsables de l'arôme et la saveur caractéristique de l'ail [36]. En moyenne, le bulbe d'ail contient jusqu'à 1.8% d'alliine. [41,42].

Au niveau des cellules des tissu intacte, les sulfoxydes en tant que précurseurs sont compartimentés dans le cytoplasme alors que l'enzyme hydrolytique alliinase dans la vacuole. La perturbation de la compartimentation cellulaire entraîne la libération de l'alliinase et l'hydrolyse des sulfoxydes en sulfures volatils. L'acide sulfénique intermédiaire RSOH est très réactif et donne naissance à un grand nombre de produits soufrés volatils.[36]

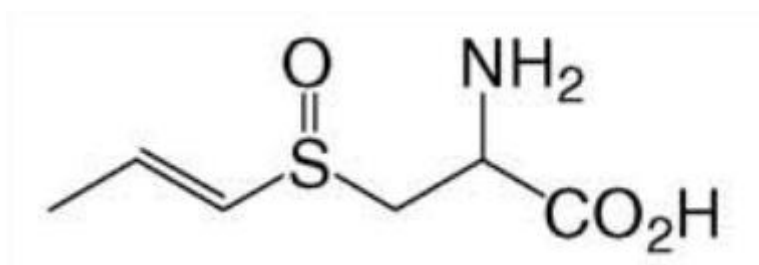
Le nom officiel de l'enzyme alliinase est alliinase alkyl-sulfénate-lyase. Il est également connu sous le nom d'alliine lyase. L'alliinase est l'une des principales protéines de l'ail, représentant 12% des protéines solubles du bulbe. L'alliinase a été isolée pour la première fois de l'ail par Von Stoll et Seebeck (1949).[20]



**Figure 13 : Conversion de l'alliine (10) en alliin (2) ; (16,16a) Acide 2-propène-sulfénique. [9]**

### VII.1.3.2. Isoalliine

Le S-trans-1-propenylcystéine ou l'isoalliine retrouvé en quantité moindre dans l'ail par rapport à l'alliine, mais c'est l'alkyl sulfoxyde majoritaire de l'oignon.[43] Et c'est le précurseur du facteur lacrymogène de l'oignon.[9]



**Figure 14 : structure de l'isoalliine. [43]**

### VII.1.3.3. Methiine

La methiine ou S-methylcysteine sulfoxyde présente en faible quantité au niveau de l'ail ainsi qu'au niveau de l'oignon et d'autre *Alliums*.

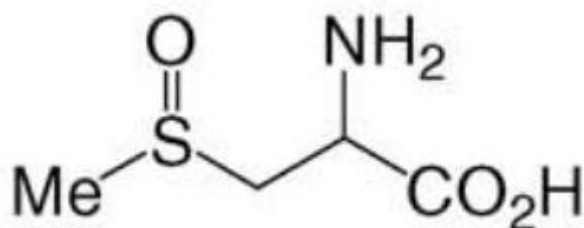


Figure 15 : structure de la methiine ; Me = Méthyle. [43]

### VII.1.3.4. Voie de biosynthèse

Deux voies de biosynthèse d'alliine ont été proposées. Soit par la combinaison de la sérine avec une source inconnue d'allyle thiol pour donner de l'allyle cystéine qui est oxydée en alliine, soit par la combinaison du glutathion dérivé de la cystéine avec une source d'allyle pour former l'allyle glutathion, suivi par une perte successive de glycine et de glutamate et finalement l'oxydation de l'allyle cystéine en alliine (Figure 16).[44]

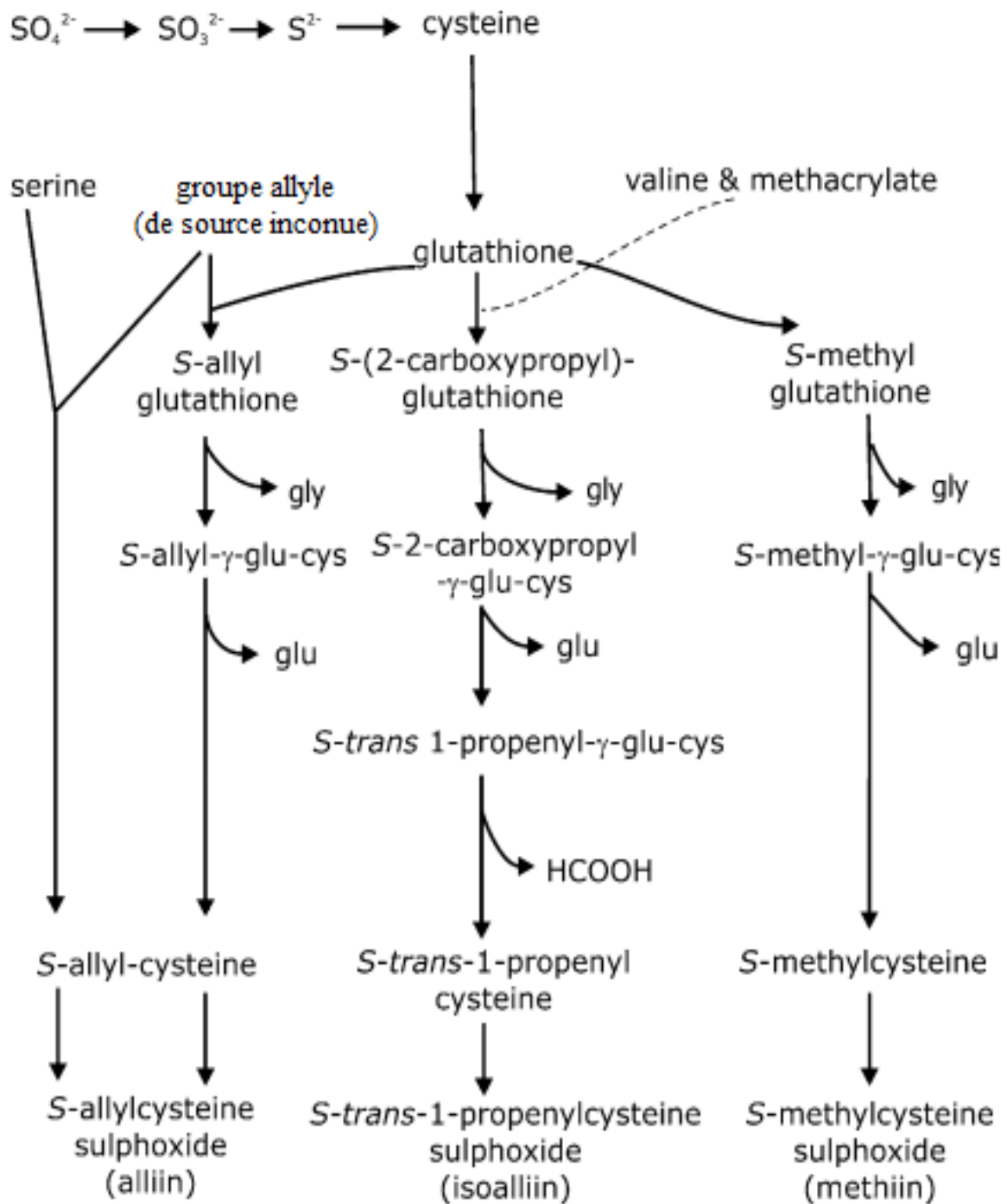


Figure 16 : schéma de biosynthèse d'alliine, d'isoalliine et de methiine. [44]  
 glu = Glutamate ; gly = Glycine

#### VII.1.4. Composés produits après lyse cellulaire

Suite à une lyse des tissus des plantes du genre *Allium* l'enzyme alliinase hydrolyse les précurseurs d'arôme (alliine, isoalliine, methiine..), donnant naissance à une large gamme de composés organosulfurés bioactifs, très réactif et à saveur et odeur caractéristique. Les premiers produits de la réaction entre l'alliinase et les précurseurs d'arôme sont les acides sulféniques (acide 2-propenyl sulfénique dans le cas d'alliine) hautement réactifs (figure 17). Les acides sulféniques se condensent entre eux pour former des thiosulfonates. Ces thiosulfonates participent à une cascade de réarrangements non enzymatiques pour donner des thiosulfonates, des sulfures et une large gamme d'autres composés organosulfurés (figure 17).[20]

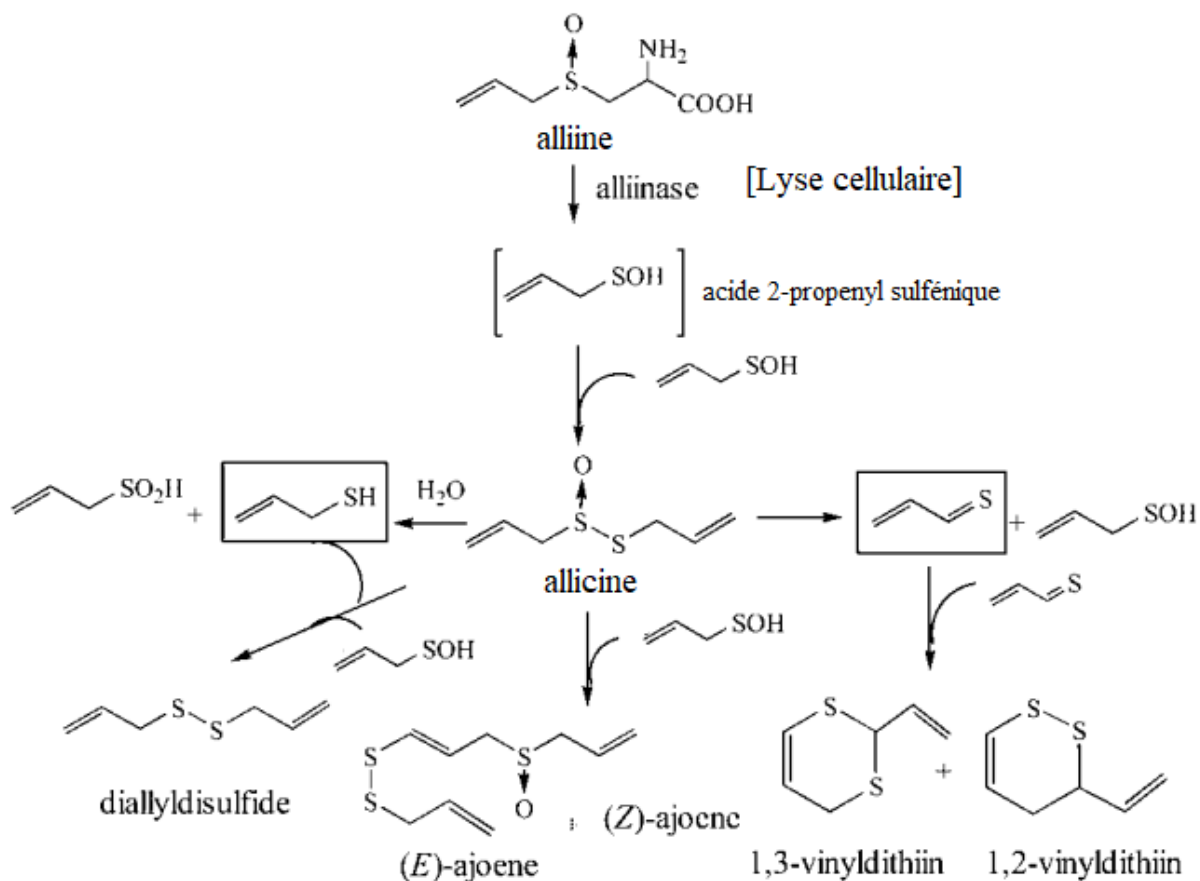


Figure 17 : décomposition d'allicine.[45]

#### VII.1.4.1. Allicine

L'allicine est une huile incolore, odoriférante, à faible solubilité dans l'eau et absente dans la gousse d'ail intacte, mais naturellement produite à partir de l'alliine sous l'action de l'alliinase (Figure 12).[42]

Découverte par Cavalito et al. (1944) en étudiant les propriétés antibactériennes de l'ail. Ce composé est largement considéré comme l'un des plus importants composés biologiquement actifs produits par l'ail, nommé le 2-propényl-2-propène-thiosulfinate et communément appelé diallyl thiosulfinate.

L'allicine est connue depuis sa découverte comme réagissant avec le groupe sulfhydryle de la cystéine, pour former le S-allylmercaptocystéine. Cette cystéine réagit non seulement avec l'allicine, mais avec tous ses produits de transformation contenant un group dithioallyl (allyl-ss).[36]

L'allicine est le thiosulfinate le plus abondant de l'ail, représentant généralement 70% (p/p) des thiosulfinites totaux (environ 0.4% de la masse fraîche).[46]

Les divers effets de l'ail et de ses composés soufrés sont en partie attribuables à la capacité de l'allicine et ses produits de transformation à inhiber un grand nombre d'enzymes sulfhydryles qui contiennent la cystéine dans leurs sites actifs ainsi que le groupe sulfhydryle de l'acétyl-Co-Ash, l'élément constitutif de la synthèse du cholestérol et des triglycérides.[36]

En dépit d'être une molécule peu stable et de courte durée de vie, l'allicine peut facilement traverser les membranes cellulaires en raison de son hydrophobie, atteignant les compartiments cellulaires où elle réagit rapidement avec les groupes thiol libres. Par conséquent, elle disparaît rapidement de la circulation sanguine.[42]

La décomposition de l'allicine peut procéder par l'une des nombreuses voies possibles pour produire une grande variété de produits, tel que l'acide 2-propensulfénique, la thioacroléine, le sulfure de diallyle (SDA), le disulfure de diallyle (DSDA) et le trisulfure de diallyle (TSDA) certaines de ces molécules sont des intermédiaires à courte durée de vie qui vont rapidement se transformer en grosses molécules, telles que les dithiines et les ajoènes.[42]

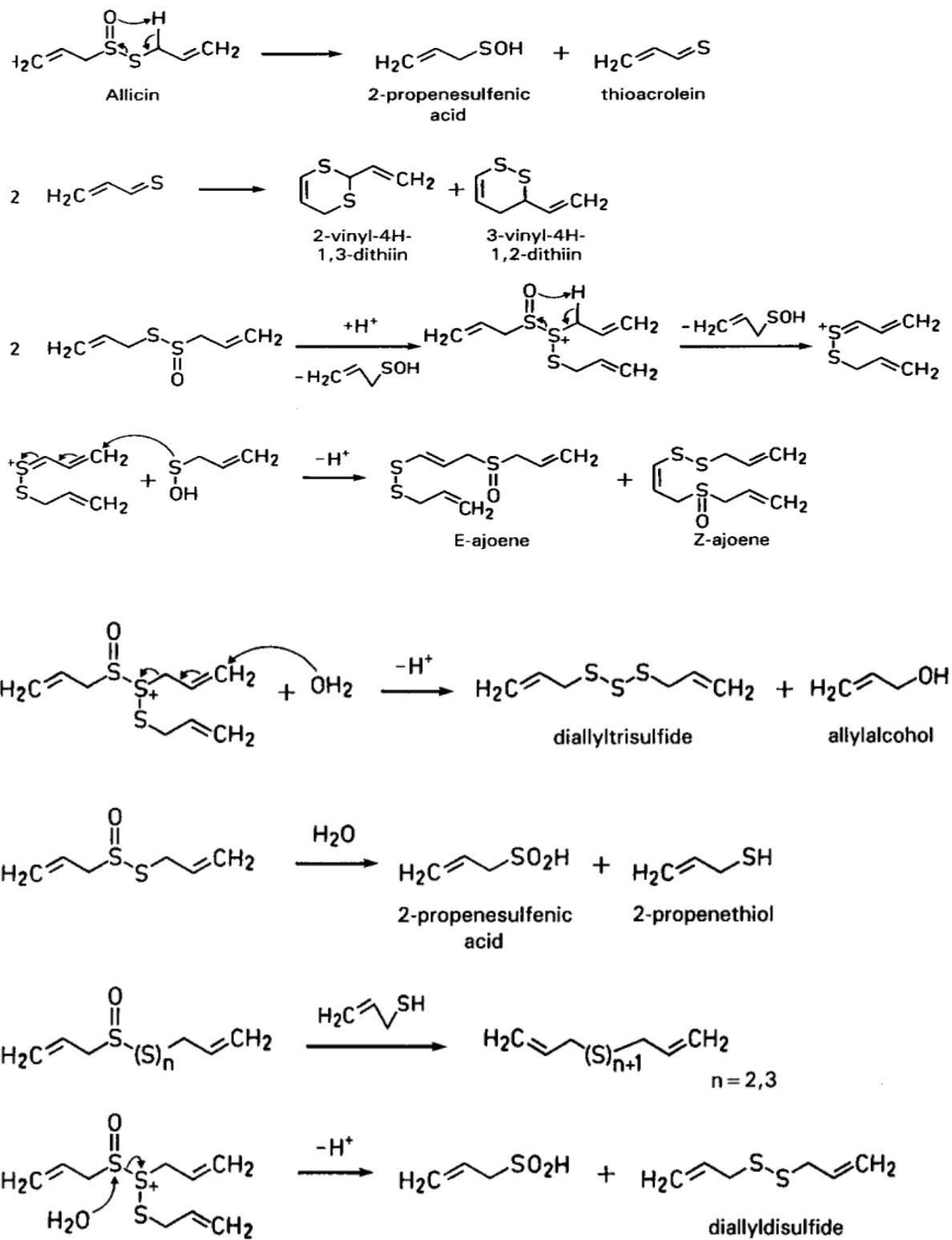


Figure 18 : décomposition de l'allicine. [36]

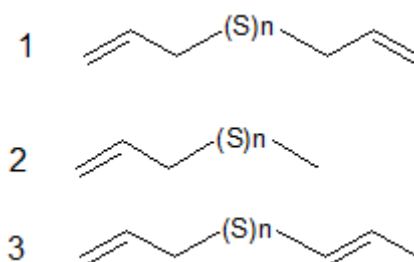


#### VII.1.4.4. Polysulfures

Les polysulfures sont des liquides huileux, volatils et assez stables, qui participent à l'odeur et au goût typiques après l'ingestion d'ail.

La transformation de l'allicine et d'autres thiosulfonates présents dans l'ail écrasé est fortement accélérée lors du chauffage, exemple de la distillation à la vapeur ou la cuisson. Jusqu'à 20 polysulfures différents ont été identifiés dans le distillat de vapeur et comprennent des mono à hexasulfures de diallyle, des mono à hexasulfures de méthyl allyle, des mono à hexasulfures de diméthyle et des di et trisulfures de 1-propényl allyle (Figure 20).[48]

Le SDA, DSDA, TSDA, disulfure de méthyl allyle, Trisulfure de méthyl allyle forment la majeure partie. Le DSDA représente environ 60% de l'huile d'ail.[36,49]



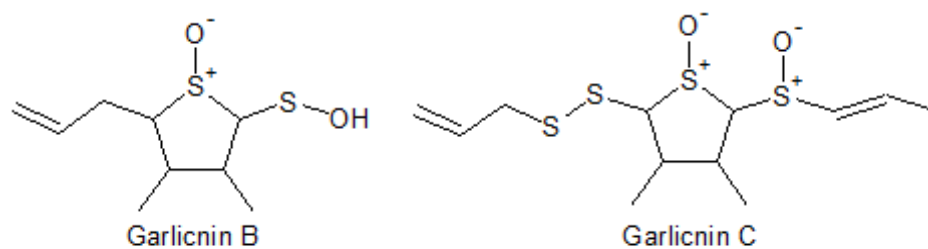
**Figure 21 : Structures générales des (1) mono à hexasulfures de diallyle, (2) mono à hexasulfures de méthyl allyle et (3) des di et trisulfures de 1-propényl allyle. [36,50]**

#### VII.1.4.5. Allithiamine

L'allithiamine a été isolée pour la première fois à partir de l'ail par M. Fujiwara, et al 1954. Ils ont constaté qu'en laissant un extrait d'ail réagir avec la thiamine cela donne un composé qui est négatif à la réaction thiochrome in vitro, mais qui agit comme thiamine in vivo. Ils ont réussi à isoler ce composé et l'on dénommé allithiamine. L'allithiamine se forme suite à l'action de l'allicine sur la thiamine.[51]

#### VII.1.4.6. Garlicnines

Les garlicnines sont des principes actifs isolés à partir de l'ail et regroupe : Garlicnines A, B1, C1, et D. Ils ont été isolé et caractérisés pour participer au développement de thérapies anti-tumorales.[52]



**Figure 22 : Garlicnines B et C. [52]**

## VII.1.5. Récapitulatif

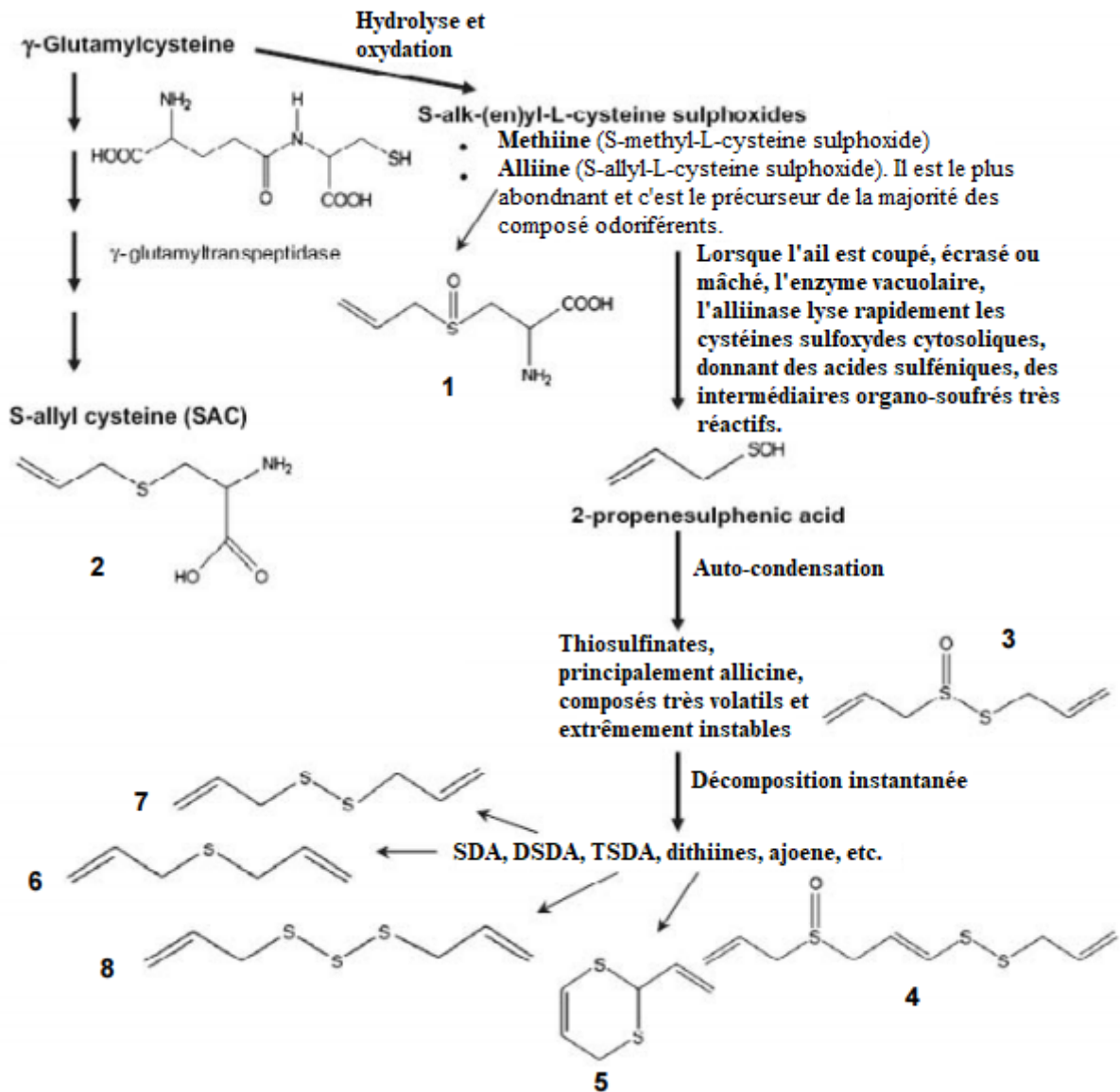


Figure 23 : Les composés soufrés avec leur voie de biosynthèse. [53]

## VII.2. Composés non soufrés

### VII.2.1. Saponines

Les saponines sont des glycosides de haut poids moléculaire, formées de fragments de sucre liés à un triterpène ou à un aglycone stéroïde. De nombreuses saponines ont des propriétés détergentes, donnent des mousses stables dans l'eau, présentent une activité hémolytique et ont un goût amer.[54]

Selon la forme de l'aglycone les saponines stéroïdes sont divisées en saponines spirostanol et saponines furostanol cette dernière à une unité  $\beta$ -glucosyl sur la position 26 de l'aglycone.[45]

La première saponine identifiée à partir de l'ail par Matsuura et al. 1988 est une saponine stéroïde appelée le proto-eruboside-B [55], elle a été isoler à partir d'un extrait méthanolique d'ail congelé. D'autres études sur l'ail congelé ont conduit à l'isolement d'une nouvelle saponine nommé sativoside-B1 ainsi que la proto-desgalactotigonin. L'éruboside-B qui est une spirostanol et plusieurs autres saponines ont été isolé après avoir écrasé des bulbes d'ail crus à température ambiante.[56]

Plusieurs études ont démontré les effets in vitro des saponines stéroïdes qui sont : effets antifongiques, cytotoxicité antitumorale, effet sur la coagulation sanguine et des effets hypocholestérolémiants.[56]

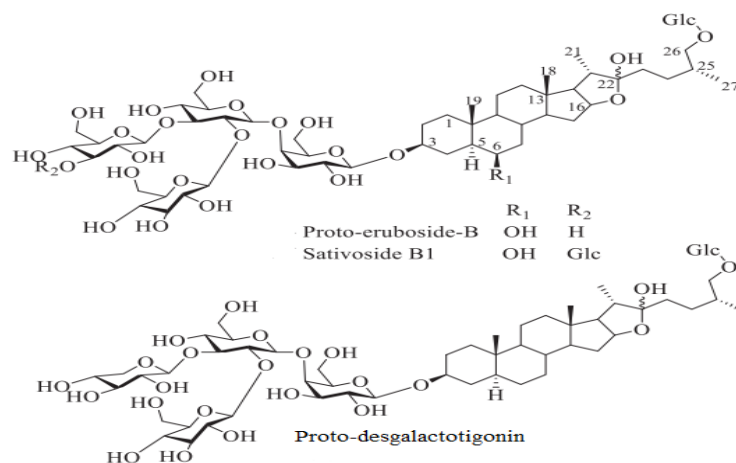
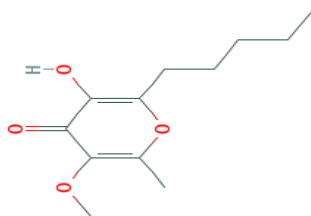


Figure 24 : structure de : Proto-eruboside-B, Staivoside et Proto-desgalactotigonin  
Glc = glucose.[57]

### VII.2.2. Allixine

L'allixine est un autre composé produit par l'ail suite à un stress, isolé pour la première fois par Koder et al. 1989. L'allixine est formé lorsque la gousse d'ail est endommagée par la chaleur, un traitement par  $\text{HgCl}_2$  ou  $\text{H}_2\text{O}_2$ . [58]

Certaines études ont démontré que l'allixine défavorise le développement des tumeurs cutanées induites, un effet inhibiteur sur la mutagenèse induite par l'aflatoxine ainsi qu'une activité neurotrophe. [59]



**Figure 25 : Structure d'allixine. [60]**

### VII.2.3. Polyphénols

Les polyphénols sont des composés contenant un ou plusieurs cycles aromatiques portant chacun un ou plusieurs groupes hydroxyle, y compris les tanins, les flavonoïdes et les acides phénoliques.

Les polyphénols sont largement distribués dans les aliments quotidiens tels que les fruits, les légumes et les céréales, et présentent des capacités antioxydantes puissantes et variées.

L'ail est l'une des sources les plus riches de composés phénoliques. La quantité totale des composés phénoliques de l'ail frais varie entre 3.4 et 10.8 GAE/g (équivalent d'acide gallique/g) de matière sèche. La teneur en acide phénolique varie de 1.8 à 20.9 mg/kg de matière sèche et l'acide caféique est le plus dominant, suivi de l'acide férulique, de l'acide vanillique et de l'acide p-hydroxybenzoïque. Il a été constaté que les flavonoïdes courants, tels que la myricétine, la quercétine, le kaempférole et l'apigénine n'ont pas été détectés dans les cultivars récoltés en chine. [2] Des variations dans le type et la teneur en composés phénoliques ont été constatées en raison des différences génétiques, des pratiques agronomiques et des conditions environnementales, notamment le lieu de croissance, le climat et la saison. [61]

**VIII. Les monographies (Pharmacopée Européenne IX<sup>e</sup> édition et Monographies de l'OMS)**

Voir annexes pages 111.

A decorative rectangular frame with ornate, symmetrical scrollwork at each corner, rendered in a light gray color. The frame encloses the central text.

*Partie II : Les valeurs nutritives de  
l'ail*

## **I. La composition qualitative et quantitative en nutriments**

Les fruits et les légumes sont la source de plusieurs milliers de composants phytochimiques, appartenant à de nombreuses classes telles que les fibres, les pigments, les vitamines, les composés phénoliques, etc., et un bon nombre d'entre eux sont d'une grande importance pour la santé humaine et la nutrition. Les six principaux nutriments offerts par l'alimentation sont : L'eau, Les glucides, Les lipides, Les protéines, Les vitamines et Les éléments minéraux.

### **I.1. L'eau**

L'eau est un macronutriment inorganique essentiel à notre survie, 75% de notre poids corporel est constitué d'eau. Il contribue à presque tous les processus majeurs de notre corps. Il maintient la température de l'organisme stable, conserve les produits chimiques corporels à leurs concentrations appropriées, transporte les nutriments et l'oxygène vers les cellules et élimine les déchets. L'eau amortit également les articulations et protège les organes et les tissus. Un apport insuffisant d'eau ou une perte excessive d'eau peut entraîner une déshydratation.[62,63]

La teneur de l'ail en eau est d'environ 62-68%[61]

### **I.2. Les glucides**

Les glucides historiquement appelés hydrates de carbone (ou carbohydrates), sont un groupe vaste et diversifié de nutriments présents dans la plupart des aliments. Ce groupe comprend les sucres simples (comme le glucose et le fructose) et les sucres complexes telles que l'amidon (contenus dans les pâtes, le pain, les céréales et certains fruits et légumes), qui sont décomposés pendant la digestion pour produire des monosaccharides facilement assimilables.

La fonction principale des sucres simples et complexes est de fournir l'énergie. Le glucose est nécessaire pour satisfaire les besoins énergétiques du cerveau, tandis que les muscles l'utilisent pour des périodes d'activité à court terme.

Contrairement aux autres glucides, les fibres (contenues dans le son, les fruits et légumes) sont un type de glucides complexes qui ne peuvent pas être facilement digérés par notre corps. Même s'ils ne sont pas digérés, les fibres sont cruciales pour le bon fonctionnement de l'appareil digestif.[62]

Les glucides sont les macronutriments les plus abondants de l'ail, ils représentent 22% à 26% de la matière fraîche ou 77% de la matière sèche, consistant principalement en polysaccharides et en petites quantités d'oligosaccharides et monosaccharides.[61] Les teneurs en g/100g de la matière fraîche en glucose, fructose et sucrose sont respectivement 0,04g – 0,12g, 0,09g – 0,2g et 0,38 – 1,35g[64]. Alors que les fibres brutes représentent 2.1% de la matière sèche[65].

### **I.3. Les lipides**

Les lipides sont des nutriments essentiels, car le corps en a besoin pour construire les membranes cellulaires et fabriquer plusieurs hormones indispensables, à savoir les hormones stéroïdes, la testostérone, la progestérone et les œstrogènes, et les prostaglandines hormonales. Les lipides permettent d'une part aux vitamines liposolubles (A, D, E et K), d'être absorbées pendant le processus de digestion et d'autre part le transport de ces vitamines par le sang vers leur destination. Les tissus adipeux de notre corps fournissent une isolation protectrice et une absorption des chocs pour les organes.

En tant que macronutriment, les lipides sont une source d'énergie qui fournit environ 9 calories par gramme, soit plus du double de la même quantité de glucides ou de protéine.[62]

La teneur de l'ail en lipides est de 0.31% à 0.74% pour la matière fraîche, où 62.6% est sous forme de lipides neutres, 14.0% sous forme de glycolipides et 23.4% sous forme de phospholipides. Parmi ceux-ci, l'acide linoléique, l'acide palmitique et l'acide linoléique sont les acides gras les plus abondants.[61,64]

#### **I.4. Les protéines**

Les protéines sont des éléments essentiels de notre alimentation. Ils sont de grosses molécules complexes ressemblant à des chaînes de perles. Chacune des perles de la chaîne représente une molécule appelée acide aminé.

Les acides aminés sont composés de carbone, d'oxygène, d'hydrogène, d'azote et certains contiennent du soufre. Le corps peut fabriquer plus de 50 000 protéines différentes à partir des acides aminés consommés. Ces protéines sont les principaux éléments structuraux de la peau, des cheveux, des ongles, des membranes cellulaires, des muscles et des tissus conjonctifs.

Les milliers de protéines qui composent notre corps sont assemblées à partir d'une vingtaine d'acides aminés différents. Sur les 20 acides aminés qui composent toutes les protéines, 9 sont considérés comme «essentiels» car ils ne peuvent pas être fabriqués dans notre corps et doivent être obtenus à partir des aliments que nous mangeons. Sur les 11 restants, certains sont essentiels pour les nourrissons et les personnes atteintes de certaines maladies. Les autres acides aminés sont considérés comme «non essentiels», car notre corps peut les fabriquer en quantité suffisante, si nécessaire.[62]

L'ail frais contient généralement 5,2% - 7,8% de protéines[64] et est abondant en acides aminés libres (1 122 à 3 106 mg/100g de matière fraîche), selon la variété et l'environnement de croissance [66]. La glutamine, la cystéine et l'acide glutamique sont les acides aminés libres les plus abondants dans l'ail, avec certains acides aminés essentiels : la lysine, le tryptophane et la valine [61,66].

**Tableau IV : Les acides aminés contenue dans l'ail. [66]**

<b>Acide aminé</b>	<b>Teneur (mg/100g)</b>
Asparagine	34,3 – 415,6
Aspartate	39,3 – 180,8
Glutamine	402,1 – 1004,0
Lysine	49,5 – 313,9
Tryptophane	50,5 - 105,9
Valine	18,3 – 66,4
Glycine	0,9 – 3,1
Leucine	6,8 - 21,4
Alanine	18 – 44,5
Isoleucine	4,5 – 25,4
Thréonine	1,4 – 71,0
Serine	40,3 - 156,0
Proline	23,7 – 232,8
Phénylalanine	12,6 – 76
Histidine	20,7 – 103,2
Tyrosine	42,1 – 112,1
Cystine	52,8 - 373,3

## I.5. Les vitamines

Les vitamines sont des micronutriments, qui jouent un rôle important dans la libération et l'utilisation de l'énergie contenue dans les glucides, les lipides et les protéines. Ils aident les molécules responsables de la vision à remplir leurs fonctions, ils servent d'hormones régulatrices de la formation osseuse et ils agissent comme des antioxydants pour préserver la fonction cellulaire.

Les vitamines sont classées en deux types : les vitamines liposolubles et les vitamines hydrosolubles. Cette classification reflète la façon dont les vitamines sont absorbées, transportées et stockées dans notre corps. Comme notre corps ne peut pas synthétiser la plupart des vitamines, nous devons les consommer dans notre alimentation.[62,63]

L'ail frais peut contenir de multiples vitamines (environ 0,058% de l'ail frais, comme la vitamine C, la vitamine E, les vitamines B et la vitamine K).[61,67]

**Tableau V : La teneur de l'ail en vitamines. [67]**

La vitamine	Teneur /100g
Vitamine C	31.2 mg
Vitamine B1	0.2 mg
Vitamine B2	0.11 mg
Vitamine B3	0.7 mg
Vitamine B6	1.2 mg
Vitamine B9	3 µg
Vitamine E	0.08 mg
Vitamine K	1.7 µg

## **I.6. Les éléments minéraux**

Similaire aux vitamines, les minéraux jouent une multitude de rôles physiologiques. Contrairement aux vitamines, certains (Calcium et phosphore) ont une fonction structurelle. Ces minéraux sont les principaux composants de nos os et dents. Le calcium a un rôle critique supplémentaire ; avec plusieurs autres macroéléments (sodium, chlore potassium et magnésium) le calcium est un régulateur de la fonction cellulaire. Le sodium, chlorure et potassium sont responsables du maintien de l'équilibre hydrique dans l'organisme ainsi que plusieurs autres fonctions.

Les oligo-éléments sont ceux dont les besoins sont de l'ordre du microgramme par jour. Il s'agit notamment du fer, du chrome, du cobalt, du cuivre, du fluorure, de l'iode, du manganèse, du molybdène, du sélénium et du zinc.[62]

Le bulbe d'ail contient des quantités assez importantes de minéraux comme le calcium, le phosphore, le potassium, le sodium, le magnésium, l'aluminium, le fer, le cuivre, le manganèse, le chrome, le molybdène, le sélénium, le germanium et l'iodure (Tableau VI). [36]

**Tableau VI : Les éléments minéraux contenus dans l'ail. [36,67,68]**

Minéraux	Teneur en mg/100g
Potassium K	446 – 675
Sodium Na	7.0 – 36.0
Calcium Ca	163 - 5557
Magnésium Mg	23.1 – 63.1
Manganèse Mn	1.23 – 1.54
Fer Fe	2.88 – 5.78
Zinc Zn	0.55 - 1.52
Cuivre Cu	0.29
Sélénium Se	0.014
Phosphore P	64.00 – 153.00
Cobalt Co	0.90 µg
Fluor F	0.022
Iode I	0.094
Sélénium Se	0,014

## II. L'ail dans l'alimentation

Une épice peut être définie comme « tout végétal séché, odorant, aromatique ou piquant ou toute substance végétale entière ou broyée, qui apporte la saveur, dont la fonction principale dans les aliments est l'assaisonnement plutôt que la nutrition, et qui peut participer à la saveur piquante des aliments et boissons ». Sur la base de cette définition, « épice » est un terme culinaire plutôt que botanique. Les herbes ont une définition plus botanique en tant que plantes « plus ou moins tendres ou succulentes, principalement cultivées à partir des graines et ne développant pas de tissus ligneux persistants, elles sont généralement utilisées fraîches ». Comme ils sont largement utilisés comme condiment, les alliums peuvent être classés comme épices et herbes malgré le fait que certains tels que l'oignon et le poireau sont également utilisés comme plats principaux.

L'Homme épice les aliments « pour profiter des actions antimicrobiennes des métabolites secondaires végétaux qui donnent aux épices leurs saveurs, ainsi en nettoyant les aliments des agents pathogènes, les utilisateurs d'épices contribuent à leur santé, leur survie et leur reproduction ». Pour les raisons ci-dessus, ceux qui vivent dans les climats chauds, où les risques associés aux agents pathogènes d'origine alimentaire sont plus importants, préfèrent les aliments épicés. Ces conclusions ont été tirées d'une étude approfondie de plus de 4500 recettes à base de viande provenant de 93 livres de cuisine de 36 pays.[9]

Les auteurs rejettent l'hypothèse alternative selon laquelle les épices sont utilisées pour masquer l'odeur ou le goût des aliments gâtés. Une analyse de ces recettes a révélé que les trois épices les plus largement utilisées étaient l'oignon, le poivre et l'ail (65%, 63%, 35%, respectivement) et que les zones chaudes utilisaient ces épices plus fréquemment que les zones froides.

L'ail figurait sur une liste d'aliments de base qu'un scribe a sculpté sur une tablette d'argile en 2600 A.E.C. et était un ingrédient dans trois des plus anciennes recettes connues du monde.[69]

De nombreux cuisiniers préconisent fortement l'utilisation d'ail frais plutôt que la poudre, les flacons déshydratés, de sel ou de jus en bouteille, arguant que ces formes d'ail

transformées deviennent rapidement âcres et insipides. Il est reconnu depuis longtemps que pour tirer le maximum de la saveur à partir d'une gousse d'ail, elle doit être rigoureusement écrasée, ce qui mélange efficacement l'alliine et l'enzyme alliinase. L'ail écrasé doit être laissé reposer pendant dix minutes pour maximiser l'action enzymatique avant chauffage.

L'ail écrasé par une presse est généralement considéré comme possédant une saveur différente de l'ail haché ; puisque plus de parois cellulaires sont brisées et plus de composés sont libérés.

L'effet de la cuisson sur l'ail est actuellement controversé. D'une part, il a été démontré que bouillir pendant 30 mn à 100 °C accroît ses effets antioxydants, et que la cuisson peut augmenter son activité antibactérienne. D'autre part, certains composés antioxydants de l'ail sont thermiquement instables. Il a été montré que l'alliinase est désactivée par la chaleur, empêchant ainsi la formation d'allicine. Certains composés soufrés bénéfiques pour la santé ne sont donc pas formés si la cuisson intervient avant que l'ail soit écrasé. Ainsi pour bénéficier au maximum des bienfaits de l'ail, il faut le hacher ou le broyer avant cuisson. L'idéal c'est de le laisser reposer 10 mn avant la cuisson, afin de permettre suffisamment de temps aux réactions chimiques de se produire. Des chercheurs ont ainsi établi qu'écraser l'ail avant de le cuire permettrait de préserver ses propriétés anticoagulantes, bénéfiques dans les maladies cardiovasculaires. Après 6 mn de cuisson, la gousse d'ail entière perd toute son activité anticoagulante. Alors que l'ail écrasé préserve cette activité pendant une dizaine de minutes.[70]

A decorative rectangular frame with ornate, symmetrical scrollwork at each corner, rendered in a light gray color. The frame encloses the title text.

*Partie III : La pharmacotoxicologie  
de l'ail*

## **I. Les effets pharmacologiques de l'ail**

### **I.1. Inhibition de l'agrégation plaquettaire**

Plusieurs études ont démontré l'effet antiagrégant plaquettaire de l'ail. Bordia 1978 a trouvé que in vitro l'ajout d'huile essentielle d'ail inhibe l'agrégation plaquettaire induite par l'ADP, l'épinéphrine ou le collagène et qu'elle favorise aussi la désagrégation une fois que le caillot est formé [71]. Sendl et al. 1992 de leur part ont affirmé que l'extrait de chloroforme et l'extrait acétone/chloroforme de l'ail ont le pouvoir d'inhiber l'agrégation plaquettaire et que l'extrait de chloroforme a une inhibition environ 3 fois plus forte que l'extrait acétone/chloroforme.[72]

In vivo l'ail a pu retarder l'agrégation plaquettaires au niveau des artérioles des souris, et prévenir la formation aigue du thrombus plaquettaire ainsi que la réduction du débit cyclique dans l'artère coronaire sténosée des chiens.[73,74]

Les principes actifs responsables de l'action antiagrégante de l'ail sont l'allicine, l'E et Z ajoène, TSDA, 2-vinyl-1,3-dithien, l'allyl-1,5-hexadienyltrisulfide et l'adénosine.[75–78]

Parmi les mécanismes par les quels l'ail exerce son action, on note la réduction de la formation de thromboxane à partir de l'acide arachidonique exogène, l'inhibition de l'activité de la phospholipase, l'inhibition de la formation de thromboxane et des produits de lipoxgénase dans les plaquettes activé par l'acide arachidonique et l'inhibition de l'incorporation d'arachidonate dans les phospholipides plaquettaires.[79,80]

### **I.2. Effets sur la circulation sanguine**

La fluidité de la membrane érythrocytaire est déterminée par un certain nombre de facteurs, notamment la teneur en cholestérol, la composition en acides gras et la matrice protéique. L'exposition des érythrocytes à un agent qui induit la peroxydation des acides gras insaturés de la membrane augmente considérablement la rigidité et diminue la déformabilité cellulaire, aussi la perte de composants intracellulaires, tels que l'ATP et le 2,3-diphosphoglycérate, et une augmentation des substances réactive à l'acide thiobarbiturique provoquent une augmentation de la rigidité de la membrane et entraînent une diminution de déformabilité des érythrocytes ce qui par la suite altère la circulation sanguine.[81,82]

In vitro l'ajout d'extrait d'ail vieilli (EAV) inhibe de manière significative l'augmentation des substances réactives à l'acide thiobarbiturique et le taux d'hémolyse et empêche la perte d'ATP intra-érythrocytaire et de 2,3-diphosphoglycérate dans les érythrocytes oxydés.[81]

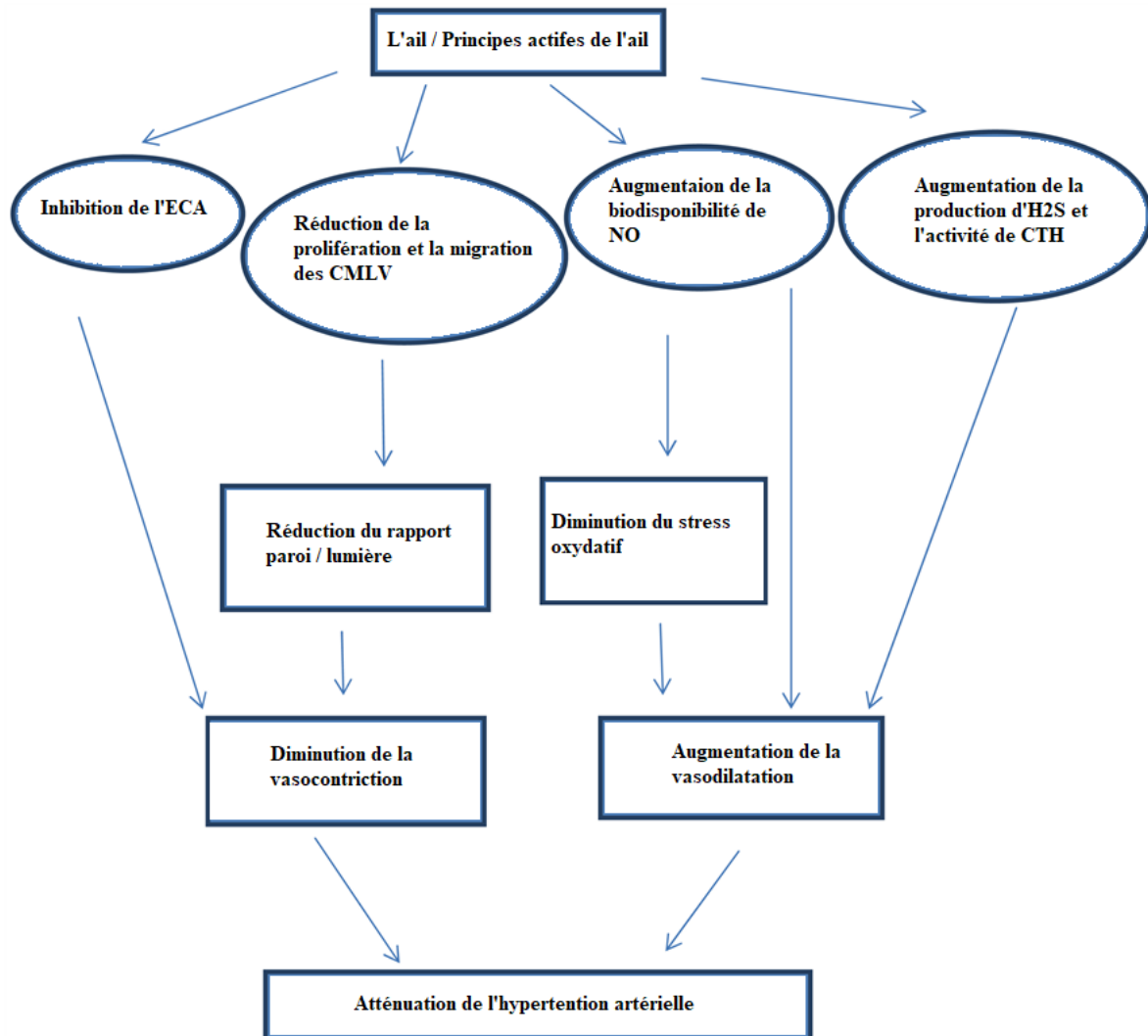
Une autre étude a démontré que sur des rats hypercholestérolémiques l'ail améliore de façon significative la fluidité érythrocytaire. [83]

### **I.3. Effet sur la pression artérielle**

Dans une étude réalisée in vivo réalisée sur des rats soumis à une hypoxie alvéolaire et sur la vasoconstriction des anneaux vasculaires pulmonaires isolés. L'administration de l'ail (100mg/kg de poids corporel) pendant 5 jours a entraîné une inhibition complète de l'hypoxie pulmonaire aigue par rapport au groupe témoin, ainsi qu'une vasorelaxation dose dépendante significative dans les anneaux vasculaires isolés. Aussi l'administration d'un inhibiteur de l'oxyde nitrique synthase a inhibé l'effet vasodilatateur de l'ail de 80%.[84]

Trois autres études in vivo ont montré l'action de l'ail sur la pression artérielle. La première conduite sur des grenouilles en utilisant un jus d'ail obtenu par l'écrasement des gousses (15ml/100g), elle a démontré principalement une bradycardie avec une diminution de la force de contraction du cœur suite à l'augmentation de dose. La deuxième sur des rats hypercholestérolémiques et dont le résultat est la diminution de la pression systolique. La troisième a utilisé des rats soumis à une sténose de l'artère rénale (two-kidney-one clip Goldblatt model). Les résultats ont montré que l'administration d'une seule dose d'ail permet une action hypotenseur qui devient maximale 2 à 6h après l'administration. L'administration de plusieurs doses d'ail semble être capable de limiter l'hypertension qui se produit normalement chez les rats sténosés.[85–87]

Bautista et al. (2005) ont trouvé que l'allicine et le DSDA ont le pouvoir d'induire une vasodilatation par l'excitation des terminaisons nerveuses sensorielles péri-vasculaires sensibles à la capsaïcine [88]. Selon Kaye et al. (1995) l'allicine a une activité vasodilatatrice significative sur le lit vasculaire pulmonaire du chat et du rat lorsque le tonus est augmenté expérimentalement.[89]



**Figure 26 : mécanisme antihypertenseur de l'ail. [90]**

#### I.4. Dyslipidémie

Différentes études mené sur des lapins hypercholestérolémiques et sur une période de 21 jours à 4 mois ont déterminé l'action hypocholestérolémiante et préventive contre l'athérosclérose. Certain de ces études ont observé que durant toute la période d'administration du cholestérol les fractions LDL et VLDL ont augmenté d'une façon significative et que la fraction HDL a diminué, alors que dans le groupe qui a reçu l'ail en parallèle avec le cholestérol, les trois fractions non pas changé d'une façon significative.[91–93]

Une autres études réaliser sur des rats hypercholestérolémiques à confirmer une réduction significative du cholestérol et des triglycérides et ils ont affirmé aussi que l'ail cru a plus d'effet sur le cholestérol et les triglycérides que l'ail bouilli.[94]

Plusieurs expérimentations ont révélé la forte action inhibitrice des composés liposolubles et hydrosoluble de l'ail. Parmi les composés hydrosolubles, le S-allylcysteine (SAC), la S-éthylcystéine (SEC) et la S-propylcystéine (SPC) ont inhibé la synthèse du cholestérol par 40 à 60% contre 20 à 35% pour le  $\gamma$ -glutamyl-S-allylcystéine, le  $\gamma$ -glutamyl-S-méthylcystéine et le  $\gamma$ -glutamyl-S-propylcystéine. Les composés liposolubles (c.-à-d. SDA, DSDA, TSDA, sulfure de dipropyl et trisulfure de dipropyle) à faible concentration inhibent légèrement (10 – 15%) la synthèse du cholestérol mais deviennent hautement cytotoxique à haute concentration.[95]

Parmi les mécanismes justifiant l'action de l'ail sur le cholestérol et l'athérosclérose, l'inhibition de la synthèse du cholestérol au niveau hépatique. L'effet direct de l'ail sur l'athérosclérose peut s'expliquer par sa capacité à réduire la teneur en lipides dans les cellules artérielles et à empêcher l'accumulation de lipides intracellulaires, la réduction de la glucose-6-phosphate déshydrogénase hépatique et de l'activité de l'enzyme malique et la suppression de l'oxydation des LDL. [40,95–97]

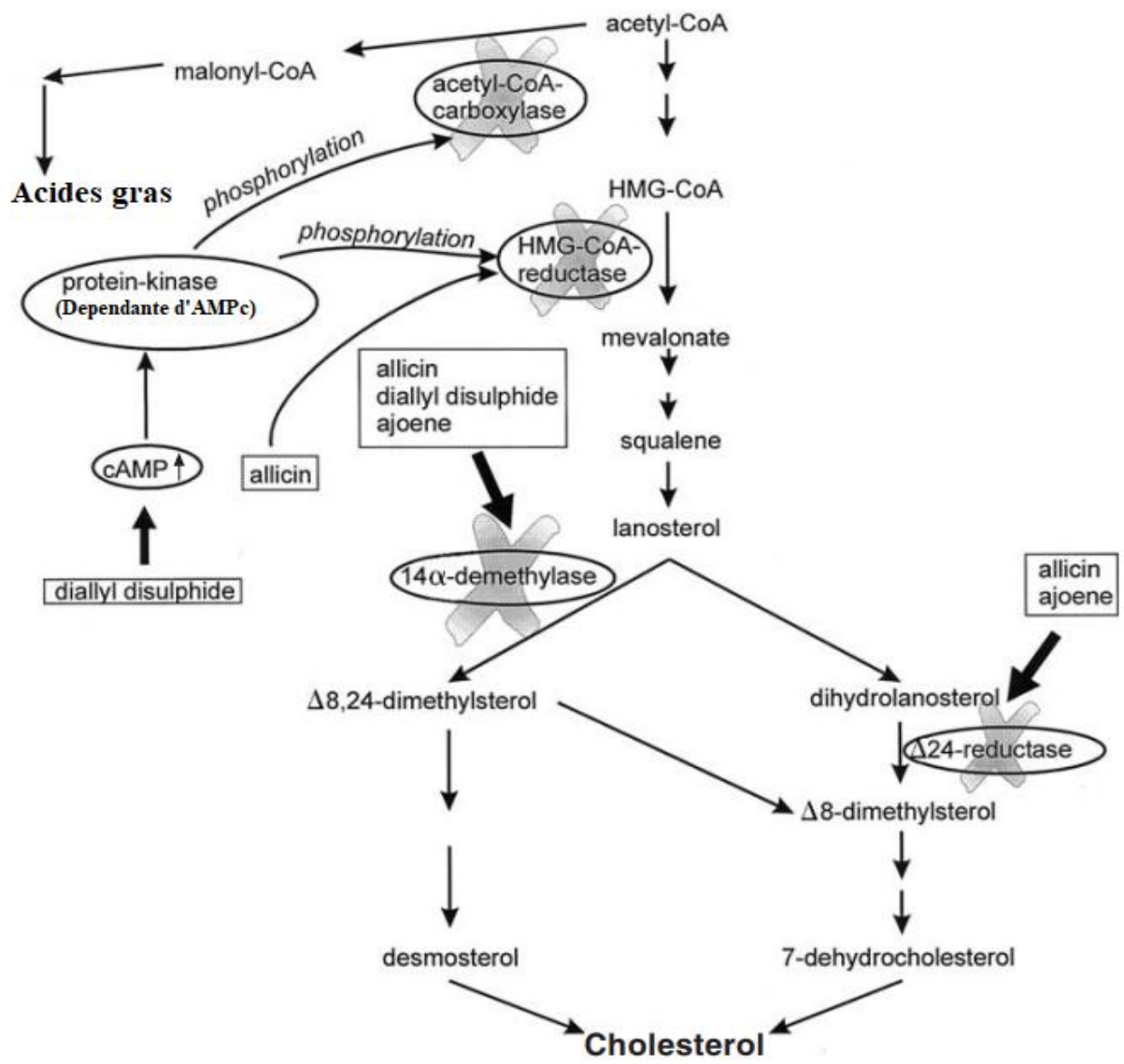


Figure 27 : Effets régulateur de la synthèse des acides gras et cholestérol par différents composés de l'ail. L'inhibition de l'enzyme est marquée par la croix. [20]

### **I.5. Cardioprotection de l'ail contre la toxicité de la doxorubicine**

L'utilisation de la doxorubicine en tant qu'anticancéreux est limitée à cause de sa cardiotoxicité. La doxorubicine est responsable de la cardiomyopathie dilatée et peut causer l'insuffisance cardiaque, comme il peut générer les radicaux libres et réduire le taux des antioxydants endogènes dans le cœur. Le stress oxydative induit par la doxorubicine affecte les mitochondries, la membrane cellulaire, le réticulum sarcoplasmique, les lysosomes et les microfibrilles des cellules myocardiques ce qui augmente l'apoptoses des cardiomyocytes.[98]

De nombreuses études ont cherché l'effet protecteur de l'ail contre la cardiotoxicité de la doxorubicine. Une étude a utilisé des cultures primaires des myocytes cardiaque de rat, ces dernières ont été traitées avec la doxorubicine seule ou en combinaison avec l'EAV pendant 24h. La doxorubicine a augmenté la mort cellulaire induit par p53 et caspase 3, tandis que le prétraitement par L'EAV a supprimé l'action de la doxorubicine [99]. Dans une autre étude in vivo il a été observé que l'administration d'une seule dose de doxorubicine a abouti à l'augmentation de l'activité enzymatique de lactate déshydrogénase (LDH) et de créatine phosphokinase (CPK) ainsi que la formation de malondialdéhyde (MDA). Mais le prétraitement avec l'EAV 27 jours avant la doxorubicine a réduit l'activité des deux enzymes et la production de la MDA.[100]

L'investigation des effets de la SAC a montré qu'il peut s'opposer à plusieurs effets de la doxorubicine (la perte de poids, l'augmentation de la CPK et les dommages histologiques sur le foie et le cœur).[101]

## **I.6. Effet antidiabétique de l'ail**

Une étude menée par Eidi, Eidi et Esmaeili en 2006 sur des rats diabétique, l'administration orale de l'extrait d'ail pendant 14 jours a prouvé qu'il peut réduire de manière significative le glucose sanguin avec augmentation de l'insulinémie. Une comparaison entre l'action d'extrait d'ail et la glibenclamide a montré que l'effet antidiabétique de l'extrait d'ail était plus efficace que celui observé avec la glibenclamide. Une étude similaire a montré une activité comparable à la glibenclamide par diminution de l'hémoglobine glyquée sanguine, diminution du glucose sanguin et augmentation significative de l'insuline plasmatique.[102,103]

L'administration de S-methylcysteine sulfoxide, de S-allylcysteine sulfoxide et de TSDA à des rats alloxane-diabétique ou streptozotocine-diabétique a amélioré l'état diabétique sur plusieurs niveau : l'intolérance au glucose, la perte de poids, l'augmentation de l'insulino-sécrétion et la diminution de la résistance à l'insuline.[104,105]

Augusti et Dheela 1996 ont révélé que le traitement des rats alloxane-diabétique avec le S-allylcysteine sulfoxide (SACS) a amélioré l'état diabétique des rats presque de la même façon que la glibenclamide et l'insuline. En plus les SACS contrôle mieux la peroxydation lipidique que les deux autres médicaments. En outre, in vitro les SACS stimulent de manière significative la sécrétion d'insuline à partir des cellules  $\beta$  pancréatiques isolés. Ils ont donc supposé que les effets bénéfiques des SACS peuvent être dus simultanément aux actions antioxydantes et sécrétagogues.[106]

En plus des effets cités si dessus, l'ail peut aussi exercer son action antidiabétique par la réduction de l'absorption intestinale du glucose.[107,108]

## **I.7. Activité antioxydante de l'ail**

Les antioxydants sont des composés capables de s'opposer aux effets néfastes de l'oxydation dans les tissus animaux. Plus précisément, ce sont des substances qui peuvent protéger les cellules contre les dommages causés par les radicaux libres. Les antioxydants interagissent avec les radicaux libres et les stabilisent et peuvent ainsi empêcher certains des dommages qu'ils pourraient causer.[9].

Dans une étude concernant 22 légumes communs et en se basant sur le poids frais, l'ail possède l'activité antioxydante la plus forte contre les radicaux peroxydes.[109]

In vitro il a été observé que l'extrait d'ail cuit (100°C) ou non (5-100ul/ml) exerce une inhibition de (30 – 100%) de l'acide 2,3-dihydroxybenzoïque (2,3-DHBA) et de l'acide 2,5-dihydroxybenzoïque (2,5-DHBA) générés suite à la photolyse d'H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Cette étude indique que l'extrait d'ail est un puissant piègeur des radicaux hydroxyle et que la cuisson réduit légèrement son activité.[110]

Pour les études in vivo l'expérience a été menée sur des rats avec une alimentation riche ou sans cholestérol en plus de l'ail frais ou cuit et leurs extraits aqueux correspondants. Les résultats ont montré une réduction du stress oxydatif et une augmentation de l'activité antioxydante avec diminution des lipides sanguins des rats [111]. Dans une autre étude menée sur des hamsters l'administration de l'extrait d'ail a permis l'abaissement de la peroxydation des lipides et la restauration des dépletions des antioxydants, comme l'acide ascorbique, la vitamine E, le glutathion réduit, la glutathion peroxydase, la superoxyde dismutase et la catalase [112].

L'extrait d'ail germé pendant 5 jours possède une activité antioxydante plus élevée que l'extrait d'ail cru.[113]

## **I.8. Activité anticancéreuse**

En 1990 l'institut national de cancer des états unis a lancé «The designer Food Program » pour déterminer quels aliments ont joué un rôle important dans la prévention du cancer. Ils ont conclu que l'ail peut être l'aliment ayant le plus de propriétés préventives contre le cancer.[114]

La cytotoxicité de l'extrait d'ail a été testé contre trois lignées cellulaires cancéreuses malignes (gastrique, mammaires et du colon) et une lignée cellulaire non maligne. Les résultats ont révélé que les lignées des cellules mammaires et gastrique testées sont sensibles à l'extrait d'ail et que ces effet sont spécifiques aux tumeurs et dose dépendants.[115]

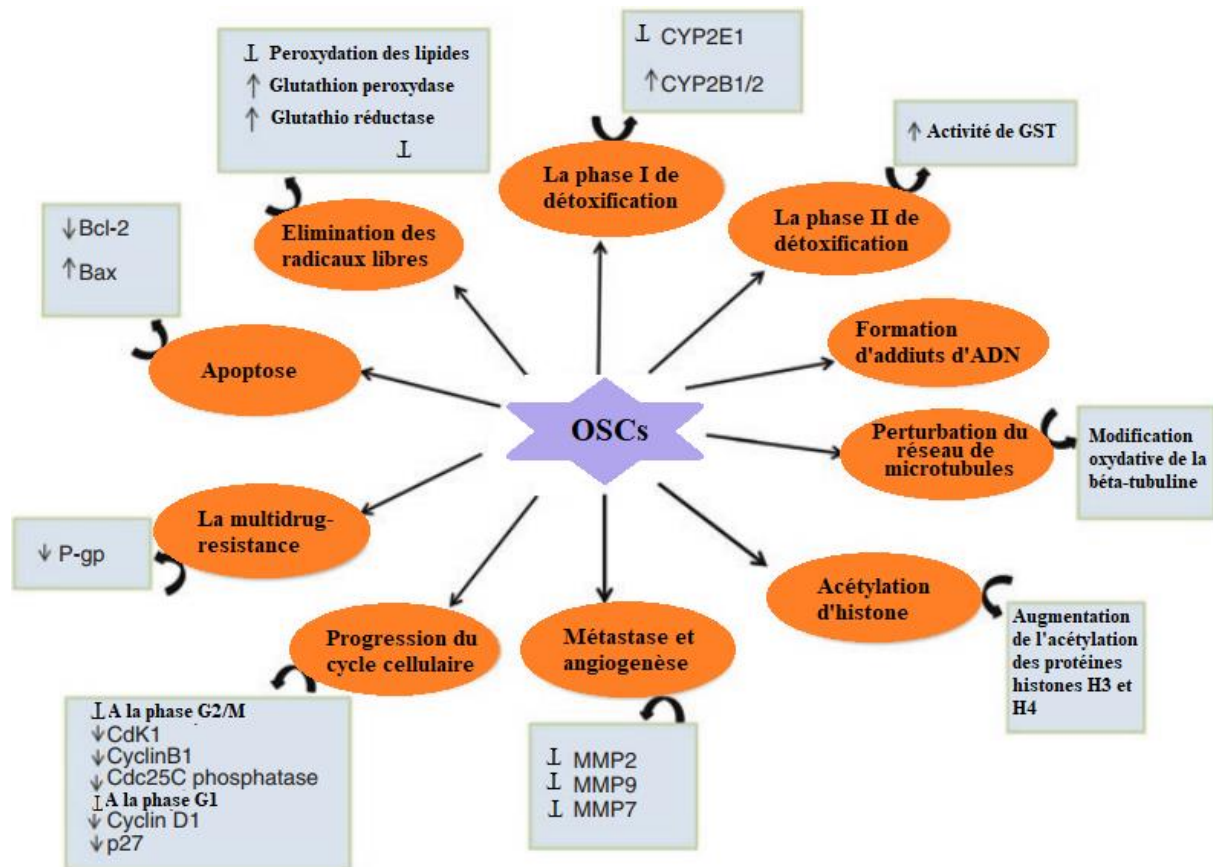
Dans une autre étude, le développement des tumeurs induites par l'acide aristolochique (l'AA) chez des rats traités ou non par le SDA a été étudié. Des tumeurs du pré-estomac, de la vessie et du thymus ont été induites chez des rats mâles après un traitement de 12 semaines avec de l'AA. L'administration de SDA par voie intragastrique 4 heures avant le traitement par l'AA a réduit de manière significative le nombre de rats ayant développé des tumeurs du pré-estomac. L'incidence des tumeurs du pré-estomac induites par l'AA était de 10% après la co-administration de SDA et de 60% lorsque l'AA était administré seul.[116]

L'investigation de l'effet anti-tumoral du TSDA a révélé que ce dernière peut réduire la mitose des tumeurs, diminuer l'activité des histones désacétylases, augmenter l'acétylation de H3 et de H4, inhiber la progression du cycle cellulaire et diminuer les marqueurs tumoraux.[117]

In vivo sur des souris chimériques l'alliinase a été conjuguée à l'anticorps monoclonal (rituximab), qui reconnaît l'antigène CD20. Le conjugué résultant été ciblé sur les CD20 des cellules B de la leucémie lymphoïde chronique et les autres cellules B des autres lymphomes. Lors de l'ajout de l'alliine, l'allicine s'est formée in situ, tuant les cellules tumorales B CD20 via l'apoptose.[118]

Il a été constaté que les dérivés de l'ail influencent un nombre important de mécanismes moléculaires dans la cancérogenèse, dont la formation d'adduits d'ADN,

l'élimination des radicaux libres, la mutagenèse, la prolifération et la différenciation cellulaire et l'angiogénèse (Figure 28).[119]



**Figure 28 : Mécanisme d'action des composés organosulfurés de l'ail dans la prévention du cancer. I indique l'inhibition de l'étape ; ↑ indique la régulation positive ; ↓ indique la régulation négative ; OSCs = les composé organosulfurés. [120]**

### I.9. Effet Immunomodulateur

Dans une étude portée sur les effets immunomodulateur des composés soufrés naturels tels que le SDA, le DSDA et l'allyl methyl sulphide (AMS) sur des souris type BALB/c, le traitement des souris avec les composés soufré a amélioré de manière significative le nombre total de cellules blanches, aussi l'administration de SDA et DSDA a augmenté le poids du thymus et de la rate, la cellularité de la moelle osseuse a également augmenté de façon significative chez les animaux traités par DSDA et AMS.[121]

L'utilisation de l'EAV sur des souris avec une allergie IgE médiée induite par la pommade de chlorure de picryle a significativement diminué le gonflement de l'oreille. Dans le modèle de stress psychologique, l'EAV a empêché de manière remarquable la diminution du poids de la rate causé par le stress électrique.[122]

À partir de l'ail cru trois composants protéiques immunomodulateur ont été isolé : QR-1, QR-2 et QR-3. Les trois protéines ont toutes montré une activité mitogène envers les lymphocytes du sang périphérique humain. Deux autres protéines majeures ont été détectées dans l'EAV, QA-1 et QA-2 qui ont montré une activité immunomodulatrice.[123,124]

### **I.10.      Activité antibactérienne**

Les effets des différents extraits d'ail (Aqueux, à l'éthanol et au chloroforme) ont été testé contre des bactéries nosocomiales, *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus pneumoniae* et *Pseudomonas aeruginosae*. À une concentration de 100mg/ml, tous les extraits ont inhibé la croissance des bactéries pathogènes, mais avec des degrés de sensibilité variables. Les valeurs des CMB (Concentration minimal bactéricide) de l'extrait aqueux pour *S. aureus* est 75mg/ml ; *S. pneumoniae* est 100mg/ml ; *P. aeruginosa* est 150mg/ml. L'extrait aqueux était plus puissant que les extraits organiques et avaient une activité inférieure par rapport à l'antibiotique standard, le métronidazole.[125]

Trente souches de mycobactéries, composées de 17 espèces, ont été inhibées par diverses concentrations d'extrait d'ail incorporé dans un milieu gélosé. La concentration requise variait d'un minimum de 1.34 mg/ml de milieu à un maximum de 3.35 mg/ml de milieu.[126]

Des études menées sur l'action comparative d'extrait d'ail cru et de chlorhydrate de tétracycline à des concentrations égales ont montré que l'extrait d'ail cru était un agent antimicrobien plus puissant que la tétracycline.[127]

L'extrait d'ail et de streptomycine se sont révélés d'avoir un effet synergique contre les souches de *S. aureus* et d'*E. coli* résistantes à la streptomycine. Aussi la combinaison de la nisine (un antibactérien sous forme de peptide polycyclique) avec l'huile d'ail a montré une activité anti-listéria significative.[128,129]

L'efficacité du jus d'ail a été révéler être plus élevé que la Chlorhexidine contre les bactéries ciblées et pouvait être utilisé comme un bain de bouche efficace.[130]

L'administration oral d'extrait d'ail, de SDA et DSDA a montré des effets protecteurs contre l'infection par le SARM chez le rat.[131]

Certains composants de l'ail macérés dans l'huile ont inhibé la croissance des isolats d'*Helicobacter pylori*. [132]

L'action de l'allicine sur *Pseudomonas aeruginosa* se manifeste par l'inhibition de l'adhésion bactérienne précoce, la réduction de la sécrétion des substances polymériques extracellulaires et la baisse de la production des facteurs de virulence.[133]

La plupart des bactéries sont incapables de développer une résistance à l'allicine car le mode d'action est complètement différent de celui des autres substances antibiotiques. Il a été proposé que le développement d'une résistance aux bêta-lactamines est 1000 fois plus facile que le développement d'une résistance à l'allicine.[134]

Parmi les mécanismes d'action de l'allicine: l'inhibition du système bactérien formant l'acétyl-CoA, composé d'acétate kinase et de phosphotransacétylase. L'inhibition de la synthèse d'ARN s'est avérée être la cible principale de l'allicine chez *salmonella thyphimurium*. [135,136]

**Tableau VII : Sensibilité de différentes bactéries envers l'allicine. [134]**

Souche bactérienne	Concentration d'allicine (DL <sub>50</sub> µg/ml)	Commentaires
<i>Escherichia coli</i>	15	Sensible aux antibiotiques
<i>Escherichia coli</i>	15	Multirésistantes
<i>Staphylococcus aureus</i>	12	Sensible
<i>Staphylococcus aureus</i>	12	Résistant à la méthicilline
<i>Streptococcus pyogènes</i>	3	Sensible
<i>Streptococcus β hémolytique</i>	>100	Souche clinique MR
<i>Proteus mirabilis</i>	15	sensible
<i>Proteus mirabilis</i>	>30	Souche clinique MR
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	15	Sensible à la cefprozil
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	>100	Souche mucoïde MR
<i>Acinetobacter boumanii</i>	15	Isolat clinique
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	8	Isolat clinique
<i>Enterococcus faecium</i>	>100	Souche clinique MR

MR = Multirésistant ; DL<sub>50</sub> = Dose létale médiane

### **I.11.      Activité antifongique**

L'activité antifongique de l'ail a été établie pour la première fois en 1936 par Schmidt et Marquardt tout en travaillant avec des cultures d'epidermophyton.[114]

Dans une comparaison des effets des extraits d'ail frais et lyophilisés, *Candida albicans* s'est avéré sensible aux deux extrait avec une plus grande efficacité de l'extrait d'ail frais par rapport à l'autre extrait.[137]

L'effet antifongique d'un extrait aqueux d'ail a été testé contre 18 souches de *Cryptococcus neoformans*. Les résultats de cette étude révèlent que de faibles concentrations d'extrait aqueux d'ail sont à la fois inhibitrices et mortelles pour de nombreuses souches de *C. neoformans*. [138]

L'action antifongique de l'ail se manifeste par plusieurs manières, diminution d'absorption d'oxygène, inhibition de la synthèse des lipides, des protéines et des acides nucléiques. L'adhésion de *C. albicans* est également fortement réduite en présence d'extrait d'ail. L'ajoène est un composé d'ail qui peut inhiber la croissance de *Paracoccidoides brasiliensis* par la déstabilisation de l'intégrité de la membrane cytoplasmique.[114,139–141]

L'allicine peut améliorer l'activité antifongique de l'amphotéricine B contre *C. albicans* et *Aspergillus fumigatus* et peut aussi amplifier l'activité fongicide de la polymyxine B avec *Saccharomyces cerevisiae*. [142,143]

L'effet du DSDA et de SDA sur la sécrétion des enzymes hydrolytiques et le dimorphisme a été étudié sur deux souches de *Candida albicans* (isolat clinique et souche de référence de laboratoire). Les résultats ont montré que le SDA et DSDA peuvent inhiber de manière significative la protéinase, la sécrétion de phospholipase et le dimorphisme chez *C. albicans*. [144]

In vivo l'administration per os d'extrait d'ail (5mg/kg p.c) a des souris type Blab/c a assuré une protection complète des souris contre la cryptococcose disséminée. [145]

### **I.12.      Activité antiparasitaire**

Plusieurs études ont montré que l'ail ou ces composantes sont efficace contre une multitude de protozoaires, dont *Entamoeba histolytica*, Trypanosomes, Leishmania et *Acanthamoeba castellanii*. [114,146,147]

*Entamoeba histolytica* est très sensible à l'allicine, avec une inhibition de croissance à 30 µg/ml. Il est probable que l'allicine agit sur les groupe –SH de la cystéine protéinase, car l'activité de cette dernière peut être entièrement restaurée par traitement avec le réactif dithiothréitol. Par le même mécanisme l'allicine a été utilisé pour inhiber la protéine circumsporozoïte du plasmodium et par conséquence empêchant l'invasion des cellules hôtes in vitro et in vivo. [9,146,148]

L'extrait d'ail entier et certain de ses composants ont été testés pour leur activité contre Giardia. En 24h l'extrait a donné une Concentration inhibitrice médiane (IC<sub>50</sub>) de 0.3 mg/ml. La plupart des composés testés étaient inhibiteurs pour le parasite, en particulier l'alcool allylique et l'allyle mercaptan. Le mécanisme proposé est la stimulation de la production de l'oxyde nitrique synthase (l'oxoyde nitrique est cytotoxique pour *G. intestinalis*). [149]

### **I.13.      Activité antivirale**

En comparaison avec l'action antibactérienne de l'ail, très peu de travaux ont été effectués pour étudier ses propriétés antivirales. Les quelques études ont rapporté que l'extrait d'ail a montré une activité in vitro contre le virus de la grippe B, le virus Herpès simplex 1 [150], le cytomégalovirus [151], le rhinovirus, le virus herpès simplex 2 [152], la pneumonie virale et le rotavirus. L'allicine, le TSDA et l'ajoène se sont tous révélés actifs [152,153].

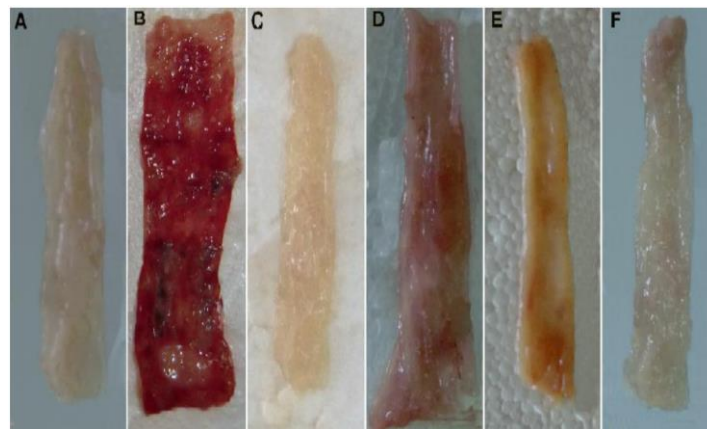
Dans le cas du VIH, il a été suggérer que l'ajoene agit en inhibant les processus dépendants de l'intégrine [154]. L'alcool allylique et le DSDA se sont également révélés efficaces contre les cellules infectées par le VIH [155].

#### I.14.      **Activité anti-inflammatoire**

Une étude sur l'activité anti-inflammatoire de l'ail a démontré que l'huile d'ail peut supprimer l'œdème inflammatoire induit sur la patte de rat par le formol et l'histamine. Cette étude a aussi révélé que l'huile d'ail a une forte activité anti-inflammatoire et est aussi efficace que l'indométacine.[156]

En utilisant un gradient chimiotactique Labchip pour étudier la migration cellulaire, l'huile d'ail s'est révélée être un inhibiteur potentiel de la migration cellulaire de type neutrophile et de la réactivité chimiotactique. L'utilisation d'huile d'ail peut abaisser les valeurs de l'indice chimiotactique, et de l'indice de mobilité et réduire la vitesse moyenne de migration cellulaire de 13 à 8  $\mu\text{m}/\text{minute}$ . Les auteurs ont également suggéré que l'activité anti-inflammatoire présentée par l'huile d'ail est principalement le résultat de l'inhibition des processus d'assemblage et désassemblage du cytosquelette.[157]

Dans une expérience in vivo utilisant des rats avec une rectocolite hémorragique (RH) induite, l'administration d'huile d'ail pendant 7 jours à une dose de 100mg/kg/jour a réduit de façon significative les taux de TNF- $\alpha$  et l'IL-1 $\beta$ , en plus de l'amélioration des changements macroscopiques et microscopiques de la muqueuse du côlon de façon dose dépendante (figure 28).[158]



**Figure 29 : Les effets macroscopiques d'huile d'ail sur la RH induite chez des rats.**

A : Groupe contrôle sans rectocolite hémorragique ; B Groupe avec RH et sans traitement ;  
C : Groupe avec RH et traité par mesalazine ; D : Groupe avec RH et traité par 25mg/kg/jour d'huile d'ail ; E : Groupe avec RH et traité par 50mg/kg/j d'huile d'ail ;  
F : Groupe avec RH et traité par 100mg/kg/jour d'huile d'ail.[158]

## **I.15.      Activité organo-protective de l'ail**

### **I.15.1. Activité hépatoprotecteur**

Plusieurs études ont montré que l'ail peut protéger les cellules hépatiques de certains agents toxiques. Le paracétamol est l'un des principaux analgésiques et antipyrétiques utilisés dans de nombreux pays. Le surdosage est connu pour provoquer une hépatotoxicité et une néphrotoxicité chez l'homme et les rongeurs. Bien que plus de 90% de paracétamol soit transformé en conjugués et excrété dans l'urine, une petite partie est métabolisée par différentes enzymes hépatiques [114]. Cela peut provoquer une toxicité. Il a été démontré que l'ail protège contre l'hépatotoxicité induite par le paracétamol. La gentamycine induit également des lésions hépatiques telles que l'élévation des enzymes marqueurs des lésions hépatiques (ASAT et ALAT) et la réduction du taux d'albumine plasmatique. L'inclusion alimentaire de poudre d'ail protège les rats contre l'hépatotoxicité induite par la gentamycine, améliore le statut antioxydant et module le stress oxydatif [159].

### **I.15.2. Neuroprotection**

L'EAV a révélé des effets neuroprotecteurs chez le rat atteint d'une lésion de la moelle épinière via son activité antioxydante [160]. L'EAV et 20% d'extrait hydroéthanolique de gousse d'ail frais protège contre les lésions induites par l'ischémie cérébrale chez le rat. Les résultats ont indiqué que les antioxydants tels que le SAC présents dans les extraits d'ail peuvent réguler les concentrations des dérivés réactifs de l'oxygène pendant l'ischémie, favoriser les voies de survie et atténuer le dysfonctionnement mitochondrial [161].

Le SAC a protégé de manière remarquable les neurones d'hippocampe des rats contre la neurotoxicité induite par le stress du réticulum endoplasmique. Il a été constaté que les effets protecteurs du SAC contre la mort induite des cellules neuronales n'étaient pas attribuables à l'activité antioxydante, mais à la suppression de la calpaïne (une cystéine protéase dépendante du  $Ca^{2+}$ ) [162].

## II. La toxicité et phytovigilance

### II.1. Toxicité de l'ail

Des études sur des animaux suggèrent que l'ail à forte dose peut potentiellement endommager le foie. Les données sur l'hépatotoxicité d'ail chez l'homme sont absentes.

Une étude a été réalisée sur des rats pour déterminer la dose orale optimale d'ail pour éviter des dommages hépatiques. Le chercheur utilisant des homogénats d'ail frais, a trouvé des preuves de lésions hépatiques après utilisation de l'ail pendant des périodes allant jusqu'à 21 jours à des doses  $> 0.5\text{g}$  par Kg de poids corporel du rat. Ils ont conclu que, sur la base d'un modèle de rat, seules des doses quotidiennes d'ail  $< 0.25\text{g/Kg}$  de poids corporel ( $< 19\text{g}$  ou  $\approx$  cinq gousses pour un adulte de  $75\text{Kg}$ ) sont sans effet nocifs sur le foie. Ils notent également que pour des doses aussi faible  $0.1\text{ g/Kg}$  de poids corporel, administré quotidiennement pendant 28 jours il y a eu une détérioration significative des tests de la fonction hépatique.[163]

### II.2. Botulisme

Le botulisme est un syndrome neuroparalytique causé par une neurotoxine puissante (la toxine botulique) élaborée par le *Colostridium botulinum*. Toutes les formes de botulisme produisent le même syndrome clinique caractérisé par une paralysie symétrique du nerf crânien (en particulier le nerf oculaire) suivies d'une paralysie descendante et symétrique avec faiblesse musculaire généralisée et peut évoluer vers une atteinte respiratoire et la mort.[164]

Le *Clostridium botulinum* peut se développer et produire la toxine botulique dans des produits d'ail contenue dans l'huile, non réfrigérés et dépourvus d'agents antimicrobiens, tout cela sans affecter le goût et l'odeur du produit. La production des toxines est possible même en présence d'un nombre réduit de spores de *C. botulinum* (1 à 5 spores par gramme) si le produit est conservé à température ambiante. Lorsque l'ail contenant des spores est mis en bouteille et recouvert d'huile, un environnement anaérobique est créé, ce qui peut entraîner la germination des spores, la croissance bactérienne et la production des toxines.[165]

En raison du danger inhérent à ce type de produit s'il n'est pas réfrigéré, la FDA et le Département de l'Agriculture et des Marchés de l'État de New York ont ordonné aux

entreprises de cesser de fabriquer des mélanges d'ail dans l'huile qui ne sont protégés que par réfrigération. Ces produits doivent désormais contenir des d'inhibiteurs microbiens ou des agents acidifiants tels que l'acide phosphorique ou l'acide citrique.[165]

### **II.3.Effets indésirables de l'ail**

Parmi les effets indésirables, «l'haleine d'ail» et l'odeur corporelle sont les plaintes les plus courantes (et bien documentées) associées à la consommation d'ail. Plusieurs études et rapport de cas ont mis en évidence que l'utilisation de l'ail peut provoquer des réactions allergiques (dermatite de contact allergique, urticaire généralisée, angioedème, pemphigus et anaphylaxie), altération de la fonction plaquettaire et coagulation (avec un risque possible de saignement), brûlures ( lorsque l'ail frais est appliqué directement sur la peau, en particulier sous les pansements occlusifs), Douleurs abdominales, ballonnement, flatulence, satiété, anorexie, maux de tête, vertiges, transpiration profuse.[166,167]

### **II.4.Contre-indication**

Pour les contres indication de l'ail l'ESCOP (European Scientific Cooperative On Phytotherapy) n'indique aucune contre-indication. Par contre certain ouvrage mentionnent une contre-indication concernant les personnes qui souffrent de porphyrie, une maladie génétique rare.[168,169]

L'EMA (European Medicines Agency) recommande aux personnes qui vont subir une opération chirurgical de ne pas consommer d'ail dans la semaine qui précède l'intervention.[169]

### **II.5.Femme enceinte et allaitante**

Il a été noté que l'ingestion d'ail altère l'odeur du liquide amniotique chez la femme enceinte. En plus l'odeur d'ail a été détectée dans l'haleine des nouveau-nés dont la mère a pris des repas d'ail avant l'accouchement.[9,170]

Si la consommation d'ail à des fins alimentaires ne pose aucun problème pendant la grossesse, son usage thérapeutique est déconseillé du fait de ses propriétés anticoagulantes.[169]

La consommation d'ail par les mères allaitantes modifie le comportement de leur nourrisson pendant l'allaitement, en augmentant la quantité de lait prise et la période de la tété.[9]

## **II.6.Interactions médicamenteuses**

La consommation d'ail avec d'autres principes actifs peut altérer le comportement pharmacocinétique et/ou pharmacodynamique de ces derniers par divers mécanismes, notamment l'inhibition/l'activation enzymatique (Cytochrome P450, glutathione S-transferase, glucuronyl transferase) ou l'activation ou l'inhibition de la glycoprotéine-P.

Les composés actifs de l'EAV peuvent modifier l'activité des transporteurs des cellules intestinales et hépatiques et aussi inhiber de façon compétitive le Cytochrome P3A4.[123]

Une supplémentation en ail avec un traitement par saquinavir peut réduire sa teneur plasmatique d'environ 50%.

L'effet anticoagulant de la warfarine (un anticoagulant orale) a été considérablement augmenté chez les individus prenant de l'ail et pourrait favoriser le risque de saignement. [123]

### **III. Les essais cliniques**

#### **III.1. Hypertension artérielle**

Plusieurs essais cliniques sur l'activité antihypertenseur de l'ail en vue le jour, différant l'un de l'autre par la nature et le nombre des patients, la préparation utilisée, la dose, la durée et le déroulement. Parmi ceux 4 essais cliniques randomisés en double aveugle et contre placebo ont étudié l'effet hypotenseur de l'ail sur des patients hypertendus dont le nombre varie de 49 à 88. La préparation d'ail utilisé dans ces 4 essai est l'EAV à des doses journalières différentes (240/480/960/1200mg), pour une durée de 12 semaines.

Les résultats de ces essais étaient presque comparables. L'effet antihypertenseur de l'ail a été observé à partir de la dose de 480mg d'EAV avec une réduction par rapport au placebo de  $11,8 \pm 5,4$  mmHg de pression systolique, l'augmentation de la dose à 1,2g n'a pas donner de changement puisque la réduction n'excède pas  $11,5 \pm 1,9$ . La dose de 240mg n'a pas donné de différence significative par rapport au placebo durant toute la durée de l'essai. Aussi la tolérance été élever dans tous les groupe d'essai.[171–174]

Dans une autre étude contre placebo mener sur 44 patients modérément hypertendus (pression artérielle systolique (PAS) et pression artérielle diastolique (PAD) moyenne  $138.91 \pm 9.95$  et  $87.23 \pm 8.83$  mmHg respectivement) pendant une durée de 8 semaines utilisant des capsules de 500mg d'ail qui a subi un traitement enzymatique (SAC 75,3 mg/100g). Les patients ont reçu une posologie de 2 capsules par jour (1g d'ail traiter).

Les résultats ont montré une réduction significative de la PAS qui a atteint  $130.86 \pm 9$ . et une PAD de  $83.09 \pm 10.98$  à la fin de l'expérience.[175]

Un essai randomisé, double aveugle et contre placebo a regroupé 32 patients souffrant d'une pré-hypertension (PAS < 140 mmHg) et 40 souffrant d'une hypertension légère (140 – 159 mmHg), afin de vérifier l'effet hypotenseur d'un supplément traditionnel d'homogénat d'ail utilisé au Japon (SPHA). Les deux groupes ont été traités avec une dose quotidienne de SPHA (300mg sous forme d'un homogénat sèche) ou un placebo pour 12 semaines. Le régime a induit des réductions significatives de la PS (entre 6,6 et 7,5 mmHg) et la PAD (entre 4.6 et 5.2 mmHg) au bout de 12 semaines.[176]

L'effet hypotenseur de l'ail a été étudié sur un autre groupe de 60 patients repartis en deux (30 pour le groupe test et 30 pour le groupe contrôle). Le groupe test a reçu une dose quotidienne de 600 mg de poudre d'ail pendant 1 mois. Les résultats de l'étude ont montré une réduction de la pression artérielle systolique moyenne de  $160,80 \pm 10,58$  à  $152,47 \pm 9,74$  et la pression artérielle diastolique de  $96,33 \pm 6,68$  à  $90,00 \pm 6,16$  dans le groupe test, alors que dans le groupe contrôle il n'y avait pas de différence significative durant toute la période de l'étude.[177]

Une méta-analyse de Karin Ried 2020 faite sur 12 essais et 553 patients hypertendus, a confirmé que l'utilisation de l'ail en tant que supplément peut réduire la pression artérielle systolique d'environ  $8,3 \pm 1,9$  mmHg et la pression artérielle diastolique (8 essais, 374 patients) d'environ  $5,5 \pm 1,9$  mmHg. L'auteur trouve que l'EAV est considéré comme hautement tolérable avec un profil de sécurité élevé, soit en tant que traitement antihypertenseur autonome ou adjuvant, avec de multiples avantages pour la santé cardiovasculaire.[178]

D'après les résultats de ces différents essais il est clair que l'ail exerce un effet hypotenseur principalement chez les sujets hypertendus, cet effet est significativement supérieur à l'effet placebo. Le manque d'étude comparant l'effet d'ail avec les antihypertenseurs standards et l'abondance des préparations d'ail (Poudre, huile d'ail, EAV..) laisse à discuter si l'ail peut remplacer un traitement antihypertenseur médicamenteux et la forme la mieux adapter pour cet objectif.

### **III.2. Effet de l'ail sur les plaquettes et la fibrinolyse**

Plusieurs études expérimentales ont mis en évidence l'effet antiagrégant plaquettaire de l'ail que ça soit in vivo ou in vitro ainsi que les mécanismes d'action impliqués.

Sobenin et al. 2012 dans une étude contre placebo randomisé en double insu et cross-over ont montré l'inhibition de l'agrégation plaquettaire induite par l'ADP et la fibrinolyse par deux prises de comprimé à libération prolongée à base de poudre d'ail (Allicor 300mg). L'étude a été réalisée sur 29 patients souffrants d'athérosclérose cérébrale et d'insuffisance cérébrovasculaire chronique, sur une période de 14 jours. Les résultats ont montré une

inhibition de l'agrégation plaquettaire induite par l'ADP de l'ordre de 25,4% ( $p < 0,05$ ) et une augmentation de la fibrinolyse plasmatique de 22,4% ( $p < 0,05$ ).[179]

Une autre étude clinique randomisée menée sur 62 volontaires sains compare l'effet de l'aspirine contre l'effet de l'ail sur l'agrégation plaquettaire. Tous les volontaires ont utilisé 80 mg d'aspirine par jour pendant 1 semaine, à la fin de cette période l'agrégation plaquettaire a été mesurée utilisant 4 différents inducteurs (ADP, l'épinéphrine, le collagène, et l'acide arachidonique). Après un arrêt de médication en aspirine d'un mois, les volontaires ont été randomisés en 3 groupes et chacun a reçu 1, 2 ou 3 comprimés d'ail (1250mg) par jour pendant 1 mois et l'agrégation plaquettaire est mesurée à la fin du test utilisant la même méthode que l'aspirine.

Les résultats ont montré que l'aspirine a significativement inhibé l'agrégation plaquettaire par le blocage de l'acide arachidonique ( $14,6\% \pm 18,4$  avant ;  $79,9\% \pm 7,0$  après ;  $p < 0,001$ ). Les comprimés d'ail ont réduit considérablement l'agrégation plaquettaire induite par l'ADP et l'épinéphrine ; cependant leurs effets inhibiteurs n'étaient pas significatifs, mais chez les volontaire qui ont utilisé 3 comprimés d'ail par jour il a été noté des effets indésirables de type saignement.

L'auteur suggère que l'insuffisance de l'effet antiagrégant plaquettaire de l'ail observé dans cette étude peut être due à la méthode utilisée pour mesurer l'agrégation plaquettaire et qu'il faut une méthode qui peut totalement simuler l'espace intravasculaire et voir la réaction de l'ail ou que l'ail cible d'autre agoniste comme la thrombine.[180]

### **III.3. Effet sur la dyslipidémie**

Dans un essai Clinique randomisé en double aveugle et contre placebo, 60 participants ont été sélectionnés d'une façon randomisée pour recevoir 6 g/j d'ail noir vieilli ou un placebo, pendant une durée de 12 semaines.

La consommation d'ail noir vieilli n'a pas affecté les paramètres lipidiques dont les triglycérides, LDL, cholestérol total ou les acides gras libres mais à la fin de l'expérience le cholestérol HDL a augmenté de façon significative ( $46.86 \pm 9.40$  mg/dL à  $50.36 \pm 8.85$  mg/dL,  $p = 0.029$ ) en comparaison avec le placebo, en plus d'une diminution du niveau des

apolipoprotéines B ( $120.75 \pm 13.30$  mg/dL à  $107.29 \pm 12.07$  mg/dL,  $p < 0.001$ ) et une augmentation remarquable de la ratio Cholestérol LDL/apolipoprotéines B. Durant toute la période de l'expérience aucun effet indésirable n'a été déclaré.[181]

Des résultats différents ont été révélés dans une autre étude menée sur 55 sujets sains au niveau d'un essai randomisé en groupe parallèles, double aveugle et contre placebo. Les participants (Triglycérides 120 – 200mg/dl) ont reçu soit de façon journalière l'ail fermenté avec *Monascus pilosus* (MGFE ; 900mg par jour) ou le placebo pendant 12 semaines. À partir de la huitième semaine une réduction significative a été observée au niveau du cholestérol total ( $P = 0,003$ ), le cholestérol-LDL ( $P = 0,001$ ) et le rapport LDL/HDL ( $P < 0,001$ ). Cependant, aucune altération du pourcentage de graisse corporelle et de la circonférence abdominale n'a été observée.[182]

Sobenin et al. ont montré que l'ail à la dose de 300 mg/jour pendant 12 mois diminuait la concentration plasmatique du Cholestérol total, les triglycérides et le cholestérol LDL.

L'étude randomisée en double aveugle et contre placebo a été réalisée chez 51 patients atteints de maladie coronarienne pour estimer les effets des comprimés de poudre d'ail à libération prolonger (Allicor) sur la prévention contre la coronaropathie.

Le principale effet qui a joué un rôle dans la réduction du risque cardiovasculaire été la diminution du cholestérol LDL de 32,9 mg/dl chez les hommes ( $p < 0,05$ ) et de 27,3 mg/dl chez les femmes.[183]

Dans une étude plus récente, l'utilisation d'ail chez des patients hypercholestérolémiques pendant 12 semaines a permis une réduction de 11,8% du cholestérol LDL ( $p = 0,002$ ), alors que le cholestérol HDL a augmenté de 11,5% ( $p = 0,013$ ). Des résultats similaires ont été obtenus dans deux autres études chez des patients diabétiques où la plupart des paramètres lipidiques ont vu une amélioration : une diminution du cholestérol total, des triglycérides et du Cholestérol-LDL avec augmentation du Cholestérol-HDL. Une de ces études a déclaré que le maximum d'activité est obtenu au bout de 3 mois.[184–186]

Une amélioration des paramètres lipidiques chez des patients diabétiques a été remarquée dans une étude menée sur 60 patients diabétiques. Les patients ont été arrangés en deux groupes d'une façon randomisée et chaque groupe a reçu des comprimés d'ail dosés à 300 mg trois fois par jour en plus de la metformine 500mg deux fois par jour (Groupe 1) ou le placebo plus la metformine 500mg trois fois par jour (Groupe 2) pendant une durée de 24 semaines. À la fin du test le groupe 1 a montré une diminution considérable du cholestérol total (-6,2 mg/dl, 2,82%,  $p \leq 0,005$ ), du cholestérol LDL (-3 mg/dl, 2,18%,  $p \leq 0,005$ ) et les triglycérides (-5,2 mg/dl, 3,12%,  $p < 0,005$ ) alors que le cholestérol HDL a augmenté (de 2,36 mg/dl, 6,72%,  $p < 0,005$ ) par comparaison avec le groupe 2.[187]

Une méta-analyse comprenant 39 essais investiguant l'effet de l'administration des préparations à base d'ail sur le cholestérol total, le cholestérol LDL, le cholestérol HDL et les triglycérides a été réalisée. Les résultats suggèrent que l'ail est efficace pour réduire le cholestérol sérique total de  $17 \pm 6$  mg/dl et le cholestérol LDL de  $9 \pm 6$  mg/dl chez les sujets dont le taux de cholestérol total est élevé ( $> 200$  mg / dl). Une réduction de 8% du cholestérol sérique total est d'importance clinique et est associée à une réduction de 38% du risque d'événements coronariens à 50 ans. Les taux de cholestérol des lipoprotéines de haute densité ne se sont améliorés que légèrement et les triglycérides n'ont pas été influencés de manière significative. L'ail était hautement tolérable dans tous les essais et était associé à des effets secondaires minimes. Cette étude de méta-analyse a conclu que l'ail devrait être considéré comme une option alternative avec un profil de sécurité plus élevé que les médicaments conventionnels hypocholestérolémiant chez les patients avec un taux de cholestérol légèrement élevé.[188]

Dans les études in vitro et in vivo réalisées sur l'effet hypolipémiant, toutes les études ont prouvé l'existence de l'effet hypocholestérolémiant au niveau de différentes préparations d'ail, mais au niveau des essais cliniques il existe toujours des contradictions, comme pour l'action hypotenseurs, et cela ne peut être due qu'aux différences des dosages utilisés qui sont largement inférieurs à ce qui est utilisé dans les études in vivo.

### **III.4. Effet hypoglycémiant**

Parmi les essais investiguant l'effet Hypoglycémiant de l'ail, deux essais ont été réalisés sur des patients diagnostiqués diabétiques, répartis en deux groupes dont le premier prend la metformine (500mg) en plus d'une dose supérieure à 250mg d'ail par prise au moins deux fois par jour et le deuxième groupe reçoit le placebo et la metformine au même dosage et posologie, pour une durée de 12 ou 24 semaines.

Les résultats ont montré une réduction significative de la glycémie à jeun de l'ordre de 3,12% ( $p \leq 0,005$ ) par comparaison au groupe placebo où la réduction n'a pas dépassé 0,59%. Par contre l'hémoglobine glyquée n'a pas donnée de réduction significative. Au cours de ces essais il y avait aussi une réduction des paramètres lipidique de façon significative. L'auteur a conclu que l'ail peut être considéré comme un agent précieux pour assurer un bon contrôle glycémique et pour prévenir des complications à long terme. [187,189]

L'effet de l'ail cru a été investigué dans un essai clinique comprenant 20 patients diabétiques qui à leur tour ont été divisés en deux groupe de 10 patients dont l'un des groupes a reçu 3 gousses d'ail par jour (une gousse = 1,2g) pendant 30 jour.

À la fin du test les patients traiter par l'ail ont exprimé une réduction de la glycémie sanguine (de  $243,3 \pm 23,9$  mg/dl à  $107,3 \pm 9,7$  mg/dl,  $p < 0,001$ ), avec des changements significatifs des autres paramètres comme la dismutase superoxyde, la catalase et la glutathion peroxydase au niveau des érythrocytes ainsi que le cholestérol totale, triglycérides, LDL et HDL.[185]

Dans une autre étude clinique l'ail a montré son effet antidiabétique avec une dose inférieure à celle utilisée dans les essais si dessus. 62 participant dont 32 sont diabétiques (Glycémie moyenne :  $168 \pm 20,1$  mg/dl) et 30 utilisés comme référence (Glycémie moyenne  $86 \pm 9,8$ ). Le groupe des diabétiques a reçu une dose de 100mg/jour de gousse d'ail pendant une durée de 5 mois.

Les résultats ont confirmé l'effet hypoglycémique de l'ail par un abaissement du glucose sanguin de  $168 \pm 20,1$  mg/dl jusqu'à  $120 \pm 15$  mg/dl au bout de 5 mois de traitement.[186]

Les études citées jusqu'à ce stade ont tous conclu que l'ail possède un effet antidiabétique et la force de cette action varie d'une étude à l'autre vue la variété des préparations et de la durée de chaque étude. Très peu d'études ont été réalisées dans ce sens pour mieux justifier et apprécier cet effet, et plusieurs études manquent de paramètres renforçant la confiance de l'étude (Test randomisé, contre placebo, en double aveugle...).

### **III.5. Effet anticancéreux**

Dans un essai clinique, factoriel, en double aveugle et contre placebo, 2 semaines de traitement antibiotique contre *Helicobacter Pylori* a réduit la prévalence des lésions gastriques précancéreuses, alors que 7,3 ans d'administration oral d'extrait et d'huile d'ail ou de vitamine C, vitamine E et sélénium n'a pas donner d'effet.

Il s'agit d'un suivi de 14,7 ans de l'incidence du cancer gastrique et des causes de mortalité chez 3365 sujets assignés au hasard. Le cancer gastrique a été diagnostiqué chez 3,0% des sujets qui ont reçu un traitement contre *Helicobacter pylori* et chez 4,6% de ceux qui ont reçu un placebo. Des décès par cancer gastrique sont survenus chez 1,5% des sujets ayant reçu un traitement contre *Helicobacter pylori* et chez 2,1% de ceux ayant reçu un placebo. Les traitements à base l'ail ou aux vitamines ont été associés à des réductions non statistiquement significatives de l'incidence et de la mortalité par cancer gastrique.[190]

Une autre étude s'est basée sur les informations recueillies à partir d'une étude prospective multicentrique cas-témoins. Le groupe de cas comprenait 194 patients nouvellement diagnostiqués avec un cancer de prostate et le groupe témoin était composé de 317 hommes. Comme résultat la consommation d'ail a prouvé une réduction limité du risque de cancer ( $P = 0,005$ ). L'auteur a conclu que l'ail peut protéger les patients contre le cancer du prostate.[191]

La consommation d'ail a été associée à une réduction d'environ 37% du risque de cancer colorectal (études cas-témoins), dans une méta-analyse comportant sept études de cohortes et sept études cas-témoins.[192]

Une autre méta-analyse plus récente qui s'est basée sur des articles épidémiologiques a visé estimer l'association de la consommation d'ail avec le risque de cancer colorectal. Au

total, 11 études (portant sur 12 558 cas) ont été incluses dans la méta-analyse. En résumé, la consommation d'ail peut réduire le risque de cancer colorectal. Néanmoins, une telle conclusion a été principalement tirée des études cas-témoins, alors qu'aucun résultat définitif n'a été obtenu à partir des études de cohorte.[193]

### III.6. Activité antibactérienne

Il a été conclu qu'*in vitro* les gousses d'ail ont des propriétés antimicrobiennes contre les *streptocoques* et des propriétés anticariogènes contre les micro-organismes oraux malgré ses effets indésirables. Une étude a impliqué 45 étudiants en médecine dentaire, qui ont été répartis au hasard en trois groupes: « 1 » représentant les étudiants utilisant un bain de bouche à l'extrait d'ail (extrait d'ail + eau + sorbitol + huile de menthe verte), « 2 » représentant ceux utilisant un bain de bouche à la Chlorhexidine (0,2%) et «3» représentant ceux qui utilisent un contrôle négatif (eau + sorbitol + huile de menthe verte). En utilisant un bain de bouche d'extrait d'ail quotidiennement pendant une semaine, le décompte des *streptocoques mutans* après traitement a montré que l'ail était efficace et pouvait être utilisé comme remède efficace dans la prévention des caries dentaires. Une autre étude similaire portant sur 30 sujets utilisant un bain de bouche contenant 2,5% d'ail pendant cinq semaines a montré une bonne activité antistreptococcique. Le maintien d'un niveau salivaire réduits de streptocoques a été observé deux semaines avant la fin de l'utilisation du bain de bouche.[194,195]

Dans une étude clinique de 100 femmes mariées, âgées de 18 à 44 ans, diagnostiqué par une vaginose bactérienne, l'utilisation d'une crème vaginale à base d'ail (22mg d'alliine dans 10g de crème) pendant 7 jours s'est révélée être une alternative appropriée au gel vaginal à base de métronidazole dans le traitement de la vaginose.[196]

Une étude a pour but d'évaluer l'efficacité de l'ail frais écrasé et administré par voie orale dans le contrôle des infections à *Pseudomonas aeruginosa* chez les patients présentant des brûlures de différentes tailles. Un total de 140 brûlés, répartis selon la surface brûlée et le traitement reçu. Le groupe traitement a reçu deux gousses d'ail écrasées et mélangées au yaourt, tandis que le groupe témoin n'a reçu que du yogourt sans gousse d'ail. Les résultats ont montré que le nombre de patients ayant développé une infection à *Pseudomonas aeruginosa* était significativement réduit dans le groupe de patients ayant une surface brûlée <

45% et >20% de la surface corporelle et aucune différence significative n'a été enregistré dans les autres groupes de patients.[197]

Concernant l'*Helicobacter pylori* une étude pilote de cinq patients diagnostiqués positif pour *H. pylori*, à qui on a administré des capsules d'huile d'ail (4mg d'huile) quatre fois par jour pendant 14 jours, n'a pas montré de preuve d'éradication d'*H. pylori* ou d'amélioration des symptômes lors de la prise des capsules d'huile d'ail. D'autres résultats négatif ont été obtenu avec un autre essai impliquant de l'ail frais (10 gousses d'ail écrasés).[198,199]

### **III.7.      Activité antifongique**

Dans un essai randomisé en double aveugle contre placebo de 2 semaines sur 36 femmes atteintes de candidose vulvo-vaginale, l'ingestion orale de trois comprimés d'ail (Garlicin 350mg d'ail) deux fois par jour n'a pas produit de différence significative entre le groupe traiter et celui recevant le placebo.[200]

Dans les affections bucco-dentaires une étude randomisée en double aveugle a été réalisée sur 40 patients atteints de stomatite dentaire. Les patients ont été divisés en deux groupes tandis que les membres de chaque groupe ont reçu de la nystatine ou de l'extrait d'ail pendant 4 semaines. Le suivi de l'amélioration de la stomatite dentaire est réalisé par la mesure de la surface de l'érythème à chaque fin de semaine. À la fin de l'expérience il a été révélé que les deux traitements ont donné des changements significatifs au niveau de la largeur et la longueur de l'érythème avec une récupération plus rapide par la nystatine par rapport à l'extrait d'ail. Cette étude a montré que les deux traitements avaient un effet bénéfique sur la stomatite dentaire et que le bain de bouche à la nystatine produisait une amélioration plus rapide des lésions mais avec plus d'effets secondaires par rapport à l'extrait d'ail.[201]

Pour les caries dentaires une étude a sélectionné 45 enfants souffrant des caries. Ils ont été répartis au hasard en trois groupes chacun à un bain de bouche différent (Bain de bouche à l'ail et citron « 1 mg/100ml », Bain de bouche au thé vert ou Bain de bouche au fluorure de sodium), un rinçage buccal par l'un des différents bains de bouche se fait une fois par jour pendant deux semaines. Chez les sujet utilisant le bain de bouche à base de l'ail il y avait une

baisse des colonies de *Candida albicans*, mais il est statistiquement non significative (de  $7,1 \times 10^4$  à  $4,3 \times 10^4$ ,  $P = 0,264$ ) par contre les colonies bactérienne de *S. mutans* et *lactobacillus* ont vu une réductions remarquable ( $P < 0,001$ ).[202]

### **III.8.      Activité antivirale**

L'activité antivirale ne présente que peu d'essais cliniques. Un essai randomisé et contre placebo de 12 semaines sur l'effet de la supplémentation en ail sur le rhume, portant sur 146 volontaires repartis pour recevoir un placebo ou un supplément d'ail contenant de l'allicine (180 mg), avec un rythme d'une capsule par jour pendant 12 semaines. Le groupe de traitement avait significativement moins de rhumes que le groupe placebo (24 contre 65,  $P < 0,001$ ). Le groupe placebo en revanche a enregistré une durée significativement plus longue des symptômes (5,01 contre 1,52 jour,  $P < 0,001$ ). Par conséquent, les volontaires du groupe traitement étaient moins susceptibles de développer un rhume avec une guérison plus accélérer s'ils étaient infectés.[203]

Dans une autre étude randomisée en groupes parallèles, en double aveugle et contre placebo, 120 sujets sains ont été recrutés (60 par groupe) pour déterminer l'effet de la supplémentation en EAV (2,56 g/jour) sur la prolifération des cellules immunitaires et les symptômes du rhume et de la grippe. Selon l'analyse, l'incidence des personnes qui ont connu au moins un épisode de rhume ou de grippe au cours de la période n'était pas statistiquement différente (28 sur 56 personnes dans le groupe placebo et 26 sur 56 dans le groupe d'EAV,  $P = 0,848$ ). Cependant, le groupe consommant la poudre d'EAV semble avoir une réduction des symptômes de gravité.[204]

Dans un essai contrôlé par placebo, l'application locale d'extraits du chloroforme d'ail a entraîné une résolution complète des verrues cutanées (des excroissances cutanée généralement causée par papillomavirus) sans récidence après 3-4 mois.

L'essai a inclus 42 patients repartis en trois groupes, le premier a reçu l'extrait aqueux de l'ail, le deuxième a reçu l'extrait au chloroforme et le dernier a reçu le placebo. Les résultats de cette étude ont révélé que l'extrait aqueux n'a permis la guérison que des petits verrue et l'amélioration partielle des plus grands et que les patients qui ont reçu l'extrait de chloroforme ont été guéris de façon complète après une à deux semaines de traitement.[205]

### III.9.      **Activité antiparasitaire**

Très peu d'essais cliniques ont été réalisés au sujet des effets antiparasitaires de l'ail. Deux essais ont investigué le traitement chez l'enfant de l'infection par l'*Hymenolepis nana*, *Giardia lamblia* et *Enterobius vermicularis*.

L'extrait aqueux d'ail (5 ml d'extrait brut dans 100 ml d'eau) en 2 prises par jour ou une préparation commerciale d'ail (deux capsules de 0,6mg) deux fois par jours pendant 3 jours s'est révélé être un traitement efficace, sans effet indésirable et de courte durée pour l'infection à *Hymenolepis nana* chez dix enfants et l'infection à *Giardia lamblia* chez 26 enfants.[206]

Dans le but de comparer l'activité oxyuricide de trois produits (Pipérazine hexahydratée, sirop de poudre d'ail déshydratée, terramycine). Le sirop d'ail a été testé sur 58 enfants infectés par l'*Enterobius vermicularis*. La posologie était de 3 prises par jour (1,5g de poudre d'ail par jour) pendant 21 jours (14 jours de traitement interrompu par 7 jours de repos). Vers la fin du test l'ail a donné une guérison de 7% parmi les 58 enfants qui ont reçu le traitement par rapport aux deux autres traitements qui ont donné un pourcentage de 85% pour la pipérazine et 38% pour la terramycine. L'auteur suggère que l'essai sur l'ail doit être refait encore une fois en raison de la possibilité d'une erreur dans l'expérience et la méthode utilisée.[207]

#### IV. Récapitulatif

**Tableau VIII : Récapitulatif des essais cliniques réalisés sur l'ail.**

Maladie / Année / Références	Type d'essai	forme	Dose d'ail	Patients	Durée	Résultats	
Cardio-vasculaire	HTA 2010 [171]	Rd, DA, CPI, PI	EAV	960 mg	50	12 S	DS chez les patient avec PAS >140mmHg
	HTA 2013[172]	Rd, DA, CPI	EAV	240/480/960 mg	79	12 S	DS de la PAS à partir de la dose de 480mg
	HTA 2016 [173]	Rd, DA, CPI	EAV	1200 mg	88	12 S	DS de la PAS
	HTA 2018[174]	Rd, DA, CPI	EAV	1200 mg	49	12 S	DS de la PAS
	HTA 2011 [175]	CPI	Ail traité	1000 mg	44	8 S	DS de la PAS et PAD par rapport au placebo
	HTA 2013[176]	Rd, DA, CPI	Homogénat d'ail	300 mg	72	12 S	DS de la PAS et PAD par rapport au placebo
	HTA 2019 [177]	CPI	Poudre	600 mg	60	4 S	DS de la PAS et PAD par rapport au placebo
	Agrégation plaquettaire et fibrinolyse 2012 [179]	Rd, DA, CPI, CO	Cp à base de poudre d'ail	600 mg	29	2 S	Inhibition d'agrégation plaquettaire (25,4%) et fibrinolyse (22,4%)
	Agrégation plaquettaire et fibrinolyse 2016 [180]	Rd, comparaison à l'aspirine	Cp à base d'ail	3750 mg	62	4 S	inhibition non significative

Maladie / Année / Références		Type d'essai	forme	dose	Patients	Durée	Résultats
Syndromes métaboliques	Dyslipidémies 2014 [181]	Rd, DA, CPI	Ail noir Vieilli	6000 mg	60	12 S	Augmentation significative d'HDL
	Dyslipidémies 2012 [182]	Rd, DA, CPI, parallèles	MGFE	900 mg	55	12 S	Réduction significative (LDL, CHT, LDL/HDL)
	Dyslipidémies 2010 [183]	Rd, DA, CPI	Cp à libération prolongé	300 mg	51	12 S	Réduction significative du LDL
	Dyslipidémies 2016 [184]	-	Pilule à libération prolongée	-	-	12 S	LDL $\searrow$ 11,8% ; HDL $\nearrow$ 11,5%
	Dyslipidémies 2011 [185]	Essais simple avec groupe contrôle	L'ail cru	3 gousses (3,6g)	20	4 S	$\searrow$ CHT, LDL, TG ; $\nearrow$ HDL
	Dyslipidémies 2011 [186]	Essais simple avec groupe Contrôle	Poudre	100 mg	32	20 S	$\searrow$ CHT, LDL, TG ; $\nearrow$ HDL
	Dyslipidémies 2011 [187]	Rd, CPI	Cp	900 mg	60	24 S	$\searrow$ CHT, LDL, TG ; $\nearrow$ HDL
	Diabète 2011 [187]	Rd, CPI	Cp d'ail et Cp de metformine	900/1000 mg	60	24 S	$\searrow$ Gly (-3,12%) par rapport au placebo
	Diabète 2013 [189]	Comparative prospective	Cp d'ail et Cp de metformine	500/1000 mg	60	12 S	$\searrow$ significative de gly sans changement d'HbA1c
	Diabète 2011 [185]	Essais simple avec groupe contrôle	L'ail cru	3 gousses (3,6g)	20	4 S	$\searrow$ significative de gly
Diabète 2011 [186]	Essais simple avec groupe contrôle	l'ai cru	100 mg	62	20 S	$\searrow$ significative de la gly	

Maladie / Année / Références		Type d'essai	forme	dose	Patients	Durée	Résultats
Maladie proliférative	Cancer gastrique 2012 [190]	Factoriel, DA, CPI	EAV	-	3365	14,7 ans	↘ non significative de l'incidence et mortalité du cancer gastrique
	Risque du cancer du prostate 2011 [191]	Prospective multicentrique cas-témoins	-	-	194 cas ; 317 témoins		↘ limité du risque du cancer
	Caries dentaires (Streptococcus mutans) 2010 [194]	CPI	Bain de bouche à base d'extrait d'ail	-	45	1 S	DS du nombre de <i>S. mutans</i>
Maladies microbiennes	Caries dentaires (Streptococcus mutans) 2007 [195]	CPI	Bain de bouch à base d'extrait d'ail	2,50%	30	5 S	↘ significative de <i>S. mutans</i>
	Vaginose bactérienne 2010 [196]	CPI	Crème à base d'ail	22 mg d'alliine dans 10g de crème	100	7 jours	guérison de la vaginose
	Sur-infection des brulures par Pseudomonas aeroginosae 2009 [197]	CPI	Ail frais écrasé	2 gousses	140		Réduction du nombre de patient ayant développé une infection à pseudomoans aeroginosa dans les groupes avec une surface brulée < 45% et >20%
	Helicobacter pylori 2001 [198]	CPI	huile d'ail	16 mg	5	2 S	Sans amélioration
	Helicobacter pylori 1999 [199]	Prospective, CO, CPI	L'ail cru	10 gousses	12	3 Jours	Sans effet sur <i>Helicobacter pylori</i>

CPI = Contre placebo ; Rd = Randomisée ; DA = Double aveugle ; Pl = Parallèle ; CO = Cross-over ; ↘ = Diminution

↗ = Augmentation ; DS = Diminution significative ; PAD = Pression artérielle diastolique ; PAS = Pression artérielle systolique

gly = Glycémie ; MGFE = L'ail fermenté avec *Monascus pilosus* ; Cp = Comprimé

La plupart des études sur l'ail ont été principalement dans les domaines de la recherche cardiovasculaire et les syndromes métaboliques comme le diabète. Les études cardiovasculaires ont été généralement liées aux dyslipidémies, L'hypertension artérielle et l'agrégation plaquettaire. Bien que ces études ne soient pas cohérentes en ce qui concerne la posologie, la normalisation des préparations à base d'ail et la durée du traitement, la plupart des résultats suggèrent que l'ail diminue les taux de cholestérol et des triglycérides chez les patients présentant des niveaux accrus de ces lipides, aussi l'abaissement de la tension artérielle principalement chez les patient hypertendus et pour l'agrégation plaquettaire, au niveau de ce document on n'a représenté que deux études et qui sont contradictoire. Pour le diabète tous les essais cités ont démontré une diminution de la glycémie suite à l'administration de l'ail mais sans effet sur l'hémoglobine glyquée.

D'autres effets ont été étudiés telle que l'action anticancéreuse, et antimicrobienne (Antibactérienne, antiviral, anti-parasitaire). Pour les études sur l'action anticancéreuse sur l'ail plusieurs essais in vivo et in vitro ont vu le jour mais avec un nombre limité d'essais clinique. Les deux études présentées si dessus indiquent que l'effet de l'ail sur le cancer est insignifiant alors que les essais in vitro ont montré de façon claire les effets antioxydant, immunoprolifératif et cytotoxique de l'ail et ces différents composés. En ce qui concerne les actions antimicrobiennes, un nombre limité d'essais ont été réalisés. L'ail a montré son efficacité sur les infections dentaires, candidose vaginale, vaginose bactérienne, les verrues, les infections parasitiques giardiose et Tæniasis et prévention contre le rhume mais sans effet sur *Helicobacter pylori*, les vaginose candidosique et l'oxyurose.

Les résultats présents restent insuffisants pour utiliser l'ail en tant qu'une médication qui va remplacer les traitements déjà disponibles sur le marché vue que ces essais cliniques présentent plusieurs problèmes, tels que les insuffisances méthodologiques, la taille réduite des échantillons, le manque d'informations concernant la justification de la dose, l'absence de contrôle placebo ou le manque de groupe contrôle et la comparaison de l'effet avec des principes actifs déjà présents sur le marché.

A decorative rectangular frame with ornate, symmetrical scrollwork at each corner, enclosing the text.

*Partie IV : L'ail en médicament*

## **I. Réglementation et législation [208,209]**

Les plantes médicinales sont des plantes ou des parties de plantes sèches ou fraîches qui sont utilisées pour prévenir ou traiter les maladies. La Pharmacopée française contient deux listes de plantes médicinales : la liste « A » concerne les plantes utilisées traditionnellement et la liste « B », concerne les plantes dont les effets indésirables potentiels sont supérieures au bénéfice thérapeutique.

L'ail est une plante médicinale inscrite sur la liste A de la Pharmacopée française pour son bulbe, il peut être consommé comme un aliment, peut se trouver dans des préparations sous forme de médicament ou sous forme de compléments alimentaires.

Les compléments alimentaires sont des denrées alimentaires destinées à compléter un régime alimentaire normal. Ils constituent une source concentrée de nutriments (vitamines, minéraux), de substances nutritionnelles (fibres, acides gras) ou à effets physiologiques, seuls ou combinés. Sous cette appellation se trouvent les produits phytochimiques (micro-constituants végétaux tels les polyphénols et les caroténoïdes), les préparations à base de plantes (poudres, extraits, huiles essentielles) et autres biomolécules.

Avant leur mise sur le marché, les compléments alimentaires font l'objet d'une déclaration alors que les médicaments requièrent une autorisation de mise sur le marché (AMM). Les niveaux d'exigences des dossiers ne sont pas comparables avec davantage de contrôles et de garanties de sécurité pour les médicaments. Par définition, les compléments alimentaires ne peuvent pas revendiquer d'effets thérapeutiques : leur étiquetage, leur présentation et la publicité qui en est faite n'attribuent pas à ces produits des propriétés de prévention, de traitement ou de guérison d'une maladie humaine, et n'évoquent pas ces propriétés. Le médicament est, quant à lui, défini par présentation (présenté comme ayant des propriétés curatives ou préventives à l'égard des maladies humaines) mais également par fonction (pouvant être utilisé chez l'homme ou administré en vue de restaurer, corriger ou modifier les fonctions physiologiques en exerçant une action pharmacologique, immunologique ou métabolique).

Au Maroc, une Circulaire du Ministère de la Santé (N° 005/97) oblige les fabricants et les importateurs à enregistrer leurs compléments alimentaires avant toute commercialisation dans le pays.

La présente circulaire vient pour définir les caractéristiques de composition auxquelles doivent répondre les compléments alimentaires et prescrit des règles pour leur étiquetage ainsi que pour leur emballage. Elle ne vise que les compléments alimentaires.

## **II. Mode d'utilisation d'ail**

### **II.1. Préparation disponible sur le marché [41,49,57,210,211]**

#### **➤ Extrait d'ail vieilli**

Le processus de préparation de l'ail vieilli consiste à trancher les gousses d'ail fraîches et à les tremper dans de l'éthanol (10 – 20%) pendant plusieurs mois (près de 2 ans). L'EAV est associé avec une augmentation remarquable de l'activité antioxydante. L'EAV est disponible en comprimés et en capsules ainsi qu'en liquide.

#### **➤ L'ail noir**

L'ail noir est produit par le traitement de l'ail frais à une température (60 – 90° C) et une humidité (70% à 90%) contrôlées pendant une période de temps (10 jours à plusieurs mois) impliquant une fermentation spontanée et un nombre de réaction chimique. Au cours de ce traitement l'ail subit plusieurs changements : Couleur (Devenant noir), goût (induisant une douceur et aigreur), texture (générant une sensation gélifiée) et au niveau de la saveur (réduisant en grand partie la saveur et odeur piquante).

#### **➤ Poudre d'ail**

Les gousses d'ail sont tranchées et soumises à une déshydratation dans des tunnels à air chaud suivie d'un broyage qui rendrait l'ail en poudre. Après l'obtention de la poudre, elle est transformée à des comprimés de formes différentes.

#### **➤ L'huile d'ail**

L'huile essentiel d'ail est obtenue par distillation à la vapeur de la matière crue hachée. elle comprend seulement 1% des composés soufrés solubles dans l'huile. Cette huile est généralement diluée dans de l'huile végétale environ 100 à 200 fois et est formulé dans des capsules dures ou molles [211].

Puisque la définition de l'huile essentielle est «l'ensemble des substances volatiles contenue dans certaines plantes aromatiques et qui donne une odeur distinctive à la plante » et que les substances volatiles de l'ail ne se trouve pas dans la plante mais résultent de la perturbation des cellules végétales, il est préférable de l'appelée « huile distillée d'ail » au lieu « d'huile essentielle ».[9]

### ➤ **Huile d'ail extraite à l'éther**

L'extraction de l'huile d'ail à l'éther produit une huile qui par rapport à l'huile distillée d'ail contient neuf fois plus de dithiines de vinyle et de sulfures d'allyle et quatre fois plus d'ajoène.

### ➤ **Macérât d'huile d'ail**

Les gousses d'ail sont tranchées et homogénéisées dans l'huile de soja ou une autre huile végétale. Le macérât d'huile d'ail est également vendue sous forme de capsules.

### ➤ **Le jus d'ail**

L'ail est broyé pour obtenir une pâte puis pompée dans un réservoir à température contrôlé pendant 15 – 60 minutes pour terminer les réactions enzymatiques. L'extraction du jus se fait soit par pression, soit par décantation avec ajustement du pH.

### ➤ **Comprimés ou capsules d'ail à faible odeur ou sans odeur**

Les produits gastro-résistants sont à odeur faible puisqu'ils préviennent l'odeur primaire d'ail mais non pas l'odeur secondaire (celle relative au métabolisme de l'ail).

Les produits d'ail sans odeur sont produits par la désactivation de l'alliinase, de telle sorte que l'allicine et ses dérivés ne soient pas produits. Cela peut avoir lieu par :

- L'exposition de l'ail à l'acide fumarique ;
- Séparer physiquement l'alliinase de l'ail;
- L'ail lyophilisé mélangé à la cyclodextrine;
- Le chauffage de l'ail ;
- La production de comprimés d'ail sans gastro-résistance pour que l'acidité gastrique désactive l'alliinase; ou
- Mélanger de l'ail écrasé avec des levures qui décomposent l'allicine en composés soufrés sans odeur.
- Cependant, ces produits n'ont généralement pas les effets bénéfiques de l'allicine et de ses dérivés.[212]

## II.2. Les formes traditionnelles [213,214]

Plusieurs formes d'utilisation traditionnelles sont disponibles :

- Pour faire murir un abcès : application d'une compresse imbibée de suc frais d'ail à changer toutes les 2 heures.
- Plaies infectées, Les piqûres d'insectes, les mycoses, la teigne, la gale : Frotter une gousse d'ail épluchée ou appliquer de l'ail broyé sur les lésions.
- Les cors et durillons : rondelle d'ail maintenue par du sparadrap.
- Artériosclérose : Boire régulièrement une décoction de 2 gousses d'ail épluchées et écrasées dans la valeur d'une tasse de l'ait, bouillir 5 mn.
- Asthme : Boire chaque jour une décoction de bulbe d'ail chaude dans la valeur d'un verre de lait, bouillir 15 mn.
- Circulation du sang, hémorroïdes : manger de l'ail cru ou cuit.
- Coqueluche : boire 2 cuillères à soupe d'un sirop d'ail préparé comme suit : 100 g de bulbe épluchés, écrasés dans 250g d'eau bouillante, infuser 15 mn, ajouter 250 g de sucre.
- Hypertension : Manger de l'ail chaque jour sous toutes ses forme (cru, cuit, en infusion) ou en sirop : 20 g d'ail avec 40 g d'eau, bouillir 30 mn, passer en pressant contre la passoire, ajouter le même poids de sucre, 3 cuillères à soupe par jour.
- Lithiase rénale : boire chaque jour une décoction d'ail à raison de 3 gousses écrasées dans 150 g de lait, bouillir 15 mn.
- Vers intestinaux (Tænia) : Cure de 24 jours pour adulte : faire macérer pendant 12 heures 3 gousses d'ail fraîches râpées dans une tasse de lait à boire chaque matin à jeun.

- Teinture d'ail au 1/5 : 30 à 50 gouttes au milieu des 3 repas.
  - o Oxymel d'ail :
  - o Ail épluché broyé 100 g
  - o Vinaigre 100 ml
  - o Eau chaude 400 ml
  - o Miel 200 g
  - o Sirop de sucre q.s.p 1 litre

Faire macérer pendant une nuit l'ail dans le vinaigre et l'eau chaude ; passer avec expression ; dissoudre le miel et compléter à 1 litre avec le sirop de sucre. (3 – 6 cuillères à soupe par jour).

- Oléat d'ail : piler 20 g d'ail dans 100 ml d'huile d'olive et 100ml d'huile de maïs ; laisser décanter et recueillir l'huile. Utiliser en usage externe : 3 gouttes dans l'oreille en cas d'otites ; frictions 2 fois par jour sur les mycoses, les teignes, les gales, les pelades.

### II.3.Marché

Bien que l'on pense que l'ail soit originaire d'Asie centrale et que la majorité de la production a lieu en Asie, l'ail est actuellement cultivé dans le monde entier. En 2018, plus de 28 millions de tonnes d'ail avaient été récoltés dans le monde entier (tableau IX). Environ 78% de la production mondiale d'ail se trouvait en Chine, l'Inde, le Bangladesh, la Corée, l'Égypte, l'Espagne, les États-Unis, l'Ouzbékistan, la Russie et le Myanmar représentant environ 14% du total. La production d'ail a considérablement augmenté ces dernières années. Au cours des 18 années de 2000 à 2018, la récolte mondiale d'ail a plus que doublé.[25,211]

**Tableau IX : Les dix premiers producteurs d'ail (2018). [25]**

Pays	Surface récoltée (ha)	Production (Tonnes)	Production globale (%)
Chine	793 169,00	22 333 877,00	78,38
L'inde	303 000,00	1 721 000,00	6,03
Le Bangladesh	71 414,00	461 970,00	1,62
La Corée	28 351,00	331 741,00	1,16
l'Égypte	12 782,00	286 213,00	1,00
L'Espagne	28 428,00	273 476,00	0,95
États-Unis	13 273,00	260 340,00	0,91
l'Ouzbékistan	9 572,00	254 857,00	0,89
la Russie	21 926,00	211 981,00	0,74
le Myanmar	28 090,00	207 094,00	0,72
Monde entier	-	28 494 130,00	100%

Les prix de production par tonne varient d'un pays à l'autre. Le tableau ci dessous représente les prix de production de certains pays ainsi que les quantités importées.

**Tableau X : Prix de production et quantités importés 2016. [25]**

Pays	Prix de production (USD/tonne)	Importation - quantité (Tonne)	Importation-valeur (Million USD)
Etats-Unis	1 631,00	380 740,00	221,632
Chine	1 487,60	20 022,00	32,977
Bangladesh	1 359,60	32 422,00	59,633
Algérie	3 207,10	12 017,00	21,982
Tunisie	650,00	8 247,00	3,210
Égypte	278,20	2 003,00	2,732
Maroc	-	11 245,00	17,868

## II.4. Les Allégation [215]

### ➤ Définitions

Une allégation est tout message ou toute représentation, non obligatoire en vertu de la législation communautaire ou nationale, y compris une représentation sous la forme d'images, d'éléments graphiques ou de symboles, quelle qu'en soit la forme, qui affirme, suggère ou implique qu'une denrée alimentaire possède des caractéristiques particulières.



### ➤ Les différents types d'allégation

On distingue 3 types d'allégations :

- **L'allégation nutritionnelle** : Toute allégation qui affirme, suggère ou implique qu'une denrée alimentaire possède des propriétés nutritionnelles bénéfiques particulières de par:
  - l'énergie (valeur calorique) qu'elle :
    - fournit ;
    - fournit à un degré moindre ou plus élevé, ou ;
    - ne fournit pas, et/ou ;
  - les nutriments ou autres substances qu'elle :
    - contient
    - contient en proportion moindre ou plus élevée ;
    - ou ne contient pas.
- **L'allégation de santé**: qui affirme, suggère ou implique l'existence d'une relation entre une denrée alimentaire et la santé.
- **L'allégation relative à la réduction du risque de maladie** : qui affirme, suggère ou implique que la consommation d'une denrée alimentaire réduit sensiblement un facteur de risque de développement d'une maladie humaine (exemple : "le calcium diminue le risque d'ostéoporose en favorisant une bonne densité minérale osseuse").

## II.5. Spécialités commercialisés au Maroc.

**Tableau XI: Information concernant les compléments alimentaires à base d'ail commercialisés au Maroc.[216–218]**

	<b>Nom de spécialité</b>	AIL (ALLIUM SATIVUM)
	<b>Laboratoire</b>	FENIOUX
	<b>Indication</b>	Il aide à maintenir des taux de lipides sanguins normaux
	<b>Dosage</b>	330 mg
	<b>Prix</b>	160,00 Dh
	<b>Forme galénique</b>	Gélules
	<b>Posologie</b>	3 à 6 gélules par jour 10 mn avant le repas
	<b>Nom de spécialité</b>	AIL BIO
	<b>Laboratoire</b>	MGD
	<b>Indication</b>	Indiqué pour maintenir la santé cardiovasculaire et un taux normal de cholestérol
	<b>Dosage</b>	280 mg
	<b>Prix</b>	93,00 Dh
	<b>Forme galénique</b>	Gélules
	<b>Posologie</b>	3 à 6 gélules par jour 1680 mg d'ail
	<b>Nom de spécialité</b>	AIL, OLIVIER ET AUBÉPINE 120 GÉLULE
	<b>Laboratoire</b>	MGD
	<b>Indication</b>	Pour le bien-être général, circulatoire, pour plus de vitalité après 40 ans.
	<b>Dosage</b>	Ail 100mg Olivier 100mg Aubépine 30 mg
	<b>Prix</b>	104.00 Dh
	<b>Forme galénique</b>	Gélules
	<b>Posologie</b>	2 à 4 gélules par jour

	<b>Nom de spécialité</b>	AIL NOIR VIEILLI 60 GÉLULES
	<b>Laboratoire</b>	MGD
	<b>Indication</b>	Indiqué pour soutenir la fonction immunitaire et maintenir des taux normaux de cholestérol
	<b>Dosage</b>	500 mg d'extrait d'ail noir
	<b>Prix</b>	146,00 Dh
	<b>Forme galénique</b>	Gélules
	<b>Posologie</b>	2 gélules par jour
	<b>Nom de spécialité</b>	CHOL'AIL CHOLESTEROL CIRCULATION 60 GELULES
	<b>Laboratoire</b>	Vecteur santé
	<b>Indication</b>	Maintenir une bonne circulation et une fonction cardiaque normale
	<b>Dosage</b>	Ail 200mg Huile de poisson 100mg Olivier feuilles 20mg
	<b>Prix</b>	170,00 Dh
	<b>Forme galénique</b>	Gélules
	<b>Posologie</b>	2 à 6 gélules par jour
	<b>Nom de spécialité</b>	AIL BULBE BIO 100 GÉLULES
	<b>Laboratoire</b>	GPH DIFFUSION
	<b>Indication</b>	-
	<b>Dosage</b>	280mg
	<b>Prix</b>	127,00 Dh
	<b>Forme galénique</b>	Ail poudre en gélules
	<b>Posologie</b>	2 à 3 gélules par jour

	<b>Nom de spécialité</b>	AIL BULBE BIO 200 GÉLULES
	<b>Laboratoire</b>	GPH DIFFUSION
	<b>Indication</b>	-
	<b>Dosage</b>	280mg de poudre d'ail
	<b>Prix</b>	250,00 Dh
	<b>Forme galénique</b>	Gélules
	<b>Posologie</b>	2 à 3 gélules par jour
	<b>Nom de spécialité</b>	AIL NOIR FERMENTÉ
	<b>Laboratoire</b>	GPH DIFFUSION
	<b>Indication</b>	-
	<b>Dosage</b>	250 mg d'ail noir
	<b>Prix</b>	311,00 Dh
	<b>Forme galénique</b>	Gélules
	<b>Posologie</b>	2 à 3 gélules par jour

## II.6.Recommandations

Toujours lorsqu'on parle de phytothérapie on entend inoffensif, sécurisé, ou dénué de toxicité ce qui est un peu exagéré. Quel que soit la plante utilisée il existe toujours des règles à suivre à fin d'éviter tout effet indésirable.

Seule une dose quotidienne de 0.1g/Kg/j d'ail (> 19g ≈ 5 gousses pour un adulte pesant 75 Kg) est sans effet nocif sur le foie.

L'organisation mondiale de la santé recommande pour la promotion de la santé générale des adultes la dose quotidienne moyenne de :

- Ail frais : 2 à 5 g (soit environ une ou deux gousses)
- Poudre d'ail séché : 0,4 à 1,2 g
- Huile d'ail (distillé à la vapeur d'eau) : 2 à 5 mg
- Extrait sec d'ail 0,3 à 1 g

Les recommandations de l'ESCOP sont les suivants :

- En cas de prophylaxie d'athérosclérose ou traitement des hyperlipidémies  
l'ESCOP recommande les doses suivantes :  
Adultes : l'équivalent de 6 à 10 mg d'alliine (approximativement 3 à 5 mg d'allicine) par jour, généralement contenu dans une gousse d'ail dans 0,5 à 1,0 g d'ail séché en poudre.
- Pour un traitement adjuvant de l'hypertension  
Adultes : L'équivalent de 6 à 10mg d'alliine (3 à 5 mg d'allicine) par jour, contenu généralement dans une gousse d'ail ou dans 0.5 à 1.0g de poudre d'ail.
- Infection des voies respiratoires  
Adulte : 2 à 4g de bulbe d'ail séché ou 2 à 4ml de teinture (1 : 5, 45% éthanol), trois fois par jour ou 180 mg de poudre d'ail par jour.

Pour les compléments alimentaires il vaut mieux de choisir un produit standardisé qui mentionne soit la quantité d'alliine, soit la quantité d'allicine fournie (potentiel allicine).

Il est préférable de choisir l'utilisation d'ail frais au cours de son alimentation quotidienne. La consommation des gousses entières, permet de profiter de tous les bienfaits de ses composés soufrés et non soufrés.

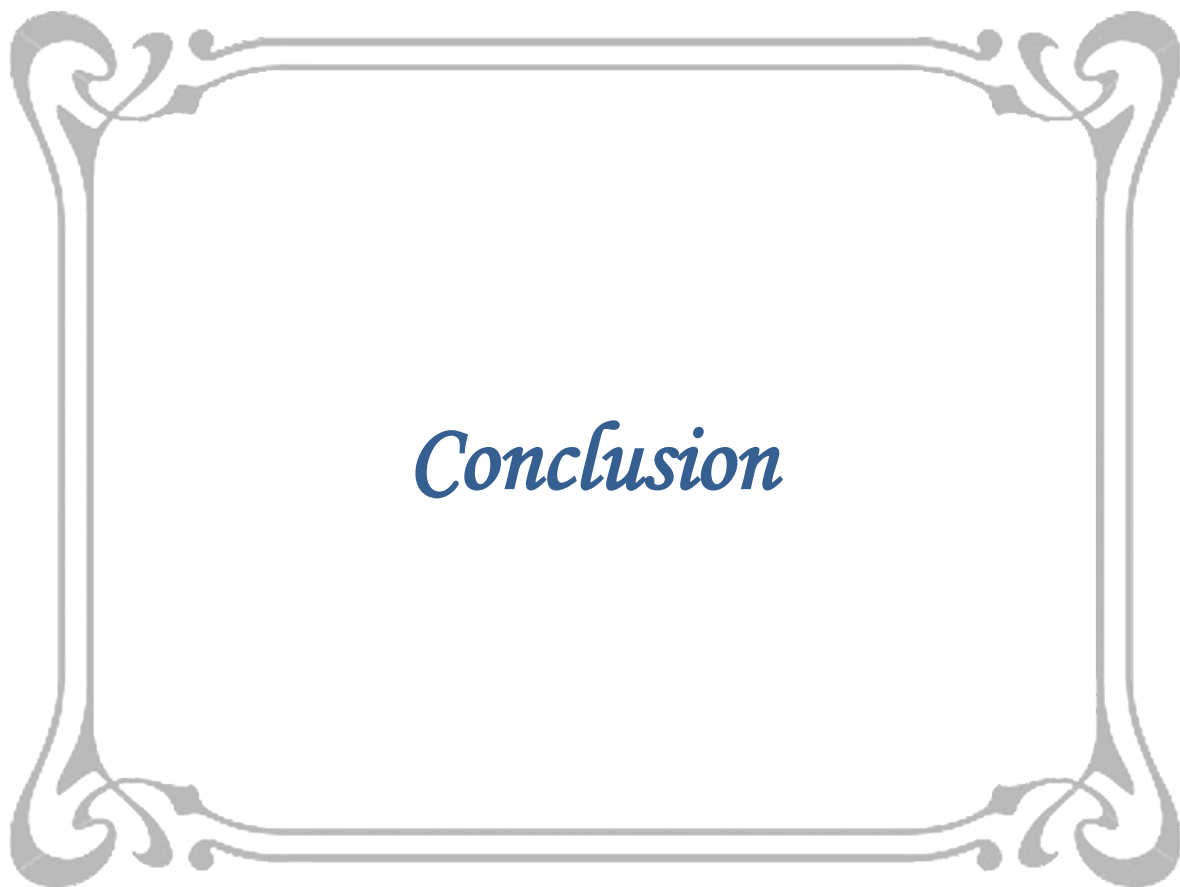
Des astuces anti-odeurs existent pour réduire l'haleine qu'occasionne la prise d'ail : après le repas mâcher des feuilles de persil, de menthe ou des grains de café peut limiter cet effet indésirable. Le brossage des dents n'a quant à lui aucun effet.

Pour l'ail macérer à l'huile, il est conseillé d'ajouter des acidifiant (acide phosphorique ou acide citrique) ou des agents antimicrobiens.

Évitez la consommation d'ail chez les patients souffrant de porphyrie selon l'ESCOP.

En cas d'intervention chirurgical, s'abstenir de consommer l'ail durant toute la semaine qui précède l'opération.

Évitez l'administration d'ail avec le saquinavir ou le warfarine. Pour le saquinavir risque de réduction de la teneur plasmatique du saquinavir et avec le warfarine peut favoriser le risque de saignement.



Depuis le fil des temps, l'Homme utilisait les plantes d'une part comme aliment et d'autre part comme remède pour plusieurs maladies, certaines utilisations thérapeutiques ont été dans le bon sens même avec l'absence des outils modernes permettant d'investiguer ce dit effet. Cela s'est appliqué aussi sur les mauvaises utilisations, ce qui a généré une panoplie regroupant les faux et les vrais effets thérapeutiques.

*L'Allium sativum L.* étudié dans cette présente thèse est l'exemple type, et le défi actuel est de prouver les utilisations thérapeutiques liées à cette plante.

L'utilisation de l'ail par l'humanité remonte à plus de 5000 ans, durant cette période plusieurs utilisations ont été attribuées à l'ail que ce soit culinaires ou médicinales, parmi les utilisations médicinales, le traitement d'arthrite, d'odontalgie, de la toux chronique, de la constipation, des infections parasitaires, des morsures d'insectes et des serpents, allant jusqu'aux utilisations bizarres comme la protection contre les crocodiles, les vampires et les mauvais esprits.

La composition chimique de l'ail est variée, cette drogue contient des molécules particulières, à titre d'exemple, les composés soufrés qui confèrent l'odeur et la saveur caractéristiques de l'ail. C'est à eux que l'on doit les différentes activités thérapeutiques de l'ail. Ils comprennent des thiosulfonates dont les plus importants sont l'allicine, les vinyldithiines, les ajoènes et les sulfides. Pourtant, l'ail renferme bien d'autres substances, comme les saponines et polyphénols. Il est également riche en vitamines et en minéraux.

La plupart des études récentes sur l'ail ont été principalement dans le domaine de la recherche cardiovasculaire et les syndromes métaboliques. Les études cardiovasculaires ont été généralement liées aux dyslipidémies, l'hypertension artérielle et l'agrégation plaquettaire. Bien que ces études ne soient pas cohérentes en ce qui concerne la posologie, la normalisation des préparations à base d'ail et la durée de traitement, la plupart des résultats suggèrent que l'ail possède des activités hypolipémiante, hypotensive, antiagrégant plaquettaire et antidiabétique.

D'autres effet ont été étudiés telle que l'action anticancéreuse, et antimicrobienne. Pour les effets anticancéreux, les études citées indiquent que l'effet de l'ail sur le cancer est insignifiant alors que les essais in vitro ont montré de façon claire l'activité antioxydante, immunoproliférative et cytotoxique de l'ail et ces différents composés. Pour les actions

antimicrobiennes, un nombre limité d'essais a été réalisé. L'ail a montré son efficacité sur les infections dentaires, les vaginoses bactériennes, les verrues, les infections parasitiques telles que la giardiose et taeniasis.

L'ail ne présente pas d'effet indésirable majeure, les études menées ne montrent pas de toxicité aux doses thérapeutiques, ainsi, par rapport aux médicaments disponibles sur le marché, l'ail est suffisamment tolérable.

L'ail pourrait se définir comme un alicament, un aliment doté de vertus d'ordre pharmaceutique. Il est facilement accessible, produit en grande quantité et avec un prix raisonnable.

Les résultat des études présentés ci-dessus restent insuffisantes pour utiliser l'ail en tant qu'une alternative thérapeutique des traitement déjà disponibles sur le marché, vu que ces essais cliniques présentent plusieurs problèmes, tels que les insuffisances méthodologiques, la taille réduite des échantillons, le manque d'informations concernant la justification des doses, l'absence de contrôle placebo ou le manque de groupe contrôle et la comparaison d'activité avec celle des principes actifs déjà présents sur le marché.

Les futures recherches devraient permettre de mieux comprendre les mécanismes d'action, mais surtout d'aboutir à une standardisation des préparations d'ail. Plus d'essais contrôlés randomisés sont nécessaires pour pouvoir formuler des conclusions claires et unanimes.

A decorative rectangular frame with ornate, symmetrical scrollwork at each corner, rendered in a light gray color. The frame encloses the central text.

## *Résumés*

## RÉSUMÉ

**Titre :** L'AIL ALIMENT OU MÉDICAMENT ?

**Auteur :** AYOUBI Ali

**Directeur de thèse :** Pr. NEJJARI Rachid

**Mots clés :** Ail, Médicament, Nutrition, Phytothérapie.

L'Ail (*Allium sativum L.*) est une plante appartenant à la famille des amaryllidacées (APG IV). Son utilisation remonte à plus de 5000 ans, il a été même prescrit durant plusieurs siècles comme cure pour plusieurs maladies, au fil du temps, *l'Allium sativum* a ainsi acquis sa réputation d'agent médicale prophylactique et thérapeutique.

La composition chimique de l'ail est variée contenant les composés soufrés comme l'allicine et ses dérivés qui sont les principaux responsables des effets thérapeutiques de l'ail et d'autres composés non soufrés qui ont un rôle surtout alimentaire.

Les essais *in vitro* et *in vivo* ont démontré plusieurs effets pharmacologiques de l'ail, telle que l'activité cardiovasculaire, antioxydante, antidiabétique, anticancéreuse, immunomodulatrice, anti-inflammatoire, antibactérienne, antifongique, antiparasitaire et antivirale.

Ce travail a pour but de présenter toutes les études récentes concernant la composition chimique, les valeurs nutritives et les propriétés pharmacologiques d'ail et en mettant l'accent sur les effets thérapeutiques appuyés par des essais cliniques.

## ABSTRACT

**Title :** Garlic food or drug ?

**Author :** AYOUBI Ali

**Thesis supervisor :** Pr. NEJJARI Rachid

**Keywords :** Garlic, Drug, Food, Phytotherapy, *Allium sativum L.*

Garlic (*Allium sativum L.*) is a plant belonging to the Amaryllidaceae family (APGIV). Its use dates back more than 5000 years, it was even prescribed for several centuries as a cure for several diseases, over time, *Allium sativum* has acquired its reputation as a prophylactic and therapeutic agent.

The chemical composition of garlic is varied, containing sulfur compounds such as allicine and its derivatives which are mainly responsible for the therapeutic effects of garlic and other non-sulfur compounds which have a nutritional role.

*In vitro* and *in vivo* tests have demonstrated several pharmacological effects of garlic, such as cardiovascular, antioxidant, antidiabetic, anticancer, immunomodulatory, anti-inflammatory, antibacterial, antifungal, antiparasitic and antiviral activity.

This work aims to present all recent studies concerning the chemical composition, nutritional values and pharmacological properties of garlic and to draw attention toward the therapeutic effects supported by clinical trials.

## ملخص

**العنوان:** الثوم غذاء أم دواء ؟

**الكاتب :** علي أيوبي

**المشرف:** الأستاذ نجاري رشيد

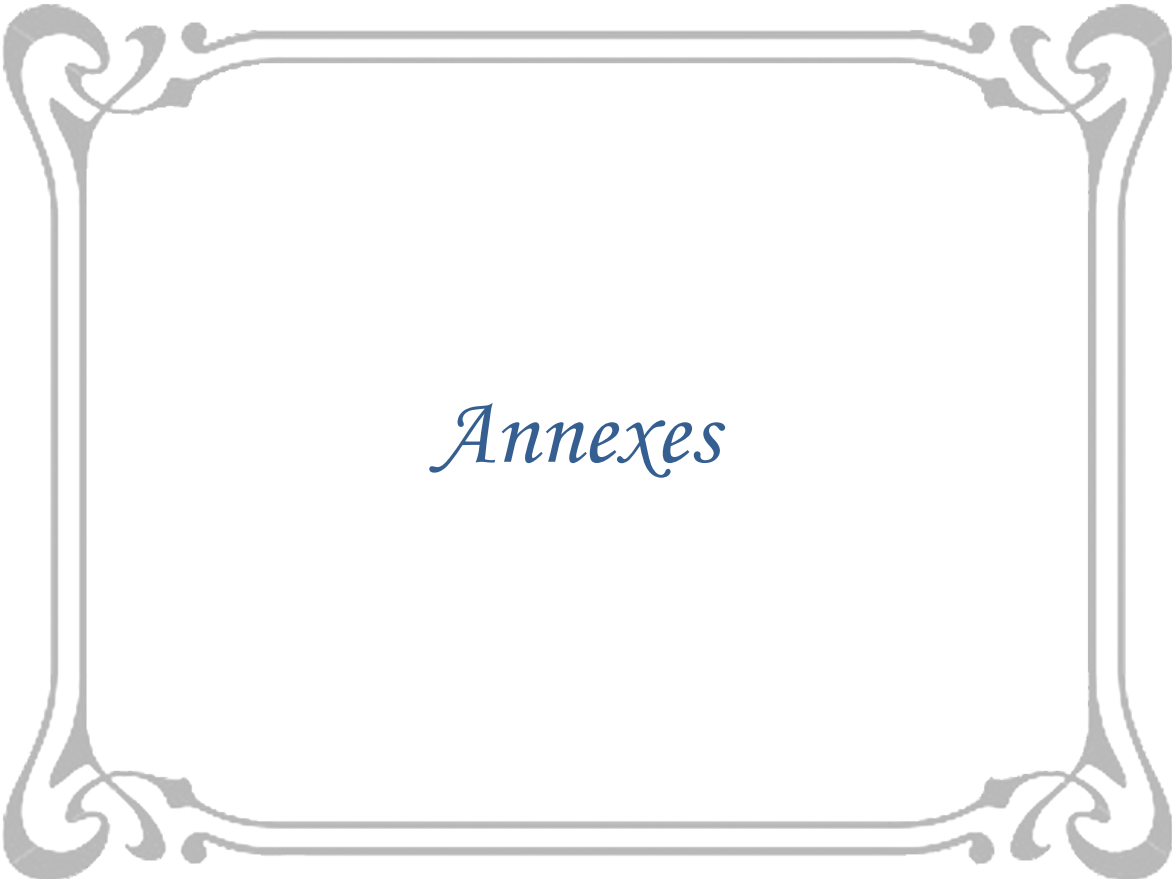
**الكلمات الرئيسية :** الثوم, دواء, قيمة غذائية, التداوي بالأعشاب

يعتبر الثوم (*Allium sativum L.*) نبات ينتمي الى الفصيلة النرجسية, يعود استخدامه الى اكثر من 5000 سنة, مع مرور الوقت تم وصفه لعدة قرون كعلاج للعديد من الأمراض, مما ساعد على اكتسابه لسمعته كعامل وقائي و علاجي.

تتميز التركيبة الكيميائية لثوم بتنوع كبير, و من بين مكوناته المركبات الكبريتية, ابرزها الأليسين و مشتقاته المسؤولة بشكل أساسي عن التأثيرات العلاجية للثوم, اما المركبات الغير الكبريتية فهي أساسا ذات دور غذائي.

اظهرت الإختبارات المخبرية و في الجسم الحي التأثيرات الدوائية العديدة للثوم على مستوى القلب و الأوعية الدموية بالإضافة الى أن الثوم يمكن أن يستعمل كمضاد للأكسدة, للسكري, للسرطان, للالتهابات, للبكتيريا, للفطريات و الفيروسات.

يهدف هذا العمل الى تقديم جميع الدراسات الحديثة المتعلقة بالتركيب الكيميائي والقيم الغذائية والخصائص النشطة العلاجية للثوم ولفت الانتباه إلى التأثيرات العلاجية التي تدعمها التجارب السريرية.



# Annexe 1 : Poudre d'ail dans la Pharmacopée Européenne IX<sup>e</sup> édition.

## Ail (poudre d')

jaunes et caducs. Des réceptacles fructifères coniques, à profonds sillons et à soies recourbées en crochet, sont généralement présents à la base de l'inflorescence.

B. Réduisez l'aigremoine en poudre (355) (2.9.12). La poudre est vert-jaune ou grise. Examinez au microscope en utilisant de la solution d'hydrate de chloral R. La poudre présente les éléments suivants (figure 1587.-1) : de nombreux poils tecteurs [Ab, Ca, F] longs, droits ou courbés, unicellulaires, à parois épaisses (environ 500 µm), finement verruqueux et comportant parfois des marques en spirale, souvent fragmentés (F) ; des fragments de l'épiderme des tiges [A] portant des stomates [Aa], des poils tecteurs (Ab) et des poils sécréteurs [Ac] ; des fragments d'épiderme foliaire supérieur (vue de face [C]) aux parois droites, portant des poils tecteurs (Ca), accompagné de parenchyme palissadique [Cb] dont certaines cellules contiennent des prismes d'oxalate de calcium [Cc] ; des fragments d'épiderme foliaire inférieur (vue de face [J]) à parois sinueuses comportant de nombreux stomates [Ja], principalement anomocytiques (2.8.3) mais pouvant occasionnellement être anisocytiques, et des poils sécréteurs [Jb] ; des grains de pollen ovoïdes à subsphériques, à 3 pores et à exine lisse [D] ; des poils sécréteurs à pied pluricellulaire unisérié et tête unicellulaire à quadricellulaire [B, Jb] ; des fragments de tiges [H] comportant des groupes de fibres [Ha] et des cellules parenchymateuses dont certaines contiennent des macles d'oxalate de calcium [Hb] ; des petits vaisseaux spiralés issus des folioles [G] ; des fragments de larges vaisseaux spiralés ou à ponctuation aréolée, issus de la tige [E].

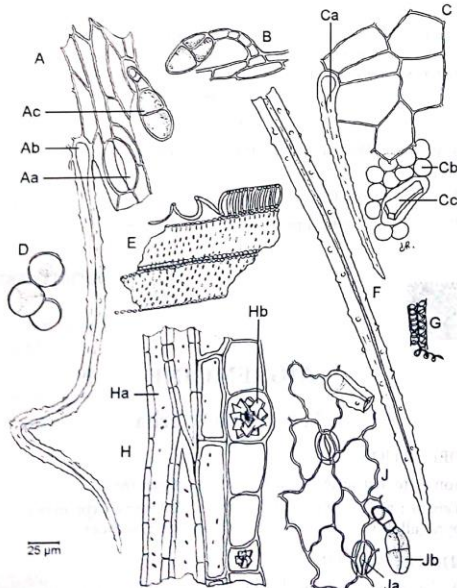


Figure 1587.-1. – Dessin pour l'identification B de l'aigremoine pulvérisée

C. Chromatographie sur couche mince (2.2.27).

**Solution à examiner.** A 2,0 g d'aigremoine pulvérisée (355) (2.9.12), ajoutez 20 mL de méthanol R. Chauffez en agitant à 40 °C pendant 10 min. Filtrez.

**Solution témoin.** Dissolvez 1,0 mg d'isoquercitroside R et 1,0 mg de rutoside trihydraté R dans 2 mL de méthanol R.

**Plaque :** plaque au gel de silice pour CCM R.

## PHARMACOPÉE EUROPÉENNE 9<sup>e</sup>

**Phase mobile :** acide formique anhydre R, eau R, acétate d'éthyle R (10:10:80 V/V/V).

**Dépôt :** 10 µL en bandes.

**Développement :** sur un parcours de 12 cm.

**Séchage :** à 100-105 °C.

**Détection :** pulvérisez la plaque encore chaude avec une solution de diphénylborate d'aminoéthanol R à 10 g/L dans du méthanol R, puis avec une solution de macrogol 400 R à 50 g/L dans du méthanol R. Laissez sécher à l'air pendant 30 min. Examinez en lumière ultraviolette à 365 nm.

**Résultats :** voir ci-après la séquence des bandes présentes dans les chromatogrammes obtenus avec la solution témoin et la solution à examiner.

Haut de la plaque	
Isoquercitroside : une bande de fluorescence orange	Une bande de fluorescence orange peut être présente (quercitroside) Une bande de fluorescence orange (isoquercitroside)
Rutoside : une bande de fluorescence orange	Une bande de fluorescence orange (hypéroside) Une bande de fluorescence orange (rutoside)
Solution témoin	Solution à examiner

### ESSAI

**Perte à la dessiccation (2.2.32) :** au maximum 10,0 pour cent, déterminé à l'étuve à 105 °C pendant 2 h sur 1,000 g d'aigremoine pulvérisée (355) (2.9.12).

**Cendres totales (2.4.16) :** au maximum 10,0 pour cent.

### DOSAGE

**Tanins (2.8.14).** Utilisez 1,000 g d'aigremoine pulvérisée (180) (2.9.12).

01/2008:1216  
corrigé 6.0

## AIL (POUDRE D')

### Allii sativi bulbi pulvis

### DÉFINITION

Bulbe d'*Allium sativum* L., divisé, cryodesséché ou séché à une température ne dépassant pas 65 °C, et réduit en poudre.

**Teneur :** au minimum 0,45 pour cent d'allicine (C<sub>6</sub>H<sub>10</sub>O<sub>2</sub>; M<sub>r</sub> 162,3) (drogue desséchée).

### CARACTÈRES

**Aspect :** poudre jaunâtre clair.

### IDENTIFICATION

A. Examinez au microscope en utilisant de la solution d'hydrate de chloral R. La poudre d'ail présente les éléments suivants : de nombreux fragments de parenchyme et des groupes de vaisseaux spiralés ou annelés accompagnés de cellules parenchymateuses à paroi mince.

B. Chromatographie sur couche mince (2.2.27).

**Solution à examiner.** A 1,0 g de poudre d'ail, ajoutez 5,0 mL de méthanol R. Agitez pendant 60 s, puis filtrez.

**Solution témoin.** Dissolvez 5 mg d'alanine R dans 10 mL d'eau R et complétez à 20 mL avec du méthanol R.

**Plaque :** plaque au gel de silice pour CCM R.

**Phase mobile :** acide acétique glacial R, propanol R, eau R, éthanol anhydre R (20:20:20:40 V/V/V/V).

**Dépôt :** 20 µL de solution à examiner et 10 µL de solution témoin, en bandes.

**Développement :** sur un parcours de 10 cm.

**Séchage :** à l'air.

**Détection :** pulvérisez une solution de *ninhydrine R* à 2 g/L dans un mélange de 5 volumes d'*acide acétique glacial R* et de 95 volumes de *butanol R* ; chauffez à 105-110 °C pendant 5-10 min et examinez à la lumière du jour.

**Résultats :** le chromatogramme obtenu avec la solution témoin présente dans son tiers médian une bande violette (alanine). Le chromatogramme obtenu avec la solution à examiner présente une bande violette ou rouge-brun semblable quant à sa position à celle du chromatogramme obtenu avec la solution témoin, correspondant à l'alliine et, de part et d'autre de cette bande, d'autres bandes violettes généralement plus faibles.

- $F_1$  = surface du pic dû à l'allicine (pic principal) dans le chromatogramme obtenu avec la solution à examiner,
- $F_2$  = surface du pic dû au parahydroxybenzoate de butyle dans le chromatogramme obtenu avec la solution à examiner,
- $m_1$  = masse de la prise d'essai, en grammes,
- $m_2$  = masse de parahydroxybenzoate de butyle dans 100,0 mL de solution d'étalon interne, en grammes ; 1 mg de parahydroxybenzoate de butyle correspond à 8,65 mg d'allicine.

01/2017:2472



## ESSAI

**Amidon.** Examinez au microscope en utilisant de l'*eau R*. Ajoutez de la *solution d'iode R1*. Aucune coloration bleue ne se développe.

**Perte à la dessiccation (2.2.32) :** au maximum 7,0 pour cent, déterminé à l'étuve à 105 °C sur 1,000 g de poudre d'ail.

**Cendres totales (2.4.16) :** au maximum 5,0 pour cent.

## DOSAGE

**Chromatographie liquide (2.2.29).** Effectuez le dosage le plus rapidement possible.

**Solution d'étalon interne.** Dissolvez 20,0 mg de *parahydroxybenzoate de butyle SCR* dans 100,0 mL d'un mélange à volumes égaux d'*eau R* et de *méthanol R*.

**Solution à examiner.** A 0,800 g de poudre d'ail, ajoutez 20,0 mL d'*eau R*. Homogénéisez le mélange par traitement aux ultrasons à 4 °C pendant 5 min. Laissez reposer à température ambiante pendant 30 min, puis centrifugez pendant 30 min. Prélevez 10,0 mL de surnageant et complétez à 25,0 mL avec un mélange de 40 volumes d'une solution d'*acide formique anhydre R* à 1 pour cent V/V et de 60 volumes de *méthanol R* (solution mère). Agitez, puis centrifugez pendant 5 min. Introduisez 0,50 mL de solution d'étalon interne dans une fiole jaugée et complétez à 10,0 mL avec la solution mère.

**Précolonne :**

- dimensions :  $l = 20$  mm,  $\varnothing = 4$  mm,
- phase stationnaire : gel de silice octadécylsilylé pour chromatographie R silanisé (5 µm).

**Colonne :**

- dimensions :  $l = 0,25$  m,  $\varnothing = 4$  mm,
- phase stationnaire : gel de silice octadécylsilylé pour chromatographie R silanisé (5 µm).

**Phase mobile :** mélangez 40 volumes d'une solution d'*acide formique anhydre R* à 1 pour cent V/V et 60 volumes de *méthanol R*.

**Débit :** 0,8 mL/min.

**Détection :** spectrophotomètre à 254 nm.

**Injection :** injecteur à boucle, 1 µL de solution d'étalon interne et 10 µL de solution à examiner.

Calculez la teneur pour cent en allicine à l'aide de l'expression suivante :

$$\frac{F_1 \times m_2 \times 22,75}{F_2 \times m_1}$$

## AKEBIA (TIGE D')

## Akebiae caulis

## DÉFINITION

Tige séchée d'*Akebia quinata* (Houtt.) Decne. ou d'*Akebia trifoliata* (Thunb.) Koidz., ou mélange des 2 espèces.

**Teneur :** au minimum 0,15 pour cent d'*acide oléanolique* ( $C_{30}H_{48}O_2$  ;  $M_r$  456,7) (drogue desséchée).

## IDENTIFICATION

- A. Tige cylindrique, souvent légèrement tortueuse, de 30-70 cm de long et de 0,5-2 cm de diamètre. La surface brun-gris, rugueuse, présente des fentes et des sillons longitudinaux et irréguliers ainsi que de nettes lenticelles. Les nœuds sont parfois renflés, avec des cicatrices des branches latérales. La texture est légère, compacte et cassante. La fracture est irrégulière ; l'écorce est brun-jaune, relativement épaisse et présente des points granuleux jaune pâle ; le bois blanc-jaune est strié radialement, la moelle est fine, blanc-jaune ou brun-jaune, parfois creuse.
- B. Examen microscopique (2.8.23). La poudre est jaune pâle. Examinez au microscope en utilisant de la *solution d'hydrate de chloral R*. La poudre présente les éléments suivants : de nombreux groupes de fibres accompagnées de cellules cristallifères, d'une longueur de 1-2,5 mm, généralement organisées en faisceaux ; des cellules du parenchyme contenant des cristaux isolés d'oxalate de calcium, de forme cubique ou prismatique ; des cellules scléreuseuses jaune d'or tétraogonales, polygonales ou arrondies, d'un diamètre de 25-50 µm, à parois très épaissies et aux ponctuations bien visibles ; des vaisseaux, pour la plupart à ponctuations aréolées, atteignant 120-160 µm ; des cristaux généralement polyédriques, souvent prismatiques ; des cellules subéreuses brun-rouge, polygonales, à contenu brun ; des cellules du parenchyme ligneux à parois ponctuées et très épaissies.
- C. Chromatographie sur couche mince (2.2.27).

**Solution à examiner.** A 0,5 g de tige d'akebia grossièrement pulvérisée (1400) (2.9.12), ajoutez 5 mL de *méthanol R* et traitez aux ultrasons pendant 10 min ; filtrez ou centrifugez. Utilisez le filtrat ou le surnageant comme solution à examiner.

**Solution témoin.** Dissolvez 1 mg d'*hédéragénine R* et 1 mg d'*acide oléanolique R* dans 8 mL de *méthanol R*.

**Plaque :** plaque au gel de silice pour CCM R (2-10 µm).

**Phase mobile :** *acide acétique glacial R*, *acétone R*, *toluène R* (5:20:80 V/V/V).

**Dépôt :** 15 µL en bandes de 8 mm.

**Développement :** sur un parcours de 6 cm.

**Séchage :** à l'air.

## Annexe 2: Monographie du bulbe d'ail dans « Monographies de l'OMS sur les plantes médicinales ».

---

### Bulbus Allii Sativi

#### Definition

Bulbus Allii Sativi consists of the fresh or dried bulbs of *Allium sativum* L. (Liliaceae) (1, 2).

#### Synonyms

*Porvium sativum* Rehb. (1, 3).

#### Selected vernacular names

It is most commonly known as “garlic”. Ail, ail commun, ajo, akashneem, allium, alubosa elewe, ayo-ishi, ayu, banlasun, camphor of the poor, dai tóan, dasuan, dawang, dra thiam, foom, Gartenlauch, hom khaao, hom kía, hom thiam, hua thiam, kesumphin, kitunguu-sumu, Knoblauch, kra thiam, krathiam, krathiam cheen, krathiam khaao, l’ail, lahsun, lai, lashun, lasan, lasun, lasuna, Lauch, lay, layi, lehsun, lesun, lobha, majo, naharu, nectar of the gods, ninniku, pa-se-waa, poor man’s treacle, rason, rasonam, rasun, rustic treacles, seer, skordo, sluôn, stinking rose, sudulunu, ta-suam, ta-suan, tafanuwa, tellagada, tellagaddalu, thiam, toi thum, tum, umbi bawang putih, vallaip-pundu, velluli, vellulli (1–13).

#### Description

A perennial, erect bulbous herb, 30–60 cm tall, strong smelling when crushed. The underground portion consists of a compound bulb with numerous fibrous rootlets; the bulb gives rise above ground to a number of narrow, keeled, grass-like leaves. The leaf blade is linear, flat, solid, 1.0–2.5 cm wide, 30–60 cm long, and has an acute apex. Leaf sheaths form a pseudostem. Inflorescences are umbellate; scape smooth, round, solid, and coiled at first, subtended by membraneous, long-beaked spathe, splitting on one side and remaining attached to umbel. Small bulbils are produced in inflorescences; flowers are variable in number and sometimes absent, seldom open and may wither in bud. Flowers are on slender pedicels; consisting of perianth of 6 segments, about 4–6 mm long, pinkish; stamens 6, anthers exserted; ovary superior, 3-locular. Fruit is a small loculicidal capsule. Seeds are seldom if ever produced (8, 9).

### **Plant material of interest: fresh or dried bulbs**

#### ***General appearance***

Bulbus Allii Sativi consists of several outer layers of thin sheathing protective leaves which surround an inner sheath. The latter enclose the swollen storage leaves called "cloves". Typically, the bulb possesses a dozen sterile sheathing leaves within which are 6–8 cloves bearing buds making a total of 10–20 cloves and 20–40 well-developed but short and embedded roots. The cloves are asymmetric in shape, except for those near the centre (1).

#### ***Organoleptic properties***

Odour strong, characteristic alliaceous (1, 6, 8); taste very persistently pungent and acrid (1, 6, 8).

#### ***Microscopic characteristics***

The bulbs show a number of concentric bulblets; each is 5–10 mm in diameter and consists of an outer scale, an epidermis enclosing a mesophyll free from chlorophyll, a ground tissue and a layer of lower epidermal cells. Dry scales consist of 2 or 3 layers of rectangular cells having end walls with a broadly angular slant. These cells contain many rhomboid crystals of calcium oxalate. The upper epidermal cells next to the dry scale layer consist of a single layer of rectangular to cubical cells next to which are several layers of large parenchymatous cells. Among these cells are interspaced many vascular bundles, each of which consists of xylem and phloem arranged alternately. Lower epidermis consists of cubical cells which are much smaller than the upper epidermal cells. The same arrangement of tissues is met within different bulblets, 2 or 3 of which are arranged concentrically (1, 6).

#### ***Powdered plant material***

Pale buff to greyish or purplish white, with characteristic aromatic alliaceous odour and taste. It is characterized by the presence of sclereids of the epidermis of protective leaves, thin epidermis of storage cells, latex tubes, swollen parenchyma cells with granular contents, and lignified narrow spiral and annular vessels (1).

#### ***Geographical distribution***

Bulbus Allii Sativi is probably indigenous to Asia (1, 7), but it is commercially cultivated in most countries.

### **General identity tests**

Macroscopic and microscopic examinations and microchemical analysis are used to identify organic sulfur compounds (1), thin-layer chromatographic analysis to determine the presence of alliin (14).

### **Purity tests**

#### **Microbiology**

The test for *Salmonella* spp. in Bulbus Allii Sativi products should be negative. The maximum acceptable limits of other microorganisms are as follows (2, 15, 16). Preparations for internal use: aerobic bacteria—not more than  $10^5$ /g or ml; fungi—not more than  $10^4$ /g or ml; enterobacteria and certain Gram-negative bacteria—not more than  $10^3$ /g or ml; *Escherichia coli*—0/g or ml.

#### **Total ash**

Not more than 5.0% (2).

#### **Acid-insoluble ash**

Not more than 1.0% (4).

#### **Water-soluble extractive**

Not less than 5.0% (4).

#### **Alcohol-soluble extractive**

Not less than 4.0% (4).

#### **Moisture**

Not more than 7% (2).

#### **Pesticide residues**

To be established in accordance with national requirements. Normally, the maximum residue limit of aldrin and dieldrin for Bulbus Allii Sativi is not more than 0.05 mg/kg (2). For other pesticides, see WHO guidelines on quality control methods for medicinal plants (15) and guidelines for predicting dietary intake of pesticide residues (17).

#### **Heavy metals**

Recommended lead and cadmium levels are no more than 10 and 0.3 mg/kg, respectively, in the final dosage form of the plant material (15).

#### **Radioactive residues**

For analysis of strontium-90, iodine-131, caesium-134, caesium-137, and plutonium-239, see WHO guidelines on quality control methods for medicinal plants (15).

**Other purity tests**

Chemical tests and tests for foreign organic matter to be established in accordance with national requirements.

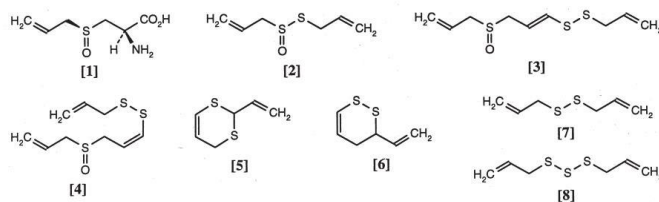
**Chemical assays**

Qualitative and quantitative assay for sulfur constituents (alliin, allicin etc.) content by means of high-performance liquid chromatography (18–22) or gas chromatography–mass spectroscopy (23) methods.

**Major chemical constituents**

The most important chemical constituents reported from *Bulbus Allii Sativi* are the sulfur compounds (7, 9, 24, 25). It has been estimated that cysteine sulfoxides (e.g. alliin [1]) and the non-volatile  $\gamma$ -glutamylcysteine peptides make up more than 82% of the total sulfur content of garlic (25).

The thiosulfinates (e.g. allicin [2]), ajoenes (e.g. *E*-ajoene [3], *Z*-ajoene [4]), vinyldithiins (e.g. 2-vinyl-(4*H*)-1,3-dithiin [5], 3-vinyl-(4*H*)-1,2-dithiin [6]), and sulfides (e.g. diallyl disulfide [7], diallyl trisulfide [8]), however, are not naturally occurring compounds. Rather, they are degradation products from the naturally occurring cysteine sulfoxide, alliin [1]. When the garlic bulb is crushed, minced, or otherwise processed, alliin is released from compartments and interacts with the enzyme alliinase in adjacent vacuoles. Hydrolysis and immediate condensation of the reactive intermediate (allylsulfenic acid) forms allicin [2]. One milligram of alliin is considered to be equivalent to 0.45 mg of allicin (26). Allicin itself is an unstable product and will undergo additional reactions to form other derivatives (e.g. products [3]–[8]), depending on environmental and processing conditions (24–26). Extraction of garlic cloves with ethanol at <0 °C gave alliin [1]; extraction with ethanol and water at 25 °C led to allicin [2] and no alliin; and steam distillation (100 °C) converted the alliin totally to diallyl sulfides [7], [8] (24, 25). Sulfur chemical profiles of *Bulbus Allii Sativi* products reflected the processing procedure: bulb, mainly alliin, allicin; dry powder, mainly alliin, allicin; volatile oil, almost entirely diallyl sulfide, diallyl disulfide, diallyl trisulfide, and diallyl tetrasulfide; oil macerate, mainly 2-vinyl-[4*H*]-1,3-dithiin, 3-vinyl-[4*H*]-1,3-dithiin, *E*-ajoene, and *Z*-ajoene (18–22, 24). The content of alliin



*WHO monographs on selected medicinal plants*

was also affected by processing treatment: whole garlic cloves (fresh) contained 0.25–1.15% alliin, while material carefully dried under mild conditions contained 0.7–1.7% alliin (18–21).

Gamma-glutamylcysteine peptides are not acted on by alliinase. On prolonged storage or during germination, these peptides are acted on by  $\gamma$ -glutamyl transpeptidase to form thiosulfates (25).

### **Dosage forms**

Fresh bulbs, dried powder, volatile oil, oil macerates, juice, aqueous or alcoholic extracts, aged garlic extracts (minced garlic that is incubated in aqueous alcohol (15–20%) for 20 months, then concentrated), and odourless garlic products (garlic products in which the alliinase has been inactivated by cooking; or in which chlorophyll has been added as a deodorant; or aged garlic preparations that have low concentrations of water-soluble sulfur compounds) (18, 24).

The juice is the most unstable dosage form. Alliin and allicin decompose rapidly, and those products must be used promptly (18).

Dried *Bulbus Allii Sativi* products should be stored in well-closed containers, protected from light, moisture, and elevated temperature.

### **Medicinal uses**

#### ***Uses supported by clinical data***

As an adjuvant to dietetic management in the treatment of hyperlipidaemia, and in the prevention of atherosclerotic (age-dependent) vascular changes (5, 27–31). The drug may be useful in the treatment of mild hypertension (11, 28).

#### ***Uses described in pharmacopoeias and in traditional systems of medicine***

The treatment of respiratory and urinary tract infections, ringworm and rheumatic conditions (1, 4, 7, 9, 11). The herb has been used as a carminative in the treatment of dyspepsia (32).

#### ***Uses described in folk medicine, not supported by experimental or clinical data***

As an aphrodisiac, antipyretic, diuretic, emmenagogue, expectorant, and sedative, to treat asthma and bronchitis, and to promote hair growth (6, 9, 13).

### **Pharmacology**

#### ***Experimental pharmacology***

*Bulbus Allii Sativi* has a broad range of antibacterial and antifungal activity (13). The essential oil, water, and ethanol extracts, and the juice inhibit the *in vitro* growth of *Bacillus* species, *Staphylococcus aureus*, *Shigella sonnei*, *Erwinia carotovora*, *Mycobacterium tuberculosis*, *Escherichia coli*, *Pasteurella multocida*, *Proteus*

species, *Streptococcus faecalis*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Candida* species, *Cryptococcus* species, *Rhodotorula rubra*, *Toruloposis* species, *Trichosporon pullulans*, and *Aspergillus niger* (33–40). Its antimicrobial activity has been attributed to allicin, one of the active constituents of the drug (41). However, allicin is a relatively unstable and highly reactive compound (37, 42) and may not have antibacterial activity *in vivo*. Ajoene and diallyl trisulfide also have antibacterial and antifungal activities (43). Garlic has been used in the treatment of roundworm (*Ascaris strongyloides*) and hookworm (*Ancylostoma caninum* and *Necator americanus*) (44, 45). Allicin appears to be the active anthelmintic constituent, and diallyl disulfide was not effective (46).

Fresh garlic, garlic juice, aged garlic extracts, or the volatile oil all lowered cholesterol and plasma lipids, lipid metabolism, and atherogenesis both *in vitro* and *in vivo* (18, 43, 47–64). *In vitro* studies with isolated primary rat hepatocytes and human HepG2 cells have shown that water-soluble garlic extracts inhibited cholesterol biosynthesis in a dose-dependent manner (48–50). Antihypercholesterolaemic and antihyperlipidaemic effects were observed in various animal models (rat, rabbit, chicken, pig) after oral (in feed) or intragastric administration of minced garlic bulbs; water, ethanol, petroleum ether, or methanol extracts; the essential oil; aged garlic extracts and the fixed oil (51–64). Oral administration of allicin to rats during a 2-month period lowered serum and liver levels of total lipids, phospholipids, triglycerides, and total cholesterol (65). Total plasma lipids and cholesterol in rats were reduced after intraperitoneal injection of a mixture of diallyl disulfide and diallyl trisulfide (66). The mechanism of garlic's antihypercholesterolaemic and antihyperlipidaemic activity appears to involve the inhibition of hepatic hydroxymethylglutaryl-CoA (HMG-CoA) reductase and remodelling of plasma lipoproteins and cell membranes (67). At low concentrations (<0.5 mg/ml), garlic extracts inhibited the activity of hepatic HMG-CoA reductase, but at higher concentrations (>0.5 mg/ml) cholesterol biosynthesis was inhibited in the later stages of the biosynthetic pathway (68). Alliin was not effective, but allicin and ajoene both inhibited HMG-CoA reductase *in vitro* (IC<sub>50</sub> = 7 and 9 mmol/l respectively) (49). Because both allicin and ajoene are converted to allyl mercaptan in the blood and never reach the liver to affect cholesterol biosynthesis, this mechanism may not be applicable *in vivo*. In addition to allicin and ajoene, allyl mercaptan (50 mmol/l) and diallyl disulfide (5 mmol/l) enhanced palmitate-induced inhibition of cholesterol biosynthesis *in vitro* (50). It should be noted that water extracts of garlic probably do not contain any of these compounds; therefore other constituents of garlic, such as nicotinic acid and adenosine, which also inhibit HMG-CoA reductase activity and cholesterol biosynthesis, may be involved (69, 70).

The antihypertensive activity of garlic has been demonstrated *in vivo*. Oral or intragastric administration of minced garlic bulbs, or alcohol or water extracts of the drug, lowered blood pressure in dogs, guinea-pigs, rabbits, and rats (52, 71–73). The drug appeared to decrease vascular resistance by directly relaxing smooth muscle (74). The drug appears to change the physical state functions of

the membrane potentials of vascular smooth muscle cells. Both aqueous garlic and ajoene induced membrane hyperpolarization in the cells of isolated vessel strips. The potassium channels opened frequently causing hyperpolarization, which resulted in vasodilation because the calcium channels were closed (75, 76). The compounds that produce the hypotensive activity of the drug are uncertain. Allicin does not appear to be involved (43), and adenosine has been postulated as being associated with the activity of the drug. Adenosine enlarges the peripheral blood vessels, allowing the blood pressure to decrease, and is also involved in the regulation of blood flow in the coronary arteries; however, adenosine is not active when administered orally. *Bulbus Allii Sativi* may increase production of nitric oxide, which is associated with a decrease in blood pressure. *In vitro* studies using water or alcohol extracts of garlic or garlic powder activated nitric-oxide synthase (77), and these results have been confirmed by *in vivo* studies (78).

Aqueous garlic extracts and garlic oil have been shown *in vivo* to alter the plasma fibrinogen level, coagulation time, and fibrinolytic activity (43). Serum fibrinolytic activity increased after administration of dry garlic or garlic extracts to animals that were artificially rendered arteriosclerotic (79, 80). Although adenosine was thought to be the active constituent, it did not affect whole blood (43).

Garlic inhibited platelet aggregation in both *in vitro* and *in vivo* studies. A water, chloroform, or methanol extract of the drug inhibited collagen-, ADP-, arachidonic acid-, epinephrine-, and thrombin-induced platelet aggregation *in vitro* (81–87). Prolonged administration (intra-gastric, 3 months) of the essential oil or a chloroform extract of *Bulbus Allii Sativi* inhibited platelet aggregation in rabbits (88–90). Adenosine, alliin, allicin, and the transformation products of allicin, the ajoenes; the vinyldithiols; and the dialkyloligosulfides are responsible for inhibition of platelet adhesion and aggregation (4, 42, 91–93). In addition methyl allyl trisulfide, a minor constituent of garlic oil, inhibited platelet aggregation at least 10 times as effectively than allicin (94). Inhibition of the arachidonic acid cascade appears to be one of the mechanisms by which the various constituents and their metabolites affect platelet aggregation. Inhibition of platelet cyclic AMP phosphodiesterase may also be involved (91).

Ajoene, one of the transformation products of allicin, inhibited *in vitro* platelet aggregation induced by the platelet stimulators—ADP, arachidonic acid, calcium ionophore A23187, collagen, epinephrine, platelet activating factor, and thrombin (95, 96). Ajoene inhibited platelet aggregation in cows, dogs, guinea-pigs, horses, monkeys, pigs, rabbits, and rats (95, 96). The antiplatelet activity of ajoene is potentiated by prostacyclin, forskolin, indometacin, and dipyridamole (95). The mechanism of action involves the inhibition of the metabolism of arachidonic acid by both cyclooxygenase and lipoxygenase, thereby inhibiting the formation of thromboxane A<sub>2</sub> and 12-hydroxyicosatetraenoic acid (95). Two mechanisms have been suggested for ajoene's antiplatelet activity. First, ajoene may interact with the primary agonist–receptor complex with the exposure of fibrinogen receptors through

the meta-analysis led to the conclusion that garlic may have some clinical usefulness in mild hypertension, but there is still insufficient evidence to recommend the drug as a routine clinical therapy for the treatment of hypertension (115).

A meta-analysis of the effects of *Bulbus Allii Sativi* on serum lipids and lipoproteins reviewed 25 randomized, controlled trials (published and unpublished) (116) and selected 16 with data from 952 subjects to include in the analysis. Fourteen of the trials used a parallel group design, and the remaining two were cross-over studies. Two of the studies were conducted in an open-label fashion, two others were single-blind, and the remainder were double-blind. The total daily dose of garlic was 600–900 mg of dried garlic powder, or 10 g of raw garlic, or 18 mg of garlic oil, or aged garlic extracts (dosage not stated). The median duration of the therapy was 12 weeks. Overall, the subjects receiving garlic supplementation (powder or non-powder) showed a 12% reduction (average) in total cholesterol, and a 13% reduction (powder only) in serum triglycerides. Meta-analysis of the clinical studies confirmed the lipid-lowering action of garlic. However, the authors concluded that the overall quality of the clinical trials was poor and that favourable results of better-designed clinical studies should be available before garlic can be routinely recommended as a lipid-lowering agent. However, current available data support the hypothesis that garlic therapy is at least beneficial (116). Another meta-analysis of the controlled trials of garlic effects on total serum cholesterol reached similar conclusions (117). A systematic review of the lipid-lowering potential of a dried garlic powder preparation in eight studies with 500 subjects had similar findings (118). In seven of the eight studies reviewed, a daily dose of 600–900 mg of garlic powder reduced serum cholesterol and triglyceride levels by 5–20%. The review concluded that garlic powder preparations do have lipid-lowering potential (118).

An increase in fibrinolytic activity in the serum of patients suffering from atherosclerosis was observed after administration of aqueous garlic extracts, the essential oil, and garlic powder (119, 120). Clinical studies have demonstrated that garlic activates endogenous fibrinolysis, that the effect is detectable for several hours after administration of the drug, and that the effect increases as the drug is taken regularly for several months (43, 121). Investigations of the acute haemorheological (blood flow) effect of 600–1200 mg of dry garlic powder demonstrated that the drug decreased plasma viscosity, tissue plasminogen activator activity and the haematocrit level (118).

The effects of the drug on haemorheology in conjunctival vessels was determined in a randomized, placebo-controlled, double-blind, cross-over trial. Garlic powder (900 mg) significantly increased the mean diameter of the arterioles (by 4.2%) and venules (by 5.9%) as compared with controls (122). In another double-blind, placebo-controlled study, patients with stage II peripheral arterial occlusive disease were given a daily dose of 800 mg of garlic powder for 4 weeks (123, 124). Increased capillary erythrocyte flow rate and decreased plasma viscosity and plasma fibrinogen levels were observed in the group

specific G-proteins involved in the signal transduction system on the platelet membrane (92). Or it may interact with a haemoprotein involved in platelet activation that modifies the binding of the protein to its ligands (96).

Hypoglycaemic effects of *Bulbus Allii Sativi* have been demonstrated *in vivo*. Oral administration of an aqueous, ethanol, petroleum ether, or chloroform extract, or the essential oil of garlic, lowered blood glucose levels in rabbits and rats (24, 97–104). However, three similar studies reported negative results (105–107). In one study, garlic bulbs administered orally (in feed) to normal or streptozotocin-diabetic mice reduced hyperphagia and polydipsia but had no effect on hyperglycaemia or hypoinsulinaemia (107). Allicin administered orally to alloxan-diabetic rats lowered blood glucose levels and increased insulin activity in a dose-dependent manner (24). Garlic extract's hypoglycaemic action appears to enhance insulin production, and allicin has been shown to protect insulin against inactivation (108).

Intragastric administration of an ethanol extract of *Bulbus Allii Sativi* decreased carrageenin-induced rat paw oedema at a dose of 100 mg/kg. The anti-inflammatory activity of the drug appears to be due to its antiprostaglandin activity (109, 110).

A water or ethanol extract of the drug showed antispasmodic activity against acetylcholine, prostaglandin E2 and barium-induced contractions in guinea-pig small intestine and rat stomach (111). The juice of the drug relaxed smooth muscle of guinea-pig ileum, rabbit heart and jejunum, and rat colon and fundus (112, 113). The juice also inhibited norepinephrine-, acetylcholine- and histamine-induced contractions in guinea-pig and rat aorta, and in rabbit trachea (112, 113).

### **Clinical pharmacology**

The efficacy of *Bulbus Allii Sativi* as a carminative has been demonstrated in human studies. A clinical study of 29 patients taking two tablets daily (~1000 mg/day) of a dried garlic preparation demonstrated that garlic relieved epigastric and abdominal distress, belching, flatulence, colic, and nausea, as compared with placebo (32). It was concluded that garlic sedated the stomach and intestines, and relaxed spasms, retarded hyperperistalsis, and dispersed gas (32).

A meta-analysis of the effect of *Bulbus Allii Sativi* on blood pressure reviewed a total of 11 randomized, controlled trials (published and unpublished) (113, 114). Each of the trials used dried garlic powder (tablets) at a dose of 600–900 mg daily (equivalent to 1.8–2.7 g/day fresh garlic). The median duration of the trials was 12 weeks. Eight of the trials with data from 415 subjects were included in the analysis; three trials were excluded owing to a lack of data. Only three of the trials specifically used hypertensive subjects, and many of the studies suffered from methodological flaws. Of the seven studies that compared garlic with placebo, three reported a decrease in systolic blood pressure, and four studies reported a decrease in diastolic blood pressure (115). The results of

treated with the drug (123, 124). Determinations of platelet aggregation *ex vivo*, after ingestion of garlic and garlic preparations by humans, suffers from methodological difficulties that may account for the negative results in some studies (24). In one study in patients with hypercholesterolaemia treated with a garlic-oil macerate for 3 months, platelet adhesion and aggregation decreased significantly (125). In a 3-year intervention study, 432 patients with myocardial infarction were treated with either an ether-extracted garlic oil (0.1 mg/kg/day, corresponding to 2 g fresh garlic daily) or a placebo (126). In the group treated with garlic, there were 35% fewer new heart attacks and 45% fewer deaths than in the control group. The serum lipid concentrations of the treated patients were also reduced (126).

The acute and chronic effects of garlic on fibrinolysis and platelet aggregation in 12 healthy patients in a randomized, double-blind, placebo-controlled cross-over study were investigated (30). A daily dose of 900 mg of garlic powder for 14 days significantly increased tissue plasminogen activator activity as compared with placebo (30). Furthermore, platelet aggregation induced by adenosine diphosphate and collagen was significantly inhibited 2 and 4 hours after garlic ingestion and remained lower for 7 to 14 days after treatment (30). Another randomized, double-blind, placebo-controlled study investigated the effects of garlic on platelet aggregation in 60 subjects with increased risk of juvenile ischaemic attack (29). Daily ingestion of 800 mg of powdered garlic for 4 weeks significantly decreased the percentage of circulating platelet aggregates and spontaneous platelet aggregation as compared with the placebo group (29).

Oral administration of garlic powder (800 mg/day) to 120 patients for 4 weeks in a double-blind, placebo-controlled study decreased the average blood glucose by 11.6% (30). Another study found no such activity after dosing non-insulin-dependent patients with 700 mg/day of a spray-dried garlic preparation for 1 month (127).

### **Contraindications**

*Bulbus Allii Sativi* is contraindicated in patients with a known allergy to the drug. The level of safety for *Bulbus Allii Sativi* is reflected by its worldwide use as a seasoning in food.

### **Warnings**

Consumption of large amounts of garlic may increase the risk of postoperative bleeding (128, 129).

### **Precautions**

#### ***Drug interactions***

Patients on warfarin therapy should be warned that garlic supplements may increase bleeding times. Blood clotting times have been reported to double in patients taking warfarin and garlic supplements (130).

*WHO monographs on selected medicinal plants*

### ***Carcinogenesis, mutagenesis, impairment of fertility***

Bulbus Allii Sativi is not mutagenic *in vitro* (*Salmonella* microsome reversion assay and *Escherichia coli*) (131, 132).

### ***Pregnancy: non-teratogenic effects***

There are no objections to the use of Bulbus Allii Sativi during pregnancy and lactation.

### ***Nursing mothers***

Excretion of the components of Bulbus Allii Sativi into breast milk and its effect on the newborn has not been established.

### ***Other precautions***

No general precautions have been reported, and no precautions have been reported concerning drug and laboratory test interactions, paediatric use, or teratogenic or non-teratogenic effects on pregnancy.

### ***Adverse reactions***

Bulbus Allii Sativi has been reported to evoke occasional allergic reactions such as contact dermatitis and asthmatic attacks after inhalation of the powdered drug (133). Those sensitive to garlic may also have a reaction to onion or tulip (133). Ingestion of fresh garlic bulbs, extracts, or oil on an empty stomach may occasionally cause heartburn, nausea, vomiting, and diarrhoea. Garlic odour from breath and skin may be perceptible (7). One case of spontaneous spinal epidural haematoma, which was associated with excessive ingestion of fresh garlic cloves, has been reported (134).

### ***Posology***

Unless otherwise prescribed, average daily dose is as follows (7): fresh garlic, 2–5 g; dried powder, 0.4–1.2 g; oil, 2–5 mg; extract, 300–1000 mg (as solid material). Other preparations should correspond to 4–12 mg of alliin or about 2–5 mg of allicin).

Bulbus Allii Sativi should be taken with food to prevent gastrointestinal upset.

A decorative rectangular frame with ornate, symmetrical scrollwork at each corner, rendered in a light gray color. The frame encloses the central text.

*Bibliographie et webographie*

1. Qidwai W, Ashfaq T. Role of garlic usage in cardiovascular disease prevention: an evidence-based approach. *Evidence-based complementary and alternative medicine : eCAM*. 2013/05/22 éd. 2013;2013:125649.
2. Kuete V. Chapter 15 - *Allium sativum*. In: Kuete V, éditeur. *Medicinal Spices and Vegetables from Africa* [Internet]. Academic Press; 2017. p. 363-77. Disponible sur: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128092866000157>
3. Hosseini A, Hosseinzadeh H. A review on the effects of *Allium sativum* (Garlic) in metabolic syndrome. *Journal of endocrinological investigation*. 2015/06/04 éd. nov 2015;38[11]:1147-57.
4. Majewski M. *Allium sativum*: facts and myths regarding human health. *Roczniki Panstwowego Zakladu Higieny*. 2014/06/27 éd. 2014;65[1]:1-8.
5. Frédéric Dupont J-LG. *Botanique les familles de plantes*. 16<sup>e</sup> éd. Elsevier Masson SAS; 2015. 388 p. [Collection Abrégés de pharmacie].
6. Laberche J-C. *Biologie végétale*. 3<sup>e</sup> éd. Dunod; 2010. 306 p.
7. Colin L. *L'ail et son intérêt en phytothérapie*. Pharmacie. Université de Lorraine; 2016.
8. Chase MW, Christenhusz M, Fay M, Byng J, Judd WS, Soltis D, et al. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. *Botanical Journal of the Linnean Society*. 2016;181[1]:1-20.
9. Block E. *Garlic and Other Alliums: The Lore and the Science* [Internet]. Royal Society of Chemistry; 2010. 454 p. [The Lore and the science]. Disponible sur: [https://books.google.co.ma/books?id=6AB89RHV9ucC&dq=garlic+botanic&lr=&hl=f&r&source=gbs\\_navlinks\\_s](https://books.google.co.ma/books?id=6AB89RHV9ucC&dq=garlic+botanic&lr=&hl=f&r&source=gbs_navlinks_s)
10. Takhtadzhian AL, Takhtajan LA, Takhtajan A. *Diversity and classification of flowering plants*. Columbia University Press; 1997. 643 p.
11. Cronquist A, Takhtadzhian AL. *An integrated system of classification of flowering plants*. Columbia University Press; 1981. 1262 p.
12. Botineau M. *Botanique systématique et appliquée des plantes à fleurs*. Tec & doc; 2010.
13. Singh G. *Plant systematics, 3/ed.: An integrated approach*. 3<sup>e</sup> éd. CRC Press; 2016. 702 p.

14. C.-M. Messiaen, A. Rouamba. *Allium sativum* (PROTA) [Internet]. Plant use. [cité 2 avr 2020]. Disponible sur: [https://uses.plantnet-project.org/en/Allium\\_sativum\\_%28PROTA%29](https://uses.plantnet-project.org/en/Allium_sativum_%28PROTA%29)
15. Goetz P, Ghedira K. *Phytothérapie anti-infectieuse*. Paris; Berlin; Heidelberg: Springer; 2012.
16. Garlic. Organisation for Economic Co-operation and Development.; 2017.
17. J. De La Cruz Medina, H.S. Garcia. GARLIC post harvest operation. Food & Agriculture Organisation of the United Nations; 2007.
18. Ail cultivé. In: Wikipédia [Internet]. 2020 [cité 9 juill 2020]. Disponible sur: [https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Ail\\_cultiv%C3%A9&oldid=171848091](https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Ail_cultiv%C3%A9&oldid=171848091)
19. Volk GM, Henk AD, Richards CM. Genetic Diversity among U.S. Garlic Clones as Detected Using AFLP Methods. 2004;129[4]:559.
20. Rabinowitch HD, Currah L. *Allium crop science: recent advances*. CABI; 2002. 516 p.
21. Batchvarov S. 2 - Garlic: *Allium sativum* L. In: Kalloo G, Bergh BO, éditeurs. *Genetic Improvement of Vegetable Crops* [Internet]. Amsterdam: Pergamon; 1993. p. 15-27. Disponible sur: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780080408262500060>
22. Ahmed Skiredj HE Abdellatif Elfadl. Fiches techniques I : L'absinthe, l'ail, le céleri, le cerfeuil, la siboulette, la coriandre. Bulletin Mensuel d'Information et de Liaison du PNTTA N° 96 [Internet]. 2002; Disponible sur: <http://agriculture.ovh.org>
23. Voigt CE. Glorious Garlic, Herb of the Year 2004. 2009;
24. South African Garlic Growers Association. Cultivation of Garlic [Internet]. 2010 [cité 10 mars 2020]. Disponible sur: [http://www.sagarlic.co.za/garlic\\_cultivation.html](http://www.sagarlic.co.za/garlic_cultivation.html)
25. FAO. FAOSTAT [Internet]. 2020. Disponible sur: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>
26. B. Schumacher M J Bodnar, J Uyenaka. La culture de l'ail [Internet]. 2019. Disponible sur: <http://www.omafra.gov.on.ca/french/crops/facts/09-012w.htm#9>
27. Pezza K. *Growing Garlic*. Hatherleigh; 2014. [Backyard Farming].
28. Kamenetsky R. *Garlic: Botany and Horticulture*. In: Janick J, éditeur. *Horticultural Reviews*. John Wiley & Sons, Inc; 2007.

29. Tucker WG Morris, GEL. A study of the effect of the environment during growth on sprouting of bulb onions in store. *Journal of Horticultural Science*. 1984;59:12.
30. Brewster JL. Onions and other vegetable alliums. Second. CABI; 2008. 455 p. [*Crop Production Science in Horticulture* 15].
31. QUEBEC FDPMBD. L'ail. Guide de production sous régie biologique. 2010;29.
32. Environnement B. Les échalotes, l'ail et les oignons [Internet]. 2014. Disponible sur: [http://document.environnement.brussels/opac\\_css/electfile/IF\\_Potager\\_Pest\\_Ail\\_FR.pdf](http://document.environnement.brussels/opac_css/electfile/IF_Potager_Pest_Ail_FR.pdf)
33. BORDEA D, OROIAN I, ODAGIU A, MILÄ A. Study on the action of the aliin from garlic (*Allium sativum* L.) against plant pathogens. *Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca Agriculture*. 2013;70[2]:334-7.
34. Putnik P, Gabrić D, Roohinejad S, Barba FJ, Granato D, Mallikarjunan K, et al. An overview of organosulfur compounds from *Allium* spp.: From processing and preservation to evaluation of their bioavailability, antimicrobial, and anti-inflammatory properties. *Food Chemistry*. mars 2019;276:680-91.
35. Grégrová A, Čížková H, Bulantová I, Rajchl A, Voldřich M. Characteristics of garlic of the Czech origin. *Czech J Food Sci*. 18 nov 2013;31[No. 6]:581-8.
36. Sendl A. *Allium sativum* and *Allium ursinum*: Part 1 Chemistry, analysis, history, botany. *Phytomedicine*. avr 1995;1[4]:323-39.
37. Lawson L, Wang Z-Y, Hughes B.  $\gamma$ -GLUTAMYL-S-ALKYLCYSTEINES I N GARLIC AND OTHER ALLZUM SPP.: PRECURSORS OF AGE-DEPENDENT TRANS- 1-PROPENYL THIOSULFINATES. *Journal of Natural Products*. :9.
38. PubChem. gamma-Glutamyl-S-allylcysteine [Internet]. [cité 1 mai 2020]. Disponible sur: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/11346811>
39. PubChem. gamma-Glutamyl-S-1-propenyl cysteine [Internet]. [cité 1 mai 2020]. Disponible sur: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/87289205>
40. Ide N, Lau BHS. Garlic Compounds Minimize Intracellular Oxidative Stress and Inhibit Nuclear Factor- $\kappa$ B Activation. *J Nutr*. 1 avr 2001;131[3]:1020S-1026S.
41. Amagase H, Petesch BL, Matsuura H, Kasuga S, Itakura Y. Intake of Garlic and Its Bioactive Components. *The Journal of Nutrition*. 1 avr 2001;131[3]:955S-962S.

42. Salehi B, Zucca P, Orhan IE, Azzini E, Adetunji CO, Mohammed SA, et al. Allicin and health: A comprehensive review. *Trends in Food Science & Technology*. avr 2019;86:502-16.
43. Lanzotti V. The analysis of onion and garlic. *Journal of Chromatography A*. avr 2006;1112[1-2]:3-22.
44. Hughes J, Tregova A, Tomsett AB, Jones MG, Cosstick R, Collin HA. Synthesis of the flavour precursor, alliin, in garlic tissue cultures. *Phytochemistry*. janv 2005;66[2]:187-94.
45. Amagase H. Clarifying the Real Bioactive Constituents of Garlic. *The Journal of Nutrition*. 1 mars 2006;136[3]:716S-725S.
46. Rybak ME, Calvey EM, Harnly JM. Quantitative Determination of Allicin in Garlic: Supercritical Fluid Extraction and Standard Addition of Alliin. *J Agric Food Chem*. févr 2004;52[4]:682-7.
47. Hassan HT. Ajoene (natural garlic compound): a new anti-leukaemia agent for AML therapy. *Leukemia Research*. juill 2004;28[7]:667-71.
48. A. Kamel, M. Saleh. RECENT STUDIES ON THE CHEMISTRY AND BIOLOGICAL ACTIVITIES OF THE ORGANOSULFUR COMPOUNDS OF GARLIC (*ALLIUM SATIVUM*). 23:31.
49. Santhosha SG, Jamuna P, Prabhavathi SN. Bioactive components of garlic and their physiological role in health maintenance: A review. *Food Bioscience*. sept 2013;3:59-74.
50. PubChem. Allyl prop-1-enyl disulfide [Internet]. [cité 6 mai 2020]. Disponible sur: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/5352855>
51. FUJIWARA M, WATANABE H, MATSUI K. ALLITHIAMINE A NEWLY FOUND DERIVATIVE OF VITAMIN B1. *The Journal of Biochemistry*. 1954;41[1]:29-39.
52. Nohara T, Fujiwara Y, Ikeda T, Murakami K, Ono M, Nakano D, et al. Cyclic Sulfoxides Garlicinins B2, B3, B4, C2, and C3 from *Allium sativum*. *Chem Pharm Bull*. 2013;61[7]:695-9.
53. Krejci G, Pacurar M. *Garlic Consumption and Health*. Nova Science; 2010. 306 p. [FOOD AND BEVERAGE CONSUMPTION AND HEALTH].

54. K. Hostettmann, A. Marston. Saponins. 1<sup>re</sup> éd. Cambridge University Press; 1995. 548 p. [Chemistry and pharmacology of natural products].
55. Matsuura H, Ushiroguchi T, Itakura Y, Hayashi N, Fuwa T. A Furostanol Glycoside from Garlic, Bulbs of *Allium sativum* L. *Chemical & Pharmaceutical Bulletin*. 1988;36[9]:3659-63.
56. Matsuura H. Saponins in Garlic as Modifiers of the Risk of Cardiovascular Disease. *J Nutr*. 1 avr 2001;131[3]:1000S-1005S.
57. Habtemariam S. The chemical and pharmacological basis of garlic (*Allium sativum* L.) as potential therapy for type 2 diabetes and metabolic syndrome. In: *Medicinal Foods as Potential Therapies for Type-2 Diabetes and Associated Diseases* [Internet]. Elsevier; 2019 [cité 9 mai 2020]. p. 689-749. Disponible sur: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780081029220000195>
58. Yukihiro K, Hiromichi M, Susumu Y, Toshihiko S, Yoichi I, Toru F, et al. Allixin, a Stress Compound from Garlic. *Chemical & Pharmaceutical Bulletin*. 1989;37[6]:1656-8.
59. Moriguchi T, Matsuura H, Itakura Y, Katsuki H, Saito H, Nishiyama N. Allixin, a phytoalexin produced by garlic, and its analogues as novel exogenous substances with neurotrophic activity. *Life Sciences*. 29 août 1997;61[14]:1413-20.
60. PubChem. Allixin [Internet]. [cité 10 mai 2020]. Disponible sur: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/86374>
61. Qiu Z, Zheng Z, Zhang B, Sun-Waterhouse D, Qiao X. Formation, nutritional value, and enhancement of characteristic components in black garlic: A review for maximizing the goodness to humans. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. mars 2020;19[2]:801-34.
62. Mayo Clinic, University of California, Los Angeles, Dole Food Company, éditeurs. *Encyclopedia of foods: a guide to healthy nutrition*. San Diego, Calif: Academic Press; 2002. 516 p.
63. Janice J, Thompson, Melinda Manore, Linda Vaughan. *The Science of Nutrition*. 4<sup>ème</sup> édition. Pearson; 2017. 984 p.

64. Botas J, Fernandes Â, Barros L, Alves MJ, Carvalho AM, Ferreira ICFR. A Comparative Study of Black and White *Allium sativum* L.: Nutritional Composition and Bioactive Properties. *Molecules*. 11 juin 2019;24[11]:2194.
65. Haciseferoğulları H, Özcan M, Demir F, Çalışır S. Some nutritional and technological properties of garlic (*Allium sativum* L.). *Journal of Food Engineering*. juin 2005;68[4]:463-9.
66. Lee J, Harnly JM. Free Amino Acid and Cysteine Sulfoxide Composition of 11 Garlic (*Allium sativum* L.) Cultivars by Gas Chromatography with Flame Ionization and Mass Selective Detection. *J Agric Food Chem*. nov 2005;53[23]:9100-4.
67. FoodData Central [Internet]. [cité 20 avr 2020]. Disponible sur: <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/787793/nutrients>
68. Petropoulos S, Fernandes Â, Ntatsi G, Petrotos K, Barros L, Ferreira I. Nutritional Value, Chemical Characterization and Bulb Morphology of Greek Garlic Landraces. *Molecules*. 2 févr 2018;23[2]:319.
69. Cherry R, May J, Bard J. *Garlic, an Edible Biography The History, Politics, and Mythology Behind the World's Most Pungent Food--With over 100 Recipes*. [Internet]. Boston: Shambhala; 2014 [cité 21 août 2020]. Disponible sur: <http://public.ebib.com/choice/PublicFullRecord.aspx?p=6047329>
70. Minker C. *Ail et autres alliées un concentré de bienfaits pour votre santé, votre beauté et votre jardin* [Internet]. Paris: Eyrolles; 2012 [cité 15 août 2020]. [Concentré de bienfaits]. Disponible sur: <http://res.banq.qc.ca/login?url=http://www.biblioaccess.com/31/Catalog/Book/136070>
71. Bordia A. Effect of garlic on human platelet aggregation in vitro arun bordia. *Atherosclerosis*. 1 août 1978;30[4]:355-60.
72. Sendl A, Elbl G, Steinke B, Redl K, Breu W, Wagner H. Comparative Pharmacological Investigations of *Allium ursinum* and *Allium sativum*. *Planta Med*. févr 1992;58[1]:1-7.
73. El-Sabban F, Radwan GMH. INFLUENCE OF GARLIC COMPARED TO ASPIRIN ON INDUCED PHOTOTHROMBOSIS IN MOUSE PIAL MICROVESSELS, IN VIVO. *Thrombosis Research*. 15 oct 1997;88[2]:193-203.

74. DeBoer LWV, Folts JD. Garlic extract prevents acute platelet thrombus formation in stenosed canine coronary arteries. *American Heart Journal*. 1 avr 1989;117[4]:973-5.
75. Mayeux PR, Agrawal KC, Tou J-SH, King BT, Lipton HL, Hyman AL, et al. The pharmacological effects of allicin, a constituent of garlic oil. *Agents and Actions*. 1 août 1988;25[1]:182-90.
76. Apitz-Castro R, Ledezma E, Escalante J, Jorquera A, Pinãte F, J M-R, et al. Reversible prevention of platelet activation by (E,Z)-4,5,9-trithiadodeca-1,6,11-triene 9-oxide (ajoene) in dogs under extracorporeal circulation. *Arzneimittelforschung*. 1 juill 1988;38[7]:901-4.
77. Apitz-Castro R, Cabrera S, Cruz MR, Ledezma E, Jain MK. Effects of garlic extract and of three pure components isolated from it on human platelet aggregation, arachidonate metabolism, release reaction and platelet ultrastructure. *Thrombosis Research*. 15 oct 1983;32[2]:155-69.
78. Lawson LD, Ransom DK, Hughes BG. Inhibition of whole blood platelet-aggregation by compounds in garlic clove extracts and commercial garlic products. *Thrombosis Research*. 15 janv 1992;65[2]:141-56.
79. Qi R, Liao F, Inoue K, Yatomi Y, Sato K, Ozaki Y. Inhibition by diallyl trisulfide, a garlic component, of intracellular Ca<sup>2+</sup> mobilization without affecting inositol-1,4,5-trisphosphate (IP<sub>3</sub>) formation in activated platelets. *Biochemical Pharmacology*. 15 nov 2000;60[10]:1475-83.
80. Srivastava KC. Evidence for the mechanism by which garlic inhibits platelet aggregation. *Prostaglandins, Leukotrienes and Medicine*. 1 juin 1986;22[3]:313-21.
81. Moriguchi T, Takasugi N, Itakura Y. The Effects of Aged Garlic Extract on Lipid Peroxidation and the Deformability of Erythrocytes. *J Nutr*. 1 avr 2001;131[3]:1016S-1019S.
82. Rahman K, Lowe GM. Garlic and Cardiovascular Disease: A Critical Review. *J Nutr*. 1 mars 2006;136[3]:736S-740S.
83. Kempaiah RK, Srinivasan K. Influence of dietary spices on the fluidity of erythrocytes in hypercholesterolaemic rats. *British Journal of Nutrition*. janv 2005;93[1]:81-91.

84. Fallon MB, Abrams GA, Abdel-Razek TT, Dai J, Chen S-J, Chen Y-F, et al. Garlic prevents hypoxic pulmonary hypertension in rats. *American Journal of Physiology-Lung Cellular and Molecular Physiology*. 1 août 1998;275[2]:L283-7.
85. Yadav RK, Verma NS. Effects of garlic (*Allium sativum*) extract on the heart rate, rhythm and force of contraction in frog: A dose-dependent study. *IJEB Vol42(06)* [June 2004] [Internet]. juin 2004 [cité 27 mai 2020]; Disponible sur: <http://nopr.niscair.res.in/handle/123456789/16987>
86. Ali M, Al-Qattan KK, Al-Enezi F, Khanafer RMA, Mustafa T. Effect of allicin from garlic powder on serum lipids and blood pressure in rats fed with a high cholesterol diet. *Prostaglandins, Leukotrienes and Essential Fatty Acids (PLEFA)*. 1 avr 2000;62[4]:253-9.
87. Al-Qattan KK, Alnaqeeb MA, Ali M. The antihypertensive effect of garlic (*Allium sativum*) in the rat two-kidney–one-clip Goldblatt model. *Journal of Ethnopharmacology*. 1 août 1999;66[2]:217-22.
88. Bautista DM, Movahed P, Hinman A, Axelsson HE, Sterner O, Högestätt ED, et al. Pungent products from garlic activate the sensory ion channel TRPA1. *PNAS*. 23 août 2005;102[34]:12248-52.
89. Kaye AD, Nossaman BD, Ibrahim IN, Feng CJ, McNamara DB, Agrawal KC, et al. Analysis of responses of allicin, a compound from garlic, in the pulmonary vascular bed of the cat and in the rat. *European Journal of Pharmacology*. 24 mars 1995;276[1]:21-6.
90. Ugwu CE, Suru SM. The Functional Role of Garlic and Bioactive Components in Cardiovascular and Cerebrovascular Health: What We Do Know. *Journal of Biosciences and Medicines*. 30 sept 2016;4[10]:28-42.
91. Jain RC. Letter: Onion and garlic in experimental atherosclerosis. *Lancet*. 31 mai 1975;1[7918]:1240.
92. Bordia A, Verma SK, Vyas AK, Khabya BL, Rathore AS, Bhu N, et al. Effect of essential oil of onion and garlic on experimental atherosclerosis in rabbits. *Atherosclerosis*. 1 mars 1977;26[3]:379-86.

93. Iweala EEJ, Akubugwo EI, Okeke CU. Effects of Ethanolic Extracts of *Allium sativum* Linn. Liliaceae (Garlic) on Serum Cholesterol and Blood Sugar Levels of Albino Rabbits. *Plant Product research Journal*. 2005;14-8.
94. Thomson M, Al-Qattan KK, Bordia T, Ali M. Including Garlic in the Diet May Help Lower Blood Glucose, Cholesterol, and Triglycerides. *J Nutr*. 1 mars 2006;136[3]:800S-802S.
95. Yeh Y-Y, Liu L. Cholesterol-Lowering Effect of Garlic Extracts and Organosulfur Compounds: Human and Animal Studies. *J Nutr*. 1 avr 2001;131[3]:989S-993S.
96. Orekhov AN, Grünwald J. Effects of garlic on atherosclerosis. *Nutrition*. 1 juill 1997;13[7]:656-63.
97. Chi MS. Effects of Garlic Products on Lipid Metabolism in Cholesterol-Fed Rats. *Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine*. 1 nov 1982;171[2]:174-8.
98. Khatua TN, Adela R, Banerjee SK. Garlic and cardioprotection: insights into the molecular mechanisms. *Natural health product therapies*. 6 mars 2013;01[01]:448-58.
99. Alkreathy HM, Damanhoury ZA, Ahmed N, Slevin M, Osman A-MM. Mechanisms of Cardioprotective Effect of Aged Garlic Extract Against Doxorubicin-Induced Cardiotoxicity. *Integr Cancer Ther*. 1 déc 2012;11[4]:364-70.
100. Alkreathy H, Damanhoury ZA, Ahmed N, Slevin M, Ali SS, Osman A-MM. Aged garlic extract protects against doxorubicin-induced cardiotoxicity in rats. *Food and Chemical Toxicology*. 1 mars 2010;48[3]:951-6.
101. Mostafa MG, Mima T, Ohnishi ST, Mori K. S-allylcysteine ameliorates doxorubicin toxicity in the heart and liver in mice. *Planta medica*. 2000;66[02]:148-51.
102. Eidi A, Eidi M, Esmaeili E. Antidiabetic effect of garlic (*Allium sativum* L.) in normal and streptozotocin-induced diabetic rats. *Phytomedicine*. 24 nov 2006;13[9]:624-9.
103. Douaouya L, Bouzerna N. Effect of garlic (*Allium sativum* L) on biochemical parameters and histopathology of pancreas of alloxan-induced diabetic rats. *Int J Pharm Pharm Sci*. 2016;8[6]:202-6.
104. Sheela CG, Kumud K, Augusti KT. Anti-Diabetic Effects of Onion and Garlic Sulfoxide Amino Acids in Rats. *Planta Med*. août 1995;61[4]:356-7.

105. Liu C-T, Hse H, Lii C-K, Chen P-S, Sheen L-Y. Effects of garlic oil and diallyl trisulfide on glycemic control in diabetic rats. *European Journal of Pharmacology*. 1 juin 2005;516[2]:165-73.
106. Augusti KT, Sheela CG. Antiperoxide effect of S-allyl cysteine sulfoxide, an insulin secretagogue, in diabetic rats. *Experientia*. 1 févr 1996;52[2]:115-9.
107. Belemkar S, Dhameiya K, Pata MK. Comparative study of garlic species (*Allium sativum* and *Allium porrum*) on glucose uptake in diabetic rats. *Journal of Taibah University Medical Sciences*. 1 août 2013;8[2]:80-5.
108. Younas J, Hussain F. In vitro antidiabetic evaluation of *Allium sativum* L. *International Journal of Chemical and Biochemical Sciences*. 2014;5:22-5.
109. Cao G, Sofic E, Prior RL. Antioxidant Capacity of Tea and Common Vegetables. *J Agric Food Chem*. 1 janv 1996;44[11]:3426-31.
110. Prasad K, Laxdal VA, Yu M, Raney BL. Evaluation of hydroxyl radical-scavenging property of garlic. *Mol Cell Biochem*. 1 mars 1996;154[1]:55-63.
111. Gorinstein S, Leontowicz H, Leontowicz M, Drzewiecki J, Najman K, Katrich E, et al. Raw and boiled garlic enhances plasma antioxidant activity and improves plasma lipid metabolism in cholesterol-fed rats. *Life Sciences*. 2 janv 2006;78[6]:655-63.
112. Balasenthil S, Arivazhagan S, Nagini S. Garlic enhances circulatory antioxidants during 7,12-dimethylbenz[a]anthracene–induced hamster buccal pouch carcinogenesis. *Journal of Ethnopharmacology*. 1 oct 2000;72[3]:429-33.
113. Zakarova A, Seo JY, Kim HY, Kim JH, Shin J-H, Cho KM, et al. Garlic Sprouting Is Associated with Increased Antioxidant Activity and Concomitant Changes in the Metabolite Profile. *J Agric Food Chem*. 26 févr 2014;62[8]:1875-80.
114. Bayan L, Koulivand PH, Gorji A. Garlic: a review of potential therapeutic effects. 2014;4[1]:14.
115. Ghazanfari T, Yaraee R, Rahmati B, Hakimzadeh H, Shams J, Jalali-Nadoushan M-R. In vitro cytotoxic effect of garlic extract on malignant and nonmalignant cell lines. *Immunopharmacology and Immunotoxicology*. 1 déc 2011;33[4]:603-8.

116. Hadjiolov D, Fernando RC, Schmeiser HH, Wießler M, Hadjiolov N, Pirajnov G. Effect of diallyl sulfide on aristolochic acid-induced forestomach carcinogenesis in rats. *Carcinogenesis*. 1 mars 1993;14[3]:407-10.
117. Wallace GC, Haar CP, Vandergrift WA, Giglio P, Dixon-Mah YN, Varma AK, et al. Multi-targeted DATS prevents tumor progression and promotes apoptosis in ectopic glioblastoma xenografts in SCID mice via HDAC inhibition. *J Neurooncol*. 1 août 2013;114[1]:43-50.
118. Arditti FD, Rabinkov A, Miron T, Reisner Y, Berrebi A, Wilchek M, et al. Apoptotic killing of B-chronic lymphocytic leukemia tumor cells by allicin generated in situ using a rituximab-alliinase conjugate. *Mol Cancer Ther*. 1 févr 2005;4[2]:325-32.
119. Capasso A. Antioxidant Action and Therapeutic Efficacy of *Allium sativum* L. *Molecules*. janv 2013;18[1]:690-700.
120. Ansari IA, Khan I, Khan MS, Akhtar MS. Organosulfur Compounds of Garlic as Potent Chemotherapeutic Agents Against Cancer. In: Akhtar MS, Swamy MK, éditeurs. *Anticancer Plants: Clinical Trials and Nanotechnology: Volume 3* [Internet]. Singapore: Springer; 2017 [cité 20 juin 2020]. p. 253-72. Disponible sur: [https://doi.org/10.1007/978-981-10-8216-0\\_9](https://doi.org/10.1007/978-981-10-8216-0_9)
121. Kuttan G. Immunomodulatory effect of some naturally occurring sulphur-containing compounds. *Journal of Ethnopharmacology*. 1 sept 2000;72[1]:93-9.
122. Kyo E, Uda N, Kasuga S, Itakura Y. Immunomodulatory Effects of Aged Garlic Extract. *J Nutr*. 1 avr 2001;131[3]:1075S-1079S.
123. Lim TK. *Allium sativum*. In: Lim TK, éditeur. *Edible Medicinal and Non Medicinal Plants: Volume 9, Modified Stems, Roots, Bulbs* [Internet]. Dordrecht: Springer Netherlands; 2015 [cité 6 juin 2020]. p. 210-360. Disponible sur: [https://doi.org/10.1007/978-94-017-9511-1\\_6](https://doi.org/10.1007/978-94-017-9511-1_6)
124. Chandrashekar PM, Venkatesh YP. Identification of the protein components displaying immunomodulatory activity in aged garlic extract. *Journal of Ethnopharmacology*. 30 juill 2009;124[3]:384-90.

125. Abubakar EM. Efficacy of crude extracts of garlic (*Allium sativum* Linn.) against nosocomial *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus pneumoniae* and *Pseudomonas aeruginosa*. *Journal of Medicinal Plants Research*. 2009;3[4]:179-85.
126. Delaha EC, Garagusi VF. Inhibition of mycobacteria by garlic extract (*Allium sativum*). *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*. 1 avr 1985;27[4]:485-6.
127. Shashikanth KN, Basappa SC, Murthy VS. A comparative study of raw garlic extract and tetracycline on caecal microflora and serum proteins of albino rats. *Folia Microbiol*. 1 juill 1984;29[4]:348-52.
128. Palaksha MN, Ahmed M, Das S. Antibacterial activity of garlic extract on streptomycin-resistant *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli* solely and in synergism with streptomycin. *J Nat Sci Biol Med*. 2010;1[1]:12-5.
129. Razavi Rohani SM, Moradi M, Mehdizadeh T, Saei-Dehkordi SS, Griffiths MW. The effect of nisin and garlic (*Allium sativum* L.) essential oil separately and in combination on the growth of *Listeria monocytogenes*. *LWT - Food Science and Technology*. 1 déc 2011;44[10]:2260-5.
130. Mansour A, Maryam K, Neda R. IN VITRO COMPARISON OF THE EFFECTS OF GARLIC JUICE AND CHLORHEXIDINE MOUTHWASH ON ORAL PATHOGENS. 1 janv 2012;5[216]:398-400.
131. Tsao S, Hsu C, Yin M. Garlic extract and two diallyl sulphides inhibit methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* infection in BALB/cA mice. *J Antimicrob Chemother*. 1 déc 2003;52[6]:974-80.
132. Ohta R, Yamada N, Kaneko H, Ishikawa K, Fukuda H, Fujino T, et al. In Vitro Inhibition of the Growth of *Helicobacter pylori* by Oil-Macerated Garlic Constituents. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*. 1 juill 1999;43[7]:1811-2.
133. Lin L, Jianhui W, Jialin Y, Yayin L, Guanxin L. Effects of Allicin on the Formation of *Pseudomonas aeruginosa* Biofilm and the Production of Quorum-Sensing Controlled Virulence Factors. *Polish Journal of Microbiology*. 2013;62[3]:243-51.
134. Ankri S, Mirelman D. Antimicrobial properties of allicin from garlic. *Microbes and Infection*. 1 févr 1999;1[2]:125-9.

135. Focke M, Feld A, Lichtenthaler HK. Allicin, a naturally occurring antibiotic from garlic, specifically inhibits acetyl-CoA synthetase. *FEBS Letters*. 12 févr 1990;261[1]:106-8.
136. Feldberg RS, Chang SC, Kotik AN, Nadler M, Neuwirth Z, Sundstrom DC, et al. In vitro mechanism of inhibition of bacterial cell growth by allicin. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*. 1 déc 1988;32[12]:1763-8.
137. Lemar KM, Turner MP, Lloyd D. Garlic (*Allium sativum*) as an anti-Candida agent: a comparison of the efficacy of fresh garlic and freeze-dried extracts. *J Appl Microbiol*. sept 2002;93[3]:398-405.
138. Fromtling RA, Bulmer GS. In Vitro Effect of Aqueous Extract of Garlic (*Allium Sativum*) on the Growth and Viability of *Cryptococcus Neoformans*. *Mycologia*. 1 mars 1978;70[2]:397-405.
139. Adetumbi M, Javor GT, Lau BH. *Allium sativum* (garlic) inhibits lipid synthesis by *Candida albicans*. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*. 1 sept 1986;30[3]:499-501.
140. Ghannoum MA. Inhibition of *Candida* adhesion to buccal epithelial cells by an aqueous extract of *Allium sativum* (garlic). *Journal of Applied Bacteriology*. 1990;68[2]:163-9.
141. San-Blas G, San-Blas F, Gil F, Mariño L, Apitz-Castro R. Inhibition of growth of the dimorphic fungus *Paracoccidioides brasiliensis* by ajoene. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*. 1 sept 1989;33[9]:1641-4.
142. Ogita A, Fujita K, Taniguchi M, Tanaka T. Enhancement of the fungicidal activity of amphotericin B by allicin, an allyl-sulfur compound from garlic, against the yeast *Saccharomyces cerevisiae* as a model system. *Planta medica*. 2006;72[13]:1247-50.
143. Ogita A, Nagao Y, Fujita K, Tanaka T. Amplification of Vacuole-targeting Fungicidal Activity of Antibacterial Antibiotic Polymyxin B by Allicin, an Allyl Sulfur Compound from Garlic. *The Journal of Antibiotics*. août 2007;60[8]:511-8.
144. Yousuf S, Ahmad A, Khan A, Manzoor N, Khan LA. Effect of garlic-derived allyl sulphides on morphogenesis and hydrolytic enzyme secretion in *Candida albicans*. *Med Mycol*. 1 mai 2011;49[4]:444-8.

145. Khan ZK, Katiyar R. Potent Antifungal Activity of Garlic (*Allium Sativum*) Against Experimental Murine Disseminated Cryptococcosis. *Pharmaceutical Biology*. 1 avr 2000;38[2]:87-100.
146. Mirelman D, Monheit D, Varon S. Inhibition of Growth of *Entamoeba histolytica* by Allicin, the Active Principle of Garlic Extract (*Allium sativum*). *J Infect Dis*. 1 juill 1987;156[1]:243-4.
147. Polat ZA, Vural A, Ozan F, Tepe B, Özcelik S, Cetin A. In Vitro Evaluation of the Amoebicidal Activity of Garlic (*Allium sativum*) Extract on *Acanthamoeba castellanii* and its Cytotoxic Potential on Corneal Cells. *Journal of Ocular Pharmacology and Therapeutics*. 17 janv 2008;24[1]:8-14.
148. Coppi A, Cabinian M, Mirelman D, Sinnis P. Antimalarial Activity of Allicin, a Biologically Active Compound from Garlic Cloves. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*. 1 mai 2006;50[5]:1731-7.
149. Harris JC, Plummer S, Turner MP, Lloyd D. The microaerophilic flagellate *Giardia intestinalis*: *Allium sativum* (garlic) is an effective anti-giardial. *Microbiology*. 1 déc 2000;146[12]:3119-27.
150. Tsai Y, Cole LL, Davis LE, Lockwood SJ, Simmons V, Wild GC. Antiviral properties of garlic: in vitro effects on influenza B, herpes simplex and coxsackie viruses. *Planta Medica*. 1985;51[05]:460-1.
151. Zhen H, Fang F, Ye D, Shu S, Zhou Y, Dong Y, et al. Experimental study on the action of allitridin against human cytomegalovirus in vitro: Inhibitory effects on immediate-early genes. *Antiviral Research*. 1 oct 2006;72[1]:68-74.
152. Weber ND, Andersen DO, North JA, Murray BK, Lawson LD, Hughes BG. In Vitro Virucidal Effects of *Allium sativum* (Garlic) Extract and Compounds. *Planta Med*. oct 1992;58[5]:417-23.
153. Hughes BG, Murray BK, North JA, Lawson LD. Antiviral constituents from *Allium sativum*. *Planta Medica*. 1989;55[01]:114-114.
154. Tatarintsev A, Vrzhets P, De E, Aa S, As T, Ev K, et al. The ajoene blockade of integrin-dependent processes in an HIV-infected cell system. *Vestn Ross Akad Med Nauk*. 1 janv 1992;[11-12]:6-10.

155. Shoji S, Furuishi K, Yanase R, Miyazaka T, Kino M. Allyl Compounds Selectively Killed Human Immunodeficiency Virus (Type 1)-Infected Cells. *Biochemical and Biophysical Research Communications*. 30 juill 1993;194[2]:610-21.
156. Olimov N, Muhitdinov A, Aminov S, Aliyev X. Anti-inflammatory activity of garlic oil extract. *MHSJ*. 26 juill 2013;14[1]:84-6.
157. Shih P-C, Kuo C-H, Juang J-Y, Liu C-H, Hsu L, Liu C-T. Effects of garlic oil on the migration of neutrophil-like cell studied by using a chemotactic gradient Labchip. *BioMed Research International*. 2010;2010.
158. Balaha M, Kandeel S, Elwan W. Garlic oil inhibits dextran sodium sulfate-induced ulcerative colitis in rats. *Life Sciences*. 1 févr 2016;146:40-51.
159. Ademiluyi AO, Oboh G, Owoloye TR, Agbebi OJ. Modulatory effects of dietary inclusion of garlic (*Allium sativum*) on gentamycin-induced hepatotoxicity and oxidative stress in rats. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*. 1 juin 2013;3[6]:470-5.
160. Cemil B, Gökce EC, Erdamar H, Karabörk A, ONUR Ö, Okcu AH, et al. Effects of the aged garlic extract on spinal cord injury model in rat. *Ulus Travma Acil Cerrahi Derg*. 2012;18[6]:463-8.
161. Cervantes MI, de Oca Balderas PM, de Jesús Gutiérrez-Baños J, Orozco-Ibarra M, Fernández-Rojas B, Medina-Campos ON, et al. Comparison of antioxidant activity of hydroethanolic fresh and aged garlic extracts and their effects on cerebral ischemia. *Food Chemistry*. 1 sept 2013;140[1]:343-52.
162. Imai T, Kosuge Y, Endo-Umeda K, Miyagishi H, Ishige K, Makishima M, et al. Protective effect of S-allyl-l-cysteine against endoplasmic reticulum stress-induced neuronal death is mediated by inhibition of calpain. *Amino Acids*. 1 févr 2014;46[2]:385-93.
163. Rana SV, Pal R, Vaiphei K, Singh K. Garlic hepatotoxicity: safe dose of garlic. *Trop Gastroenterol*. mars 2006;27[1]:26-30.
164. Sobel J. Botulism. *Clin Infect Dis*. 15 oct 2005;41[8]:1167-73.

165. Morse DL, Pickard LK, Guzewich JJ, Devine BD, Shayegani M. Garlic-in-oil associated botulism: episode leads to product modification. *Am J Public Health*. nov 1990;80[11]:1372-3.
166. Borrelli F, Capasso R, Izzo AA. Garlic (*Allium sativum*L.): Adverse effects and drug interactions in humans. *Mol Nutr Food Res*. nov 2007;51[11]:1386-97.
167. European Medicines Agency. European Union herbal monograph on *Allium sativum* L., bulbos [Internet]. European Medicines Agency. 2017 [cité 13 juin 2020]. Disponible sur: [https://www.ema.europa.eu/en/documents/herbal-monograph/final-european-union-herbal-monograph-allium-sativum-l-bulbos\\_en.pdf](https://www.ema.europa.eu/en/documents/herbal-monograph/final-european-union-herbal-monograph-allium-sativum-l-bulbos_en.pdf)
168. The Scientific Foundation for Herbal Medicinal Products. *Allii sativi bulbos* Garlic. European Scientific Cooperative of Phytotherapy [Internet]. 2019; Disponible sur: <https://escop.com/downloads/allii-sativi-bulbos-garlic/allium-sativum-escop-2019/>
169. Ail - EurekaSanté par VIDAL [Internet]. EurekaSanté. [cité 13 juin 2020]. Disponible sur: <https://eurekasante.vidal.fr/parapharmacie/phytotherapie-plantes/ail-allium-sativum.html>
170. Mennella JA, Johnson A, Beauchamp GK. Garlic Ingestion by Pregnant Women Alters the Odor of Amniotic Fluid. *Chem Senses*. 1 avr 1995;20[2]:207-9.
171. Ried K, Frank OR, Stocks NP. Aged garlic extract lowers blood pressure in patients with treated but uncontrolled hypertension: A randomised controlled trial. *Maturitas*. 1 oct 2010;67[2]:144-50.
172. Ried K, Frank OR, Stocks NP. Aged garlic extract reduces blood pressure in hypertensives: a dose–response trial. *European Journal of Clinical Nutrition*. janv 2013;67[1]:64-70.
173. Ried K, Travica N, Sali A. The effect of aged garlic extract on blood pressure and other cardiovascular risk factors in uncontrolled hypertensives: the AGE at Heart trial. *Integrated blood pressure control*. 2016;9:9.
174. Ried K, Travica N, Sali A. The Effect of Kyolic Aged Garlic Extract on Gut Microbiota, Inflammation, and Cardiovascular Markers in Hypertensives: The GarGIC Trial. *Front Nutr* [Internet]. 2018 [cité 15 juin 2020];5. Disponible sur: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnut.2018.00122/full>

175. Han C-H, Liu J-C, Chen K-H, Lin Y-S, Chen C-T, Fan C-T, et al. Antihypertensive activities of processed garlic on spontaneously hypertensive rats and hypertensive humans. *Botanical Studies*. 2011;52:9.
176. Nakasone Y, Nakamura Y, Yamamoto T, Yamaguchi H. Effect of a traditional Japanese garlic preparation on blood pressure in prehypertensive and mildly hypertensive adults. *Experimental and Therapeutic Medicine*. 31 janv 2013;5[2]:399-405.
177. Kaur H. An Experimental Study to Evaluate the Effectiveness of Garlic Therapy on Hypertension among Hypertensive Clients. 2019;07[07]:8.
178. Ried K. Garlic lowers blood pressure in hypertensive subjects, improves arterial stiffness and gut microbiota: A review and meta-analysis. *Experimental and Therapeutic Medicine*. 31 janv 2020;19[2]:1472-8.
179. Sobenin I, Andrianova I, Ionova V, Karagodin V, Orekhov A. Anti-aggregatory and fibrinolytic effects of time-released garlic powder tablets. *Medical Health and Science Journal*. 2012;10[1]:47-51.
180. Shafiekhani M, Faridi P, Kojuri J, Namazi S. Comparison of antiplatelet activity of garlic tablets with cardio-protective dose of aspirin in healthy volunteers: a randomized clinical trial. *Avicenna J Phytomed*. 2016;6[5]:550-7.
181. Jung E-S, Park S-H, Choi E-K, Ryu B-H, Park B-H, Kim D-S, et al. Reduction of blood lipid parameters by a 12-wk supplementation of aged black garlic: A randomized controlled trial. *Nutrition*. 1 sept 2014;30[9]:1034-9.
182. Higashikawa F, Noda M, Awaya T, Ushijima M, Sugiyama M. Reduction of serum lipids by the intake of the extract of garlic fermented with *Monascus pilosus*: A randomized, double-blind, placebo-controlled clinical trial. *Clinical Nutrition*. 1 avr 2012;31[2]:261-6.
183. Sobenin IA, Pryanishnikov VV, Kunnova LM, Rabinovich YA, Martirosyan DM, Orekhov AN. The effects of time-released garlic powder tablets on multifunctional cardiovascular risk in patients with coronary artery disease. *Lipids in Health and Disease*. 19 oct 2010;9[1]:119.

184. Karagodin VP, Sobenin IA, Orekhov AN. Antiatherosclerotic and Cardioprotective Effects of Time-Released Garlic Powder Pills. *Curr Pharm Des.* 2016;22[2]:196-213.
185. Mirunalini S, Krishnaveni M, Ambily V. Effects of raw garlic (*Allium sativum*) on hyperglycemia in patients with type 2 diabetes mellitus. *Pharmacologyonline.* 2011;2:968-74.
186. Varma M, Sharma DP, Paaneri S, Mishra A, Sinha AR, Varma V. POTENTIAL CLINICAL BENEFITS OF GARLIC (*Allium sativum*). In 2011.
187. Ashraf R, Khan RA, Ashraf I. Garlic (*Allium sativum*) supplementation with standard antidiabetic agent provides better diabetic control in type 2 diabetes patients. *Pak J Pharm Sci.* 2011;24[4]:565-70.
188. Ried K, Toben C, Fakler P. Effect of garlic on serum lipids: an updated meta-analysis. *Nutr Rev.* 1 mai 2013;71[5]:282-99.
189. Kumar R, Chhatwal S, Arora S, Sharma S, Singh J, Singh N, et al. Antihyperglycemic, antihyperlipidemic, anti-inflammatory and adenosine deaminase– lowering effects of garlic in patients with type 2 diabetes mellitus with obesity. *Diabetes Metab Syndr Obes.* 19 janv 2013;6:49-56.
190. Ma J-L, Zhang L, Brown LM, Li J-Y, Shen L, Pan K-F, et al. Fifteen-Year Effects of Helicobacter pylori, Garlic, and Vitamin Treatments on Gastric Cancer Incidence and Mortality. *JNCI: Journal of the National Cancer Institute.* 21 mars 2012;104[6]:488-92.
191. Salem S, Salahi M, Mohseni M, Ahmadi H, Mehraei A, Jahani Y, et al. Major Dietary Factors and Prostate Cancer Risk: A Prospective Multicenter Case-Control Study. *Nutrition and Cancer.* 10 janv 2011;63[1]:21-7.
192. Chiavarini M, Minelli L, Fabiani R. Garlic consumption and colorectal cancer risk in man: a systematic review and meta-analysis. *Public Health Nutrition.* févr 2016;19[2]:308-17.
193. Zhou X, Qian H, Zhang D, Zeng L. Garlic intake and the risk of colorectal cancer: A meta-analysis. *Medicine [Internet].* janv 2020 [cité 21 juin 2020];99[1]. Disponible sur: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6946456/>

194. Chavan SD, Shetty NL, Kanuri M. Comparative evaluation of garlic extract mouthwash and chlorhexidine mouthwash on salivary *Streptococcus mutans* count - an in vitro study. *Oral Health Prev Dent*. 2010;8[4]:369-74.
195. Groppo FC, Ramacciato JC, Motta RHL, Ferraresi PM, Sartoratto A. Antimicrobial activity of garlic against oral streptococci. *International Journal of Dental Hygiene*. 2007;5[2]:109-15.
196. Moori H, Majd A. The comparison of the effects of micosin vaginal cream (made of garlic) and metronidazole vaginal gel on treatment of bacterial vaginosis. *Arak Medical University Journal*. 2010;13[3]:35-44.
197. Ghalambor A a. a, Pipelzadeh M h. CLINICAL STUDY ON THE EFFICACY OF ORALLY ADMINISTERED CRUSHED FRESH GARLIC IN CONTROLLING PSEUDOMONAS AERUGINOSA INFECTION IN BURN PATIENTS WITH VARYING BURN DEGREES. 1 janv 2009;2[12]:7-13.
198. McNulty CAM, Wilson MP, Havinga W, Johnston B, O’Gara EA, Maslin DJ. A Pilot Study to Determine the Effectiveness of Garlic Oil Capsules in the Treatment of Dyspeptic Patients with *Helicobacter pylori*. *Helicobacter*. 2001;6[3]:249-53.
199. Graham DY, Anderson S-Y, Lang T. Garlic or jalapeño peppers for treatment of *Helicobacter pylori* infection. *The American Journal of Gastroenterology*. 1 mai 1999;94[5]:1200-2.
200. Watson CJ, Grando D, Fairley CK, Chondros P, Garland SM, Myers SP, et al. The effects of oral garlic on vaginal candida colony counts: a randomised placebo controlled double-blind trial. *BJOG: An International Journal of Obstetrics & Gynaecology*. 2013;121[4]:498-506.
201. Bakhshi M, Taheri J-B, Basir Shabestari S, Tanik A, Pahlevan R. Comparison of therapeutic effect of aqueous extract of garlic and nystatin mouthwash in denture stomatitis. *Gerodontology*. 1 juin 2012;29[2]:e680-4.
202. Thomas A, Thakur S, Habib R. Comparison of Antimicrobial Efficacy of Green Tea, Garlic with Lime, and Sodium Fluoride Mouth Rinses against *Streptococcus mutans*, *Lactobacilli* species, and *Candida albicans* in Children: A Randomized Double-blind Controlled Clinical Trial. *Int J Clin Pediatr Dent*. 2017;10[3]:234-9.

203. Josling P. Preventing the common cold with a garlic supplement: A double-blind, placebo-controlled survey. *Adv Therapy*. 1 juill 2001;18[4]:189-93.
204. Nantz MP, Rowe CA, Muller CE, Creasy RA, Stanilka JM, Percival SS. Supplementation with aged garlic extract improves both NK and  $\gamma\delta$ -T cell function and reduces the severity of cold and flu symptoms: A randomized, double-blind, placebo-controlled nutrition intervention. *Clinical Nutrition*. 1 juin 2012;31[3]:337-44.
205. Dehghani F, Merat A, Panjehshahin MR, Handjani F. Healing effect of garlic extract on warts and corns. *International Journal of Dermatology*. 2005;44[7]:612-5.
206. Soffar SA, Mokhtar GM. Evaluation of the antiparasitic effect of aqueous garlic (*Allium sativum*) extract in hymenolepiasis nana and giardiasis. *J Egypt Soc Parasitol*. août 1991;21[2]:497-502.
207. Bumbalo TS, Gustina FJ, Oleksiak RE. The treatment of pinworm infection (Enterobiasis): A comparative study of three oxyuricides. *The Journal of Pediatrics*. 1 avr 1954;44[4]:386-91.
208. Bureau L. Plantes, compléments alimentaires et nutraceutique, une réglementation complexe. *Actualités Pharmaceutiques*. 1 déc 2016;55[561]:34-8.
209. Raiss Soffia. *Phytovigilance aux complément alimentaires à base de plantes*. UNIVERSITE MOHAMMED V –RABAT FACULTE DE MEDECINE ET DE PHARMACIE –RABAT; 2018.
210. Staba EJ, Lash L, Staba JE. A Commentary on the Effects of Garlic Extraction and Formulation on Product Composition. *J Nutr*. 1 avr 2001;131[3]:1118S-1119S.
211. Charron CS, Milner JA, Novotny JA. Garlic. In: *Encyclopedia of Food and Health* [Internet]. Elsevier; 2016 [cité 7 mai 2020]. p. 184-90. Disponible sur: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780123849472003469>
212. Stanway P. *The miracle of garlic: practical tips for health and home*. London: Watkins; 2013.
213. Sijelmassi A. *Les plantes médicinales du Maroc*. 4. éd. Casablanca: Editions Le Fennec; 1996. 285 p.
214. Bellakhdar J. *Plantes médicinales au Maghreb et soins de base: précis de phytothérapie moderne*. Casablanca: Eds Le Fennec; 2006.

215. Mascret C. La réglementation des allégations santé sur les compléments alimentaires. *Actualités Pharmaceutiques*. 1 nov 2014;53[540]:59-60.
216. Laboratoires Fenioux - Compléments alimentaires : Ail (*allium sativum*) - Site officiel [Internet]. [cité 18 sept 2020]. Disponible sur: <https://www.laboratoires-fenioux.com/ail-G101/fr>
217. Ail bio [Internet]. MGD Nature. [cité 18 sept 2020]. Disponible sur: <https://mgdnature.com/complements-alimentaires/complements-alimentaires-bio/ail-bio/>
218. MGD NATURE parapharmacie maroc [Internet]. [cité 18 sept 2020]. Disponible sur: <http://www.parapharma.ma/vitamines/17563-mgd-nature-ail-bio-90-gelules.html>



## *Serment de Galien*

*Je jure en présence des maîtres de cette faculté :*

*D'honorer ceux qui m'ont instruite dans les préceptes de mon art et de leur témoigner ma reconnaissance en restant fidèle à leur enseignement.*

*D'exercer ma profession avec conscience, dans l'intérêt de la santé publique, sans jamais oublier ma responsabilité et mes devoirs envers le malade et sa dignité humaine.*

*D'être fidèle dans l'exercice de la pharmacie à la législation en vigueur, aux règles de l'honneur, de la probité et du désintéressement.*

*De ne dévoiler à personne les secrets qui m'auraient été confiés ou dont j'aurais eu connaissance dans l'exercice de ma profession, de ne jamais consentir à utiliser mes connaissances et mon état pour corrompre les mœurs et favoriser les actes criminels.*

*Que les hommes m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses, que je sois méprisée de mes confrères si je manquais à mes engagements.*



## قسم الصيدلي

بسم الله الرحمن الرحيم  
أقسم بالله العظيم

أن أراقب الله في مهنتي

أن أبحل أساتذتي الذين تعلمت على أيديهم مبادئ مهنتي وأعترف لهم بالجهد وأبقى دوماً وفيًا لتعاليمهم.

أن أزاوم مهنتي بوازع من ضميري لما فيه صالح الصحة العمومية، وأنا أقصر أبداً في مسؤوليتي وواجباتي تجاه المريض وكرامته الإنسانية.

أن ألتزم أثناء ممارستي للصيدلة بالقوانين المعمول بها وبأدب السلوك والشرف، وكذا بالاستقامة والترفيع.

أن لا أفشي الأسرار التي قد تعهد إلى أو التي قد أطلع عليها أثناء القيام بمهامي، وأن لا أوافق على استعمال معلوماتي لإفساد الأخلاق أو تشجيع الأعمال الإجرامية.

لأحضى بتقدير الناس إن أنا تقيدت بعهودي، أو أحتقر من طرف زملائي إن أنا لم أفي بالتزاماتي.

والله على ما أقول شهيد.



المملكة المغربية  
جامعة محمد الخامس بالرباط  
كلية الطب و الصيدلة  
الرباط



جامعة محمد الخامس بالرباط  
Université Mohammed V de Rabat

أطروحة رقم: 61

سنة: 2020

## الثوم غذاء أم دواء ؟

أطروحة

قدمت و نوقشت علانية يوم: /.../2020

من طرف :

السيد علي أيوبي

المزداد يوم 05 غشت 1994 بطاطا

لنيل شهادة

## دكتور في الصيدلة

الكلمات الدالة: الثوم, الدواء, قيمة غذائية, التداوي بالأعشاب.

أعضاء لجنة التحكيم

رئيسة

السيدة: سعيدة طلال

مشرف

أستاذ في الكيمياء الحيوية

عضو

السيد: رشيد النجاري

عضو

أستاذ في علم الصيدلة النباتية

السيد: جواد الحارثي

أستاذ في الكيمياء العلاجية

السيد: مصطفى بوعطية

أستاذ في الكيمياء التحليلية