

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة الجيلالي بونعامة بخميس مليانة
Université Djilali Bounaama de Khemis Miliana
Faculté des sciences de la nature et de la vie et des sciences de la terre
Département des sciences agronomiques



Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention de diplôme de **Master** en :

Domaine: Sciences de la Nature et de la Vie

Filière: Sciences Agronomiques

Spécialité: Production Végétale

Thème : L'ail (*Allium sativum*), méthodes de
conservation et stockage.

Présenté par :

- SELMANE KHAWLA
- KROUK NOURA

Devant le jury :

| | | |
|----------------------|-----------|------------------------|
| Mr KARAHACHANE T. | Président | (U.D.B Khemis Miliana) |
| Mr LAKHDAR EZZINE D. | Promoteur | (U.D.B Khemis Miliana) |
| Mr KELKOULI M. | Examineur | (U.D.B Khemis Miliana) |

Année universitaire : 2021/202

Remerciements

Ce mémoire est le fruit des efforts fournis et des sacrifices consentis par plusieurs personnes que ne pourrai oublier de remercier.

Tout d'abord je tiens à remercier ALLAH le tout puissant de m'avoir donné la santé, la volonté, le courage et la patience pour mener à terme

Aussi, je remercie mon Directeur de mémoire, le Professeur LAKHDAR EZZINE D. d'avoir accepté de m'encadrer dans la conception et l'élaboration de ce travail, et aussi pour le dévouement manifesté malgré toutes ses nombreuses occupations.

Nous remercions également l'ensemble des membres du jury ; qui nous ont fait l'honneur de bien vouloir étudier avec attention notre travail : Mr KELKOULI M. et Mr KARAHACHANE T.

Je me dois de remercier plus particulièrement mes parents pour tous les conseils, pour tous les encouragements et pour tous les incommensurables sacrifices consentis pour toute ma formation ; Nos remerciements s'adressent également à tous nos enseignants du département des sciences Agronomiques.

Dédicaces

Je dédie ce travail

A ma chère mère, tu es toujours dans mon cœur.

A mon cher père, pour ton amour et ta confiance.

A mes belles sœurs et mes frères qui me donnent de
l'amour et de la vivacité

A mes neveux : Youcef, Djalil et Mohammed

A mes amies : Asma et Kawther pour tous les précieux
moments passés ensemble

A ma binette Noura

Khawla

Dédicaces

A mes chers parents : BENCHERKI ET MALIKA

Quoi que je dise ou que je fasse, je n'arrivai jamais à vous remercier comme il se doit. C'est grâce à vos encouragements, vos bienveillances et votre présence à mes côtés, que j'ai réussi ce respectueux parcours.

Je souhaite que vous soyez fière de moi, et que j'ai pu répondre aux espoirs que vous avez fondé en moi.

A mes chers frères et ma sœur : RAOUF, MOHAMED et ROMAÏSSA

A Mon bonheur et compagnon de la vie : Abdennour

Merci pour vos soutiens moraux, vos confiances et vos conseils précieux, qui m'ont aidé dans les moments difficiles.

Je vous souhaite le bonheur et la réussite dans vos vies.

A toute ma famille surtout ma grande mère et à mon époque HAYET

A ma binette Khawla

À travers ses lignes je ne peux pas vous décrire tous mes sentiments d'amour, le seul mot que je peux dire est merci, vraiment merci beaucoup à toute personne qui a contribué à la réalisation de ce mémoire.

Noura

ملخص

أنجز هذا العمل بهدف معرفة اسباب الاختلاف الملحوظ في سعر الثوم في السوق الجزائرية مقارنة بالسوق العالمية من حيث الكمية المعروضة هل بسبب سوء التخزين ام بسبب الاحتكار. حيث يتوفر نبات الثوم خلال الصيف بكمية وفيرة و تنخفض الكمية خلال فصل الشتاء. لهذا قمنا بالبحث بغية معرفة و تحديد الاسباب الرئيسة في هذا التباين و ذلك عن طريق المقارنة بين الاساليب و كميات الانتاج السنوية العالمية مع المحلية.

Résumé

Cette recherche a été menée dans le but de connaître les raisons de l'écart entre le marché mondial de l'ail et le marché algérien, notamment dans la quantité offerte. Est-ce à cause du stockage aléatoire ou à cause du monopole ? C'est pourquoi nous avons mené cette recherche en afin de connaître et d'identifier les principales raisons de cet écart, où la plante d'ail est disponible pendant l'été et la quantité diminue pendant la saison Hiver, en comparant les méthodes et les quantités de production mondiale annuelle avec le local.

Abstract

This research was carried out in order to find out the reasons for the discrepancy in the global garlic market and the Algerian market, especially in the quantity supplied. Is it because of random storage or because of monopoly? That is why we conducted this research in order to know and identify the main reasons for this discrepancy, where the garlic plant is available during the summer and the quantity decreases during the season Winter, by comparing the methods and quantities of annual global production with the local.

Table des matières

| | |
|--|-----------|
| Remerciements..... | 1 |
| Dédicaces..... | 2 |
| Résumé..... | 4 |
| Introduction..... | 1 |
| PARTIE I..... | 3 |
| CHAPITRE I : IMPORTANCE ECONOMIQUE | 3 |
| Introduction | 4 |
| 1.1 - Historique..... | 4 |
| 1.1.1 - Histoire de l'ail dans les civilisations | 4 |
| 1.1.2 - Croyances et Légendes..... | 6 |
| 1.2 - Importance de l'ail | 7 |
| 1.2.1 - Importance mondiale de l'ail..... | 7 |
| 1.2.2 Importance de l'ail en Algérie | 8 |
| 1.2.3 Les échanges mondiaux de l'ail..... | 9 |
| CHAPITRE II : STATISTIQUES MONDIALES ET LOCALES | 11 |
| 2.1 - La production de l'ail dans le monde par continent 2020 (FAO 2020)..... | 12 |
| 2.2 - Les principaux 20 pays producteurs d'ail dans le monde 2020 | 13 |
| 2.3 - Les plus gros producteurs d'ail en Afrique, en 2020 :..... | 14 |
| 2.4 - Production, rendement et superficie de l'ail en Algérie de 2000 à 2020 | 16 |
| 2.5 - Production d'ail dans la wilaya de Ain Defla 2019/2020 ; 2020/2021 (DSA Ain defla) | 16 |
| 2.6 - Production de légumes en Algérie 2020 (FAOstat)..... | 17 |
| CHAPITRE III : ETUDE BOTANIQUE | 18 |
| 3.1 - Classification botanique : | 19 |
| 3.1.1 - Origine de la plante : | 19 |
| 3.1.2 - Aspect botanique :..... | 19 |
| 3.2 - Description d' <i>Allium sativum</i> :..... | 20 |
| 3.2.1 - Appareil végétatif : | 20 |
| A - Le bulbe..... | 20 |
| B - Les racines..... | 21 |
| C - La tige | 22 |
| D - Les feuilles | 22 |
| 3.2.2 - Appareil reproducteur | 22 |
| A - L'inflorescence | 22 |
| B - Les fleurs | 22 |

| | |
|--|-----------|
| C - Le fruit | 23 |
| 3.2.3 - Définition des aulx : | 23 |
| 3.2.4 - Différentes variétés d'aulx | 23 |
| CHAPITRE IV : PHYTOCHIMIE ET USAGE SANITAIR | 26 |
| 4.1 - Les composés soufrés | 27 |
| 4.2 - Les composés non soufrés | 29 |
| 1) Eau | 29 |
| 2) Protéines et acides aminés | 30 |
| 3) Fibres | 30 |
| 4) Lipides | 30 |
| 5) Vitamines | 30 |
| 6) Minéraux et oligo-éléments | 31 |
| 7) Glucides | 31 |
| 8) Autres substances | 31 |
| 4.3 - Effets sanitaires | 32 |
| 4.4 - Toxicité, effets indésirables, contre-indications et interactions | 40 |
| PARTIE II | 42 |
| CHAPITRE V : ETUDE AGRONOMIQUE | 42 |
| 5.1 - Conditions de culture | 43 |
| 5.2 - Choix du terrain et préparation du sol | 43 |
| 5.3 - Implantation de l'ail | 43 |
| 5.4 - Fertilisation | 44 |
| 5.5 - Entretien | 44 |
| 5.6 - Irrigation | 44 |
| 5.7 - Suppression de la hampe et entretien | 45 |
| 5.8 - Variétés d'ail | 46 |
| 5.9 - Maladies et ravageurs de l'ail | 47 |
| CHAPITRE VI : RECOLTE ; CONDITIONNEMENT ; STOCKAGE ET USAGES | 50 |
| 6.1 - Récolte | 51 |
| 6.2 - Le séchage | 52 |
| 6.3 - Façons de bien conserver et stocker l'ail | 52 |
| 6.4 - Rotation de cultures | 53 |
| 6.5 - La commercialisation | 53 |
| 6.6 - Les conditions optimales de séchage et d'entreposage de l'ail (Mario Leblanc dans MAPAQ) | 54 |
| 6.7 - Usage | 55 |
| CHAPITRE VII : PROBLEMES ET SOLUTIONS | 57 |

| | |
|---------------------------|-----------|
| 7.1 - Problématique | 58 |
| 7.2 - Solutions | 58 |
| CONCLUSION..... | 62 |
| Références | 64 |

Table des figures

| | |
|---|----|
| Figure 1 : Les échanges mondiaux de l'ail 2019 (tridge 2020) | 10 |
| Figure 2 : Allium sativum L. (Dethier, 2010)..... | 20 |
| Figure 3 : la construction d'un bulbe d'ail (Lycée de vienne, 2020)..... | 21 |
| Figure 4 : Racines adventives chez Allium sativum (Tredoulat) | 21 |
| Figure 5 : Tige et Feuilles chez l'Ail commun (Wikipédia, 2015a)..... | 22 |
| Figure 6 : Fleur d'Allium sativum (Waste magazine) | 23 |
| Figure 7 : ail d'ornement : Allium 'globemaster' (Delavie, 2015) | 25 |
| Figure 8 : Structure du γ -glutamyl-S-allylcystéine (Sendl, 1995) , γ -glutamyl-S-trans-1-propenylcystéine (Sendl, 1995) , γ -glutamyl-S-méthylcystéine (Sendl, 1995)..... | 27 |
| Figure 9 : Structure de l'alliine (Dethier, 2009), l'isoalliine (Dethier, 2009), la méthiine (Dethier, 2009) | 27 |
| Figure 10 : Structure de l'allicine (Sendl, 1995), S-allylmercaptocystéine (SAMC) (Corzo-Martínez et al., 2007) | 28 |
| Figure 11 : Structure générale des thiosulfates | 28 |
| Figure 12 : Structure du E-ajoène (Sendl, 1995), Z-ajoène (Sendl, 1995) | 29 |
| Figure 13 : Structure du 2-vinyl-4H-1,3-dithiine (Sendl, 1995), 3-vinyl-4H-1,2-dithiine (Sendl, 1995) | 29 |
| Figure 14 : Structure générale des sulfides (Sendl, 1995)..... | 29 |
| Figure 15 : Structure du diallyl sulfide (DAS), diallyl disulfide (DADS) (Sendl, 1995), diallyl trisulfide (DATS) (Sendl, 1995)..... | 29 |
| Figure 16 : Structure de l'apigénine (Kuo et al., 2014) | 31 |
| Figure 17 : Structure de la myricétine (Wikipédia, 2013)..... | 32 |
| Figure 18 : Hampe d'ail prête à être supprimée | 45 |
| Figure 19 : Jaunissement de feuillage pour la récolte | 51 |
| Figure 20 : Tressage de l'ail..... | 52 |
| Figure 21 : Stocker l'ail dans la chambre froide 1 (made in china)..... | 59 |
| Figure 22 : Stocker l'ail dans la chambre froide 2 (made in china)..... | 60 |
| Figure 23 : Une chambre froide à l'extérieur (made in china) | 60 |
| Figure 24 : Cultivation de l'ail dans une serre | 61 |

Table des tableaux

| | |
|---|----|
| Tableau 1 : Production mondiale de l'ail en tonnes de 2000 à 2020 ; FAO 2020..... | 7 |
| Tableau 2 : Top 20 pays importateurs, quantité d'importation d'ail 2020 (FAO)..... | 9 |
| Tableau 3 : Top 20 des pays, quantité d'exportation d'ail 2020 (FAO) | 9 |
| Tableau 4: Top 20 pays producteurs d'ail dans le monde 2020 (FAO) | 13 |
| Tableau 5: Top 20 pays producteurs d'ail en Afrique 2020 (FAO) | 14 |
| Tableau 6: Production d'ail dans la wilaya de Ain defla 2019/2020; 2020/2021 | 16 |
| Tableau 7: Situation botanique de l'espèce Allium sativum (Benzeggouta, 2005)..... | 19 |
| Tableau 8: Les variétés de l'ail par Marie Pascale Beaudoin 2019 | 46 |
| Tableau 9: Maladies et ravageurs de l'ail..... | 47 |
| Tableau 10: Les conditions optimales de séchage et d'entreposage de l'ail (Mario Leblanc dans MAPAQ)..... | 54 |

Liste des abréviations

ONILEV : Office national interprofessionnel des légumes et des viandes

FAO : Organisation pour l'alimentation et l'agriculture

Prota : Ressources végétales de l'Afrique tropicale

Mapaq : Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec

HAS : Haute Autorité de Santé

Omafra : Ministère de l'agriculture, de l'alimentation et des affaires rurales

aNIail : Association Nationale Interprofessionnelle de l'Ail

DSA : Direction des Services Agricoles

Introduction

L'*Allium sativum* communément nommé ail, est une plante herbacée bulbeuse de la famille des Alliaceae, utilisé depuis plusieurs centaines d'années pour traiter divers problèmes de santé. Ce sont ses molécules naturelles bioactives qui lui confèrent plusieurs vertus thérapeutiques **(Reuter et al., 1996)**.

L'ail est originaire d'Asie Centrale. De là, il passera en Egypte puis dans le bassin méditerranéen. Aujourd'hui, sa culture est largement répandue en Europe. Il croît sans intervention humaine en Sicile, en Espagne, en Egypte et en Algérie.

Allium sativum est une espèce de plante potagère, vivace et monocotylédone. Les bulbes ont une odeur et un goût fort **(GergesGeaga, 2015)**.

La production totale d'ail est de 28054318 tonnes dans le monde, la chine en premier place producteur d'ail du monde avec 73% du production mondiale ; et la plus exportateur avec de 2254192 tonnes. Indonésie est la plus importatrice pays d'ail avec de quantité de 587748 tonnes ; dans le monde. **(FAO 2020)**

L'ail a des propriétés anti-oxydantes, anti-inflammatoires, anticancéreuses ainsi qu'une activité antiplaquettaire, une activité anti-thrombotique, une activité antiasthmatique et des effets anti-infectieux, en plus il a une activité anti-bactérienne et anti-fongique Les propriétés antibactériennes et antifongiques de l'ail sont majoritairement dues à l'allicine. **(Batiha et al., 2020 ; Corzo-Martínez et Corzo Mar Villamiel, 2007)**

L'Algérie occupe la 12eme place de la production d'ail dans le monde et la deuxième en Afrique avec une production de 170930 tonnes ; qu'on observe que la production de l'ail augmente chaque année **(FAO 2020)**

Objectif de travail :

La production de l'ail en Algérie est très faible par rapport à la production des autres légumes ; avec une diminution et absence et augmentation des quantités d'ail sur les marchés pendant les saisons. Le présent travail sera consacré à l'étude des objectifs suivants :

- 1- L'établissement d'un document rassembleur des données de la plante d'ail.
- 2- Une présentation d'une fiche technique de la culture de l'ail.
- 3- La détermination des besoins et des quantités de production au niveau mondiale et nationale.
- 4- En mettant des méthodes du stockage et conservation de l'ail.
- 5- Et à la fin la proposition des solutions possibles pour améliorer la production nationale.

PARTIE I

CHAPITRE I : IMPORTANCE **ECOMOMIQUE**

Introduction

L'ail est une culture dont la production ne met pas en danger l'agro-système et l'éco-système, qui revêt une importance particulière pour la production alimentaire biologique. Considérant que la culture de l'ail repose sur l'application de principes agro-écologiques et agro-économiques.

Il est la deuxième plante du genre *Allium* la plus consommée dans le monde. C'est un composant important de nombreuses cuisines, où il est utilisé principalement comme épice mais aussi comme légume frais. Il est produit dans le monde entier, avec environ 2,5 millions d'acres de terres consacrées à sa production dans le monde. La Chine est le plus grand producteur d'ail au monde.

Utilisations :

Jardinage : Les gousses crues peuvent agir comme un excellent répulsif contre les moustiques et servir de base à des pesticides naturels, mélangés à du poivre et du savon.

Lutte contre les parasites : L'ail est également utilisé pour lutter contre les parasites du bétail et des animaux domestiques, en frottant les gousses sur la peau de l'animal.

La pêche : Dans certaines régions, l'ail a également été utilisé comme appât à poissons pour les bars ou les truites. (**Herbazest**)

1.1 - Historique

1.1.1 - Histoire de l'ail dans les civilisations

Les premières traces de l'utilisation de l'ail remontent à plus de 5000 ans, et sont localisées au bord de la mer Caspienne, dans les plaines des pays qui la bordent à l'Est (Kazakhstan, Ouzbékistan actuels). Ce sont ensuite les marchands, les marins, les explorateurs ou encore les nomades qui ont permis à l'ail d'être répandu dans le reste du monde. (**Kremar, 2008 ; Senninger, 2009**)

Les croyances des différents peuples sur ses vertus sont nombreuses. Au Moyen Age, des colliers d'ail tressé étaient portés par les enfants afin d'éloigner les sorcières. L'ail était réputé pour protéger contre les mauvais sorts et contre les épidémies de peste. (**Kremar, 2008 ; Senninger, 2009**)

En Egypte, au temps des pharaons, les ouvriers travaillant à la construction des pyramides recevaient une ration quotidienne d'ail. Cela permettait d'augmenter leur endurance et maintenir leur santé. Hérodote, historien grec du Vème siècle avant Jésus-Christ, rapporte que les Egyptiens avaient gravé sur la pyramide du roi Kheops la quantité d'ail reçue chaque jour. Selon lui, la première grève ouvrière enregistrée daterait de cette époque, suite à la suppression d'une ration d'ail (**Kremar, 2008 ; Schou, 2000 ; Clébert, 1987**). Toujours en Egypte Ancienne, des gousses d'ail ont été retrouvées dans certains tombeaux (**Senninger, 2009 ;**

Schou, 2000). Il existe également un papyrus médical égyptien datant de plusieurs milliers d'années, où l'ail est prescrit dans le traitement de 22 maladies (**Schou, 2000 ; Minker, 2012**).

En Grèce antique, l'ail était appelé « la rose puante ». L'accès des temples était interdit par les prêtres grecs à quiconque avait une haleine d'ail. Les athlètes grecs consommaient une gousse d'ail pour accroître leur force et se donner du courage avant les épreuves des Jeux Olympiques. Dans l'Odyssée, l'ail donné par Hermès permis à Ulysse d'éviter d'être transformé en pourceaux par Circée. (**Kremar, 2008 ; Schou, 2000 ; Clébert, 1987**)

Hippocrate, médecin grec et père de la médecine (460-377 avant J.-C), disait que l'ail est « chaud, laxatif et diurétique ». Il utilisait également l'ail pour pratiquer des tests de fertilité sur les femmes. La méthode est décrite dans un des ouvrages de la Collection hippocratique : il faut laver et peler une tête d'ail, puis l'appliquer au niveau de l'utérus. Le lendemain, si la femme sent l'ail par la bouche, alors elle pourra concevoir (**Totelin, 2015**).

Galien (IIème siècle après J.-C), le considérait comme un remède universel et le surnommait « la thériaque des paysans ».

Les Romains, pensaient que l'ail repoussait les serpents, et lui reconnaissaient des vertus fortifiantes. C'est pour cela qu'il faisait partie des repas des soldats romains. Les gladiateurs romains en consommaient eux aussi pour cette raison (**Kremar, 2008**). Pline l'Ancien (23-79 après J.-C), un naturaliste romain, décrit dans son ouvrage Histoire Naturelle, plusieurs utilisations de l'ail dont le traitement des troubles intestinaux, les morsures de serpents ou de chiens, l'asthme ou encore la tuberculose. Dioscoride (40-90 après J.-C), médecin militaire de l'armée romaine, traitait les soldats infestés par des vers intestinaux avec de l'ail. (**Schou, 2000**)

En Inde, les premiers écrits sacrés disponibles mentionnent l'ail pour soigner divers maux (**Senninger, 2009 ; Minker, 2012**).

La Bible relate l'Exode des Hébreux qui suivrent Moïse hors d'Egypte afin de fuir l'esclavage. On y trouve leur regret de l'alimentation qu'ils avaient, et notamment de l'ail : « Nous nous souvenons des poissons que nous mangions en Egypte, et qui ne nous coûtaient rien, des concombres, des melons, des poireaux, des oignons et des aulx ». (Nombres 11 :5 de la Bible) (**Schou, 2000 ; Senninger, 2009**)

En Chine et au Japon, l'ail est connu depuis très longtemps et les habitants le consommaient grandement, assurant leur longévité en bonne santé (**Kremar, 2008**).

En France, Charlemagne (742-814 après J.-C) avait ordonné que l'ail soit cultivé dans ses jardins (**Schou, 2000 ; Senninger, 2009**). Le grand-père d'Henri IV (1553-1610) lui frota, à sa naissance, comme le voulait la tradition, les lèvres avec une gousse d'ail pour lui conférer force et vitalité, et le protéger du mal. Il en mangera également toute sa vie pour garder son ardeur, car l'ail était connu pour ses vertus aphrodisiaques. (**Kremar, 2008 ; Clébert, 1987**)

Une foire à l'ail, ou foire de la Saint-Jean, fut créée à Marseille au XV^{ème} siècle, et continue d'exister de nos jours.

1.1.2 - Croyances et Légendes

En Sibérie, on pensait que les femmes qui étaient mortes en couches venaient la nuit hanter les femmes enceintes, mais l'odeur d'ail que dégageaient ces fantômes permettait de déceler leur présence (**Senninger, 2009 ; Clébert, 1987**). Les habitants payaient leurs impôts en ail (**Kremar, 2008**).

Le peuple des Batak en Indonésie, se servait de l'ail pour retrouver les âmes perdues (**Senninger, 2009 ; Clébert, 1987**).

Dans les Carpates, en Europe centrale, les bergers ont longtemps utilisé de l'ail béni pour se frotter les mains avant la toute première traite d'une brebis, destiné à protéger les bêtes des morsures de serpents (**Kremar, 2008 ; Senninger, 2009 ; Clébert, 1987**).

L'ail permettait de raviver le tranchant des armes, il suffisait de les laisser tremper dans de l'eau où avaient macéré plusieurs gousses d'ail. Il fut utilisé pour renforcer l'acier et augmenter la résistance au feu des objets en terre cuite en les frottant avec de l'ail. (**Kremar, 2008**)

Des superstitions de marins disent que l'ail les protège contre les naufrages, les tempêtes et la malchance. Il valait donc mieux en avoir toujours à bord. (**Senninger, 2009**)

Selon une croyance dans le monde arabe, l'ail serait né en poussant dans l'empreinte laissée du pied gauche de Satan lorsqu'il fut chassé du Jardin d'Eden par Dieu (**Kremar, 2008 ; Senninger, 2009**).

L'ail était réputé aussi un peu partout pour ses vertus aphrodisiaques. La soupe de la mariée, également appelée aillade, était servie aux jeunes mariés au matin de leurs noces. Il s'agit d'une liqueur faite de jus d'ail et d'alcool ayant macérés longuement ensemble et exposés au soleil. Puis le mélange est filtré et doit être consommé chaque matin à jeun pour que son pouvoir agisse. Au Moyen-Orient, le jeune marié portait une gousse d'ail à sa boutonnière, lui assurant une nuit de noces vaillante. En effet c'est seulement sur les hommes que l'ail exerce ce pouvoir

aphrodisiaque, alors qu'il entraîne une certaine somnolence lorsqu'il est consommé par les femmes. (Kremar, 2008 ; Clébert, 1987).

Nostradamus l'aurait utilisé contre la peste qui ravagea la ville d'Aix en 1546 en distribuant des boissons à base d'ail et d'herbes (Kremar, 2008 ; Clébert, 1987).

Chez de nombreux peuples, l'ail possède un caractère magique, il repousse le mal et éloigne le mauvais œil. Il protège surtout contre les vampires. C'est ainsi que des têtes d'ail étaient suspendues dans les maisons, notamment au-dessus des portes d'entrée et des têtes de lit.

Les paysans frottaient aussi leurs poignées de porte et les cadres de fenêtres pour que les buveurs de sang ne rentrent pas. C'est probablement en Europe Centrale que cette croyance de repousser les vampires est née. (Kremar, 2008 ; Senninger, 2009 ; Clébert, 1987)

1.2 - Importance de l'ail

1.2.1 - Importance mondiale de l'ail

Dans le monde ; une production totale d'ail de 28054318 tonnes sont produites par l'année de 2020. (FAO)

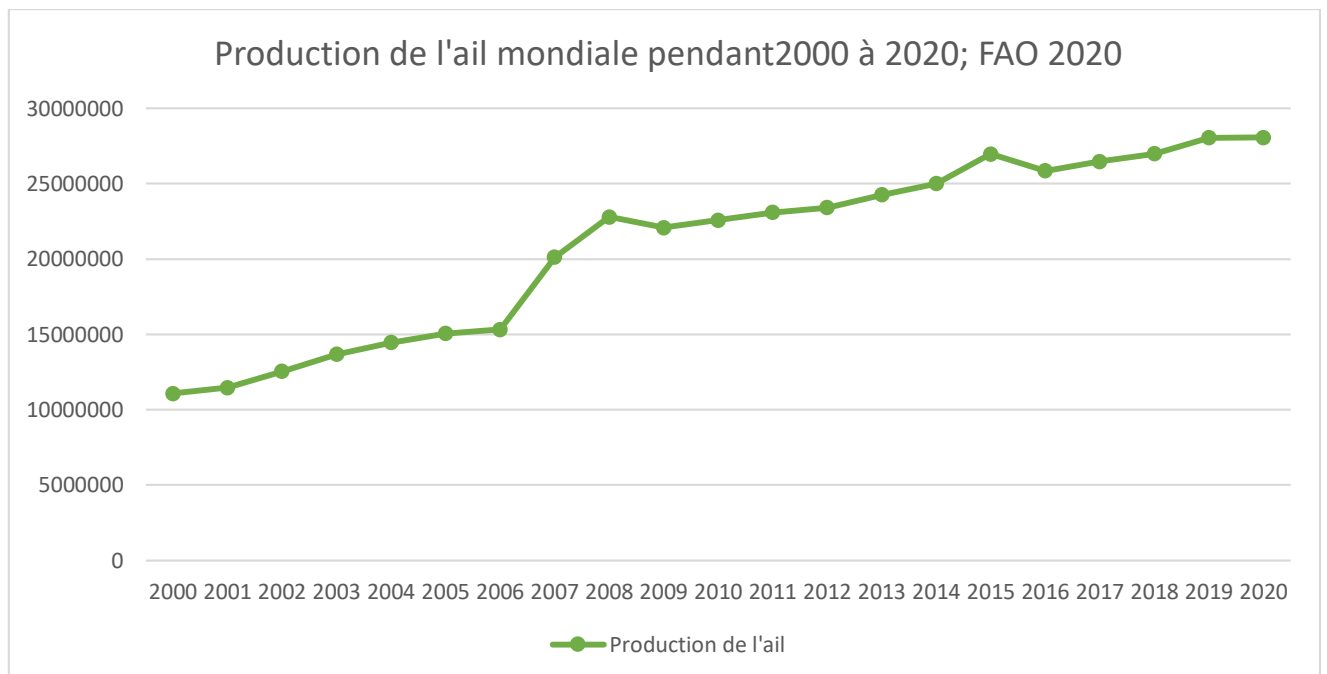
Comme pour la production, on peut distinguer trois grandes zones d'échanges d'inégale importance. Le continent asiatique - dont la Chine - concentre entre 60 et 80 % des échanges internationaux, suivi des Amériques et de l'Europe qui se partagent dans des proportions plus ou moins proches le restant. (Zoom sur le marché mondial de l'ail)

Tableau 1 : Production mondiale de l'ail en tonnes de 2000 à 2020 ; FAO 2020

| Année | Production mondiale de l'ail en tonnes |
|-------|--|
| 2000 | 11067408 |
| 2001 | 11457856 |
| 2002 | 12550174 |
| 2003 | 13673028 |
| 2004 | 14455690 |
| 2005 | 15050685 |
| 2006 | 15318224 |
| 2007 | 20111085 |
| 2008 | 22780572 |

| | |
|------|----------|
| 2009 | 22072406 |
| 2010 | 22574829 |
| 2011 | 23087090 |
| 2012 | 23406961 |
| 2013 | 24248747 |
| 2014 | 24993843 |
| 2015 | 26967470 |
| 2016 | 25853217 |
| 2017 | 26473354 |
| 2018 | 26989598 |
| 2019 | 28042647 |
| 2020 | 28054318 |

La production de l'ail dans le monde permet de d'augmenter d'année par année. C'est l'un des légumes primaires ; alors plus importants produits dans le monde.



1.2.2 Importance de l'ail en Algérie

En Algérie à partir de la FAO on doit remarquer :

L'Algérie produit de 223311 tonnes en 2019 et une production de 170930 tonnes 2020

La production de l'ail diminué à cause du problème de COVID19.

M. Kharroubi « le directeur de l'ONILEV » avait rappelé, qu'en 2019, l'Algérie avait exporté 160 tonnes d'ail vers, entre autres, l'Espagne. (**Algérie presse service**)

1.2.3 Les échanges mondiaux de l'ail

1.3.1 Importation et exportation de l'ail dans le monde (FAO 2020)

Tableau 2 : Top 20 pays importateurs, quantité d'importation d'ail 2020 (FAO)

| Pays | Quantité en tonnes |
|---|--------------------|
| Indonésie | 587748 |
| Brésil | 193511 |
| Malaisie | 115178 |
| Bangladesh | 102717 |
| États-Unis d'Amérique | 101559 |
| Pakistan | 101010 |
| Thaïlande | 78908 |
| Émirats arabes unis | 71689 |
| Philippines | 67562 |
| Fédération de Russie | 62496 |
| Arabie saoudite | 59661 |
| Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord | 42926 |
| Pays-Bas | 41287 |
| Sri Lanka | 35766 |
| France | 31498 |
| Allemagne | 30703 |
| Italie | 29849 |
| Colombie | 29846 |
| Canada | 24240 |
| Yémen | 23718 |

Tableau 3 : Top 20 des pays, quantité d'exportation d'ail 2020 (FAO)

| Pays | Quantité en tonnes |
|---------|--------------------|
| Chine | 2254192 |
| Espagne | 190427 |

| | |
|---|-------|
| Argentine | 97797 |
| Égypte | 53207 |
| Émirats arabes unis | 46822 |
| Pays-Bas | 34186 |
| Mexique | 15880 |
| Chili | 14236 |
| Pérou | 11894 |
| Italie | 9903 |
| France | 9388 |
| Malaisie | 8389 |
| Iran | 6786 |
| Singapour | 5730 |
| Inde | 4680 |
| Slovénie | 3409 |
| États-Unis d'Amérique | 3367 |
| République de Corée | 3058 |
| Viet Nam | 2847 |
| Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord | 2805 |

1.3.2 Les échanges mondiaux de l'ail 2019 (tridge 2020)

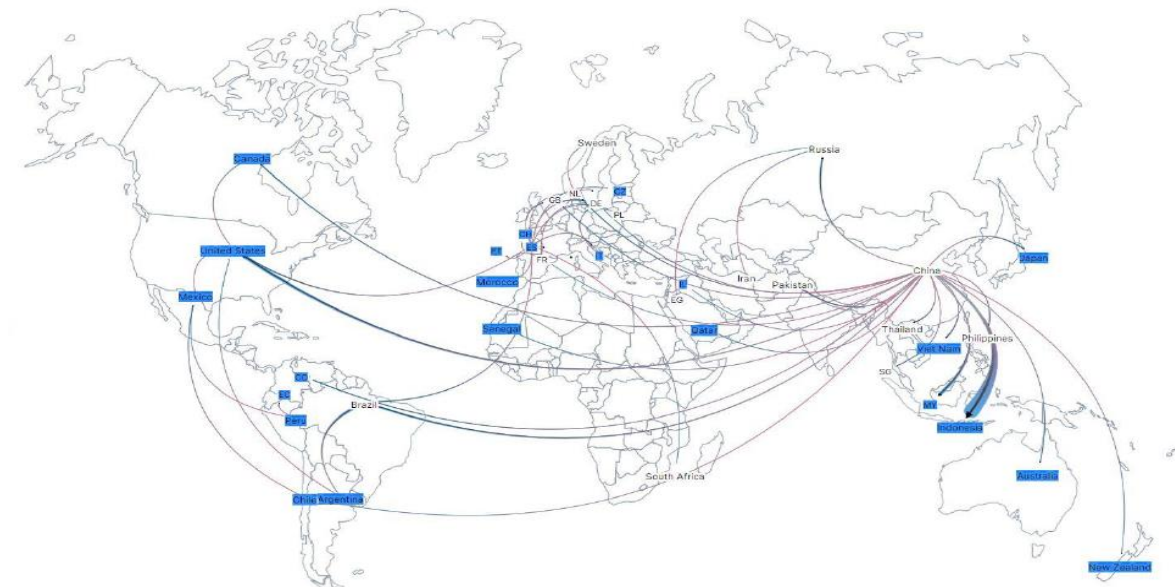


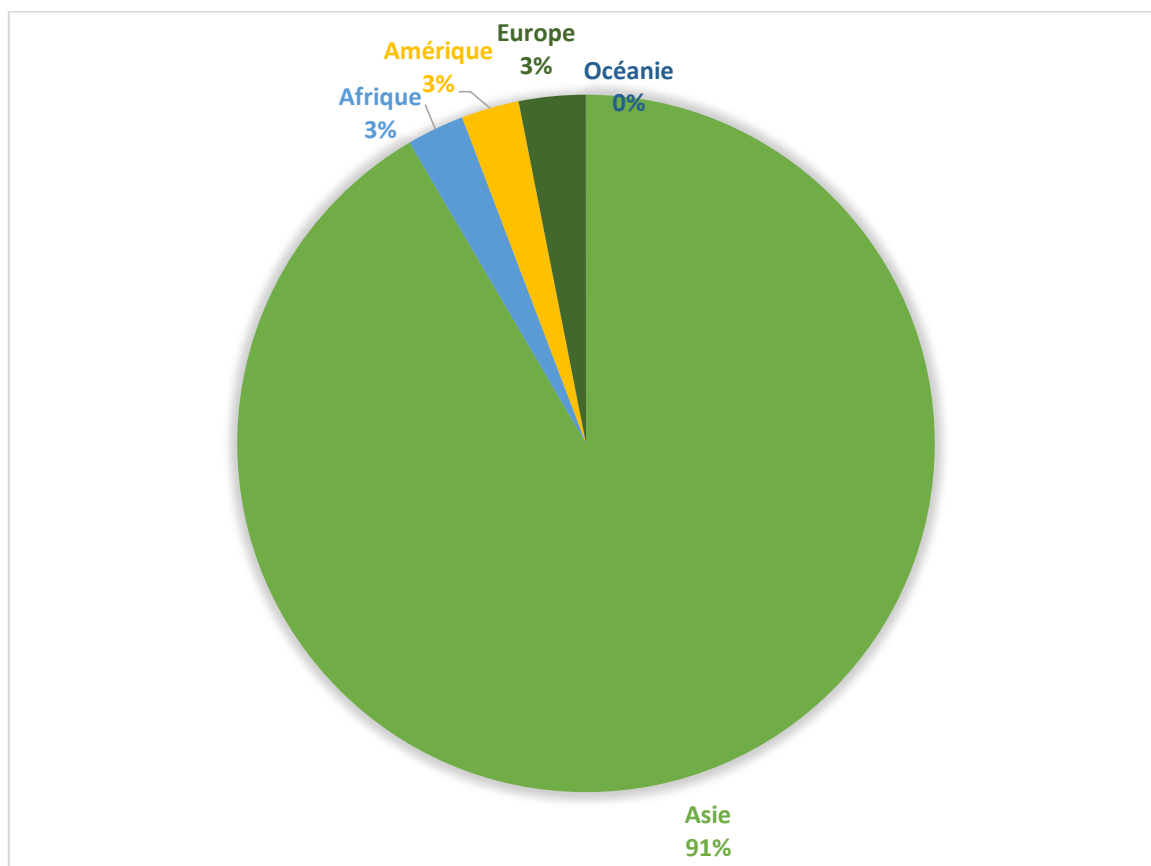
Figure 1 : Les échanges mondiaux de l'ail 2019 (tridge 2020)

CHAPITRE II : STATISTIQUES **MONDIALES ET LOCALES**

2.1 - La production de l'ail dans le monde par continent 2020 (FAO 2020)

A partir de l'organisation des nations unies pour l'alimentation et agriculture FAO ; la production totale de l'ail est plus de 28 millions des tonnes en 2020.

L'Asie en premier place avec de 91% de la production mondiale.



Pourcentage de la production d'ail dans le monde par continent

Tableau 4 : Production d'ail dans le monde par continent en 2020 (FAO)

| Continent | Production en tonnes |
|-----------|----------------------|
| Asie | 25685561 |
| Europe | 867275 |
| Amérique | 751839 |
| Afrique | 747762 |
| Océanie | 1881 |

2.2 - Les principaux 20 pays producteurs d'ail dans le monde 2020

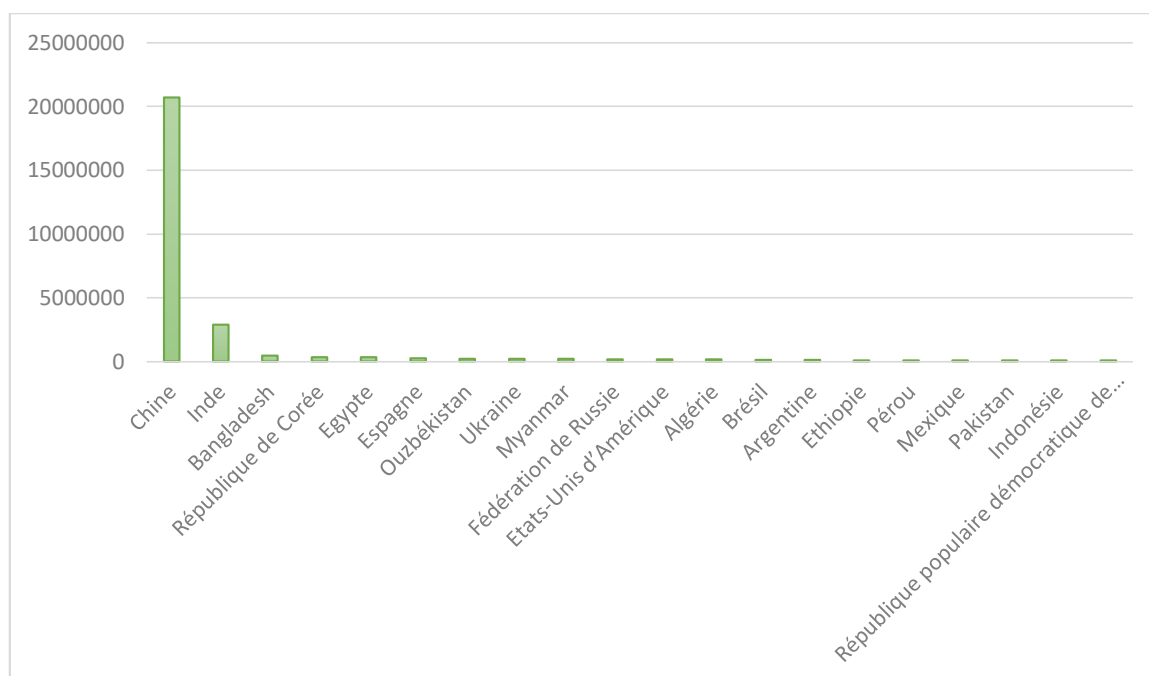
Du premier pays producteur d'ail dans le monde est la chine avec de 73% du production mondiale.

Suite par l'inde en deuxième place avec une production de 2917000 tonnes.

Tableau 4: Top 20 pays producteurs d'ail dans le monde 2020 (FAO)

| Zones | Production en tonnes |
|-----------------------|----------------------|
| Chine | 20712087 |
| Inde | 2917000 |
| Bangladesh | 485447 |
| République de Corée | 363432 |
| Egypte | 333543 |
| Espagne | 269090 |
| Ouzbékistan | 223719 |
| Ukraine | 211680 |
| Myanmar | 211138 |
| Fédération de Russie | 189659 |
| Etats-Unis d'Amérique | 175674 |
| Algérie | 170930 |
| Brésil | 155700 |
| Argentine | 146608 |
| Ethiopie | 114945 |
| Pérou | 90612 |
| Mexique | 86688 |

| | |
|---|----------|
| Pakistan | 85642 |
| Indonésie | 81805 |
| République populaire démocratique de Corée | 76867 |
| Production mondiale | 28054318 |



Top 20 pays producteurs d'ail 2020

2.3 - Les plus gros producteurs d'ail en Afrique, en 2020 :

Selon la FAO ; L'Égypte est la première paysse productrice de l'ail avec de 45% du production totale en Afrique.

L'Algérie est le deuxième pays avec de 23% du production totale.

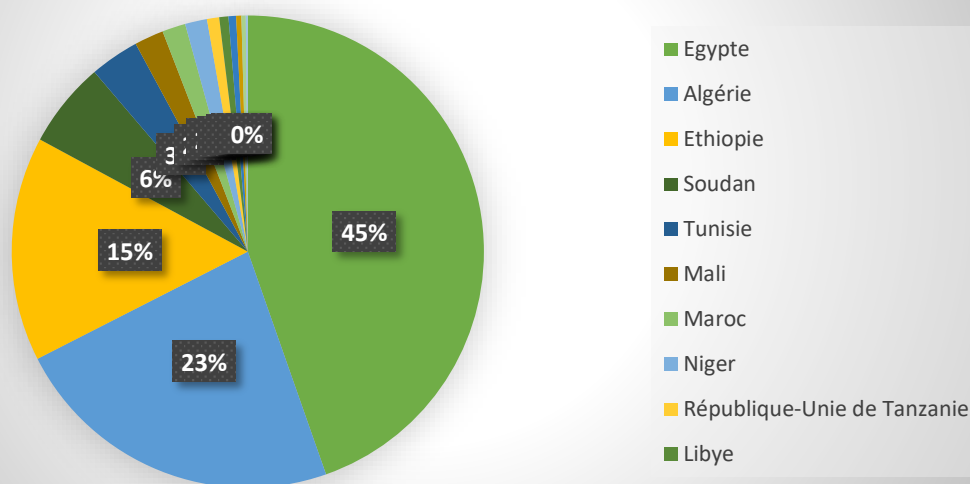
Et après ; il y'a l'Éthiopie en la troisième place avec 15%.

Tableau 5: Top 20 pays producteurs d'ail en Afrique 2020 (FAO)

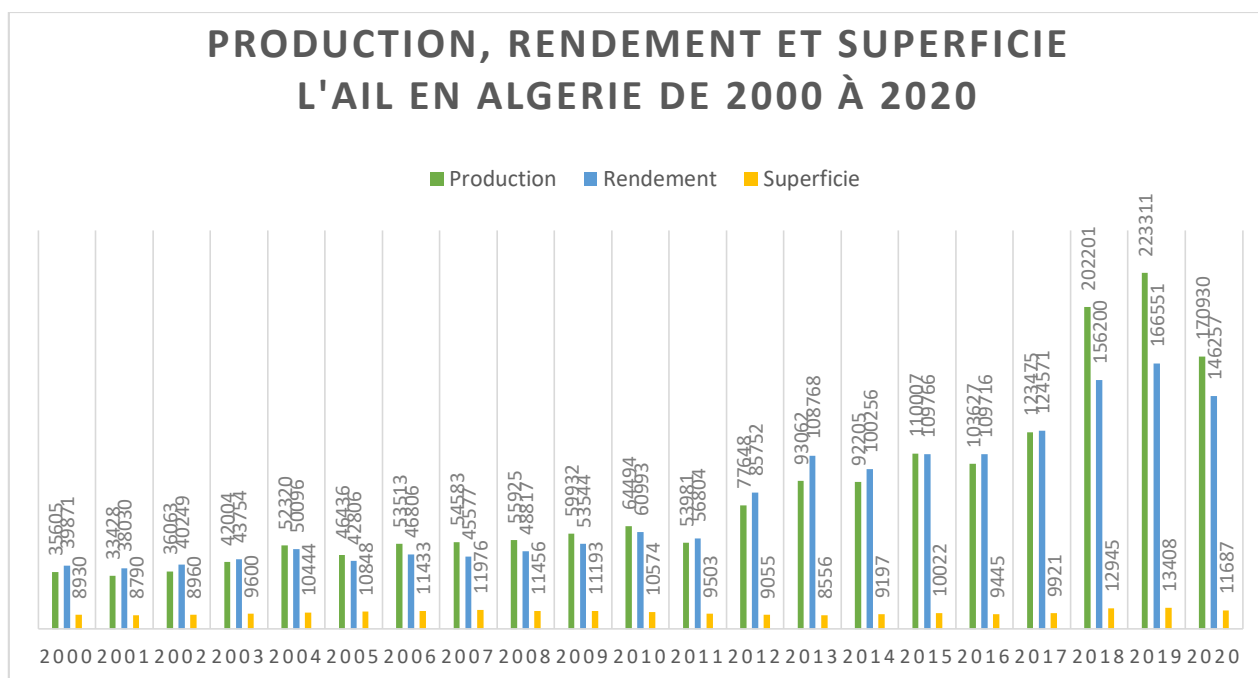
| N | Pays | Production en tonnes |
|----|--------|----------------------|
| 01 | Egypte | 333543 |

| | | |
|----|--------------------------------|--------|
| 02 | Algérie | 170930 |
| 03 | Ethiopie | 114945 |
| 04 | Soudan | 43918 |
| 05 | Tunisie | 25223 |
| 06 | Mali | 14945 |
| 07 | Maroc | 11953 |
| 08 | Niger | 11238 |
| 09 | République-Unie de Tanzanie | 6250 |
| 10 | Libye | 4695 |
| 11 | Kenya | 3860 |
| 12 | Madagascar | 2677 |
| 13 | Nigéria | 2219 |
| 14 | Malawi | 1035 |

Top 20 pays producteurs d'ail en Afrique 2020



2.4 - Production, rendement et superficie de l'ail en Algérie de 2000 à 2020



2.5 - Production d'ail dans la wilaya de Ain Defla 2019/2020 ; 2020/2021 (DSA Ain defla)

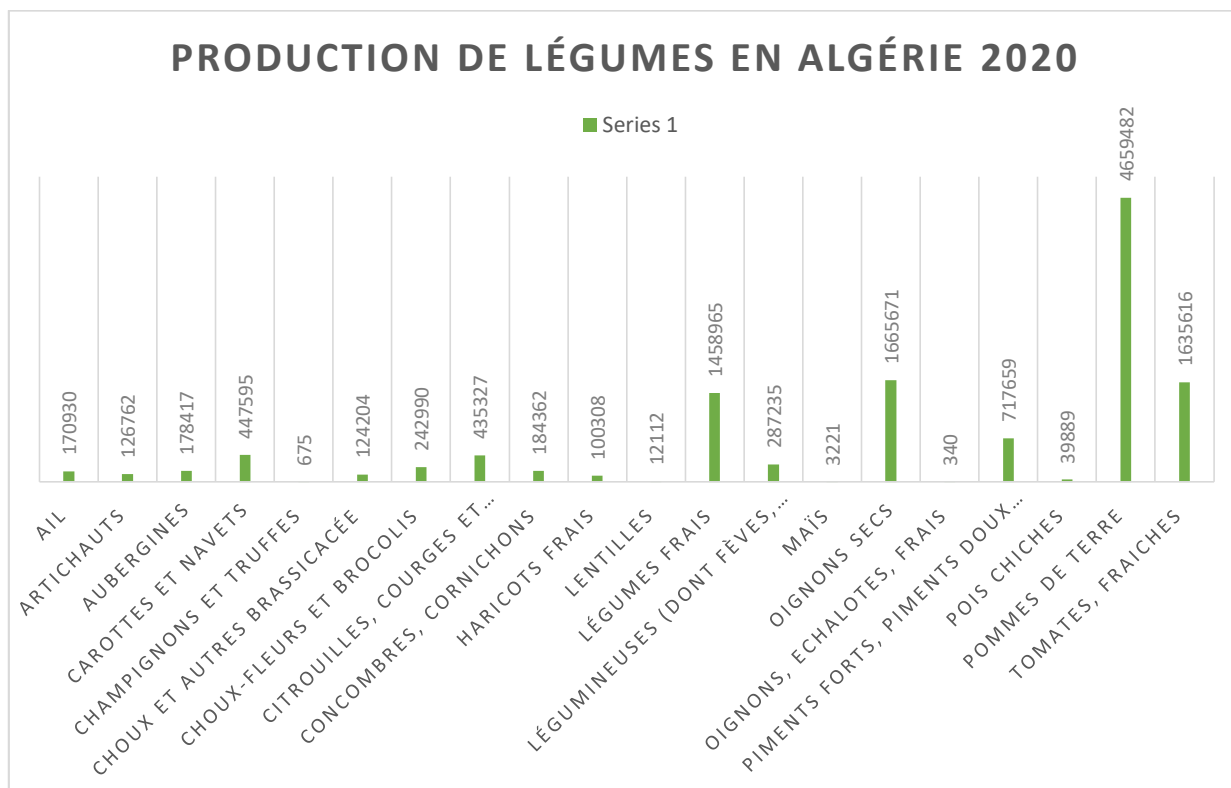
Selon les statistiques horticoles de DSA Ain defla ;

Tableau 6: Production d'ail dans la wilaya de Ain defla 2019/2020; 2020/2021

| | Superficie (ha) | Production (qx) |
|--|-----------------|-----------------|
| | | |

| | | |
|------------------|-----|-------|
| 2019/2020 | 288 | 26390 |
| 2020/2021 | 75 | 6980 |

2.6 - Production de légumes en Algérie 2020 (FAOstat)



CHAPITRE III : ETUDE
BOTANIQUE

3.1 - Classification botanique :

Tableau 7: Situation botanique de l'espèce *Allium sativum* (Benzeggouta, 2005)

| | |
|---------------------------|-------------------------|
| Règne | Plantae |
| Sous- Règne | Tracheobionta |
| Embranchement | Magnoliophyta |
| Sous-embranchement | Magnoliophytina |
| Classe | Liliopsida |
| Sous-classe | Liliidae |
| Ordre | Liliales (Asparagales) |
| Famille | Aliaceae (ex Liliaceae) |
| Genre | Allium |
| Espèce | <i>Allium sativum</i> |

3.1.1 - Origine de la plante :

L'ail est originaire d'Asie centrale (**Chaux et Foury, 1994 ; Renaud, 2003**). Les formes actuelles étant vraisemblablement issus de la Chine et le bassin méditerranéen. La déshydratation est le plus gros utilisateur industriel d'ails. La salaison et l'industrie pharmaceutique n'en utilisent que des quantités relativement faibles (**Clement ,1981**) ; 5% de la masse commercialisée (**Chaux et Foury, 1994**). Au total, le débouché industriel est de l'ordre de 3500 à 4000 tonnes (**Clement ,1981**).

3.1.2 - Aspect botanique :

Nom latin : *Allium sativum* L.

Sous-espèce ophioscorodon

Nom français : Ail à tige dure, ail commun, ail cultivé, thériaque des pauvres

Nom anglais : Garlic, common garlic

3.2 - Description d'*Allium sativum* :

Allium sativum est une espèce de plante potagère, vivace et monocotylédone.

Les bulbes ont une odeur et un goût fort (**GergesGeaga, 2015**), ils forment des caïeux, qui ne dépassent pas une cinquantaine de centimètres de hauteur. Les fleurs blanches ou rosées en ombelle, sont renfermées avant la floraison dans une spathe membraneuse munie d'une pointe très longue ; les feuilles vertes vives sont longues, toutes droites, effilées et rondes, comme celle de la ciboulette (**Callery, 1998**).

L'ail s'adapte à tous les climats, mais, il donne les meilleures récoltes dans les pays tempérés (**Cavagnaro et al., 2007**).

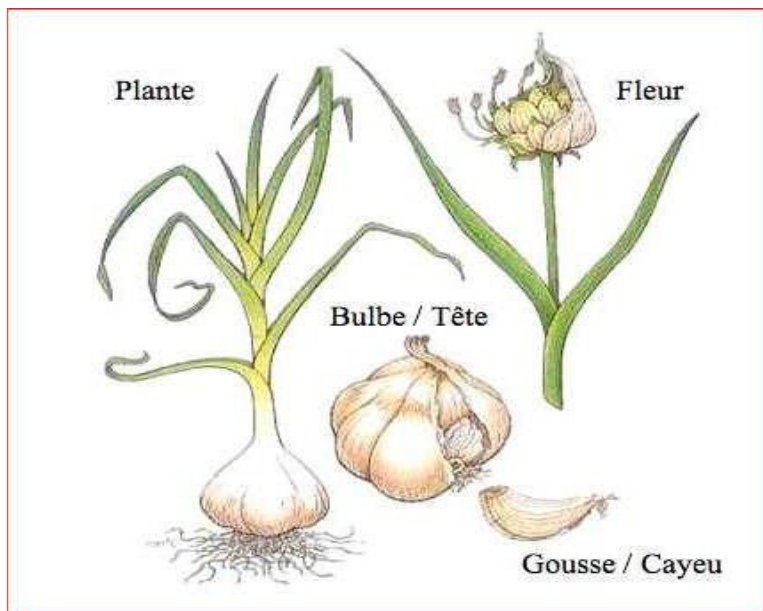


Figure 2 : *Allium sativum* L. (Dethier, 2010).

3.2.1 - Appareil végétatif :

A - Le bulbe

L'Ail commun est une plante herbacée géophyte, c'est-à-dire qu'elle est capable de passer la mauvaise saison enfouie dans le sol grâce à la persistance souterraine de ses organes vitaux sous la forme d'un bulbe. (**Botineau, 2010**).

Il s'agit en fait à sa base, d'une tige modifiée verticale très courte qui est feuillée : c'est le plateau du bulbe.

Les feuilles de ce plateau sont réduites à la gaine et sont insérées dessus. Des bourgeons axillaires sont présents à l'aisselle de ces feuilles. Plus on s'éloigne de cette base et plus les feuilles sont desséchées, minces et âgées, elles ont un rôle protecteur, tandis que les autres, jeunes et charnues, fournissent les réserves nutritives. Ces feuilles sont appelées des tuniques du fait de leur type d'insertion sur le plateau (**Dupont et Guignard, 2012**).

Le bulbe peut être de couleur blanche, rosé à violacé (**Prota**).

Les caïeux sont individuellement entourés d'une tunique protectrice, et possèdent en leur centre un petit bourgeon (**Prota**).

Chaque caïeu est capable de redonner un nouveau bulbe (**Maurice, 2015**).

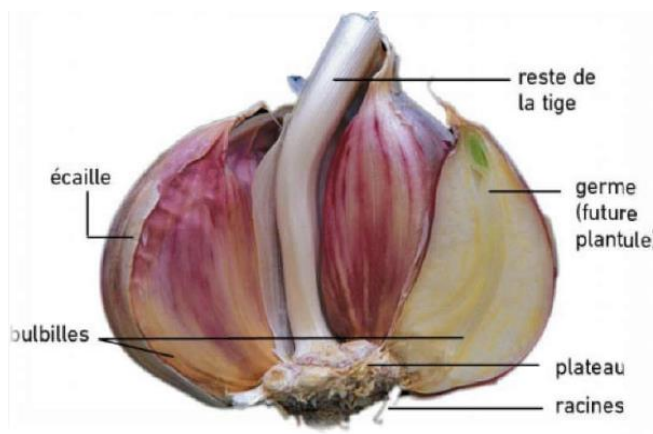


Figure 3 : la construction d'un bulbe d'ail (Lycée de vienne, 2020)

B - Les racines

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



Figure 4 : Racines adventives chez *Allium sativum* (Tredoulat)

C - La tige

Le feuillage comprend une tige centrale de 25 à 100 cm de hauteur, mais elle peut dépasser cette hauteur (jusqu'à 150 cm). Elle sort de la partie haute du bulbe. C'est en fait une fausse tige qui est formée par l'emboîtement entre elles des gaines foliaires des feuilles qui partent du plateau du bulbe.

D - Les feuilles

Les feuilles des plants d'ail ne sont ni gonflées comme les feuilles d'oignon ni tubulaires comme celles des oignons à botte. Au lieu de cela, ils sont plats, avec un pli au milieu et sont maintenus droits dans deux rangs opposés, Le limbe est linéaire, Le froissement des feuilles dégage une odeur typique caractéristique. La plante d'ail peut posséder 6 à 12 feuilles plates en forme de lame qui peuvent s'étirer jusqu'à 60 cm de long. Feuilles largement linéaires à linéaires-lancéolées, plus courtes que la hampe, jusqu'à 2,5 cm de large, apex acuminé.



Figure 5 : Tige et Feuilles chez l'Ail commun (Wikipédia, 2015a)

3.2.2 - Appareil reproducteur

A - L'inflorescence

Il s'agit d'une ombelle simple sphérique, protégée par 2 bractées soudées appelées spathe.

Cette spathe est membraneuse et enveloppe l'inflorescence avant la floraison puis s'ouvre sur un côté. L'ombelle apparaît à l'extrémité d'une hampe pleine (ou tige florale), d'abord enroulée en crosse, puis qui se redresse et devient rigide.

B - Les fleurs

Les fleurs sont de couleur blanche à rose. Il existe néanmoins des exceptions, notamment chez l'ail d'ornement où les fleurs peuvent être violettes, ou jaune d'or vif.



Figure 6 : Fleur d'*Allium sativum* (Waste magazine)

C - Le fruit

Le fruit chez l'Ail est une capsule loculicide à 3 loges. Cependant, il n'est produit que très rarement au profit des bulbilles, en effet l'espèce privilégie la multiplication végétative à la reproduction sexuée pour assurer sa survie.

3.2.3 - Définition des aulx :

Espèce de la famille des Liliacées, d'une odeur et d'un goût très forts, composé de plusieurs petites gousses réunies sous une enveloppe commune. Une tête d'ail. Une gousse d'ail. Un gigot de mouton à l'ail. Frotter son pain d'ail. Sentir l'ail. Il y'a des aulx cultivés et des aulx sauvages. Il cultive des ails de plusieurs espèces.

3.2.4 - Différentes variétés d'aulx

3.2.4.1 - Les cultivars

Les cultivars sont les variétés de culture. Des scientifiques ont réalisé une étude comparative sur les caractères morpho collections de variétés d'ail permettant ainsi d'établir une classification d'*Allium sativum* en différents groupes. Cette nomenclature n'inclut pas les variétés d'Asie centrale (centre d'origine) car la diversité génétique y est trop importante. **(Messiaen, 1996)**

Des groupes ont été établis par Messiaen et al : (Messiaen, 1996)

Groupe I : variétés méditerranéennes à hampe florale, 2 feuilles fertiles prédominantes en Espagne, présentes aussi en France (Rose de Lautrec), en Italie péninsulaire, Croatie et Algérie. Une variété cultivée en Afrique de l'Ouest (Sénégal, Niger) peut être rattachée à ce groupe, ainsi qu'un clone collecté par Etoh à Amboine (Indonésie). Burba donne à ce groupe le n°IV ("colorados ") et Engeland l'appelle " créole ". Clones inscrits au catalogue français : Ibérose, Goulurose, Sultop, Morasol, Morasur.

Groupe II : variétés de climats tempérés, ou méditerranéens à hivers froids, sans hampes florales, plus de 3 feuilles fertiles. Ces variétés sont prédominantes en Italie du Nord, présentes en France (Rosé du Var, Ail du Nord, Rose d'Auvergne) et dans de nombreux pays tempérés. Burba les intègre dans son groupe III (" blancos "), Engeland les appelle " silverskin ". Clones inscrits au catalogue : Printanor, Moulinor, Jardinor, Cristo, Gayant.

Ces deux groupes présentent, aussi bien pour Joëlle Lallemand (4 enzymes étudiées) que pour Helga Maass (9 enzymes) le même profil enzymatique, désigné par " Iib " par Maass.

Groupe III : variétés méditerranéennes à gros bulbes, sans hampes florales, plus de 3 feuilles fertiles, moins dormantes que les précédentes, représentées en France par les " Blancs " de la Drôme et de Limagne, et le violet de Cadours, elles sont présentes aussi en Espagne du Sud, en Roumanie, en Californie (California early). On peut y rattacher des variétés cultivées en Chine du Sud et à Taïwan, plus précoces, et cultivables en conditions tropicales, mais morphologiquement analogues (les isozymes confirment).

Burba confond ce groupe avec le précédent dans ses " blancos ", Engeland les dénomme " artichoke ". Ce groupe est reconnu comme homogène par Lallemand et Maass, cette dernière lui attribue le n° " Iic ". D'après elle, cependant, coexistent dans le Caucase des " Iic " et des " Iid ", morphologiquement analogues, mais qui diffèrent des Iic par une enzyme, l'aconitase. Le groupe III est représenté dans le catalogue français par : Thermidrôme, Messidrôme, Germidour, Jolimont, Corail, Novatop et " Vigor Supreme " (importé d'Amérique).

Groupe IV : ce sont des variétés sud méditerranéennes ou tropicales de plaine. La hampe florale est présente ou non, et les feuilles fertiles sont au nombre de 3. On trouve ces variétés dans les zones chaudes telles qu'en Guinée, à la Réunion, aux Antilles, au Liban. On peut également rattacher un sous-groupe appelé « asiatique précoce » avec 2 feuilles fertiles et une nécessité de froid plus important

- **Groupe V :** ce sont des variétés tropicales de montagne, avec hampe florale et Plus de 3 feuilles fertiles. Elles sont présentes au Mexique, Pérou, Madagascar, Asie du Sud-est, à la Réunion.

3.2.4.2 - Les aulx sauvages :

Nombreuses sont les variétés sauvages parmi les 700 variétés d'aulx recensées (**Kremar, 2008**). Tous les aulx sont comestibles avec plus ou moins d'intérêt culinaire, certains sont même très amers. Parmi les plus répandues nous pouvons citer l'ail des vignes (*Allium vineale*), avec des

fleurs roses en ombelle, l'ail rocambole ou ail d'Espagne (*Allium scorodoprasum*) rencontré à l'état sauvage partout en Europe (il est également cultivé), l'ail jaune (*Allium flavum*), l'ail rose (*Allium roseum*), ... et bien entendu l'ail des ours.

3.2.4.3 - Les aulx d'ornement

L'ail ornemental est une plante facile à entretenir et originale. On la rencontre encore peu dans les jardins, bien que ses boules de fleurs soient colorées et décoratives. On peut les trouver de couleurs jaunes (*Allium moly*), violettes, bleues, blanches ou encore roses.

La floraison est printanière ou estivale en fonction des espèces. C'est une plante vivace (les bulbes restent en hiver) qui a besoin d'ensoleillement, et de préférence doit être à l'abri du vent pour éviter que les longues tiges ne se couchent.

On plante les bulbes à l'automne, au moins une dizaine pour obtenir un joli massif, avec un espacement suffisant entre chaque, et une profondeur adaptée à la taille du bulbe (2,5 fois leur hauteur). On coupera chaque tige dès sa défloraison, ainsi que les feuilles une fois jaunies et sèches, permettant ainsi au bulbe de refaire ses réserves pour la saison suivante. (**Desfemmes, 2013**)



Figure 7 : ail d'ornement : *Allium* 'globemaster' (Delavie, 2015)

CHAPITRE IV : PHYTOCHIMIE
ET USAGE SANITAIR

4.1 - Les composés soufrés

Ce sont des molécules avec un ou plusieurs atomes de soufre dans leur formule chimique.

1) Les gamma-glutamyl-peptides

Ce sont des composés solubles dans l'eau (Santhosha *et al.*, 2013), et non volatiles (Sendl, 1995). Ils sont présents dans l'ail frais intact, au niveau du cytoplasme des cellules du bulbe.

On peut les extraire avec un mélange eau/méthanol (Sendl, 1995). Leur synthèse se fait à partir du glutathion (Dethier, 2009).

Ils sont au nombre de 3 :

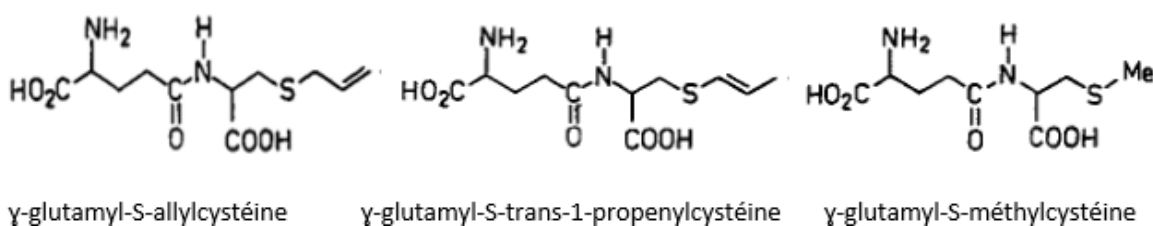


Figure 8 : Structure du γ -glutamyl-S-allylcystéine (Sendl, 1995) , γ -glutamyl-S-trans-1-propenylcystéine (Sendl, 1995) , γ -glutamyl-S-méthylcystéine (Sendl, 1995)

2) Les S-alk(en)ylcystéine sulfoxydes

L'ail contient trois S-alk(en)ylcystéine sulfoxydes : l'alliine, l'isoalliine, et la méthiine. L'alliine est le composé largement majoritaire, tandis que les deux autres sont présents en quantité plus faible.

Ces composés non volatiles, sont localisés dans des compartiments au sein du cytoplasme des cellules du bulbe, uniquement quand l'ail est intact. Ils sont isolés d'une enzyme hydrolytique appelée allinase. (Sendl, 1995)

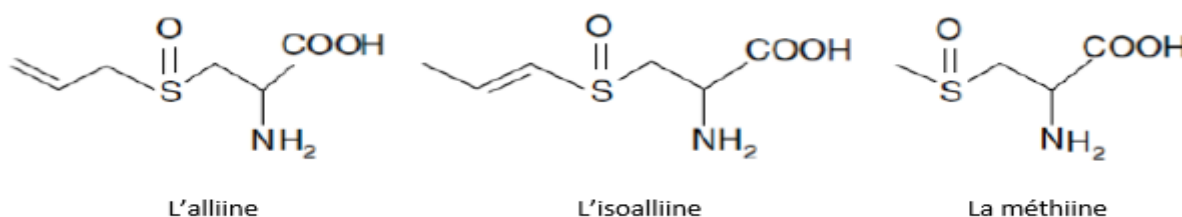


Figure 9 : Structure de l'alliine (Dethier, 2009), l'isoalliine (Dethier, 2009), la méthiine (Dethier, 2009)

3) Les thiosulfates

a) L'allicine

L'allicine est aussi connue sous le nom de diallylthiosulfinate ou de 2-propenyl-2-propene thiosulfinate. C'est un composé soufré volatil, soluble dans l'alcool et les solvants organiques. (Sendl, 1995)

L'allicine permet également de former un autre produit, le S-allylmercaptocystéine, en réagissant avec deux molécules de cystéine (Kyung, 2012).

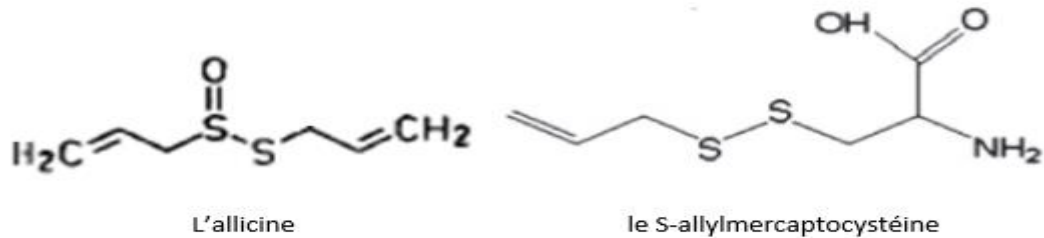


Figure 10 : Structure de l'allicine (Sendl, 1995), S-allylmercaptocystéine (SAMC) (Corzo-Martínez et al., 2007)

b) Les autres thiosulfines

Les autres thiosulfines présents chez l'ail sont :

- l'allyl methyl thiosulfinate
- le methyl allyl thiosulfinate
- le trans-1-propenyl thiosulfinate. (Sendl, 1995 ; Santhosha et al., 2013)

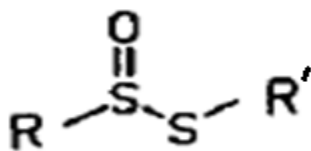


Figure 11 : Structure générale des thiosulfines

4) Les ajoènes

Les ajoènes sont en fait représentés par deux isomères : le E et le Z-ajoène (4,5,9-trithiadodéca-1,6,11-triène-9-oxide) (Sendl, 1995). Ce sont des molécules volatiles (Amagase, 2006).

Les E- et Z-ajoènes sont des produits de condensation de l'allicine (Bruneton, 2009). 3 molécules d'allicine sont nécessaires pour former l'ajoène (Minker, 2012).

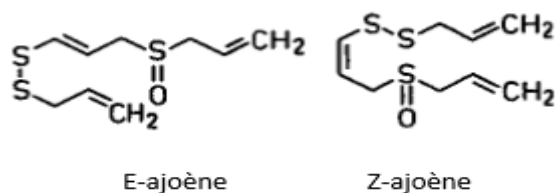


Figure 12 : Structure du E-ajoène (Sendl, 1995), Z-ajoène (Sendl, 1995)

5) Les vinyldithiines

Les vinyldithiines sont des composés organo-sulfurés volatiles (**Amagase, 2006**). Ce sont des molécules cycliques issues de la dégradation de l'alicine (**Sendl, 1995**).

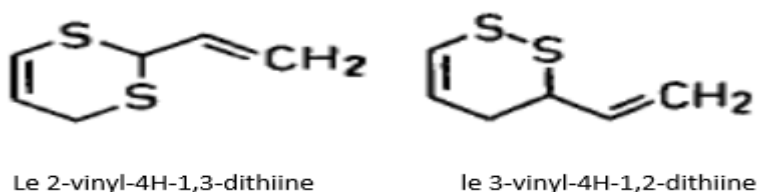


Figure 13 : Structure du 2-vinyl-4H-1,3-dithiine (Sendl, 1995), 3-vinyl-4H-1,2-dithiine (Sendl, 1995)

6) Les sulfides

Les sulfides sont également des composés sulfurés volatiles, formés suite à la décomposition de l'alicine. Ils sont présents en concentration élevée dans l'huile essentielle ou essence d'ail. (**Santhosha et al., 2013**)

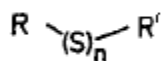


Figure 14 : Structure générale des sulfides (Sendl, 1995)

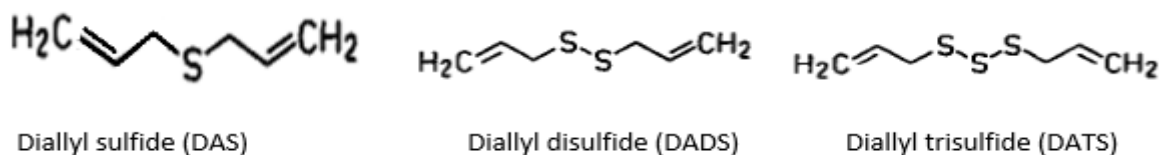


Figure 15 : Structure du diallyl sulfide (DAS), diallyl disulfide (DADS) (Sendl, 1995), diallyl trisulfide (DATS) (Sendl, 1995)

4.2 - Les composés non sulfurés

1) Eau

Un bulbe d'ail contient en moyenne 60 à 65% d'eau (**Suleria et al., 2015**).

2) Protéines et acides aminés

L'ail apporte au total 18 acides aminés

Les protéines que renferme l'ail représentent en moyenne 6% du poids du bulbe (**Senninger, 2009**).

L'ail est une source intéressante de méthionine et de cystéine, deux acides aminés soufrés.

La consommation d'ail permet également un apport intéressant de tryptophane, un autre acide aminé essentiel. Le tryptophane est le précurseur de la sérotonine, qui permet de synthétiser la mélatonine, l'hormone du sommeil. (**Minker, 2012**)

L'arginine est l'acide aminé qui est présent en plus grande quantité dans le bulbe d'ail (**Sendl, 1995**). Il entre également dans la formation de créatine, et intervient dans la sécrétion d'insuline, de glucagon et de l'hormone de croissance. (**Eureka Santé par Vidal 2014**)

3) Fibres

L'ail renferme dans sa composition environ 3% de fibres (**Senninger, 2009**). Les fibres alimentaires sont les substances résiduelles issues de la digestion des végétaux que l'on consomme, qui ne sont pas absorbées et restent ainsi dans l'intestin.

Parmi ces fibres on trouve chez l'ail des pectines. Pectines sont des fibres solubles dans l'eau capables d'absorber l'eau et donc de la retenir. (**Senninger, 2009**)

L'ail contient aussi des fibres insolubles : de la cellulose et de l'hémicellulose. Ce sont des constituants de la paroi végétale. Ces fibres favorisent le transit intestinal et la fermentation en stimulant l'activité de la flore microbienne intestinale. (**Senninger, 2009**)

4) Lipides

L'ail contient une proportion très faible voire négligeable de lipides. Il apporte de petites quantités d'acide linoléique (acide gras oméga 3) et d'acide linoléique (acide gras ω6), qui sont des acides gras (polyinsaturés) essentiels, que l'organisme ne peut synthétiser. (**Minker, 2012**)

5) Vitamines

L'ail renferme de nombreuses vitamines, et notamment les vitamines du groupe B indispensables à notre organisme pour réaliser des réactions métaboliques et assurer de multiples fonctions. La consommation d'ail permet ainsi d'apporter de la vitamine B1 (thiamine), B2 (riboflavine), B3 (ou vitamine PP), B5, B6 et B9 (folates). L'ail est riche en vitamine B6. (Senninger, 2009)

Outre les vitamines du groupe B, l'ail est une source de petites quantités de vitamine C, de vitamine E, et de vitamine A (sous forme de bêta-carotène ou provitamine A, précurseur de la vitamine A). (Senninger, 2009)

6) Minéraux et oligo-éléments

L'ail en contient une large quantité, tel que du calcium, du phosphore, du magnésium, du fer ou du sélénium. Mais l'ail est également une source d'iode, de soufre, de manganèse, de cuivre, de cobalt, de chlore, de fluor, de zinc, de sodium et de potassium. (Senninger, 2009 ; Sendl, 1995)

On peut noter que le sélénium est rare chez les végétaux, et que l'ail en contient une quantité non négligeable et très supérieure aux autres plantes (Suleria *et al.*, 2015).

7) Glucides

La proportion de glucides que renferme l'ail est variable selon les sources, mais elle avoisine les 30% de sa composition. Les sucres apportés par l'ail sont bénéfiques pour la santé. (Senninger, 2009)

8) Autres substances

a) Flavonoïdes et polyphénols

Les flavonoïdes sont des molécules organiques appartenant à la famille des polyphénols.

Ceux majoritaires chez l'ail sont l'apigénine et la myricétine (Minker, 2012).

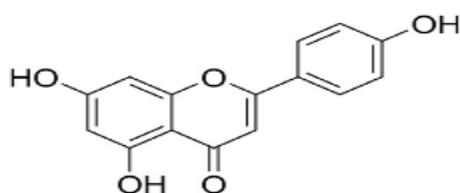


Figure 16 : Structure de l'apigénine (Kuo *et al.*, 2014)

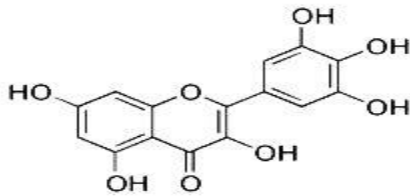


Figure 17 : Structure de la myricétine (Wikipédia, 2013)

b) Saponines

Les saponines, également appelées saponosides, sont des hétérosides. Leur hydrolyse libère un ou plusieurs oses et une sapogénine (partie aglycone). Ce sont des composés avec des propriétés détergentes (tensioactives, émulsionnantes) (**Minker, 2012**).

c) Adénosine et autres

L'adénosine est une autre substance contenue dans l'ail. Elle possède des propriétés vasodilatatrices puissantes, et exerce notamment son action sur les artères du cœur. Elle joue également un rôle dans le transfert d'énergie. (**Senninger, 2009**)

4.3 - Effets sanitaires

4.3.1 - Système cardio-vasculaire

4.3.1.1 Effet anti-hypertensif

a) Généralités et méta-analyses

L'activité anti hypertensive de l'ail a été étudiée depuis de nombreuses années. Les résultats ont parfois été contradictoires dans certaines études chez les humains, certainement dus à des différences de méthodologie, une différence dans les préparations d'ail utilisées, une différence de dosage ou encore de la durée de traitement. En moyenne, l'ail diminue de 5 à 10% la tension artérielle. (**Minker, 2012**)

Une méta-analyse récente, a identifié 7 essais contrôlés randomisés de 1988 à 2014, incluant 391 patients hypertendus traités ou non versus placebo, avec une durée de traitement allant de 8 à 12 semaines selon l'essai. 6 différents types de préparations à base d'ail ont été utilisés dans ces essais. Aucun effet indésirable sérieux n'a été notifié. Ces 7 essais randomisés ont tous rapporté une diminution de la tension artérielle sur les 2 chiffres. Il est à noter que l'ail a exercé son effet anti hypertensif de façon maximale à la fin du traitement. Une durée de traitement minimale de plusieurs semaines est donc nécessaire pour obtenir l'effet hypotenseur. (**Xiong et al., 2015**)

b) Les mécanismes

- Amélioration de la production et de l'activité de l'oxyde nitrique (NO).
- Amélioration de la production de sulfure d'hydrogène (H₂S) qui est un agent vasodilatateur et cardioprotecteur.
- Diminution du stress oxydatif.
- Inhibition de l'enzyme de conversion de l'angiotensine I en angiotensine II, entraînant ainsi une diminution de la vasoconstriction
- Suppression de l'expression du facteur NF-κB (**Shouk et al., 2014**)

c) Le S-allyl-mercapto-captopril

L'allylmercaptocaptopril combine une approche pharmacologique et non pharmacologique.

L'avantage du captopril et de l'allicine est que ces deux produits sont connus et administrés aux humains depuis de nombreuses années. Les études du CPSSA ont été réalisées sur un modèle animal et sont prometteuses mais nécessitent des études complémentaires pour devenir un jour un potentiel médicament.

d) Ail et hydrochlorothiazide

Combiner l'ail et l'HCTZ pourrait permettre de réduire les doses du diurétique afin de diminuer le risque de survenue d'une hypokaliémie, mais aussi d'améliorer l'effet thérapeutique de l'hydrochlorothiazide. (**Asdaq et Inamdar, 2009**)

4.3.1.2 - Effet sur les lipides

Méta-analyse :

Une méta-analyse parue en 2014 incluant 39 essais contrôlés randomisés sur le cholestérol total (CT) et le LDL-cholestérol (LDL-C) utilisant uniquement de la poudre d'ail a rapporté une diminution significative du CT (-15.83 mg/dL, p=0.005) et du LDL-C (-8.11 mg/dL, p=0.024), comparé au groupe placebo. Les effets de l'ail étaient plus prononcés après une durée de supplémentation d'au moins 8 semaines. En revanche les 18 essais portant sur le

HDL-cholestérol n'ont pas montré de différence significative entre le groupe placebo et le groupe recevant l'ail. (**Kwak et al., 2014**)

Les mécanismes :

L'ail semble exercer son action par ses composés soufrés (allicine, ajoène, S-allylcystéine) en inhibant la biosynthèse du cholestérol dans les cellules hépatiques via une désactivation de l'HMG-CoA réductase (3-hydroxy-3-méthylglutaryl coenzyme A). L'activité de l'enzyme est donc réduite par l'ail qui induit chez elle une phosphorylation. **(Gebhardt et al., 1994) (Liu et Yeh, 2002)**

4.3.1.3 Effet hypoglycémiant et potentiel antidiabétique

De nombreuses études sur l'ail sur des modèles animaux et humains diabétiques, de types 1 et 2, ont montré que l'ail pouvait diminuer le taux de sucre dans le sang.

L'ail exercerait son activité hypoglycémiante via ses composés soufrés en stimulant la sécrétion d'insuline par le pancréas à partir des cellules β existantes, en améliorant la sensibilité à l'insuline et son activité. **(Eidi et al., 2006 ; Hou et al., 2015)**

4.3.1.4 - Effet antiagrégant plaquettaire ou effet anti-thrombotique et diminution de la coagulation sanguine

Les plaquettes sanguines ou thrombocytes ont un rôle primordial dans le maintien de l'hémostase. Elles assurent la formation d'un thrombus ou caillot en s'agrégeant entre elles en cas de brèche dans la paroi vasculaire.

L'ajoène, un des composés soufrés de l'ail a démontré son effet antiagrégant plaquettaire en diminuant la formation de thromboxane A₂, un des agonistes de l'agrégation, via une altération du métabolisme de l'acide arachidonique **(Srivastava et Tyagi, 1993)**. Le diallyl trisulfide, un autre dérivé soufré de l'ail, inhibe la mobilisation du calcium, ce dernier étant indispensable pour la liaison fibrinogène/GPIIb/IIIa **(Qi et al., 2000)**. Un extrait d'ail vieilli a montré l'inhibition de l'activation et de l'agrégation des plaquettes en inhibant le récepteur GPIIb/IIIa, créant ainsi une diminution de la liaison GPIIb/IIIa / fibrinogène, et via une augmentation du taux intracellulaire d'AMP cyclique dans les plaquettes activées et non activées. L'AMP cyclique est l'un des médiateurs de l'activation des plaquettes.

L'augmentation de son taux intracellulaire conduit à l'inhibition de la libération du contenu des granules **(Allison et al., 2012)**. Une autre étude a également mis en évidence une activité antiagrégant plaquettaire du β -chlorogénine, un composé non soufré, contenu dans un extrait d'ail vieilli **(Allison et al., 2006)**.

4.3.1.5 - Diminution de l'athérosclérose

L'athérosclérose est une maladie cardiovasculaire caractérisée par l'accumulation de dépôts de diverses substances (cholestérol, calcium,...) dans les artères. Cette accumulation entraîne un épaississement de la paroi artérielle, une diminution de son diamètre et donc une diminution du flux sanguin. La calcification des artères réduit également leur élasticité.

L'athérosclérose est particulièrement dangereuse lorsqu'elle touche des artères qui irriguent les organes vitaux. La formation de plaques d'athérome augmente avec l'âge, le genre (les femmes), la sédentarité, l'excès de cholestérol, l'hypertension, le diabète et le tabac.

L'ail a démontré des capacités à prévenir la formation de plaques d'athérome, mais également à réduire des plaques d'athérome déjà existantes. **(Budoff, 2006)**

4.3.1.6 - Effet sur l'hyperhomocystéinémie

L'homocystéine est un acide aminé soufré qui se forme au cours du métabolisme de la méthionine, un acide aminé essentiel provenant de l'alimentation. L'hyperhomocystéinémie est une augmentation du taux sérique d'homocystéine.

Il a été montré qu'une élévation de ce taux constitue un facteur de risque important dans la survenue et le développement de l'athérosclérose, des accidents cardiaques et des maladies cardiovasculaires. L'hyperhomocystéinémie peut être congénitale, ou acquise liée à un déficit en acide folique, en vitamine B6 et/ou B12 **(Corzo-Martínez et al., 2007)**.

4.3.1.7 - Cardioprotection

L'hypertrophie cardiaque est un problème de santé caractérisé par une augmentation de la masse musculaire cardiaque et donc de la taille du coeur, due à un accroissement de la taille des cardiomyocytes. L'hypertrophie cardiaque est causée par d'autres problèmes de santé tels que l'hypertension, des lésions du muscle cardiaque, un infarctus du myocarde. C'est une réponse à un stress. Les espèces réactives de l'oxygène sont également largement impliquées dans ce phénomène.

4.3.2 - Activité antimicrobienne

4.3.2.1 - Activité antibactérienne

a) Spectre d'action

En 1858, Louis Pasteur est le premier à démontrer que l'ail peut détruire certaines bactéries.

Durant la seconde guerre mondiale, suite à la pénurie de pénicille, les médecins russes ont utilisé l'ail comme antiseptique, et pour traiter toutes sortes d'infections (diarrhées, infections de la sphère ORL). (Schou, 2000 ; Senninger, 2009)

L'activité antibactérienne de l'ail a été, depuis de nombreuses années, largement étudiée. L'ail agit sur un large spectre, avec une activité tant sur des bactéries Gram-positives, que sur des bactéries Gram-négatives.

b) Mécanisme d'action

Les composés soufrés de l'ail sont responsables de son activité antibactérienne, et notamment l'allicine. En 1991, des chercheurs ont montré que l'activité antimicrobienne de l'ail est abolie lorsque l'allicine est retirée de l'extrait (Sivam, 2001). De même, si l'on inhibe l'allinase, l'enzyme responsable de la conversion de l'alliine en allicine, il n'y a pas d'activité antibactérienne (Minker, 2012).

Le mécanisme d'action de l'allicine semble résulter de son interaction rapide avec les groupes thiols (-SH) des enzymes bactériennes (Guo et al., 2012 ; Arzanlou et al., 2011).

L'allicine inhiberait également de façon totale la synthèse de l'ARN de la bactérie (Sivam, 2001 ; Hasan et al., 2007).

c) *Helicobacter pylori*

Helicobacter pylori (H. pylori) est une bactérie à Gram négatif responsable de gastrite chronique, d'ulcères gastroduodénaux, et qui est impliquée dans le développement de cancers de l'estomac. Elle colonise l'estomac des humains et persiste tant qu'il n'y a pas d'éradication médicamenteuse. L'infection s'acquiert majoritairement durant l'enfance et l'adolescence. Le mode de transmission probable de cette bactérie est oro-fécal et oro-oral.

La bactérie est répandue dans le monde entier. En France, en 2010, la prévalence d'après la Haute Autorité de Santé (HAS) était de 20 à 50% chez les adultes. Selon la même source, 10% des personnes infectées développeront un ulcère, et 1% un cancer gastrique. (HAS, 2010)

L'éradication d'H.pylori fait appel à une trithérapie (7 jours de traitement) avec un inhibiteur de la pompe à protons (IPP), et deux antibiotiques : clarithromycine plus amoxicilline, ou métronidazole en cas d'allergie. (HAS, 2010)

d) Application en aquaculture

L'activité antibactérienne de l'ail trouve également son intérêt dans l'aquaculture.

Ainsi, l'utilisation de l'ail comme complément alimentaire dans l'alimentation des espèces aquatiques d'élevage permet de promouvoir leur croissance, stimuler l'appétit, renforcer l'immunité, protéger contre le stress et augmenter leur résistance aux infections bactériennes courantes. **(Guo et al., 2012)**

L'ail apparaît comme une alternative écologique et économique en aquaculture. Il permettrait de limiter l'usage des antibiotiques dans les bassins et les problèmes de résistance ou d'effets indésirables qui peuvent en découler, et de lutter contre les coûts liés à la perte de rendement due aux maladies bactériennes.

4.3.2.2 - Activité antivirale

a) Spectre d'activité et mécanisme d'action

L'ail exerce une activité antivirale sur les herpès simplex virus (HSV) de types 1 et 2, le cytomégalovirus (CMV), les virus à l'origine de la grippe (virus Influenza B **(Mehrbood et al., 2009)**), le rhinovirus de type 2 responsable de rhumes, ainsi que sur le Molluscum contagiosum. **(Josling, 2001 ; Minker, 2012)**

L'utilisation prolongée de capsules d'ail conduite à une diminution significative des concentrations plasmatiques de saquinavir. **(Piscitelli et al., 2002)**

b) Prévention du rhume

Le rhinovirus est le plus fréquent des virus responsables de rhumes. Un supplément d'ail contenant de l'allicine peut prévenir la survenue de rhumes ou diminuer la sévérité de ses symptômes. **(Josling, 2001)**

c) Traitement des verrues

L'ail pourrait également avoir une action sur les Papillomavirus puisqu'il est particulièrement efficace en application locale sur les verrues. **(Senninger, 2009)**

Pour cela il faut hacher finement l'ail et l'appliquer le soir sur la verrue en évitant impérativement le contact avec la peau saine autour (risque de brûlure sévère). On recouvre le tout d'un sparadrap et on laisse poser la nuit. On renouvelera l'opération chaque soir tant que la verrue n'est pas tombée. Afin de protéger la peau saine on pourra utiliser un vernis à ongles

incolore, ou se servir des « pansements spécial cors » dont le centre est évidé pour y placer l'ail haché. (Senninger, 2009 ; Minker, 2012)

4.3.2.3 - Activité antiparasitaire

L'activité antiparasitaire de l'ail est essentiellement due à l'allicine qui interfère avec les enzymes sulfhydriles (groupe thiol) des pathogènes. L'ail serait capable sur certains parasites d'affecter leur mobilité, l'absorption de nourriture ou leur reproduction.

4.3.2.4 - Activité antifongique

L'allicine de l'ail a montré une activité antifongique contre des espèces des genres *Candida* (surtout *C.albicans*), *Cryptococcus*, *Trichophyton*, *Epidermophyton* et *Microsporium* (Yamada et Azuma, 1977). Une étude réalisée in vitro et in vivo sur des souris immunocompétentes infectées a mis en évidence l'efficacité de l'allicine contre *Aspergillus* spp (Shadkchan et al., 2004). Son mécanisme d'action principal est son interaction avec les groupes thiols des enzymes des microorganismes qui en contiennent.

Outre l'allicine, l'ajoène et le diallyl trisulfide (DATS), des produits issus de l'allicine, ont également montré des propriétés antifongiques. (Davis et al., 2003)

4.3.3 - Activité anticancéreuse

Depuis les années 50 des études épidémiologiques et de nombreuses études conduites en laboratoire montrent que l'ail joue un rôle important dans la prévention de la survenue de certains cancers (notamment digestifs), mais qu'il possède aussi lui-même des propriétés anticancéreuses.

Il a été mis en évidence que l'ail diminue le risque de cancers au niveau de plusieurs organes tels que l'estomac, le colon, l'oesophage, la prostate, la vessie, le foie, les poumons, les seins, la peau, le cerveau (Corzo-Martínez et al., 2007), mais aussi l'utérus (Omar et Al- Wabel, 2010).

L'activité anticancéreuse et protectrice de l'ail est attribuée à ses composés soufrés (allicine, DADS, DATS, ajoène, S-allylcystéine,). Le sélénium et les vitamines qu'il contient renforcent son activité.

4.3.4 - Activité antioxydante

L'activité antioxydante de l'ail est clairement établie. Il est riche en substances antioxydantes : vitamines E, C, sélénium et ses composés soufrés (allicine, diallyl sulfide, diallyl disulfide, diallyl trisulfide,...). L'ail vieilli apparaît comme la préparation d'ail avec la plus haute activité antioxydante, grâce à ses composés soufrés hydrosolubles : S-allylcystéine et S-allyl mercaptocystéine qui ont un pouvoir antioxydant puissant (**Santhosha et al., 2013**).

4.3.5 - Autres effets

1) Anti inflammatoire

L'inflammation, lorsqu'elle est chronique, est néfaste pour l'organisme et peut aboutir à diverses pathologies : cardiovasculaires, neuro-dégénératives, rhumatismes, maladies inflammatoires chroniques de l'intestin (maladie de Crohn et Rectocolite hémorragique), et cancers.

L'huile d'ail exerce donc un effet anti inflammatoire de manière dose dépendante. Il pourrait être avec de futures études complémentaires un agent de protection prometteur pour les patients avec une RC. Ces investigations permettront peut-être également de comprendre le mécanisme exact de cet effet. (**Balaha et al., 2016**)

2) Hépatoprotection

Les recherches ont mis en évidence un rôle protecteur de l'ail vis-à-vis des métaux lourds. Il semble réduire leur accumulation dans le foie.

L'administration d'ail cru pendant 6 semaines à des rats ayant une exposition chronique à différents métaux lourds (cadmium, plomb et mercure) a montré que l'ail offrait un meilleur pourcentage de protection contre l'accumulation de cadmium dans le foie par rapport à l'accumulation de mercure et de plomb. Cet effet protecteur est probablement lié à des propriétés de chélation, ainsi qu'à une augmentation de l'excrétion de ces métaux lourds par l'ail. (**Nwokocha et al., 2012**)

3) Cerveau et neuroprotection

L'ail contient de nombreuses vitamines et oligoéléments, dont plusieurs vitamines du groupe B, indispensables au bon fonctionnement du système nerveux.

4) Effet sur le système respiratoire

Le diallyl disulfide (DADS), un composé soufré issu de l'ail, qu'il pouvait réduire la production de mucus et diminuer l'infiltration cellulaire inflammatoire de l'arbre respiratoire chez des souris rendues asthmatiques par des aérosols d'ovalbumine. Le DADS a donc le potentiel thérapeutique pour diminuer, voire inhiber l'inflammation chronique des voies aériennes dans l'asthme. **(Shin et al., 2013)**

5) Effet sur la digestion

L'ail est riche en fibres, favorisant ainsi une bonne digestion.

De plus l'ail est riche en prébiotiques (les fructosanes ou fructanes). L'organisme ne sachant pas les digérer, ils restent dans le tube digestif et sont utilisés par les bactéries de la flore intestinale. Ils stimulent ainsi la croissance des bactéries bénéfiques (probiotiques) de la flore qui vit normalement dans le tube digestif. Le plus souvent des bactéries néfastes s'y développent au dépend des bonnes bactéries, déclenchant ainsi la putréfaction responsable de troubles digestifs et ballonnements **(Zhang et al., 2013)**.

L'ail stimule donc la croissance des bactéries bénéfiques pour la santé digestive et peut être utilisé comme un moyen de prévenir certains troubles gastro-intestinaux.

4.4 - Toxicité, effets indésirables, contre-indications et interactions

4.4.1 - Toxicité

L'utilisation de l'ail en tant que légume est dépourvue de toxicité.

Des études ont mis en évidence chez l'animal l'existence d'une toxicité aigüe et d'une toxicité chronique avec des doses extrêmement élevée de préparations d'ail **(Bruneton, 2002 ; Minker, 2012)**. Néanmoins, les études toxicologiques réalisées avec l'extrait d'ail vieilli ont montré qu'il est sûr même à de fortes doses (plus de 10g par jour) **(Amagase, 2006 ; Corzo-Martínez et al., 2007 ; Suleria et al., 2015)**.

4.4.2 - Effets indésirables

L'effet indésirable le plus commun de la consommation d'ail est sans conteste l'odeur conférée à l'haleine et à la sueur.

L'ail et ses dérivés ont été rapportés pour causer :

- des troubles digestifs, notamment quand l'estomac est vide ou en cas de forte consommation, tels que des flatulences, de la diarrhée, des brûlures d'estomac, des nausées ou des vomissements.

- des réactions allergiques liées à l'inhalation de poudre d'ail (asthme), l'ingestion ou le contact cutané. (**World health organization, 1999 ; Corzo-Martínez et al., 2007 ; Bruneton, 2002**)

4.4.3 - Contre-indications

Pour l'Organisation Mondiale de la Santé et l'ESCOP (Coopération Européenne en Phytothérapie), aucune contre-indication à la consommation d'ail n'est connue, sauf les personnes allergiques connues.

Certains ouvrages mentionnent une contre-indication relative : la porphyrie, une maladie très rare. La porphyrie est caractérisée par la présence excessive de porphyrines dans les tissus et les vaisseaux sanguins due à un déficit d'une enzyme intervenant dans la biosynthèse de l'hème. L'ail, de part les substances qu'il contient, peut s'avérer toxique pour la personne atteinte. (**Senninger, 2009 ; Vidal, 2010**)

4.4.4 - Interactions médicamenteuses et précautions

Il a été signalé un allongement du temps de saignement chez des personnes traitées par warfarine (un médicament anticoagulant) et consommant de grandes quantités d'ail cru ou suppléments d'ail (**Corzo-Martínez et al., 2007 ; World health organization, 1999**).

De part son effet fluidifiant et anticoagulant, il est déconseillé de prendre de l'ail à des doses élevées avant ou après une intervention chirurgicale, car cela peut augmenter le risque de saignements postopératoires. De même, on évitera l'association à des traitements anticoagulants.

L'ail pourrait également diminuer les concentrations plasmatiques de saquinavir, un médicament utilisé dans le traitement du VIH et de ce fait altérer son efficacité (**Piscitelli et al., 2002**).

PARTIE II

CHAPITRE V : ETUDE **AGRONOMIQUE**

5.1 - Conditions de culture

La culture de l'ail se fait dans une large gamme de sols, mais préférablement des sols légers, bien drainés, riches en matière organique et qui possèdent une bonne capacité à retenir les éléments nutritifs ainsi que l'humidité. Les sols lourds ne sont pas recommandés puisqu'ils ont tendance à durcir lors des périodes sèches et à limiter l'expansion des bulbes qui prennent une forme irrégulière (**Omafra, 2002**). Les sols sableux et trop légers exigent une régie de culture plus rigoureuse afin d'assurer le maintien de la fertilité des sols et l'humidité nécessaire. La grosseur des bulbes est directement liée à la croissance végétative de la plante : plus la tige sera grande et développée avant l'initiation du développement du bulbe et des gousses, plus les rendements seront élevés (**Oregon state university, 2004**). Le pH idéal se situe entre 6,5 et 7,0 et le chaulage doit être ajusté avant la plantation. Les caïeux peuvent tolérer des gels allant jusqu'à -18° C mais il est important que l'endroit de la plantation bénéficie d'une bonne couverture de neige pour assurer un bon taux de survie (**Omafra, 2002**).

5.2 - Choix du terrain et préparation du sol

L'ail pousse bien dans une large gamme de sols, et la culture de l'ail se pratique dans la plupart des régions arables de l'Ontario. Les sols riches en matière organique sont à préférer parce qu'ils retiennent mieux l'humidité et les éléments fertilisants. Les sols suffisamment pourvus en matière organique sont également moins portés à se croûter et à se tasser. Les sols très lourds, en particulier quand ils viennent à manquer d'eau, entravent le gonflement des bulbes qui prennent un aspect rugueux et une forme irrégulière. Quant aux sols sablonneux légers, ils exigent des pratiques agronomiques intensives à cause de leur faible capacité de rétention de l'humidité. (**Allen, 2009**)

5.3 - Implantation de l'ail

Date de plantation

La date de plantation pour une culture d'ail récoltée au printemps est Octobre-Novembre, alors que pour celle récoltée en fin été-début automne, la plantation des caïeux doit avoir lieu en Décembre-Janvier.

Profondeur de plantation

Il est recommandé de planter les caïeux de l'ail à 3 cm de profondeur. En terrain humide et lourd, on peut surélever la culture en formant un petit monticule de terre (billon).

Les bulbes doivent être plantés en plaçant le point de croissance juste au-dessous de la surface du sol, c'est-à-dire entre 2,5 et 5mm.

Densité de plantation

La structure de peuplement recommandée correspond à un espacement allant de 10 à 15 cm sur le rang, et 30-50 cm entre les lignes. Les espacements proches de 10 cm sont à adopter pour les caïeux de petite taille, alors que les caïeux de taille plus grande doivent être plantés avec un espacement dépassant 12 cm.

La dose de semis recommandée pour l'ail dépend de la taille des caïeux et de la structure du peuplement. Elle varie entre 700 et 1000 kg/ha. Le nombre moyen de caïeux dans chaque bulbe peut varier en moyenne entre 8 et plus de 15, selon la nature de la semence utilisée. (**Si Bennasseur, 2005**)

5.4 - Fertilisation

Pour que la production de l'ail soit optimale sur les sols fertiles, il est indispensable de connaître les teneurs du sol de certains éléments nutritifs tout au long de la croissance. Ainsi le phosphore permet le développement des racines et à l'établissement de la plante au début de son cycle de croissance, les quantités recommandées peuvent varier entre 112 et 225 kg/ha de Phosphate. Le potassium permet le développement du bulbe et le stockage des glucides, la dose recommandée est environ 168 kg/ha. L'azote permettant à la plante de développer des tiges, est utilisé au début du printemps, lorsqu'il commence à croître, deux ou trois fois à trois semaines d'intervalle jusqu'à quatre à six semaines avant la récolte. La quantité d'azote dépend du type de sol, de la teneur en matière organique. Généralement l'ail a besoin de 56 à 110 kg d'azote par hectare. Cependant une étude montre que l'utilisation de sulfate d'ammonium dans la fertilisation par rapport au nitrate d'ammonium augmente la libération d'allicine de 48% (**Fischer, 1995**).

5.5 - Entretien

Quelques binages pour éliminer les mauvaises herbes et, si le mois de mai est sec, des arrosages au moment de la formation des bulbes suffiront à obtenir une culture pleine de vigueur. (**La ferme de sainte Marthe**)

5.6 - Irrigation

L'ail est sensible au manque d'eau ; les sols doivent recevoir environ 2,5 cm d'eau par semaine pendant toute la saison de végétation ; les sols sablonneux, ils demandent 5 cm d'eau ou plus pendant les périodes de temps chaud et sec.

Ce manque d'eau peut causer une baisse de rendement surtout au moment de la bulbaison
En matin ou en début d'après-midi, le moment indiqué pour l'irrigation qui se laisse au feuillage
le temps de sécher avant la tombée de la nuit.

À l'approche de la récolte, pendant la maturation de l'ail ; Cesser l'irrigation pour but de faciliter la récolte et de réduire le risque de détérioration des bulbes et d'apparition de taches sur les feuilles extérieures formant la gaine du bulbe. (Allen, 2009)

5.7 - Suppression de la hampe et entretien

Les cultivateurs doivent supprimer la hampe florale de chaque pied lorsqu'elle est produite par la variété plantée. Pour cela il suffit de la couper à sa base juste après son enroulement (vers le début du mois de juin). Si la hampe florale est laissée, le bulbe va dépenser inutilement de l'énergie dans la croissance (la tige va se redresser et devenir rigide) pour former des bulbilles, il sera alors plus petit.

On parle d'un rendement diminué de 30% si la tige florale n'est pas supprimée. (Allen, 2009)

Les hampes florales fraîchement coupées sont encore jeunes et tendres, et peuvent être commercialisées car elles sont savoureuses, c'est ce qu'on appelle les jeunes fleurs d'ail. On peut les cuire pour les manger comme un légume, ou les consommer crues en les hachant finement pour assaisonner les plats.






L'ail ne doit pas manquer d'eau au cours de sa croissance. On conseille d'arrêter l'irrigation deux semaines au moins avant la récolte, ceci pour faciliter la récolte et garder des bulbes sans tâches. (Allen, 2009)



Figure 18 : Hampe d'ail prête à être supprimée

5.8 - Variétés d'ail

Tableau 8: Les variétés de l'ail par Marie Pascale Beaudoin 2019






| Variété | Tunique e bulbe | Tunique caïeu | Nombre de caïeu | Fleur | Dormance | Conser vation | |
|--------------------------|---|---|--------------------|---|----------------|------------------|---|
| Porcelaine | Blanc satiné | Dorée-brun avec des lignes pourpre, enveloppe étroite | 4-6 | Hampe florale qui fait ¾ tour | Faible-moyenne | 6-9 mois |  |
| Rocamboles | Blanc à beige foncé | Blanc – beige foncé (relâchées) | 6-11 | Formation de 2 enroulements | Faible | 4-6 mois |  |
| Strié pourpre standard : | Striés ligne mauve, blanche, épaisse | Striés ligne mauve, | 8-12 | Angles larges | Moyenne | 6 mois |  |
| Turban | Blanc semi-lustré, ligne mince anthocyane | Blanc, tunique semi-lustré | 6-7 gros | Grande variabilité présence ou absence | Faible | 4 mois |  |
| Asiatique | Blanc semi-lustré, ligne mince anthocyane | Blanc, tunique semi-lustré | 9-12 | Pas de pattern au niveau de l'enroulement, grande variabilité | Faible | 4 mois |  |


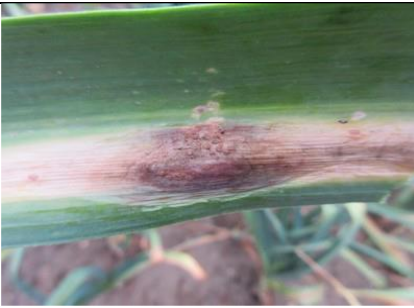



| | | | | présence ou absence | | | |
|------------|---|--|---|----------------------|-------|-----------------|--|
| Créole | Blanche et épaisse | Rose-rouge-pourpre spectaculaire | Gros 8-12 | Souvent non présente | Forte | 12 mois, longue |  |
| Sylverskin | Très blanche peu variable, texture fine papyracée | Blanc, tunique épaisse semi-lustré plusieurs couronnes | 12-20 caïeux de grosseurs différentes | Absente | Forte | 12 mois, longue |  |
| Artichaut | Très blanche | Blanc, tunique épaisse semi-lustré | 12-20 caïeux de grosseurs différentes sur 3-5 couronnes | Absente | Forte | 12 mois, longue |  |

5.9 - Maladies et ravageurs de l'ail

Tableau 9: Maladies et ravageurs de l'ail

| Type | Agent pathogène | Symptômes | Lutte | Epoque |
|------|-----------------|-----------|-------|--------|
| | | | | |

| | | | | |
|--------------------|--|--|--|--|
| Pourriture verte | Des champignons de type <i>Penicillium</i> |  | Ne pas provoquer de blessures lors de l'égoussage. Favoriser une levée rapide. | Les hivers secs et les sols soufflés, mal structurés, peu affinés. |
| Pourriture blanche | Un champignon <i>Sclerotium cepivorum</i> |  | Semences certifiées. Rotation d'au moins 5 ans. | Début mai Début juin |
| Rouille | Un champignon <i>Puccinia allii</i> |  | Pas de produit agréé par le cahier des charges de l'AB et homologué. | Mi-mars Mi-avril Mai et juin, |
| Café au lait | Une bactérie <i>Pseudomonas salomonii</i> |  | Aucune. Eviter les excès d'azote et l'irrigation tardive. | Mi-avril Mi-mai Après la récolte |
| Fusariose | Champignons du genre <i>Fusarium</i> |  | Eviter les chocs sur les bulbes. Conserver à froid (0° C) | 15 août au septembre |

| | | | | |
|---------------------------|---|--|---|---|
| Viroses | <p>Nombreux virus :</p> <p>OYDV ;</p> <p>LYSV ;</p> <p>GDV ;</p> <p>GarV ; IYSV</p> |  | <p>Utilisation de semences certifiées.</p> <p>Les traitements insecticides sont inefficaces</p> | <p>Mi-avril jusqu'au mois de juin</p> |
| Maladie des taches brunes | <p>Des champignons <i>Stemphylium vesicarium</i> et <i>Alternaria porri</i></p> |  | / | <p>Fin mai</p> <p>Parfois au cours des mois d'avril</p> |
| Suie des bulbes | <p>Un champignon <i>Embellisia allii</i></p> |  | Sécher rapidement | <p>Pendant la conservation et le séchage</p> |
| Mouches | <p><i>Delia platura</i> et <i>Delia florilega</i></p> |  | Pièges | <p>En février et mars</p> |
| Acariens de conservation | <p>Acarien <i>Aceria tulipae</i></p> |  | <p>Eviter les chocs sur bulbes.</p> <p>Thermothérapie sur semences</p> | <p>Mi-avril</p> <p>Et pendant la conservation</p> |

CHAPITRE VI : RECOLTE ;
CONDITIONNEMENT ;
STOCKAGE ET USAGES

6.1 - Récolte

Les multiples utilisations de l'ail permettent d'étaler la récolte sur plusieurs mois. On récoltera l'ail dès que les feuilles commenceront à jaunir, entre 4 et 9 mois selon la période de plantation des caïeux. Intervenir de préférence par temps sec et ensoleillé. Pour une plantation d'automne, on peut récolter :

- dès avril : les ailles (ou jeunes plants), obtenus en arrachant la plante avant la formation du bulbe, sont délicieux à la croque au sel ou hachés dans les salades, les fromages blancs... ; les feuilles, coupées comme la ciboulette, servent à parfumer salades et omelettes.

- en mai : récolte en vert au fur et à mesure des besoins de la cuisine. Les plantes bien vertes issues de plants certifiés permettent de consommer aussi bien le bulbe que les feuilles.

- à partir de fin juin : récolte à maturité, suivie d'un séchage de quelques jours à l'ombre (le soleil provoque des brûlures et diminue la conservation), avant de faire des bottes ou des tresses.

(La ferme de sainte marthe)



Figure 19 : Jaunissement de feuillage pour la récolte (garden betty)

6.2 - Le séchage

Dès que l'ail est récolté, il faut s'assurer de le sécher adéquatement et rapidement. Ce séchage, en plus de permettre à la variété utilisée de développer sa coloration caractéristique, a pour but de prévenir le développement des maladies.

On considère qu'un bulbe d'ail est sec lorsque toutes ses pelures, incluant le collet, sont parfaitement sèches de même que la structure interne (les restes du plateau racinaire) sur laquelle sont fixés les caïeux. Seuls ces derniers doivent demeurer humides et turgescents.

Le séchage des bulbes est généralement effectué au complet dans un bâtiment comme une vieille grange, à l'abri du soleil et de la pluie. (Érard et Villeneuve, 2012)

6.3 - Façons de bien conserver et stocker l'ail

Pour une conservation de l'ail optimale, il est impératif que les têtes soient parfaitement propres et intactes. Commencez par trier la récolte pour éliminer celles montrant des signes de moisissure avant qu'elles ne contaminent le reste.

Les tresses

La meilleure façon de conserver l'ail est de tresser son feuillage. En plus de se révéler pratique, cette méthode traditionnelle est également très esthétique. Les tresses décoreront votre cuisine et se garderont intactes très longtemps à une température voisine de 18° à 20°C. L'ail doit cependant être tressé rapidement après la récolte car, si ses feuilles sèchent trop, elles sont alors cassantes.



Figure 20 : Tressage de l'ail (les mouvements zero)

Les bottes

Il est également possible de regrouper l'ail en bottes. Veillez à ne pas trop les serrer pour assurer une bonne ventilation. Suspendez-les ensuite dans un endroit sec et aéré. Attention à ne pas les stocker longtemps à même le sol, l'humidité favorise dans ces conditions l'apparition rapide de moisissures.

Stockage en cagettes

C'est l'une des méthodes de conservation les plus simples. L'ail se conserve de cette manière entre 6 et 9 mois. Retirez l'ensemble du feuillage quand il a complètement séché. Ensuite, rangez l'ail dans les cagettes et stockez-les sur une étagère, dans un garage à la fois sombre et sec. Pensez à surveiller les températures : après une période de froid, l'ail redémarre son cycle de végétation.

(Nunez, 2020)

6.4 - Rotation de cultures

- Besoin de 4 à 5 ans sans liliacées dans la parcelle ;
- Besoin en fertilisation modéré permettant de finir d'utiliser la fertilisation de cultures plus exigeantes (Pdt, courges, fraises);
- Les engrais verts sont intéressants avant la plantation pour :
 - ❖ Réduire l'incidence de mauvaises herbes ;
 - ❖ Réduire l'érosion ;
 - ❖ Apport fertilisant.

(Chauvette, 2020)

6.5 - La commercialisation

L'ail est disponible et consommable sous différentes formes :

- ❖ Les feuilles : elles sont à récolter vers la mi-mars à mi-avril, avant l'apparition de la tige florale pour qu'elles soient tendres et gardent leur gout. **(Bachmann, 2001)**
- ❖ Les jeunes fleurs d'ail : c'est la hampe florale tout juste enroulée coupée vers début juin. **(Bachmann, 2001)**
- ❖ L'aillet : c'est la jeune pousse d'ail de l'ail planté à l'automne, qui sort de terre juste au début du printemps alors que les bulbes ne sont pas encore formés. Il est très apprécié des gourmets. **(Kremar, 2008)**

- ❖ L'ail vert : il est également appelé ail frais ou ail nouveau. C'est l'ail que l'on vient juste de récolter, au printemps ou début de l'été. Il est fragile et doit être mis en vente dans les 24 heures. **(aNIail)**
- ❖ L'ail fumé : c'est la spécialité de la ville d'Arleux du Nord de la France. Une fois tressé, l'ail est mis à suspendre au-dessus de feux de tourbe pendant une dizaine de jours. Ce fumage va lui procurer une couleur et un parfum caractéristique, et augmenter sa conservation. **(Kremar, 2008)**
- ❖ L'ail sec : c'est le plus courant. Il est disponible sur les marchés à partir de mi-juillet. **(aNIail)** On le trouve sous forme de tresses d'ail, de bouquets, de plateaux, sacs de 5 kg, filets à 3 têtes, barquettes ou vendu au détail en bulbe entier ou gousse séparée.

6.6 - Les conditions optimales de séchage et d'entreposage de l'ail (Mario Leblanc dans MAPAQ)

Tableau 10: Les conditions optimales de séchage et d'entreposage de l'ail (Mario Leblanc dans MAPAQ)

| Étapes et conditions recommandées | Commentaires |
|---|--|
| <p>Séchage</p> <p>Températures : 30 °C pour les premiers jours ; 20 à 25 °C par la suite.</p> <p>Ventilation : élevée et continue pour au moins trois semaines</p> | <p>L'étape à 30 °C accélère le séchage et réduit le risque de développement de la pourriture du col.</p> <p>Vitesse d'air de 0,13 m/sec recommandée pour l'ail récolté dans des caisses-palettes.</p> |
| <p>Entreposage au chaud</p> <p>Température : 15 à 25 °C</p> <p>Humidité : 70 %</p> <p>Ventilation : pour uniformiser la température et l'humidité</p> | <p>Une température entre 15 et 18 °C conviendrait à la plupart de nos variétés.</p> <p>Plus la température est élevée, plus il est difficile de maintenir le taux d'humidité recommandé, ce qui favorise la déshydratation des caïeux.</p> |
| <p>Entreposage au froid</p> <p>Température : 0 à -1 °C</p> <p>Humidité : 60 à 70 %</p> | <p>Les caïeux risquent de geler à partir de - 1,5 °C.</p> |

| | |
|---|--|
| Ventilation : pour uniformiser la température et l'humidité | <p>Le taux d'humidité a tendance à augmenter à ces températures ; le défi est de le maintenir bas.</p> <p>Nécessite des appareils de mesure précis et, un suivi serré ou des équipements de contrôle sophistiqués.</p> |
|---|--|

6.7 - Usage

L'A. *Sativum* est largement utilisé en cuisine, cette plante est placée dans la même catégorie que les oignons, les poireaux et les échalotes. L'ail est utilisé comme épice ou condiment, il est commercialisé sous différentes formes tel que la forme poudre, jus, ou bien sous forme d'huile.

L'origine de l'ail se perd dans les méandres de l'histoire, il est lié à la mythologie, la religion l'histoire de nombreux pays. On suppose qu'il est natif de l'Asie centrale ou d'Inde du nord, il est connu chez eux depuis des siècles pour ces vertus médicinales. Les sumériens l'ont cultivé depuis plus de 5000 ans. En Amérique centrale, les Mayas l'utilisent contre les parasites intestinaux, par application de cataplasme sur le ventre (**Harris et al., 2001**). En Egypte ancienne, ils l'ont utilisé comme fortifiant pour prévenir certaines infections (**Teuscher et al., 2005**).

On la retrouve aussi, dans la tombe de Toutankhamon (**Song et al.,2007**) et dans les mythologies gréco-romaines (Légende et Toison d'or, l'Odyssée, chant X...). Ces derniers lui ont attribué un pouvoir fortifiant et l'ont donné à manger pour leurs soldats en compagnie. Cette plante est consommée en grandes quantités chez les athlètes grecs pour ces propriétés de vasodilatation et de broncho-dilatation, qui a un intérêt évident d'améliorer les performances sportives (**Harris et al.,2001**).

Selon Pline l'ancien « il neutralise tous les venins, guérit la lèpre, l'asthme, la toux », donc il a été utilisé contre la peste, le choléra, le typhus, la fièvre typhoïde, les gripes et autre épidémie avec l'efficacité que l'on devine, aussi il a été prescrit comme stimulant de l'appétit et de la digestion et aussi comme diurétique. D'ailleurs, l'huile essentielle de caïeux est réputée pour lutter contre l'infection pulmonaire. Pour l'usage externe, cette huile permet de désinfecter les plaies et de favoriser leurs cicatrifications (**Arvy et Gallouin, 2003**). L'A. *sativum* a été considérée comme la « thérapie du pauvre », capable de soigner tous les maux, à bien peu de

frais (**Teuscher et al., 2005**). Cette plante miraculeuse a apparié même dans le saint coran pour ses vertus médicinales (**Younos et bellakhdar, 1993**).

En usage externe, il était utilisé comme rubéfiant et antiseptique. Actuellement, il est considéré dans les thérapeutiques douces comme antiseptique local, bactéricide et vermifuge...et des extraits de bulbes de l'ail (élusanes) sont commercialisés sous forme de gélules.

CHAPITRE VII : PROBLEMES ET
SOLUTIONS

7.1 - Problématique

- Absence de semences certifiées
- Gamme variétale très réduite.
- Problèmes de main d'œuvre
- Absence de mécanisation
- Récolte avant maturité (non conservable)
- Filière non organisée

7.2 - Solutions

En premiers : le stockage en chambre froide

Le stockage au froid de l'ail (en chambre froide, conteneur frigorifique...) est une pratique qui se développe au sein des trois bassins de production. En permettant une maîtrise des conditions de température et d'hygrométrie, le stockage au froid apparaît comme un levier intéressant pour :

- améliorer la conservation de l'ail d'un point de vue sanitaire, et plus particulièrement par rapport aux acariens et la fusariose. Dans le cas des acariens, le zéro de développement se situe autour de 6°C. Le développement de la fusariose est quant à lui fortement réduit voire même stoppé en-dessous de 4°C.

Néanmoins, le champignon reste viable et peut potentiellement reprendre son cycle de développement si les conditions sont favorables en sortie (optimum de développement aux alentours de 25°C) ;

- pour limiter l'évolution physiologique du bulbe et améliorer la durée de conservation de l'ail. En effet, le stockage de l'ail au froid permet d'exposer les bulbes à des conditions de températures non favorables à la reprise d'activité (levée de dormance). Pour rappel, la levée de dormance et l'initiation du germe et des racines est provoquée par l'exposition des bulbes à une température comprise entre 5 et 10°C pendant plus ou moins 4 semaines (température optimale pour la levée de dormance = 7°C) ;

- mais aussi : limiter la perte de poids au cours du stockage, maintenir les qualités organoleptiques, permettre une meilleure organisation du travail...

Néanmoins, si cette pratique présente de nombreux intérêts, elle se doit d'être maîtrisée. En effet, une mauvaise gestion peut avoir pour conséquence une altération partielle voire totale de la qualité des bulbes : émission des racines, émission du germe, développement de maladies, déshydratation et perte de poids, flétrissement et détérioration des tuniques... A ce jour, peu de références sont encore disponibles. **(Bulletin de santé du végétale ail)**



Figure 21 : Stocker l'ail dans la chambre froide 1 (made in china)



Figure 22 : Stocker l'ail dans la chambre froide 2 (made in china)



Figure 23 : Une chambre froide à l'extérieur (made in china)

Deuxièmement : améliorés la production sous serre d'ail pour couvrir une production annuelle ; pour un milieu favorable pour cultiver l'ail. Cultiver de l'ail sous serre offre un accès rapide et constant à un prébiotique naturel qui contrecarre efficacement de nombreuses maladies, renforce le système immunitaire, inhibe la croissance des bactéries et des infections. **(Krosagro)**



Figure 24 : Cultivation de l'ail dans une serre

Troisième des choses : il faut que utilisés et cultiver des variétés étrangères de l'ail et n'est seulement les variétés locales.

Avec l'importance d'éviter les travaux cultureux traditionnels et amélioré les moyens modernes avec des semences saine et certifiée.

CONCLUSION

L'ail (*Allium sativum* L), est une espèce végétale aromatique appartenant à la famille des Alliacées connue pour son usage culinaire et médicinal depuis l'antiquité. Elle est originaire du côté nord-ouest des montagnes Tien-Shan de Kirgizia dans les zones arides et semi arides d'Asie centrale (Kazakhstan).

C'est une espèce à multiplication végétative qui aurait perdu son aptitude à la multiplication sexuée au cours de la diversification des Alliums.

La culture de l'ail est pratiquée dans les régions tempérées et subtropicales du monde entier. Sa multiplication se fait à partir des caïeux. Ces derniers doivent être à peine recouverts de terre, environs 3 centimètres, lors de la plantation. Cependant l'ail est cultivé sur environ 380000 ha, dans les deux hémisphères. Il occupe le 14ème rang parmi les 15 espèces légumières les plus cultivées dans le monde avec une production assez stable de 2,7 millions de tonnes.

L'essentiel de la production mondiale (80%) sont très dispersées mais se limitent aux zones bénéficiant d'un climat méditerranéen.

La république populaire de Chine est le plus grand producteur d'ail au monde avec une production de 23 305 888 tonnes par an. L'Algérie, figure parmi les premiers pays du monde (14ème) les plus producteurs de l'ail et la deuxième en Afrique (170930 tonnes) ce qui montre que cette plante est très importante dans le marché algérien puisqu'elle est cultivée dans diverses régions du pays.

Cependant il est le deuxième légume le plus consommé après l'oignon, mais sa consommation a tendance à décroître légèrement depuis quelques années à cause de plusieurs facteurs tels que des problèmes techniques et de gestion pour fonctionner normalement et répondre aux objectifs.

En effet, une grande partie de la production de l'ail est destinée à la commercialisation, avec un degré d'appréciation de la rentabilité de la culture élevé par rapport

à celui des autres cultures rencontrées dans le milieu. Le prix d'une mesure de l'ail variant en fonction des saisons culturales et de la quantité de la production au cours de l'année.

En majeure partie, les cultivateurs d'ail ne bénéficient d'aucune assistance dans le cadre de l'encadrement et font généralement face à un manque des bonnes variétés et des problèmes des maladies qui touchent leur culture ainsi qu'au marché d'écoulement de leurs produits de récolte ; une situation qui se révèle comme principale contrainte dans cette culture de l'ail.

La perturbation de production est imputable à plusieurs facteurs dont les principaux sont l'absence circuit fiable de production de stockage de semences certifiées et du manque de Technicité et l'indisponibilité de matériels végétal (gamme variétale très réduite).

Au terme de notre étude nous formulerons comme recommandations :

- un encadrement des cultivateurs d'ail de la part du pouvoir publique et autres organisations privées qui permettra d'améliorer les différentes pratiques adoptées par ces premiers afin d'accroître leur production ;
- Une réorientation des produits de récolte de la culture de l'ail à travers soit des structures de groupes des cultivateurs afin que ces derniers puissent en tirer profit en disposant un cadre leur permettant d'assurer la vente de leurs produits d'une manière régulière durant toute l'année.

Références

- AGRIOS N., Georges ;1997; Plant Pathology, San Diego, California, Academic Press, 635 p.
- Ail ; passeport santé nutrition
https://www.passeportsante.net/fr/Nutrition/EncyclopedieAliments/Fiche.aspx?doc=ail_nu
- Allen J. 2009 ; La culture de l'ail
- Allison GL, Lowe GM, Rahman K. 2006; Aged garlic extract and its constituents inhibit platelet aggregation through multiple mechanisms. *J Nutr.* 136(3 Suppl):782S - 788S.
- Allison GL, Lowe GM, Rahman K. 2012; Aged garlic extract inhibits platelet activation by increasing intracellular cAMP and reducing the interaction of GPIIb/IIIa receptor with fibrinogen. *Life Sci.* 91(25–26):1275-80.
- Amagase H. 2006; Clarifying the Real Bioactive Constituents of Garlic. *J Nutr.* 136(3):716S -725S.
- aNIail. aNI ail : Association Nationale Interprofessionnelle de l'Ail [Internet]. [cité 13 oct 2015]. Disponible sur: http://www.ail-de-caractere.fr/?p=ail_qui_es_tu
- Asdaq SMB, Inamdar MN. 2009; The potential for interaction of hydrochlorothiazide with garlic in rats. *Chem Biol Interact.* 181(3):472-9.
- Bachmann J cultivar l'ail biologique <https://www.yumpu.com/fr/document/read/42032938/cultiver-lail-biologique-centre-dagriculture-biologique-du-canada>
- Botineau M. 2010 ; Botanique systématique et appliquée des plantes à fleurs. Paris: Éd. Tec & Doc; 1335p.
- Botineau M. Botanique systématique et appliquée des plantes à fleurs. Paris: Éd. Tec & Doc; 2010, 1335p.
- Bruneton J. 2002, Phytothérapie : les données de l'évaluation. Paris: Éditions TEC & DOC; 242p.
- Bruneton J. 2009, Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales. 4e éd. Paris; Cachan: Éd. Tec & doc ; Éd. médicales internationales; 1269p.
- Bruno Nunez ; 12 juin 2020 ; Comment conserver l'ail après la récolte ? dans jardipartage
- Budoff M. Aged Garlic Extract Retards Progression of Coronary Artery Calcification. *J Nutr.* 2006;136(3):741S - 744S.
- Bulletin de santé du végétale – AIL Hors-Série BILAN 2016
- Bulletin de santé du végétale ail ; optimiser la conservation de l'ail sec
https://draaf.occitanie.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/bsv_ail_hs_juillet_2021_fiche_conservation-2_cle81a1da.pdf
- Burba J.L., 1995. Panorama mundial y nacional de variedades de ajo : posibilidades de adaptacion. IV corsotaller sobre produccion, comercializacion y industrializacion del ajo. Estacion exp. Agropecuaria La Consulta –
- Callery, E. (1998). Le grand livre des herbes : un guide pratique de la culture et des vertus de plus de 50 plantes. France :Konemann. P : 55-56.
- Cavagnaro, P. F., Camargo, A., Galmarini, C. R., & Simon, P. W. 2007 ; Effect of cooking on garlic (*Allium sativum* L.) antiplatelet activity and thiosulfinates content. *Journal of agricultural and food chemistry*, 55(4) : 1280-1288.

Chaux Cl. , Foury Cl., 1994 ; Production légumière - tome1 Généralités (série Agriculture d'aujourd'hui) Edition Tec et Doc Lavoisier Paris, Londres, New York.

Clement J.M., 1981 ; «Larousse agricole » Librairie Larousse Paris p1208.

Corzo-Martínez M, Corzo N, Villamiel M. 2007; Biological properties of onions and garlic Trends Food Sci Technol. 18(12):609-25.

Corzo-Martínez M, Corzo N, Villamiel M. 2007; Biological properties of onions and garlic. Trends Food Sci Technol. 18(12):609-25.

Cultivation de l'ail sous serre <https://ail-echalote-certifiee.org/france-pays-qualite-plant-ail-echalote/>

Davis SR, Perrie R, Apitz-Castro R. 2003; The in vitro susceptibility of *Scenedosporium prolificans* to ajoene, allitridium and a raw extract of garlic (*Allium sativum*). J Antimicrob Chemother. 51(3):593-7.

Desfemmes C. Ail d'ornement [Internet]. gerbeaud.com. 2013 [cité 30 oct 2015]. Disponible sur: <http://www.gerbeaud.com/jardin/fiches/ail-ornement,1154.html>

Dethier B. 2009, Contribution à l'étude de la synthèse de l'alliine de l'ail [Travail de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme de master bioingénieur en chimie et bio-industries]. Université de Liège; 106p.

Doctissimo - Ail

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

Eidi A, Eidi M, Esmaeili E. 2006; Antidiabetic effect of garlic (*Allium sativum* L.) in normal and streptozotocin-induced diabetic rats. Phytomedicine. 13(9–10):624-9.

Érard, P. et F. Villeneuve. 2012 L'ail. Centre technique interprofessionnel des fruits et légumes (Ctifl), Coll : hortipratic, 192 p.

Eureka Santé par Vidal. Arginine [Internet]. 2014 [cité 17 déc 2015]. Disponible sur: <http://eurekasante.vidal.fr/parapharmacie/complements-alimentaires/l-arginine.html>

FAO STAT www.fao.org

Fischer, G., 1995, *Allium sativum* and *Allium ursinum*: Part 1 Chemistry, analysis, history, botany. Phytomedicine, vol 4, pp 323-339.

Gaber El-Saber Batiha, Amany Magdy Beshbishy, Lamiaa G Wasef , Yaser H A Elewa, Ahmed A Al-Sagan, Mohamed E Abd El-Hack, Ayman E Taha, Yasmina M Abd-Elhakim, Hari Prasad Devkota, 2020; Chemical Constituents and Pharmacological Activities of Garlic (*Allium sativum* L.)

Gebhardt R, Beck H, Wagner KG. 1994; Inhibition of cholesterol biosynthesis by allicin and ajoene in rat hepatocytes and HepG2 cells. Biochim Biophys Acta BBA - Lipids Lipid Metab. 1213(1):57-62.

GergesGeaga, A. (2015). Les Bienfaits de l'Ail sur la Santé. HUMAN & HEALTH.31:46 47.

Guide des plantes qui soignent, édition Vidal, 2010.

Guo JJ, Kuo CM, Chuang YC, Hong JW, Chou RL, Chen TI. 2012; The effects of garlic supplemented diets on antibacterial activity against *Streptococcus iniae* and on growth in orange-spotted grouper, *Epinephelus coioides*. Aquaculture. 364–365:33-8.

HAS (Haute Autorité de Santé). Dépistage de l'infection à *Helicobacter pylori* [Internet]. 2010. Disponible sur:

http://www.hassante.fr/portail/upload/docs/application/pdf/20108/argumentaire_depistage_de_linfection_a_helicobacter_pylori.pdf

Hasan N, Siddiqui MU, Toossi Z, Khan S, Iqbal J, Islam N. 2007; Allicin-induced suppression of Mycobacterium tuberculosis 85B mRNA in human monocytes. Biochem Biophys Res Commun. 355(2):471-6.

Herbazest

<https://www.herbazest.com/herbs/garlic#:~:text=Economic%20Data,devoted%20to%20its%20production%20worldwide.>

Hou L, Liu Y, Zhang Y. 2015; Garlic intake lowers fasting blood glucose : meta-analysis of randomized controlled trials. Asia Pacif J Clin Nutr. 24(4):575-82.

Josling P. 2001; Preventing the common cold with a garlic supplement: a double-blind, placebocontrolled survey. Adv Ther. 18(4):189-93.

Kremer M. 2008, L'ail : saveurs et vertus. Paris : Grancher ; 170p.

Krosagro ; 2018 ; Comment cultiver de l'ail sous abris ; 17 septembre <https://krosagro.com/fr/cultures-sous-abri/culture-de-lail-sous-abri/#:~:text=Cultiver%20de%20l'ail%20sous%20serre%20offre%20un%20acc%C3%A8s%20rapide,des%20bact%C3%A9ries%20et%20des%20infections.>

Kwak JS, Kim JY, Paek JE, Lee YJ, Kim H-R, Park D-S, et al. 2014; Garlic powder intake and cardiovascular risk factors: a meta-analysis of randomized controlled clinical trials. Nutr Res Pract. 8(6):644-54.

Kyung KH. 2012; Antimicrobial properties of allium species. Curr Opin Biotechnol. 23(2):142 -7.

L'ail : guide de production sous régie biologique :2009

La ferme de sainte marth « l'ail » <https://www.fermedesaintemarthe.com/pdf/ail.pdf>

Liu L, Yeh Y-Y. 2002; S-alk(en)yl cysteines of garlic inhibit cholesterol synthesis by deactivating HMG-CoA reductase in cultured rat hepatocytes. J Nutr. 132(6):1129-34.

Maurice S. 2015 ; Cultivez votre ail [Internet]. Ail Québec - Association des producteurs. [cité 13 oct 2015]. Disponible sur: <http://ail.quebec/decouvrez-ail-du-quebec/cultiver-votreail/>

Mehrbod P, Amini E, Tavassoti-Kheiri M. 2009; Antiviral Activity of Garlic Extract on Influenza Virus. Iran J Virol. 3(1):19-23.

Mendoza - Argentine. 27 pp.

Messiaen C.M. et al., 1993 ; Variétés d'ail et modes de culture. In: « Les allium alimentaires reproduits par voie végétative », Éditions IN RA: 165-192.

Minker C. 2012, Ail et autres alliées : un concentré de bienfaits pour votre santé, votre beauté et votre jardin. Eyrolles. Paris: Eyrolles; 157p.

Nwokocha CR, Owu DU, Nwokocha MI, Ufearo CS, Iwuala MOE. 2012; Comparative study on the efficacy of Allium sativum (garlic) in reducing some heavy metal accumulation in liver of wistar rats. Food Chem Toxicol. 50(2):222-6.

OMAFRA., 2002. Fiche technique : La culture de l'ail

Omar SH, Al-Wabel NA. 2010; Organosulfur compounds and possible mechanism of garlic in cancer. Saudi Pharm J. 18(1):51-8.

Pascale Beaudoin. 2019 ; Les variétés de l'ail; consillère en horticulture au MAPAQ saguenay Lac st jean

Piscitelli SC, Burstein AH, Welden N, Gallicano KD, Falloon J. 2002;The effect of garlic supplements on the pharmacokinetics of saquinavir. Clin Infect Dis Off Publ Infect Dis Soc Am. 2002;34(2):234-8.

Piscitelli SC, Burstein AH, Welden N, Gallicano KD, Falloon J. 2002; The effect of garlic supplements on the pharmacokinetics of saquinavir. Clin Infect Dis Off Publ Infect Dis Soc Am. 34(2):234-8.

PROTA. *Allium sativum* L. [Internet]. PROTA (Plant Resources of Tropical Africa).

Qi R, Liao F, Inoue K, Yatomi Y, Sato K, Ozaki Y. 2000;Inhibition by diallyl trisulfide, a garlic component, of intracellular Ca²⁺ mobilization without affecting inositol-1,4,5-trisphosphate (IP₃) formation in activated platelets. Biochem Pharmacol. 60(10):1475-83.

Renaud V. Tous les légumes courants, rares ou méconnus, cultivables sous nos climats Les éditions Eugen Ulmer Paris,2003, p 224.

Renaud V., 2003 ; Tous les légumes courants, rares ou méconnus, cultivables sous nos climats Les éditions Eugen Ulmer Paris p 224

Reuter H.D., Koch, H.P, and Lawson, L.D. 1996; Therapeutic effects and applications of garlic and its preparations In Garlic. The Science and Therapeutic Application of *Allium sativum* L. and Related Species, 2nd Ed., ed., H.P. Koch and L.D. Lawson, Williams & Wilkins, Baltimore.

Sam Chauvette ; agronome, ; 2020-02-25 ; Conditions pour réussir la culture de l'ail
https://www.mapaq.gouv.qc.ca/SiteCollectionDocuments/Regions/CentreduQuebec/INPACQ2020/Culture_de_l_ail.pdf

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

Schou C. 2000; Garlic: A Taste for Health [Internet]. [cité 22 août 2015]. Disponible sur:
<http://opensiuc.lib.siu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1488&context=eb1>

Schou C. Garlic: A Taste for Health [Internet]. 2000 [cité 22 août 2015]. Disponible sur:
<http://opensiuc.lib.siu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1488&context=eb1>

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

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

Shadkchan Y, Shemesh E, Mirelman D, Miron T, Rabinkov A, Wilchek M, et al. 2004; Efficacy of allicin, the reactive molecule of garlic, in inhibiting *Aspergillus* spp. in vitro, and in a murine model of disseminated aspergillosis. J Antimicrob Chemother. 53(5):832 -6.

Shin I-S, Hong J, Jeon C-M, Shin N-R, Kwon O-K, Kim H-S, et al. 2013; Diallyl-disulfide, an organosulfur compound of garlic, attenuates airway inflammation via activation of the Nrf-2/HO-1 pathway and NF-kappaB suppression. Food Chem Toxicol Int J Publ Br Ind Biol Res Assoc. 62:506-13.

Shouk R, Abdou A, Shetty K, Sarkar D, Eid AH. 2014; Mechanisms underlying the antihypertensive effects of garlic bioactives. Nutr Res. 34(2):106-15.

Si Bennasseur Alaoui ; Editor : SB Alaoui et Ajiro Yasuhei ; May 2005 ; Référentiel pour la Conduite Technique de l'ail (*Allium sativum*)

Sivam GP. 2001; Protection against *Helicobacter pylori* and Other Bacterial Infections by Garlic. *J Nutr.* 131(3):1106S - 1108S.

Srivastava KC, Tyagi OD. 1993; Effects of a garlic-derived principle (ajoene) on aggregation and arachidonic acid metabolism in human blood platelets. *Prostaglandins Leukot Essent Fatty Acids.* 49(2):587-95.

Stockage à froid pour l'ail https://fr.made-in-china.com/co_coldroomcn/image_Cold-Storage-Equipment-for-Garlic_rruohyigg_2f1j00FHYRSboJlhkC.html

Suleria HAR, Butt MS, Khalid N, Sultan S, Raza A, Aleem M, et al. 2015; Garlic (*Allium sativum*): diet based therapy of 21st century—a review. *Asian Pac J Trop Dis.* 5(4):271-8.

Vidal. *Le guide des plantes qui soignent.* Issy-les-Moulineaux: Vidal; 2010, 465p.

World Health Organization. *WHO monographs on selected medicinal plants.* Vol. 1. Geneva: World Health Organization; 1999, 289p.

Xiong XJ, Wang PQ, Li SJ, Li XK, Zhang YQ, Wang J. 2015; Garlic for hypertension: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Phytomedicine.* 2015;22(3):352-61.

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

Zhang N, Huang X, Zeng Y, Wu X, Peng X. 2013; Study on prebiotic effectiveness of neutral garlic fructan in vitro. *Food Sci Hum Wellness.* 2(3–4):119-23.

Zoom sur le marché mondial de l'ail <https://ail-echalote-certifie.org/zoom-sur-le-marche-mondial-de-lail/#:~:text=La%20plupart%20des%20exportations%20se,a%20acquis%20une%20renomm%C3%A9e%20internationale.>