

République Algérienne Démocratique et Populaire

Université Abdelhamid Ibn
Badis-Mostaganem
Faculté des Sciences de la
Nature et de la Vie



جامعة عبد الحميد بن باديس
مستغانم
كلية علوم الطبيعة و الحياة

DEPARTEMENT DES SCIENCES ALIMENTAIRES

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

Présentée par:

Melle HADDAD Nadia

Pour l'obtention du diplôme de:

MASTER EN SCIENCE ALIMENTAIRE

Spécialité : QUALITÉ DES PRODUITS ET SÉCURITÉ ALIMENTAIRE

THÈME:

Synthèse Verte Des Nanoparticules A Effet Antibactérien

Soutenue publiquement le : 30/06/2024

DEVANT LE JURY:

Président	Mr ZABOURI Younes	Grade	MCA
Examinatrice	Mme CHERRAD Hayet	Grade	MAB
Encadrante	Mme MENAD Najett	Grade	MCA
Co-Encadrante	Mr MOGHTET Snoussi	Grade	U. El Bayadh

Année universitaire: 2023-2024

Thème réalisé au laboratoire pédagogique de biochimie N°2 et au niveau du laboratoire pédagogique de microbiologie N° 2 de la faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

DEDICACE

Je dédie ce travail en premier lieu à mes parents ; mon père « Mechri » et ma mère « BEKKOUCH Fatima » que j'aime tant, sans lesquels je ne serai jamais arrivée là et qui me sont très chers en témoignage à leur soutien pendant toute ma vie car aucun mot ne pourra exprimer ma haute gratitude et profonde affection

À mon seul frère « Hakim » qui est mon soutien dans la vie.

A mes sœurs « Samia, Linda, Zohra, Imène et Aya », pour leur appui et leur encouragement.

Que ce travail soit l'accomplissement de vos vœux tant allégués, et le fruit de votre soutien infaillible.

Une spéciale dédicace à mon ami « BELOUIS Mahmoud » pour son soutien, et ses encouragements.

À tous mes amis de la promo master 02 Qualité des produits et sécurité alimentaire.

À tous ceux qui ont pu m'aider et me soutenir dans ce travail, merci à tous.

HADDAD Nadia

REMERCIEMENTS

Avant tout, je remercie, Dieu tout puissant me donné le courage, la force, la volonté et la patience pour réaliser ce travail.

Au terme de ce modeste travail, je tiens à remercier infiniment et avec gratitude mon encadrante **M^{me} MENAD Najett**, qui a acceptée d'encadrer et de diriger ce travail avec une grande rigueur scientifique, sa patience, ses conseils, sa grande disponibilité tout au long de la réalisation de ce mémoire, ainsi pour le temps qu'il a bien voulu nous consacrer et sans lui ce mémoire n'aurait jamais vu le jour.

Mes sincères remerciements vont également aux membres du jury **Mr ZABOURI Younes** qui a honorés en acceptant de présider le jury ainsi que **M^{me} CHERAD Hayet** qui accepté d'examiner mon travail et de l'enrichir par leurs propositions.

Ensuite d'adresser mes remerciements les plus sincères à **M^{me} Amouria** ingénieur du laboratoire de biochimie n° 02, pour sa gentillesse, ses conseils, aussi pour m'avoir soutenue et encouragée pendant toute la pratique.

Je remercie également **Mr Mohamed** ingénieur du laboratoire de microbiologie n° 02, pour ses conseils pendant toute la pratique.

J'offre mes plus sincères remerciements à toute l'équipe des laboratoires de biochimie où nous avons fait notre travail pratique : **M^{me} Rachida**, **M^{me} Fatima** et **M^{me} Mokhtaria**.

Mes remerciements s'étendent également à toute l'équipe pédagogique de la formation «Qualité des produits et sécurité alimentaire » du département des Sciences Alimentaires, et à tous les professeurs de l'université de Mostaganem, faculté SNV qui nous ont enseigné et qui par leurs compétences nous ont soutenu dans la poursuite de nos études.

On n'oublie pas nos parents pour leur contribution, leur soutien et leur patience.

Enfin, on remercie tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce travail.

Résumé

Les nanoparticules d'argent présentent un intérêt majeur, dû entre autres, à leurs effets antibactériens. La synthèse verte de ces matériaux s'est considérée comme un processus durable, respectueux de l'environnement, sans toxines et biocompatible à laquelle nous sommes intéressés au cours de ce travail.

La synthèse de nanoparticules d'argent a été réalisée en utilisant l'extrait d'*Alluim sativum* avec une solution d'AgNO₃ (1mM). Le virage coloré de verte claire à verte brun, accompagné des pics d'absorption (350-450 nm), a indiqué la formation de nanoparticules.

L'activité antibactérienne des nanoparticules synthétisés a été déterminée par la méthode de diffusion de puits en milieu solide. Les nanoparticules d'argent synthétisés ont été montrés un effet bactéricide très efficace vis-à-vis de *Staphylococcus aureus* avec une zone d'inhibition maximale de 24mm à concentration de 125µg/ml.

Nos résultats confirment que l'extrait de la plante étudiée est efficace dans la synthèse verte de nanoparticules d'argent qui offre la possibilité de l'incorporer comme un agents antibactérienne dans la composition des produits biomédical et pharmaceutiques.

Mots clés : Synthèse verte, Nanoparticules, *Alluim sativum*, Argent, Activité antibactérienne, *Staphylococcus aureus*.

Abstract

Silver nanoparticles are of major interest, due among other things to their antibacterial effects. The green synthesis of these materials is considered to be a sustainable, environmentally friendly, toxin-free and biocompatible process, to which we have turned our attention in this work.

The synthesis of silver nanoparticles was carried out using *Alluim sativum* extract with a solution of AgNO₃ (1mM). The color shift from light green to green-brown, accompanied by absorption peaks (350-450 nm), indicated nanoparticle formation.

The antibacterial activity of the synthesized nanoparticles was determined by the solid-state well diffusion method. Synthesized silver nanoparticles were shown to have a highly effective bactericidal effect against *Staphylococcus aureus*, with a maximum inhibition zone of 24mm at a concentration of 125µg/ml.

Our results confirm that the plant extract studied is effective in the green synthesis of silver nanoparticles, offering the possibility of incorporating it as an antibacterial agent in the composition of biomedical and pharmaceutical products.

Key words: Green synthesis, Nanoparticles, *Alluim sativum*, Silver, Antibacterial activity, *Staphylococcus aureus*.

ملخص

الجسيمات النانوية الفضية لها اهتمام كبير، بسبب آثارها المضادة للبكتيريا. يعتبر توليف هذه المواد عملية مستدامة وصديقة للبيئة وخالية من السموم ومتوافقة بيولوجيًا والتي كنا مهتمين بها خلال هذا العمل.

تم إجراء تخليق الجسيمات النانوية الفضية باستخدام مستخلص *Alluim sativum* بمحلولنتراتالفضة (1mM). يشير المنعطف الملون من الأخضر الفاتح إلى الأخضر البني، المصحوب بقمم امتصاص (350-450nm)، إلى تكوين الجسيمات النانوية.

تم تحديد النشاط المضاد للبكتيريا للجسيمات النانوية المصنعة من خلال طريقة انتشار البئر المتوسطة الصلبة. ثبت أن جسيمات الفضة النانوية المصنعة لها تأثير بكتيري شديد الفعالية ضد المكورات العنقودية الذهبية مع منطقة تثبيط قسوى تبلغ 24mm بتركيز 125µg/ml .

تؤكد نتائجنا أن مستخلص النبات المدروس فعال في التركيب الأخضر للجسيمات النانوية الفضية مما يوفر إمكانية دمجها كعامل مضاد للبكتيريا في تكوين المنتجات الطبية الحيوية والصيدلانية.

الكلمات الرئيسية: التوليف الأخضر، الجسيمات النانوية، *Alluim sativum*، الفضة، النشاط المضاد للبكتيريا، المكورات العنقودية الذهبية.

Table des matières

Dedicace	I
Remerciements	II
Résumé	III
Abstract	IV
ملخص	V
Table des matières	VI
Liste des abréviations	X
Liste des tableaux	XI
Liste des figures	XII

Partie bibliographique

Introduction	1
--------------------	---

Chapitre I : Généralité sur l'Allium sativum

1 Description de la plante :	3
2 Origine :	3
3 La production de l'ail :	4
3.1 Dans le monde :	4
3.2 La place de l'ail dans la production des légumes en Algérie 2018 : ("FAOstat") :	5
3.3 Classification d' <i>Allium sativum</i> :	6
4 Les variétés d'ail :	7
5 Description botanique :	7
6 Appareil végétatif :	8
6.1 Le bulbe :	8
6.2 Racines :	9
6.3 Tige :	9
6.4 Feuilles :	10
7 Composition Biochimique de l'ail :	10
8 Différentes activités d' <i>Allium sativum</i> :	10

8.1	Propriétés préventives vis-à-vis du cancer :	10
8.2	Activité antibactérienne :	11
8.3	Activité anti-oxydant :	11
8.4	Activité anti-inflammatoire :	11

Chapitre II : Les Nanoparticules

1	Nanoscience :	13
2	La nanotechnologies :	13
3	Les nanoparticules :	13
4	Origine des nanoparticules :	14
4.1	Les nanoparticules naturelles :	14
4.2	Les nanoparticules artificielles :	14
4.3	Les nanoparticules accidentelles :	15
5	Les types des nanoparticules :	15
5.1	Nanoparticules Organique :	15
5.2	Nanoparticules inorganiques :	15
6	L'argent :	15
7	Les nanoparticules d'argent :	16
7.1	Définition :	16
7.2	Propriétés des nanoparticules d'argent :	16
7.2.1	Propriétés physiques et chimiques :	16
7.2.2	Propriétés optiques :	17
7.2.3	Propriétés catalytiques :	17
7.2.4	Propriétés biologiques :	17
8	La Synthèse Biologique des Nanoparticules d'argent :	17
8.1	Les bactéries :	17
8.2	Les champignons :	18
8.3	Les plantes :	19
9	Applications des nanoparticules d'argent :	20
9.1	Dentisterie :	20
9.2	Pansements :	20
9.3	Désinfection de l'eau :	21

9.4 Désinfection des surfaces :	21
10 Activités biologiques des nanoparticules d'argent :	21
10.1 Activité antibactérienne :	21
10.2 Activité anti-inflammatoire :	21
10.3 Activité antidiabétique :	22

Chapitre III : La Maladie de Panaris

1 Généralité sur l'infection :	23
2 Définition de panaris :	23
3 Bactériologie et mode de contamination :	24
4 L'évolution de maladie :	24
4.1 Stade d'inoculation ou d'invasion :	24
4.2 Stade phlegmasique :	24
4.3 Stade de collection :	24
5 Les formes cliniques du panaris :	24
6 Les symptômes :	25
7 Le traitement :	25

Partie Expérimentale

Chapitre IV : Matériels et Méthodes

1 L'objectif du travail.....	27
2 Cadre de l'étude.....	27
3 Echantillonnage de la plante.....	27
4 Montage et protocole général de synthèse	28
4.1 Préparation de l'extrait de l'ail	28
4.2 Biosynthèse des nanoparticules d'argent	29
4.2.1 Préparation de solution aqueuse d'AgNO ₃	29
4.2.2 Mode opératoire	29
4.2.3 Caractérisation des NPs d'argent	30
4.3 Evaluation de l'activité antimicrobienne	30
4.3.1 Les souches bactériennes	30
4.3.2 Identification de souche bactérienne	30

4.3.3	Réactivation de l'inoculum de souche bactérienne	31
4.3.4	Méthode de diffusion en puits	31

Chapitre V : Résultats et Discussion

1	Biosynthèse de nanoparticules d'Argent :	32
2	Caractérisation des NPs d'argent :	33
3	Mécanisme de formation des nanoparticules d'argent :	33
4	Détermination de l'activité antibactérienne :	35
	Conclusion	30
	Références bibliographiques	40

Liste des abréviations

Ag	Argent
Ag ⁺	Ion d'argent
AgNO ₃	Nitrate d'argent
AgNPs	Nanoparticules d'argent
ITCM	Institut Technique Des Cultures Maraichères et Industrielles
NPs	Nanoparticules
Vis	Visible

Liste des tableaux

Tableau 1: les principaux 20 pays producteurs d'ail dans le monde 2018 (FAO).....	5
Tableau 2: classification de l'ail commun	7

Liste des figures

Figure 1: Présentation de l'ail.....	3
Figure 2: La production d'ail dans le monde par continents en 2018.	4
Figure 3: Production de légumes en Algérie 2018(FAOstat).....	6
Figure 4: Bulbe d' <i>Allium sativum</i> et ses caïeux	8
Figure 5: Coupe d'un bulbe d'ail cultivé.	9
Figure 6: Racines adventives chez <i>Allium sativum</i>	9
Figure 7: Tige et Feuilles chez l'ail commun.....	10
Figure 8: Gamme de tailles des nanoparticules comparées à celles des principales structures chimiques et biologiques.....	14
Figure 9: Pépite d'argent.....	16
Figure 10: Schéma de principe de la synthèse d'AgNPs à l'aide de bactéries.....	18
Figure 11: Représentation schématique sur la synthèse des nanoparticules d'argent à base de champignons.....	19
Figure 12: Schéma de la synthèse des AgNPs à base des extraits de plante.....	20
Figure 13: Le panaris.	23
Figure 14: Les formes cliniques du panaris :(A) Panaris péri unguéal collecté; (B) Panaris en bouton de chemise; (C) Panaris pulpaire.....	25
Figure 15: Arbre décisionnel de la prise en charge d'un panaris	26
Figure 16: L'ail (photo réelle).....	28
Figure 17: les étapes d'extraction de l'ail	28
Figure 18: La solution de nitrate d'argent préparée	29
Figure 19: Observation du virage de couleur de verte claire à verte brun et la formation d'AgNPs.....	32
Figure 20: Spectre UV-Vis des Ag NPs synthétisées par l'extrait d' <i>Allium sativum</i>	33
Figure 21: Mécanisme de la réaction des d'Ag NPs.	34
Figure 22: Mécanisme de stabilisation d'Ag	34
Figure 23: la bactérie <i>Staphylococcus aureus</i>	35
Figure 24: Pouvoir antibactérienne des AgNPs par la méthode de diffusion en puits vis à vis de <i>S. aureus</i>	36
Figure 25: Diamètre des zones d'inhibition (en mm) en présence des AgNPs vis-à-vis de <i>S. aureus</i>	37

Partie bibliographique

Introduction

Introduction

Les nanosciences et les nanotechnologies représentent l'un des développements les plus prometteurs des sciences de la matière. Le préfixe « nano », qui est dérivé du mot grec « Nanos » signifie « nain » et l'échelle nanométrique représente une partie d'un milliard, un nanomètre est équivalu donc 10^{-9} mètres (Hulkoti et Taranath,2014).

La synthèse de nanoparticules peut être effectuée par diverses méthodes telles que les approches physiques, chimiques et biologiques. En général, les méthodes physiques et chimiques sont considérées comme les meilleures pour obtenir des nanoparticules de taille uniforme avec une stabilité à long terme. Cependant, ces approches sont coûteuses et libèrent des matières toxiques et dangereuses dans l'environnement. une synthèse verte ou synthèse biologique des nanoparticules en utilisant les micro-organismes et les extraits des plantes (Bonnia *et al.*, 2016)est souhaitable pour fournir une voie de synthèse économique, écologique (Ali *et al.*, 2016), facilement disponible et plus propre (Jose et Thomas, 2020).

Ces dernières années, l'épidémie de maladies infectieuses ré-émergentes et émergentes, ainsi que l'augmentation des coûts du système de santé (Weiss, 2002),cela exigé une priorité mondiale pour l'investissement de nouveaux médicaments pour les combattre (Tacconelli *et al.*, 2017), parmi eux : les composés d'argent et leurs dérivés (Quelemes *et al.*, 2013).

L'argent depuis longtemps a été utilisé comme agent antibactérien, antifongique et antiviral car tout en étant très toxiques envers les microorganismes, il est beaucoup moins toxique pour l'homme (Li *et al.*, 2011). Les nanoparticules d'argent (AgNPs) ont été l'un des objets d'étude les plus populaires au cours des dernières décennies années (Yin *et al.*, 2020) en raison de leur potentiel (Rostami Charati *et al.*, 2018 ; Partila et El-Hadedy, 2020).

À ces fins je réalise ce travaux je suis intéressée aux méthodes de synthèse. Mon travail a donc pour objectif de proposer des procédés d'élaboration de nanoparticules d'argent à travers la voie verte simple, économique, rapide et propre vis-à-vis de l'environnement et du manipulateur.J'ai alors adoptée cette méthode en faisant réduire les ions d'argent Ag^+ dans la solution ($AgNO_3$) par les agents de réduction qui se trouve dans l'extraits d' *Allium sativum*

Notre travail est axé sur deux parties principales :

- Une étude bibliographique partagée en trois chapitres :
 - Le premier chapitre concerne des généralités sur la plante l'*Allium sativum*.

- La deuxième chapitre qui décrit une généralité sur les nanoparticules et leurs origines en se basant principalement sur les nanoparticules d'argent leurs propriétés et leurs synthèses biologiques à l'aide des différents modèles biologiques tels que les bactéries, les champignons et les plantes ainsi leurs applications médicales et environnementales et leurs activités biologiques notamment l'activité antibactérienne.
- La troisième chapitre présente la maladie de panaris leur bactériologie, l'évolution de la maladie, les formes cliniques du panaris, les symptômes et le traitement.
- Une étude expérimentale partagée en deux chapitres :
 - Le premier est matériel et méthodes suivie, à savoir: la biosynthèse de nanomatériau d'argent à partir d'extraits de l'ail mélangée avec la solution de nitrate d'argent (AgNO_3) et l'activité antibactérienne.
 - La deuxième présentera les différents résultats qui seront obtenus et leurs discussions.

En fin, nous terminerons par une conclusion.

Chapitre I :
Généralité sur l'Allium
sativum

1 Description de la plante :

L'ail ou *Allium sativum*, est une plante monocotylédone, vivace, faisant partie de la famille des alliacées. C'est une herbe dressée, robuste et pérenne à bulbe de 60 cm de hauteur, avec un bulbe central, couvert d'écaillés à l'aisselle. Le bulbe se compose d'un certain nombre de caïeux ou gousses enfermées dans une peau semblable à du papier (Gambogou *et al.*, 2019).

Les feuilles de cette plante sont longues, plates et lisses avec une lame de feuille à forme cylindrique, creuse, linéaire, plate et solide à sommet aigu (apex acuminé) ; une inflorescence sphérique avec des fleurs colorées blanches ou rose-violacées sur des pédoncules grêles (figure 1) (Gambogou *et al.*, 2019).

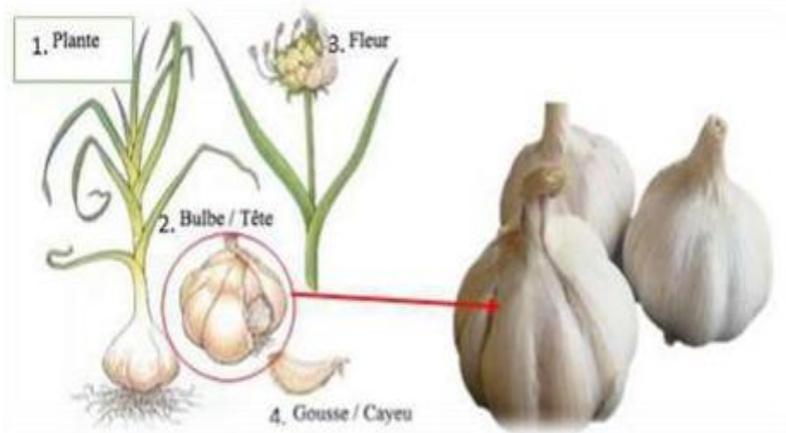


Figure 1: Présentation de l'ail(Gambogou *et al.*, 2019)

2 Origine :

L'ail provient à l'origine d'Asie centrale, mais ayant été introduit très tôt dans de nombreuses civilisations, beaucoup en revendiquent la paternité. Plus précisément, on suppose que son berceau serait situé dans les plaines à l'Est de la mer Caspienne (Kazakhstan, Ouzbékistan et Turkménistan), régions où il pousse encore à l'état sauvage. Il aurait été introduit en Chine par les tribus nomades et se serait propagé jusqu'en Asie du sud-est. Il y a environ 10 000 ans, il s'est répandu progressivement en Extrême-Orient, en Arabie, en Égypte et dans le Bassin méditerranéen, transporté par les marchands au gré des routes commerciales. Ce bulbe est sans doute l'un des légumes les plus anciennement cultivés par l'homme qui l'utilisait autant pour son alimentation que pour sa santé (Geaga, 2015).

3 La production de l'ail :

3.1 Dans le monde :

Selon l'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO) la production de la culture de l'ail au niveau mondial est estimée à un peu plus de 28 millions des tonnes, dans le genre *Allium*, la consommation d'ail se trouve en deuxième position après l'oignon. La production d'ail est très élevée concernant l'Asie. Ce continent arrive en première place avec 26 millions de tonnes d'ail produit en 2018. Suivi par l'Europe, l'Amérique, l'Afrique et pour finir par l'Océanie (figure 2).

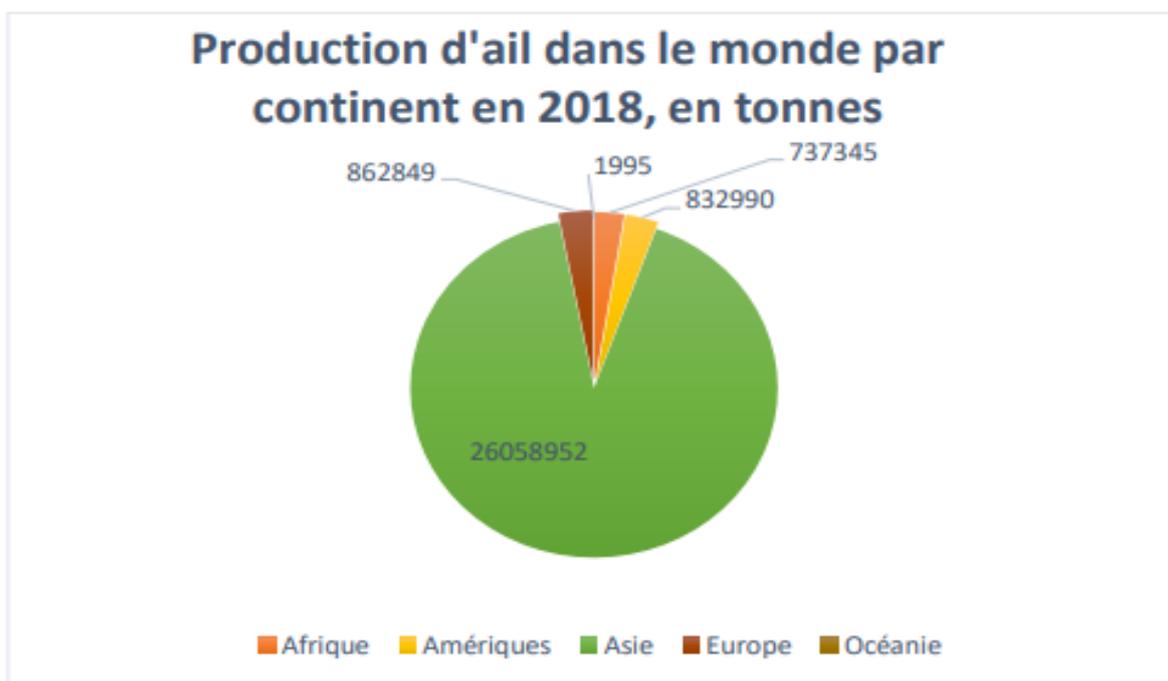


Figure 2: La production d'ail dans le monde par continents en 2018.

Le premier pays producteur étant la chine (81%).bien que l'Algérie occupe la 11^{ème} place en termes de production d'ail et productivité. Le tableau qui va suivre nous présente les principaux 20 pays producteurs d'ail dans le monde en se basant sur le rapport statistique de la FAO de l'an 2018 (tableau 1).

Tableau 1: les principaux 20 pays producteurs d'ail dans le monde 2018 (FAO).

N°	Pays	Quantité en tonnes
1	Chine, continentale	22273802
2	Inde	1721000
3	Bangladesh	461970
4	République de Corée	331741
5	Egypte	286213
6	Espagne	273476
7	Etats-Unis d'Amérique	260340
8	Ouzbékistan	254857
9	Fédération de Russie	211981
10	Myanmar	207094
11	Algérie	202201
12	Ukraine	187020
13	Argentine	148256
14	Turquie	143207
15	Ethiopie	124801
16	Brésil	118837
17	Pérou	104574
18	Mexique	94692
19	Pakistan	81167
20	Thaïlande	74288
Totale	Mondes	28494130

3.2 La place de l'ail dans la production des légumes en Algérie 2018 : ("FAOstat") :

Cependant, la production d'ail en Algérie reste très faible contrairement à la production et à la consommation d'autres légumes en 2018. Cela peut s'expliquer par le fait que la consommation d'ail n'est pas identique à celle d'autres légumes comme des

oignons, des tomates. L'ail est plus utilisé pour assaisonner les plats, il sert principalement de condiment et est fortement utilisé dans les régions hauts plateaux Est.

L'ail peut se cultiver dans les différentes régions Algériens, puisqu'il supporte correctement le froid, même si les terres argilo-sableuses lui procurent un meilleur rendement. Cependant il est le deuxième allium le plus consommé après l'oignon, mais sa consommation a tendance à décroître légèrement depuis quelques années (figure 3).

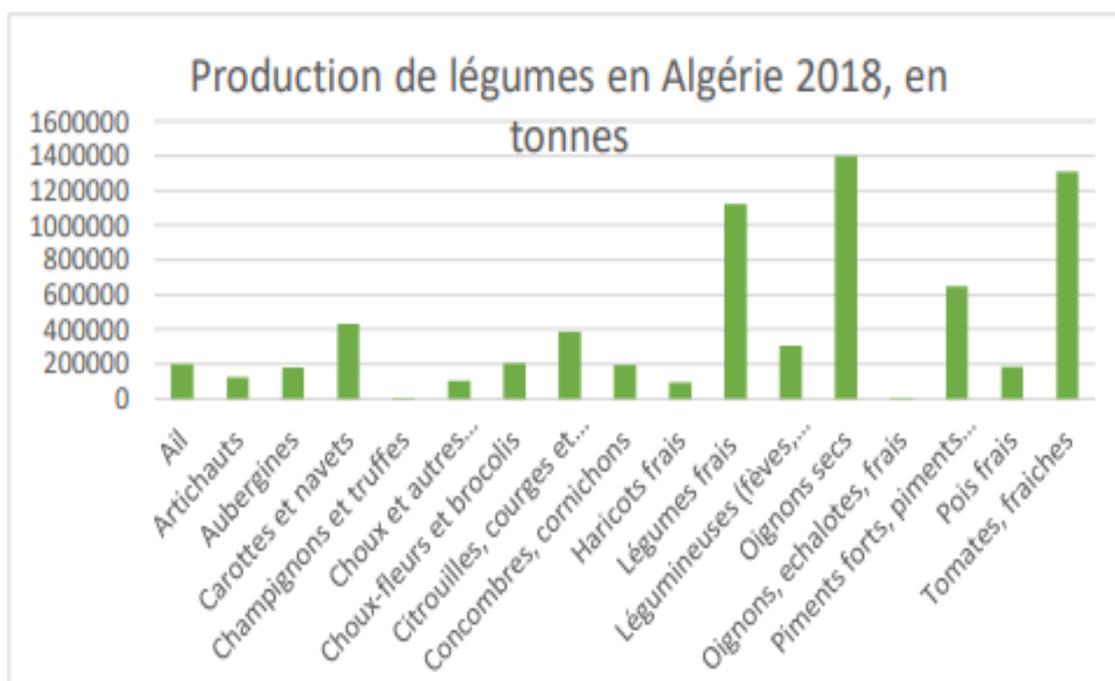


Figure 3: Production de légumes en Algérie 2018(FAOstat).

3.3 Classification d'*Allium sativum* :

La classification systématique de l'ail est exposée dans le tableau 2.

L'objet d'une modification toujours sujette à controverse, certains scientifiques classant le genre *Allium* dans la sous-famille de *Liliaceae*, voire des *Amaryllidaceae*, et non dans une famille à part entière, celle des *Alliaceae* (tableau 2) (**Lambinon et al., 2004**).

Tableau 2: Classification de l'ail commun (Lambinon *et al.*, 2004).

Règne	Plante
Embranchement	Spermatophytes
Sous-embranchement	Angiospermes
Classe	Liliopsides
Sous- classe	Liliidae
Ordre	Liliales
Famille	Alliaceae
Genre	Allium
Espèce	<i>Allium sativum</i> L

4 Les variétés d'ail :

Il existe 2 grandes familles d'ail : l'ail d'automne (*ophioxorodon*) et l'ail de printemps (*sativum*). Le premier est planté d'octobre à novembre, dans la zone du littorale et l'autre est mis en terre entre décembre et début janvier, dans les zones de l'intérieures. Dans les deux cas, la récolte a lieu en avril – mai (ITCM, 2010).

- **L'ail blanc** : ail d'automne de variété *Messidoreouthermidrome* qui fleurit début du printemps.
- **L'ail rose** : est un ail de printemps, de variété *Fructidor* ou *Printanor*. La plante assez petite et forme des fleurs rose clair.
- **L'ail violet** : c'est un ail d'automne de variété *Germidour*.

Les variétés les plus cultivées en Algérie selon ITCM 2010 sont : Rouge local, Rose de Kabylie, et Violet de Kadours.

5 Description botanique :

L'ail est une plante bulbeuse, annuelle qui se reproduit uniquement par voie végétative, à partir de bourgeons latéraux communément appelés caïeux. A l'état végétatif, l'ail comme tous les *Allium*, présente une tige réduite à un « plateau » conique qui produit à sa base des racines et à sa partie apicale une succession de feuilles linéaires et alternes dont

les gaines cylindriques s'emboîtent les unes dans les autres, formant ainsi une pseudo-tige ou « fût ». La partie libre du limbe est rubanée, pliée en gouttière, d'un vert glauque ou gris. Les feuilles deviennent scarieuses à leur base lors de la tubérisation des bourgeons et constituent les tuniques du bulbe (**Lassal, 2020**).

6 Appareil végétatif :

6.1 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. Il s'agit en fait à sa base, d'une tige modifiée verticale très courte qui est feuillée : c'est le plateau du bulbe (**Botineau, 2010**).

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.

La survie de l'espèce est assurée par multiplication végétative, permettant de donner de nouveaux plants. Ce phénomène de division du bulbe génère des caïeux à partir des bourgeons axillaires, c'est ce que nous appelons traditionnellement les « gousses d'ail ». L'ensemble est appelé la « tête d'ail » (**Dupont et Guignard, 2012**).

Un bulbe renferme en moyenne une douzaine de caïeux. Les caïeux sont individuellement entourés d'une tunique protectrice, et possèdent en leur centre un petit bourgeon (figure 4 et 5). Chaque caïeu est capable de redonner un nouveau bulbe (**Maurice, 2015**).



Figure 4: Bulbe d'*Allium sativum* et ses caïeux (**Gerbeaud, 2008**)

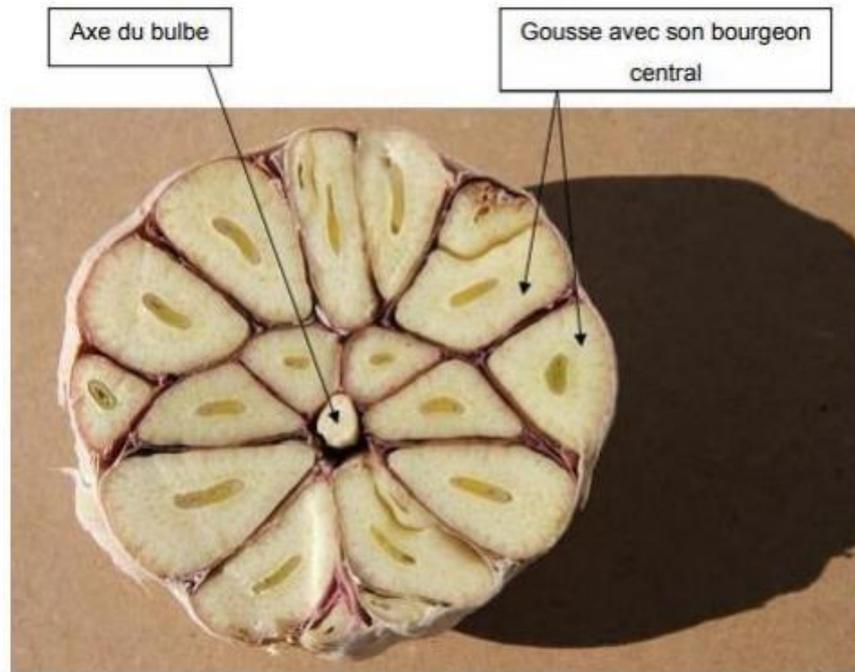


Figure 5: Coupe d'un bulbe d'ail cultivé(Gerbeaud, 2008 ; Dupont et Guignard, 2012).

6.2 Racines :

Ce sont des racines adventives qui prennent naissance sous le bulbe, au niveau du plateau correspondant à la tige souterraine (figure 6) (Colin, 2016).



Figure 6: Racines adventives chez *Allium sativum*(Colin, 2016).

6.3 Tige :

Elle mesure en moyenne 40 cm de haut, mais elle peut amplement dépasser cette hauteur (jusqu'à 150 cm). Elle sort de la partie haute du bulbe. C'est en fait une fausse tige qui est formée par l'emboîtement entre elles des gaines foliaires des feuilles qui partent du plateau du bulbe (Colin, 2016).

6.4 Feuilles :

Elles sont alternes et glabres. On en compte entre 2 et 10. Les feuilles sont réduites au pétiole qui est élargi en gaine à sa base de façon tubulaire, on dit qu'elles sont engainantes à la base. Le limbe est linéaire. Le froissement des feuilles dégage une odeur typique caractéristique (figure 7) (Colin, 2016).



Figure 7: Tige et Feuilles chez l'ail commun(Colin, 2016).

7 Composition Biochimique de l'ail :

L'ail est une plante saine et complète qui jouit de propriétés médicinales très intéressantes. Il est utilisé autant en prévention de maladies que pour en guérir, il est composé en moyenne de 65 % d'eau (contre plus de 85% pour la plupart des légumes frais), 27,5 % de glucides, 2 % de protéines et de 4,7 % de fibres et en contient des principes actifs tels que les composants soufrés. D'autre part, il regorge des vitamines A, B et C, d'oligo-éléments tels que le sélénium, le cuivre, le fer et le magnésium et des acides aminés (Gambogou *et al.*, 2019).

8 Différent activités d'*Allium sativum* :**8.1 Propriétés préventives vis-à-vis du cancer :**

La prise régulière d'ail dans l'alimentation quotidienne semble avoir un rôle dans la prévention des cancers. Le principe actif impliqué dans cette propriété serait l'allicine, qui a montré une action inhibitrice sur des tumeurs (Goetz et Ghedira, 2012). La S-allylcystéine inhiberait le processus de cancérogénèse et les saponines ont également montré une activité antitumorale (Séverine, 2005). Le mécanisme de la suppression du

cancer entraîne la mort cellulaire par apoptose et diminution du taux de la prolifération cellulaire (Nakagawa *et al.*, 2001). L'ajoène pourrait contribuer à l'apoptose (Hassan, 2004).

8.2 Activité antibactérienne :

Un certain nombre des chercheurs se sont penchés sur les vertus thérapeutiques de l'ail notamment ses propriétés antibactériennes (Okombe et Nzuzi, 2019).

Les composés d'ail qui possèdent cette activité antibactérienne sont :

- L'allicine, une substance chimique fabriquée par l'ail, tue les bactéries causant les maladies, mais n'affecte pas les bactéries dont l'organisme a besoin.
- Le diallyldisulfide (DADS), le diallylsulfide (DAS), le diallyltrisulfide (DATS) et l'allicine. (Ghesquière, 2016).

L'activité anti bactérienne de l'ail agit sur les bactéries à gram négative et à gram positive incluant certaines espèces comme *Escherichia coli*, *Salmonella*, *Staphylococcus*, *Streptococcus*, *Klebsiella*, *Proteus*, *Bacillus*, *Clostridium*, *Helicobacter pylori* et *Mycobacterium tuberculosis* (Ghesquière, 2016).

Certaines bactéries sont résistantes à l'antibiotique, comme la bactérie *Staphylococcus aureus* Méticilline résistant, mais l'ail, principalement l'allicine, montre une efficacité contre celle-ci. (Ghesquière, 2016). Cependant d'autres bactéries sont résistantes à l'action de l'allicine comme *Pseudomonas aeruginosa*, *Streptococcus β hémolytiques* ou encore *Enterococcus faecium*.

8.3 Activité anti-oxydant :

Allium sativum est riche en antioxydants qui aident à détruire les radicaux libres, les particules qui peuvent endommager les membranes cellulaires et l'ADN, et peuvent contribuer au processus de vieillissement ainsi qu'au développement d'un certain nombre de conditions, y compris les maladies cardiaques et le cancer (Capasso, 2013).

L'ail contient différents composés antioxydants tels que des flavonoïdes et des tocophérols, en plus des composés sulfurés (allicine, diallylsulfide, diallyldisulfide, diallyltrisulfide,...) et vitamines E, C, qui contribuent aussi à son action anti-oxydante (Miean *et al.*, 2001; Gorinstein *et al.*, 2005 ; Leelarumgrayub *et al.*, 2006).

8.4 Activité anti-inflammatoire :

L'activité anti-inflammatoire et anti-arthritique de la thiacremonone, un composé organosoufré de l'ail a été mis en évidence par Ban *et al.* (2009). D'après Chiang *et al.*

(2006) les diallyldisulfide et trisulfide ainsi que l'huile d'ail, administrées à des doses précises, diminuent l'apoptose et l'ulcération de cellules intestinales endommagées. Bien que, si la quantité conseillée est dépassée, des effets toxiques sont observés (**Dethier, 2010**).

Chapitre II :
Les Nanoparticules

1 Nanoscience :

La nanoscience est l'étude des phénomènes et de la manipulation des matériaux aux échelles atomique, macromoléculaire et moléculaire, où les propriétés diffèrent considérablement de ceux à plus grande échelle (**Whatmore, 2006**).

La nanoscience est un domaine scientifique émergent qui s'intéresse à l'étude des matériaux qui ont de très petites dimensions, de l'échelle nanométrique. Le mot lui-même est une combinaison du mot «nano» qui signifie petit, et du mot «science» signifiant connaissance. C'est un domaine interdisciplinaire qui cherche à faire émerger des nanotechnologies matures, en se concentrant sur l'intersection à l'échelle nanométrique de domaines tels que la physique, la biologie, l'ingénierie, la chimie et l'informatique (**Yousaf et Ali, 2008**).

2 La nanotechnologies :

La nanotechnologie désigne la science qui consiste à concevoir, produire et exploiter des structures et des appareils ayant une ou plusieurs composantes d'environ 100 millièmes de millimètre (100 nanomètres) ou moins en contrôlant la forme et la taille (**Muhammad et al., 2016; Angélique et al., 2018**). À ces échelles, la matière acquiert des propriétés inattendues et souvent différentes de celles des mêmes matériaux à l'échelle micro- ou macroscopique (**Chuto et Chaumet-Riffaud, 2010**).

La nanotechnologie est devenue l'une des technologies les plus prometteuses avec une application potentielle dans tous les domaines de la science (**Aiswarya et al., 2019**) à savoir médicale, pharmaceutique, environnemental, énergétique (**Mohamed et al., 2019**) cosmétique, agricole, séquençage d'ADN, diagnostic et détection biomoléculaire (**Debnath, 2018**).

3 Les nanoparticules :

Une nanoparticule est un assemblage de quelques centaines à quelques milliers d'atomes, formant un objet dont au moins une dimension est comprise entre 1 et 100 nm. Ce nano-objet se situe donc au confluent des échelles macroscopique (matériaux massifs) et moléculaire (ou atomique) (**Piard et al., 2016**). Cette définition exclut donc les objets dont la plus petite dimension est comprise entre 100 et 1000 nm. Ces particules, bien que de taille nanométrique, sont désignées comme submicrométriques. A titre de comparaison

avec les structures organiques naturelles, les nanoparticules se situent principalement dans la gamme de taille correspondant aux protéines (Figure 08) (Goutayer, 2008)

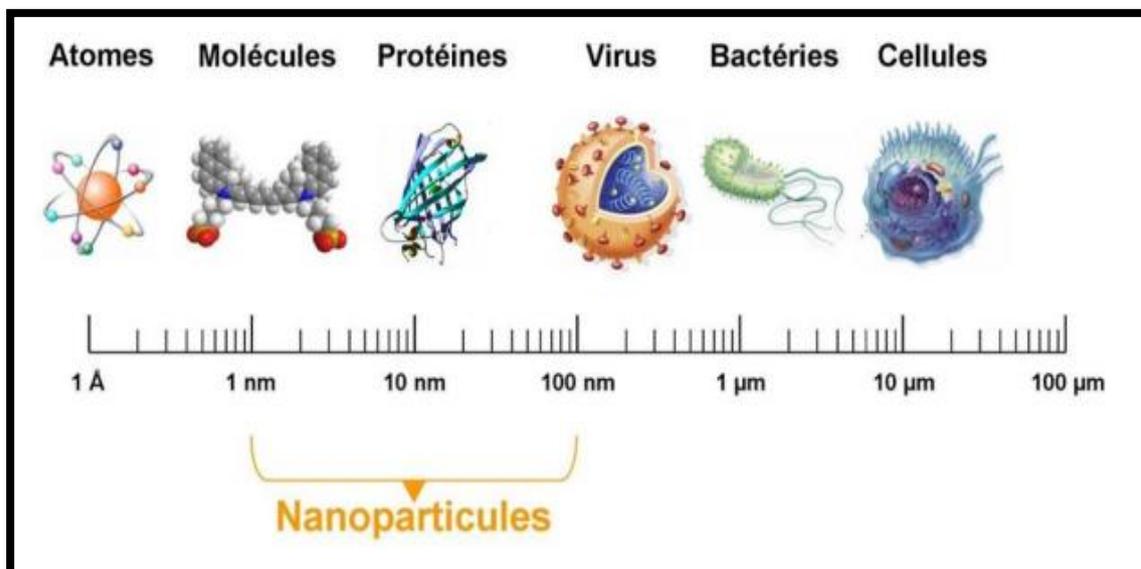


Figure 8: Gamme de tailles des nanoparticules comparées à celles des principales structures chimiques et biologiques (Goutayer, 2008)

4 Origine des nanoparticules :

4.1 Les nanoparticules naturelles :

Elles sont produites à la fois à la suite d'événements naturels tels que l'activité volcanique, les réactions de photosynthèse ou encore l'activité marine. On peut en retrouver dans les poussières désertiques. Les nanoparticules sont aussi observées lors du phénomène de combustion. Certaines bactéries et levures peuvent réduire la toxicité d'un environnement polluant en agissant sur les ions métalliques et en formant des complexes insolubles sous forme de nanoparticules (Chauvel, 2018).

4.2 Les nanoparticules artificielles :

Les nanoparticules artificielles sont fabriquées soit par fractionnement d'un matériau massif (approche descendant), soit par agglomération d'atomes (approche ascendante) elle se présente sous la forme de poudres, de gel ou de solution leur intérêt réside dans leurs taille qui leur confère des propriétés physiques et chimiques inédites .

Les activités humaines génèrent aussi des nanoparticules : assemblage de métaux par soudure qui libère des nanoparticules, la fumée de la cigarette, les gaz d'échappement des engins à combustion, les activités culinaires (cuisson d'aliments), les activités de nettoyage, la combustion de bougies, les fumées de cheminées...Les nanoparticules

peuvent aussi être présentes dans les produits cosmétiques en raison de leurs propriétés antioxydantes (**Chauvel, 2018**) ou comme additifs pour des peintures (**Buzea et al., 2007**).

4.3 Les nanoparticules accidentelles :

Elles proviennent principalement des : Feux de bois, gaz d'échappement de véhicule, freinage...etc (**Chang et al., 2004**).

5 Les types des nanoparticules :

5.1 Nanoparticules Organique :

Les dendromètres, les micelles, les liposomes et la ferritine, etc. sont communément appelés nanoparticules organiques ou polymères. Ces nanoparticules sont biodégradables, non toxiques et certaines particules comme les micelles et liposomes a un noyau creux , également connu sous le nom de nano capsules et sont sensibles à la chaleur et rayonnement électromagnétique tel que la chaleur et la lumière (**Tiwari et al., 2008**).

Les nanoparticules organiques sont les plus largement utilisées dans le domaine biomédical, par exemple le système d'administration de médicaments car ils sont efficaces et peuvent également être injectés sur des parties spécifiques du corps, également appelées livraison ciblée de médicaments (**Ealia et Saravanakumar, 2017**).

5.2 Nanoparticules inorganiques :

Les nanoparticules inorganiques sont des particules qui ne sont pas constituées de carbone. À base de métaux et d'oxydes métalliques les nanoparticules sont généralement classées dans la catégorie des nanoparticules inorganiques (**Tai et al., 2007**).

6 L'argent :

L'argent est un élément de métal de transition d'origine naturelle (**Keerawelle et Chamara, 2019**). de masse atomique de 107,87 g/mol, solide à température ambiante (**Li et al., 2011**) . Sa densité est de 10,5 et son point de fusion est de 960 °C (**Chauvel, 2018**).

Il est utilisé principalement dans les industries électroniques, électriques, en bijouterie et dans le domaine de la photographie (**Schmid, 2004**). Il possède des propriétés germicides et bactéricides très connues depuis l'antiquité. En effet, les grecs, les perses et les romains utilisaient déjà de la vaisselle en argent et la tradition de fabriquer des ustensiles de cuisine en plaqué argent s'est perpétuée jusqu'à nos jours (**Ganaie et al., 2014**). Les pionniers américains auraient eu pour coutume de placer une pièce de monnaie

en argent dans les bidons de lait pour en assurer la conservation (**Diptendu et Goutam, 2017**).

Enfin, l'argent est un additif alimentaire industriel sous forme de colorant utilisé notamment en confiserie, sous le code E174 (**Goldman, 2004**).



Figure 9: Pépite d'argent(Britannica, 2021).

7 Les nanoparticules d'argent :

7.1 Définition :

Les nanoparticules d'argent ou nano-argent sont des molécules ayant une taille de 20-40 nm, elles sont composées de 80% d'atome d'argent et de 20% d'ions argent (**Caruthers et al., 2007**). Ces nanoparticules présentent des propriétés spécifiques qui dépendent de leur taille et de leur forme (**Hullmann, 2007**).

Les études scientifiques montrent également que l'activité catalytique est étroitement liée à la taille, structure, forme, et l'environnement chimique des nanoparticules d'argent. Le contrôle de ces paramètres est souvent réalisé en faisant varier les méthodes de synthèse, les agents réducteurs et stabilisateurs (**Belfennache, 2012**).

7.2 Propriétés des nanoparticules d'argent :

7.2.1 Propriétés physiques et chimiques :

La maîtrise de ces propriétés telles que : la taille, la forme, la charge et le revêtement de surface, sont importantes pour déterminer les interactions et les impacts biologiques des AgNPs. Les plus petites particules présentant une surface de contact importante, montrent un fort potentiel en tant que composés bioactifs (**Sudrik et al., 2006**).

Il est à signaler qu'une petite concentration d'argent ne présente aucun danger pour les cellules humaines, mais elle montre un taux de mortalité élevé vis à vis des micro-organismes pathogènes (Yeo *et al.*, 2003).

7.2.2 Propriétés optiques :

Les AgNPs sont extrêmement efficaces pour absorber et diffuser la lumière et, contrairement à de nombreux colorants et pigments, ont une couleur qui dépend de la taille et de la forme de la particule (Elham *et al.*, 2016).

7.2.3 Propriétés catalytiques :

Les AgNPs ont été utilisées comme agents catalytiques efficaces pour la réduction de divers colorants tels que le bleu de méthylène, le jaune-12, le 4-nitrophénol, le rose Bengale, l'éosine et le méthyl-orange (Syafiuddin *et al.*, 2017).

7.2.4 Propriétés biologiques :

Les composés d'argent sont révélés efficaces contre les bactéries aérobies et anaérobies en précipitant les protéines cellulaires bactériennes et en bloquant le système respiratoire microbienne (Elham *et al.*, 2016).

8 La Synthèse Biologique des Nanoparticules d'argent :

La synthèse verte des nanoparticules émerge progressivement comme une branche clé de la nanotechnologie dans laquelle les nanoparticules sont produites à l'aide d'entités biologiques (Prateek *et al.*, 2017).

Cette méthode peut être considérée comme une approche respectueuse de l'environnement et également comme une technique à faible coût à haut rendement, et non toxique (Soliman *et al.*, 2018), simple, fiable (Rajeshkumar et Bharath, 2017), une densité élevée, la stabilité et la solubilité immédiate des nanoparticules préparées dans l'eau (Zhang *et al.*, 2016). Par rapport aux méthodes de synthèse chimique et physique qui indiquent une faible biocompatibilité et présentent des risques biologiques latents consomment une énergie importante, nécessitent une pression élevée, coûteuses et ont un faible rendement (Mohamed *et al.*, 2019).

8.1 Les bactéries :

Les cellules microbiennes sont considérées comme des bio-usines pour la synthèse de nanoparticules d'or, d'argent et de sulfure de cadmium, les bactéries ont la capacité de synthétiser des nanoparticules de manière intracellulaire et extracellulaire (Hulkoti et Taranath, 2014 ; Punjab *et al.*, 2015).

Les bactéries utilisent couramment le nitrate comme source principale d'azote, grâce à quoi le nitrate est converti en nitrite par la nitrate réductase, en utilisant le pouvoir réducteur d'une forme réduite de nicotinamide adénine dinucléotide (NADH). En fait, l'utilisation de la nitrate réductase comme agent réducteur s'avère jouer un rôle clé dans la bioréduction des ions Ag^+ (Sang Hun et Bong-Hyun, 2019).

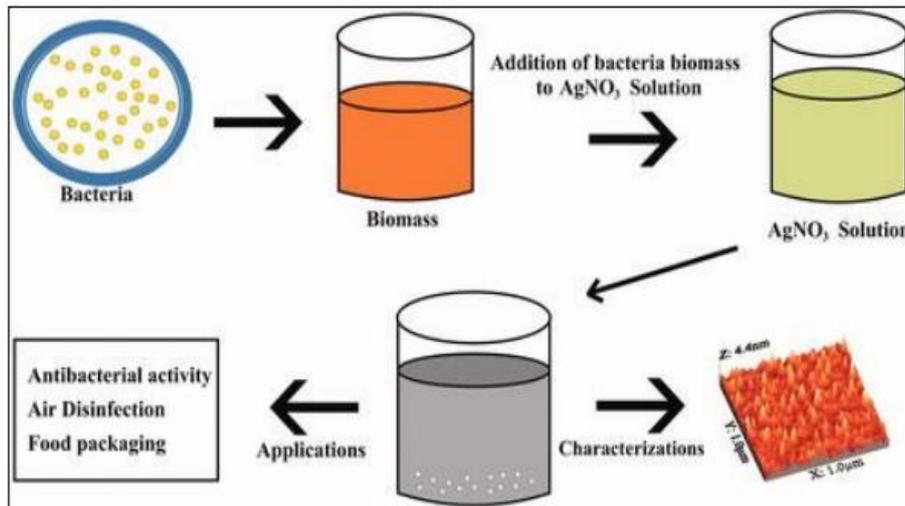


Figure 10: Schéma de principe de la synthèse d'AgNPs à l'aide de bactéries (Rafique *et al.*, 2016).

8.2 Les champignons :

Les champignons sont largement utilisés pour la synthèse de NP métalliques en raison de leur capacité de bioaccumulation des métaux sur leur surface (adsorption extracellulaires). La présence des groupements carboxyliques dans l'enzyme sécrétée par les champignons, favorise l'adsorption et la réduction des ions métalliques sur la surface externe des cellules fongiques, incitant par la suite la formation des nanoparticules métalliques (Gumulya *et al.*, 2018). Les champignons peuvent synthétiser des quantités importantes de nanoparticules par rapport aux bactéries (Gobinath *et al.*, 2021). Une représentation schématique de la synthèse des nanoparticules d'argent est illustrée sur la figure 11 :

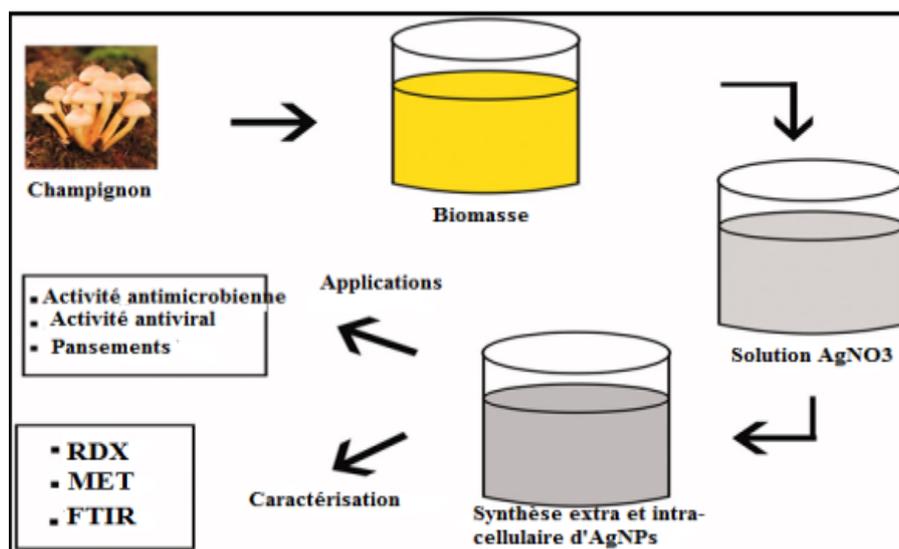


Figure 11: Représentation schématique sur la synthèse des nanoparticules d'argent à base de champignons (Yihui *et al.*, 2017).

8.3 Les plantes :

Les plantes sont considérées comme une très bonne méthode pour la synthèse rapide des nanoparticules d'argent en raison de leur large spectre de métabolites secondaires bioactifs, tels que les polyphénols, les flavonoïdes, les terpénoïdes, les acides aminés, les protéines et les enzymes, qui pourraient améliorer la synthèse des nanoparticules, en jouant un rôle d'agent stabilisant ou réducteur (Chauvel, 2018).

Les parties des plantes comme les racines, la tige, les graines et les feuilles sont principalement utilisées pour la synthèse des NPs. Le point intéressant est l'agent actif présent dans ces parties (Muhammad *et al.*, 2016).

La bio-réduction de l'Ag a été postulée comme piégeant des ions Ag^+ à la surface des protéines en raison des interactions électrostatiques entre ces deux dans l'extrait de matériel végétal. Les protéines réduisent les ions Ag^+ , entraînant leur changement de structure secondaire et la formation de noyaux d'argent qui se développent successivement par la réduction supplémentaire des ions Ag^+ et leur accumulation au niveau des noyaux conduisant à la formation des AgNPs (Rajeshkumar et Bharath, 2017).

En général, les méthodes de synthèse verte des nanoparticules à base des extraits de plantes sont très avantageuses en termes (de rendement, de rentabilité, de stabilité...) par rapport à celles utilisant les micro-organismes (figure 12) (Sadeghi *et al.*, 2015).

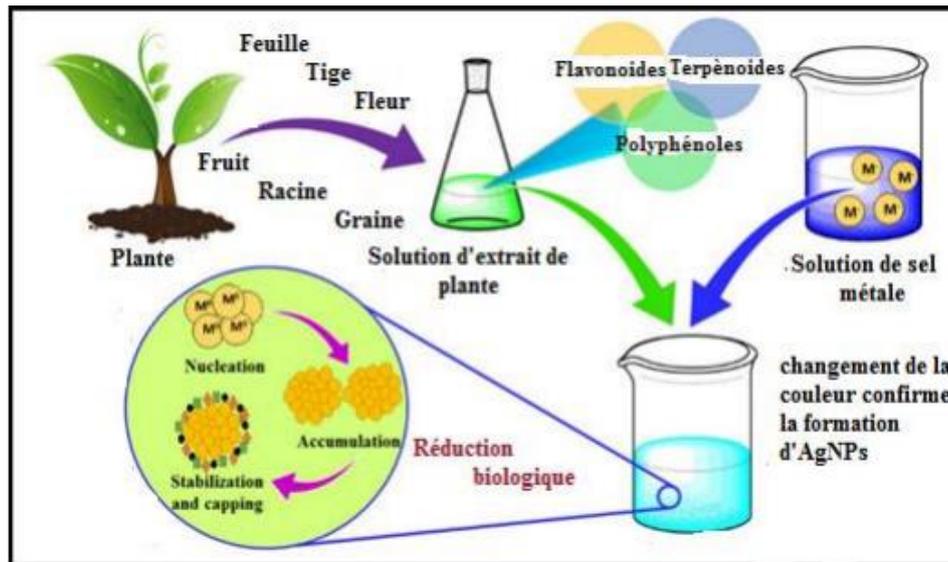


Figure 12: Schéma de la synthèse des AgNPs à base des extraits de plante (Rahimi-Nasrabadi *et al.*, 2014).

9 Applications des nanoparticules d'argent :

9.1 Dentisterie :

Les AgNPs ont été utilisés dans les instruments, les composites dentaires et les bandages, dans les adhésifs orthodontiques pour maintenir la force de liaison au cisaillement de l'adhésif orthodontique tout en augmentant sa résistance aux bactéries. En diminuant la colonisation microbienne des matériaux de revêtement, et en améliorant la compétence antifongique.

Les AgNPs joint dans les obturations endodontiques a montré un impact antibactérien prolongé contre *Streptococcus milleri*, *Staphylococcus aureus* et *Enterococcus faecalis* (Muhammad *et al.*, 2016).

9.2 Pansements :

Les pansements contre les blessures à base d'Ag ont été utilisés pour traiter cliniquement différentes blessures, telles que les brûlures, le pemphigus et la nécrose épidermique toxique, accélérer la ré-épithélialisation bien que, maintenant la formation de nouveaux tissus c.à.d. l'angiogenèse et l'expansion (Muhammad *et al.*, 2016). Les ulcères chroniques de la jambe, les plaies diabétiques et les blessures traumatiques (Chauvel, 2018).

9.3 Désinfection de l'eau :

Les NPs à base d'argent peuvent être incorporé aux matériaux de base et aux membranes polymères pour désinfecter l'eau contaminée par les bactéries/ virus tout en empêchant la formation de biofilm dans le milieu de filtration pour réduire le nombre des maladies infectieuses d'origine hydrique responsable de décès dans les pays en développement liées à un mauvais traitement de l'eau potable (Tran *et al.*, 2013).

9.4 Désinfection des surfaces :

Des travaux ont montré que l'incorporation des AgNPs dans la peinture domestique et ont constaté que les surfaces recouvertes de cette peinture modifiée par AgNPs peuvent présenter des propriétés antibactériennes remarquables contre les bactéries à Gram positif (*Staphylococcus aureus*) et à Gram négatif (*Escherichia coli*) (Sang Hun et Bong-Hyun, 2019).

Les AgNPs se retrouvent dans certains emballages alimentaires, permettant d'augmenter leur efficacité bactéricide et d'augmenter la durée de conservation des aliments emballés dans un tel dispositif (Chauvel, 2018).

10 Activités biologiques des nanoparticules d'argent :

10.1 Activité antibactérienne :

Les nanoparticules des métaux nobles, et en particulier celles de l'argent sont largement utilisées en tant qu'agents antibactériens (Jannathul et Lalitha, 2015).

En effet, il a été démontré que les nanoparticules d'argent, inhibent la croissance des souches comprenant à la fois les Gram négatif et les Gram positif y compris, *l'Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus mutans*, *Staphylococcus epidermidis* et *Bacillus subtilis* (FuJ *et al.*, 2006).

Ces propriétés antibactériennes des AgNPs, leur permettent de jouer un rôle prépondérant dans les stations d'épuration des eaux usées (Carolina *et al.*, 2014).

10.2 Activité anti-inflammatoire :

Parmi plusieurs agents anti-inflammatoires, AgNPs ont récemment joué un rôle important dans le domaine anti-inflammatoire. Ils sont connus pour être antimicrobien, mais les réponses anti-inflammatoires des AgNPs sont encore limitées. Poursuivant l'étude précédente, Wang *et al.* ont étudié pour obtenir des preuves supplémentaires des propriétés anti-inflammatoires des AgNPs, dans lequel ils ont utilisé à la fois des modèles *in vivo* et *in vitro* et ont découvert que les AgNPs sont capables de réguler à la baisse les quantités de

marqueurs inflammatoires, suggérant que les AgNPs pourraient supprimer les événements inflammatoires dans les premières phases de la cicatrisation (**Zhang *et al.*, 2016**).

10.3 Activité antidiabétique :

Les AgNPs piègent les radicaux libres et réduisent les niveaux d'enzymes qui provoquent l'hydrolyse des glucides complexes (α -glucosidase et α -amylase), ce qui entraîne une augmentation du taux de consommation de glucose (**Prateek *et al.*, 2017**).

Chapitre III :
La Maladie de Panaris

1 Généralité sur l'infection :

L'infection est une situation conflictuelle créée par la présence de germes dans les tissus, avec la prédominance momentanée d'un ou de plusieurs germes. Les infections de la main sont très fréquentes et posent un réel problème de santé publique car elles touchent volontiers une population jeune faite souvent de travailleurs manuels. Elles peuvent se compliquer de séquelles handicapantes sur le plan fonctionnel. La situation est d'autant plus grave que ces infections de la main ont une réputation, à tort, de bénignité ce qui encourage au début le patient à subir des traitements dits «derebouteux» tels que l'application de miel, de café, de henné, ...etc. De plus la prescription systématique des antibiotiques et des anti-inflammatoires quel que soit le stade de l'infection, ne fait que retarder le diagnostic et compliquer l'évolution (**Rigopoulos et al.,2016**).

2 Définition de panaris :

Le panaris est une infection qui atteint les tissus cutanés et souscutanés des doigts, de la main en particulier. Il est le plus souvent localisé au niveau du pourtour d'un ongle (périonyxis) ou sous un ongle. Le terme vulgaire "tournoie" désigne un panaris qui affecte tout le tour de l'ongle. Il peut aussi atteindre la pulpe d'un doigt.

Il réalise une atteinte du paronychium, conséquence de la pénétration d'un corps étranger, comme une écharde, ou très souvent d'une onychophagie (figure 13) (**Gonnelli et al.,2010**).



Figure 13: Le panaris(**Gonnelli et al.,2010**).

3 Bactériologie et mode de contamination :

La contamination peut se faire par l'inoculation directe, par contiguïté ou par voie hémotogène. Les germes en cause sont le *Staphylococcus aureus* (30%), le Streptocoque bêta hémolytique du groupe A (20%) et les bactéries à Gram négatif (10%). L'association de plusieurs germes est fréquente (30%) ; de même, à l'inverse, l'absence de germes identifiables (35%) (Houshian *et al.*, 2016).

4 L'évolution de maladie :

Sur le plan clinique trois stades évolutifs se succèdent, le stade d'inoculation ou d'invasion, puis le stade phlegmasique et le stade de collection (Calkins, 2014).

4.1 Stade d'inoculation ou d'invasion :

L'introduction des germes est souvent méconnue et est caractérisée par une douleur rapidement calmée.

4.2 Stade phlegmasique :

Il est caractérisé par la multiplication bactérienne et les signes inflammatoires locaux (rougeur, œdème et chaleur). Il n'y a pas des signes généraux. La douleur est spontanée mais absente la nuit et l'évolution est favorable sous traitement médical.

4.3 Stade de collection :

Apparaît après quelques heures ou jours. La limitation dans l'espace de l'infection permet l'abcédation dont les signes cliniques pathognomoniques sont la douleur intense pulsatile, insomnante et permanente, la fièvre, la lymphangite et les adénopathies.

5 Les formes cliniques du panaris :

L'expression et les formes cliniques sont multiples (figure 14) (Houshian *et al.*, 2016) :

- Le panaris superficiel se localise au niveau cutané sur le pourtour de l'ongle et peut s'étendre en sous unguéal (figure 14A).
- La forme en bouton de chemise (figure 14B) communique avec un panaris sous cutané par un étroit pertuis.

- Le panaris sous cutané siège en profondeur dans le tissu hypodermique surtout la pulpe du doigt (figure 14C), parfois il se développe sur la face palmaire des phalanges proximales.

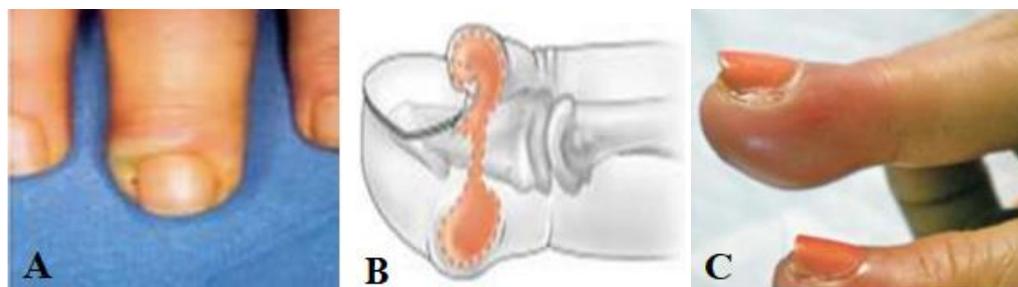


Figure 14: Les formes cliniques du panaris :(A) Panaris péri unguéal collecté; (B) Panaris en bouton de chemise; (C) Panaris pulpaire(Carmès *et al.*,2018).

6 Les symptômes :

La zone atteinte devient rapidement inflammatoire. En journée, la douleur est parfois importante, alors qu'elle décroît durant la nuit. Si le traitement est précoce, l'évolution est favorable et la cicatrice discrète. En revanche, un traitement tardif ou mal conduit fait évoluer le panaris vers l'abcès. La douleur devient le plus souvent pulsatile. Il est possible de retrouver une phlyctène purulente au niveau de la lésion. L'ongle, les gaines des tendons musculaires, les articulations et même les os de la main peuvent être atteints dans les cas les plus sévères (Vidal,2013).

7 Le traitement :

Le traitement se décrit en deux phases (figure 15) (Kilgore *et al.*, 1975 ; Swope, 2002) :

- Au stade phlegmasique, il est purement médical et se réduit à des soins antiseptiques locaux , et pansement. Les anti-inflammatoires non stéroïdiens sont à proscrire absolument malgré leur efficacité sur la douleur. Le traitement antiseptique permet souvent de résoudre à lui seul la maladie. La surveillance rapprochée est nécessaire.
- Si le panaris se collecte, seul le traitement chirurgical est recommandé. Un parage de l'ensemble du tissu infecté et nécrosé doit être réalisé, associé à une évacuation de la collection qui sera prélevée pour culture. La plaie est abondamment lavée et non refermée, laissée en cicatrisation dirigée.

- Une antibiothérapie ne sera mise en route qu'en cas d'évolution défavorable et adaptée aux prélèvements, c'est-à-dire en présence d'une diffusion régionale de l'infection ou de signes infectieux systémiques.

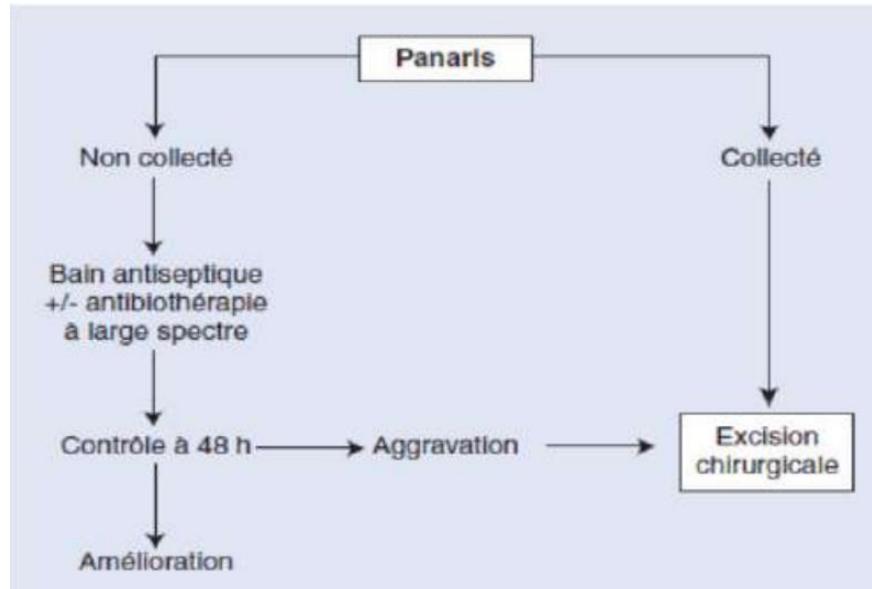


Figure 15: Arbre décisionnel de la prise en charge d'un panaris(Carmès *et al.*,2018).

Partie Expérimentale

Chapitre IV :
Matériels et Méthodes

1 L'objectif du travail

Ce chapitre est consacré à la description des différents matériaux et produits chimiques expérimentales utilisés, détaillent la méthodologie utilisée pour la synthèse des nanoparticules d'argent employés dans ce travail.

On a en besoin essentiel pour développer des procédures respectueuses de l'environnement pour la synthèse de nanoparticules métalliques.

Une méthode de synthèse de nanoparticules respectueuse de l'environnement sans produits chimiques toxiques est requise c'est la méthode de synthèse verte, utilisant des micro-organismes, des champignons et des plantes à laquelle nous sommes intéressés au cour de ce travail (**Muhammad *et al.*, 2016**).

L'intérêt de synthèse par les plantes, outre-leur simplicité de mise en œuvre, est la disponibilité de la matière première et surtout l'activité biologique que peut présenter cette dernière. Objectif principal de ce travail est la synthèse des nanoparticules d'argent (Ag NPs) à l'aide de l'extrait de plante *Allium sativum*.

2 Cadre de l'étude

Notre étude expérimentale a été réalisée au sein du laboratoire pédagogique de biochimie N°2 et de microbiologie N°2 de la faculté des Sciences de la Nature et de la Vie de l'Université Abdelhamid Ibn Badis-Mostaganem durant la période du 03 Mars au 28 mai 2024.

3 Echantillonnage de la plante

L'ail utilisé dans cette étude, a été acheté au marché de gros de fruits et légumes à El karma willaya d'Oran au mois de Mars 2024, il a été conservée à l'ombre dans un endroit sec et aéré (figure 16).



Figure 16: L'ail (photo réelle)

4 Montage et protocole général de synthèse

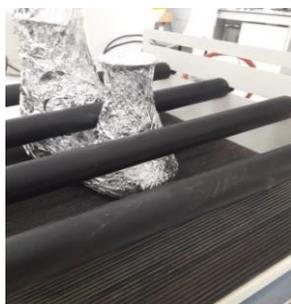
4.1 Préparation de l'extrait de l'ail

Après avoir bien nettoyé les bulbes d'Ail ; on débarrassés de toutes leurs enveloppes ; les tranches fines de gousse d'ail ont été broyées à l'aide d'un broyeur électrique, ou d'un mortier.

50g d'échantillon d'ail frais broyés ont été extraits par macération sous agitation magnétique pendant 24 heures avec systèmes du solvant: méthanol/eau (80/20v/v) ont été ensuite filtrés sur du papier wattman n°3, le filtrat obtenu a été évaporé à sec sous pression réduite à l'aide d'un évaporateur rotatif (rotavapeur) à une température de 60°C pendant 30 min. L'extrait obtenu a été conservé au réfrigérateur à 4°C jusqu'aux mesures (figure 17) (Martha, 2008).



Nettoyage des bulbes d'Ail



Macération avec Agitation



Extrait brut

Figure 17: les étapes d'extraction de l'ail

4.2 Biosynthèse des nanoparticules d'argent

4.2.1 Préparation de solution aqueuse d'AgNO₃

Une solution aqueuse d'une couleur transparente a été préparée avec d'AgNO₃ agitée avec l'eau distillé à l'aide d'un mélangeur magnétique jusqu'à ce que la totalité du nitrate soit dissoute (figure 18).

La solution de nitrate d'argent (AgNO₃) que nous avons utilisé de concentration 1mM dans un volume de 300 ml d'eau distillé, qui a été préparée selon la méthode suivante :

NB : 1mM (AgNO₃) = 169,87g/mol

- Calculer la masse de nitrate d'argent :

$$n = \frac{m}{M} \quad m = c \times M \times V$$

$$C = m / (M \times V)$$

$$m = 0,1 \times 0,3 \times 169,87$$

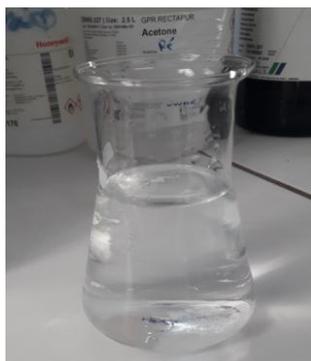


Figure 18: La solution de nitrate d'argent préparée

4.2.2 Mode opératoire

Dans un erlenmeyer de 100 ml mélanger 40 ml de solution de nitrate d'argent (AgNO₃) 1mM avec 10 ml d'extrait et maintenu à température 60°C durant 2 heures sur une plaque chauffante. Le changement de couleur de la solution à partir de verte claire a verte brun a indiqué la formation d'AgNPs (**Ruiz –Romero et al., 2018**).

Les nanoparticules d'argent synthétisées ont été centrifugées à 4500 tr / min pendant 20 minutes, Le culot a été lavé avec de l'eau distillée trois fois pour éliminer les impuretés et de méthanol à 90% pour obtenir de la poudre d'AgNPs pure.

4.2.3 Caractérisation des NPs d'argent

- Spectroscopie UV-visible

Spectroscopie UV-visible est utilisé pour surveiller la formation des nanoparticules d'argent en mesurant le spectre UV-vis (**Patra et Baek, 2014**). Pour cela, dans une cuve en quartz nous avons mettons notre extrait + AgNO₃ et placé dans le spectrophotomètre, le balayage a été effectué à intervalles réguliers pour vérifier l'intensité de la bande de résonance plasmonique de surface dans la plage de 350 - 450 nm.

L'eau a été utilisée comme un blanc. L'appareil est relié à un microordinateur. Le logiciel permet l'enregistrement et la visualisation des spectres des échantillons analysés sous forme de pic d'absorbance.

4.3 Evaluation de l'activité antimicrobienne

Dans notre étude nous avons testé l'activité antibactérienne des AgNPs biosynthétisés à partir l'extrait méthanolique d'*Allium sativum* par la méthode dediffusion des puits. Cette technique repose sur l'apparition des zones d'inhibition autour des puits les AgNPs.

4.3.1 Les souches bactériennes

La souche choisie pour tester l'activité antimicrobienne de nos produit, a été obtenue de laboratoire des Microorganismes Bénéfiques, des Aliments Fonctionnels et de la Santé (LMBAES) de faculté des sciences exactes de l'université Abdelhamid Ibn Badis-Mostaganem. Le germe qui a été choisis est le suivant :*Staphylococcus aureus*.

4.3.2 Identification de souche bactérienne

Nous avons réalisé l'identification morphologiques de souche bactérienne par examen macroscopique(l'observation de l'aspect macroscopique des colonies isolées), et microscopique (l'observation de l'aspect microscopique des colonies obtenue est effectuée par la coloration de Gram).

4.3.3 Réactivation de l'inoculum de souche bactérienne

100 µL de chaque souche ont été inoculés dans 10 mL de bouillon nutritif. Après 24h d'incubation à 37°C, les inoculums ont été ajustés à 0,5 MC Ferland (UFC/ml) soit à une D.O qui s'étend de 0,08 à 0,10 à 620 nm.

4.3.4 Méthode de diffusion en puits

Cette méthode de diffusion est très utilisée en microbiologie (antibiogramme et antifongigramme), elle repose sur la diffusion du composé antimicrobien en milieu semi solide (gélose molle), l'effet du produit antimicrobien sur la cible, le résultat est apprécié par la mesure d'une zone d'inhibition, qui en sa fonction, la souche testée sera qualifiée de vue de sa sensibilité: sensible, intermédiaire ou résistante. Dans la technique de diffusion il y a compétition entre la croissance du microorganisme et l'effet de la diffusion du produit testé (**Broadsky et al., 1999**).

Cette méthode consiste à couler 15 ml Muller Hinton molle après solidification à température ambiante dans une zone stérile, la suspension bactérienne a été ensuite ensemencées à l'aide d'un écouvillon à la surface des boîtes de Pétri. Après l'ensemencement des puits sont creusés à l'aide d'un embout jaune stérile de 6mm de diamètre.

Un volume de 50µl par des différentes concentrations des AgNPs (1000, 500, 250, 125, et 62.5 µg/mL) est mis dans les puits. Les boîtes de pétri sont incubées à 37°C pendant 24h pour permettre la bonne diffusion de la substance antibactérienne (**Cintas et al., 1995 ; Chaalel et al., 2015**). La lecture des résultats se fait par la mesure de diamètre des zones d'inhibition autour de chaque puits à l'aide d'une règle et exprimés en mm.

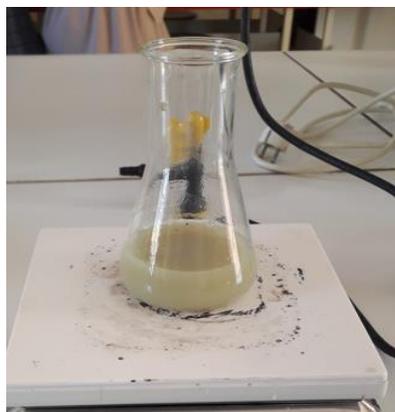
Chapitre V :
Résultats et Discussion

1 Biosynthèse de nanoparticules d'Argent :

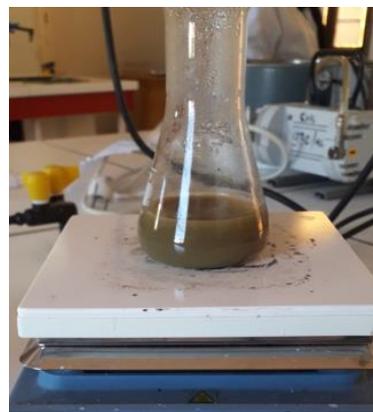
Dans la présente étude, la synthèse de nanoparticules d'argent a été réalisée avec succès en utilisant l'extrait méthanolique d'*Allium sativum* comme un agent réducteur du AgNO_3 . Les observations visuelles ont montrées un changement de couleur après l'ajoute des nitrates d'argents, elle passe du verte claire à verte brun a indiqué la formation d'AgNPs.

Selon (Kumar *et al.*, 2017), le changement de couleur observé lorsque l'extrait est ajouté au sel d'argent (AgNO_3) est dû à l'effet de certains composés chimiques tels que les alcaloïdes, les flavonoïdes, les saponines, les stéroïdes présents dans l'extrait agissant comme un agent réducteur qui réduit les ions d'argent (Ag^+) en un atome d'Argent.

Les mêmes changements de couleur ont été observés par nombreux chercheurs en utilisant différents extraits de plantes (Panigrahi, 2013 ; Niraimathi *et al.*, 2013). Lors de l'exposition des extraits de plantes avec les ions d'Argent, ces ions seront réduits en atome d'Argent (Yogeswari *et al.*, 2012).



Le mélange à T= 0h



Le mélange à T= 2h

Figure 19: Observation du virage de couleur de verte claire à verte brun et la formation d'AgNPs

2 Caractérisation des NPs d'argent :

- Spectroscopie UV-visible :

Des nanoparticules d'argent ont été synthétisées avec l'extrait d'*Alluim sativum*. Une réaction se produit entre les biomolécules et le nitrate d'argent est réduit pour former des nanoparticules d'argent.

La formation d'AgNPs est détectée par l'observation du changement de couleur de la réaction. Le changement de couleur de la solution est dû à excitation des vibrations de plasmon de surface des AgNPs. La figure 20 montre le spectre d'absorption UV-Vis de nanoparticules d'argent produites AgNPs allant de 350 à 450 nm et on remarque nombreux pics obtenus.

Les formations de pics dans les échantillons sont principalement dues à la réduction du nitrate d'argent et à la réduction biologique des particules végétales en solution. Ces observations indiquent clairement que les particules végétales jouent un rôle important dans la réduction du nitrate d'argent en nanoparticules d'argent (Moideen et Prabha, 2014).

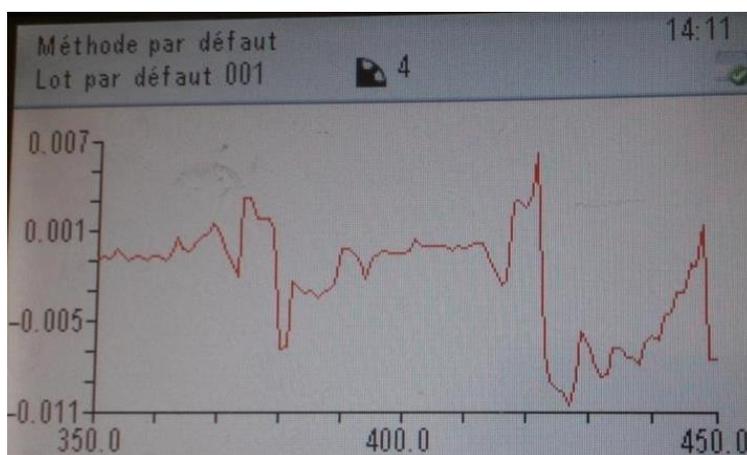


Figure 20: Spectre UV-Vis des Ag NPs synthétisées par l'extrait d'*Alluim sativum*.

3 Mécanisme de formation des nanoparticules d'argent :

Le mécanisme de formation des nanoparticules est tiré de la littérature (Kaushik *et al.*, 2014) en tenant compte du fait que l'extrait de la plante est très riche en polyphénols. La présence d'Ag⁺ provoque l'oxydation des groupement hydroxyles pour former un complexe

d'argent intermédiaire puis une quinone et des ions Ag^+ , ces derniers ont réduit en Ag métallique en présence d'électrons libres.

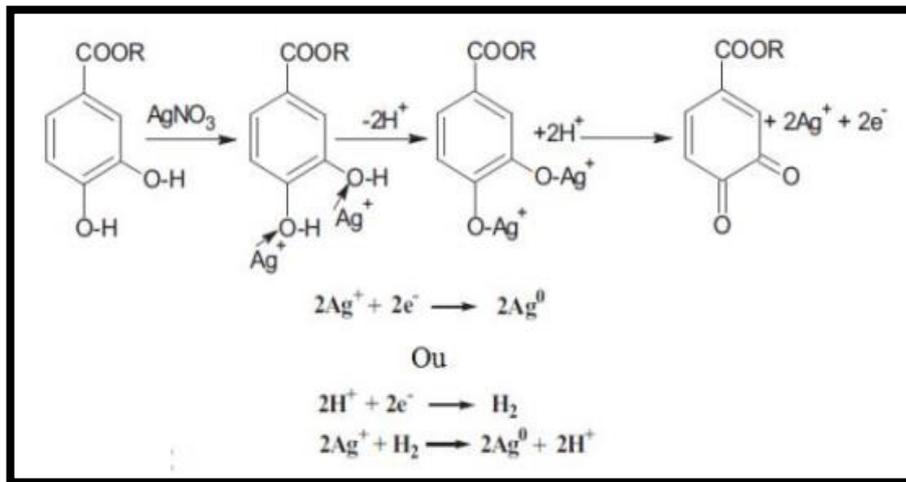


Figure 21: Mécanisme de la réaction des d'Ag NPs.

La stabilité colloïdale des nanoparticules est assurée par l'interaction entre les hydrogènes des groupements phénoliques de l'extrait et les nanoparticules d'argent chargées négativement figure 22.

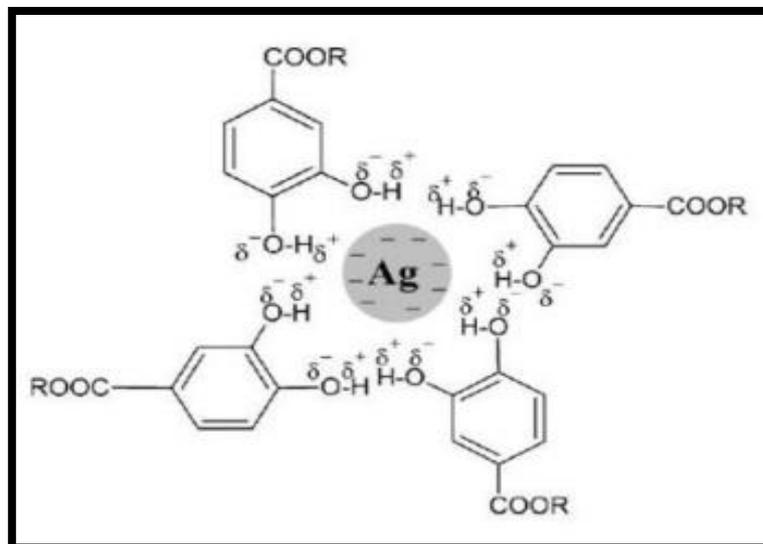


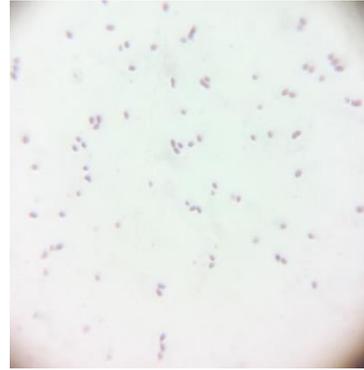
Figure 22: Mécanisme de stabilisation d'Ag

4 Détermination de l'activité antibactérienne :

Nous avons étudié in vitro le pouvoir antibactérienne de nos produit synthétisé, par la méthode de diffusion de puits sur un milieu gélosé solide, Mueller-Hinton. L'activité antibactérienne des AgNPs a été estimée en terme de diamètre de la zone d'inhibition autour des puits, vis –à vis une bactérie Gram positif dont fait partie : *Staphylococcus aureus* (figure 23)



L'observation macroscopique



L'observation microscopique

Figure 23: la bactérie *Staphylococcus aureus*

Cette technique de base utilisé pour étudier la capacité de substance à exercer un effet antibactérienne. D'après les résultats obtenus, on remarque que les propriétés antibactérienne dans ce test ont montré que les AgNPs influences totalement sur *S. aureus* (figure 24).

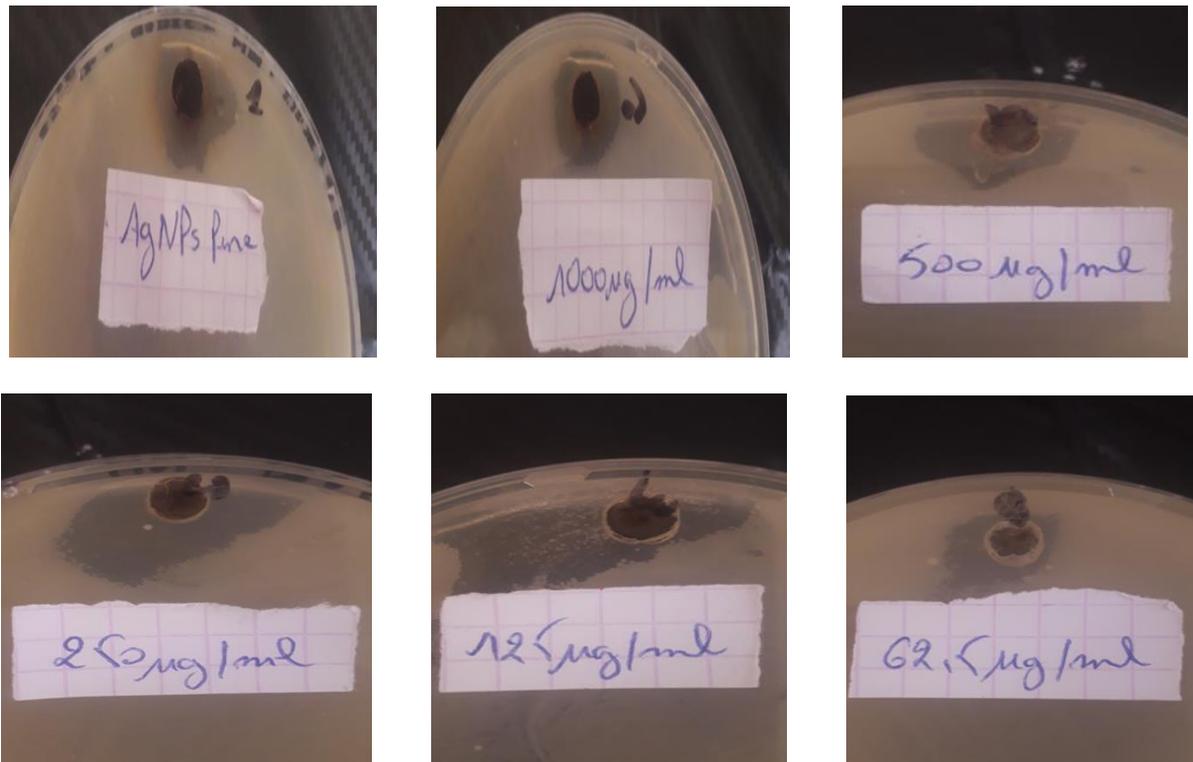


Figure 24: Pouvoir antibactérienne des AgNPs par la méthode de diffusion en puits vis à vis de *S. aureus*

Le pouvoir antibactérien des AgNPs biosynthétisés à partir l'extrait d'*Allium sativum*, varie selon les concentrations des AgNPs testées. Ces nanoparticules ont montrés des diamètres d'inhibition compris entre 9mm à 24mm. D'après les résultats en possède une activité inhibitrice importante à concentration des AgNPs de 125 $\mu\text{g/ml}$, qui obtenu le diamètre d'inhibition 24mm (figure 25).

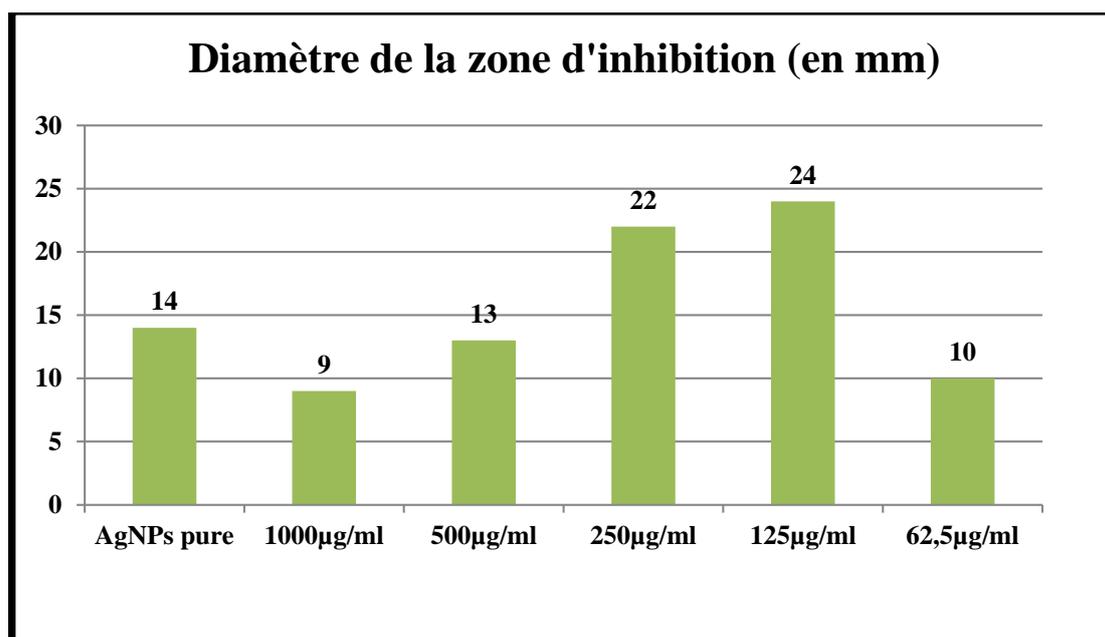


Figure 25: Diamètre des zones d'inhibition (en mm) en présence des AgNPs vis-à-vis de *S. aureus*

Nous remarquons que le diamètre d'inhibition supérieur (24 mm) a été observé à concentration de 125µg/ml, tandis que le diamètre d'inhibition inférieur (9 mm) était observé à concentration de 1000µg/ml.

Dans l'ensemble des résultats obtenus, il ressort que les NPs d'Ag montrent une efficacité antibactérienne vis-à-vis le *S. aureus*.

Nos résultats sont meilleurs que les résultats obtenu par Mihoune (2021) qui ont rapporté que les nanoparticules d'Argent synthétisées à base d'extrait de *Salvia Verbinaca* ont ne montré aucune activité antibactérienne vis-à-vis le *S. aureus*. Metiaz et Boudiba (2020) ont également montré que les AgNPs synthétisées à base d'extrait des feuilles du *Citrus limon* avait une forte activité antimicrobienne, avec une zone d'inhibition de 25 mm notée contre *Staphylococcus aureus*, ce résultat d'inhibition est relativement supérieur à celle dans notre étude.

L'activité antibactérienne des AgNPs contre un large éventail de bactéries a été prouvée dans plusieurs études. Ce potentiel des AgNPs confirme la stratégie multiforme des AgNPs dans l'exposition des bactéries (Franci *et al.*, 2015). Le mécanisme de l'activité

antibactérienne des AgNPs est très probablement dû à la fixation des AgNPs à la paroi cellulaire et à la génération de radicaux libres. De plus, la présence d'Ag NPs dans la membrane cellulaire des bactéries a été prouvée dans des études antérieures (**Oves *et al.*, 2018**).

Les AgNPs perturbent la perméabilité de la membrane en pénétrant dans la membrane cellulaire et en provoquant une fuite d'ATP intracellulaire et la mort cellulaire (**Ajitha *et al.*, 2014 ; Hajipour *et al.*, 2012**). La libération d'ions argent à partir des AgNPs agissant comme réservoir provoque une activité antibactérienne des AgNPs (**Ajitha *et al.*, 2014**).

Conclusion

Conclusion

La recherche d'approches respectueuses de l'environnement pour la synthèse de nanoparticules a suscité une grande attention, principalement en raison des sous-produits nocifs générés par les procédures chimiques conventionnelles ; cela nécessite le développement de nanoparticules utilisant des matériaux biocompatibles et biodégradables, ce qui est le but de la « synthèse verte ».

Dans ce travail nous avons synthétisé avec succès des nanoparticules d'argent par une méthode biologique simple et respectueuse de l'environnement à faible coût, reproductible évolutive et économique contrairement aux méthodes chimiques.

Nous avons utilisé les bulbes d'ail (*Allium sativum*), dont l'extrait pourrait agir comme un agent réducteur pour synthétiser des nanoparticules d'Ag à partir d'une solution aqueuse de nitrate d'argent. Ces nanoparticules ont été étudiées pour leurs propriétés antibactériennes.

La caractérisation des NPs d'argent a été effectuée la technique UV-Vis, laquelle a confirmé la formation de ces NPs. Cela a été corroboré par l'observation des pics caractéristiques se situant aux alentours de 350-450 nm dans le spectre UV-Vis.

D'autre côté, les nanoparticules synthétisées ont montré un effet bactéricide très efficace contre *Staphylococcus aureus* par une zone d'inhibition maximale de 24mm à concentration de 125µg/ml, ce résultat pourrait être intéressant dans les domaines pharmacologique et médical.

Par conséquent, les AgNPs préparées de cette manière ont également montré des effets antimicrobiens contre les micro-organismes pathogènes et peut probablement être utilisée davantage pour la production de médicaments antibactériens ; nano-médicaments et l'administration ciblée de médicaments..

Comme perspectives nous proposons ce qui suit :

- ✓ Tester les activités antioxydante et anti-inflammatoire des nanoparticules d'Argent.
- ✓ Tester l'effet d'AgNP sur d'autres souches microbiennes
- ✓ Tester l'activité antimicrobienne sur d'autres microorganismes comme les virus
- ✓ Faire la synthèse d'AgNPs à partir d'autres modèles biologique comme des bactéries

*Références
bibliographiques*

-A-

Aiswarya, D., Raja, R.K., & Kamaraj, C. (2019). Biosynthesis of Gold and Silver Nanoparticles from the Symbiotic Bacterium, *Photorhabdus Luminescens* of Entomopathogenic Nematode: Larvicidal Properties Against Three Mosquitoes and *Galleria Mellonella* Larvae. *Journal of Cluster Science.*; 30(3) : 1040-7278. doi : 10.1007/s10876-019-01564-1 16.

Ajitha, B., Reddy, Y. A. K., & Reddy, P. S. (2014). Biogenic nano-scale silver particles by *Tephrosia purpurea* leaf extract and their inborn antimicrobial activity. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 121, 164-172

Ali, Z.A., Yahya, R., Sekaran, S.D., & Puteh, R. (2016). Green synthesis of silver nanoparticles using apple extract and its antibacterial properties. *Advances in Materials Science and Engineering*, 2016, pp.1-6

Angélique, S.D., Audureau, E., & Franco, M. (2018). Substantial modification of the gene expression profile following exposure of macrophages to welding-related nanoparticles. *J Sci Rep.*; 4 ;8(1) :8554. doi: 10.1038/s41598-018-26988-z.

-B-

Ban J, O., Oh J,H., Kim T,M., Kim D,J., Jeong, H., Han S,B., & Hong J,T. (2009). Antiinflammatory and arthritic effects of thiacremonone, a novel sulfur compound isolated from garlic via inhibition of NF- κ B. *Arthritis Research & Therapy*, 11: R145.

Belfennache, D.E. (2012). Elaboration et étude de nanoparticules Au/TiO₂ et Ag/TiO₂, Thèse de Doctorat, Département de Physique, Université Mentouri, Constantine, 5-6.

- Bonnia, N.N., Kamaruddin, M.S., Nawawi, M.H., Ratim, S., Azlina, H.N., & Ali, E.S. (2016).** Green biosynthesis of silver nanoparticles using *Polygonum Hydropiper* and study its catalytic degradation of methylene blue. *Procedia Chemistry*, 19, pp.594-602.
- Botineau, M.(2010).** Botanique systématique et appliquée des plantes à fleurs. p 63-70.
- Britannica. (2021).** The Editors of Encyclopaedia. "Silver". *Encyclopedia Britannica*, 13 May. 2020, <https://www.britannica.com/science/silver>. Accessed 17 April 2021.
- Broadasky, TF., Lewis, C., Ble TE – Doumandji, A., Hellal, A., Saidi, N., Hwanhlem, N., & Bruneton J. (1999).** *Pharmognosie, phytochimie, plantes médicinales*, 2eme édition, Paris: Editions médicales internationales, Tecet Doc Lavoisier. 1120.
- Buzea, C., et al. (2007).** Nanomaterials and nanoparticles: Sources and toxicity *Biointer phases*, 2(4): 17-71.

-C-

- Calkins, ER. (2014).** Nosocomial infections in hand surgery. *Hand Clin.* 14 :531-545.
- Capasso, A. (2013).** Antioxidant action and therapeutic efficacy of *Allium sativum* L. 4; 18(1):690-700.
- Carmès, S., Werther, R., & Dumontier, C. (2018).** *Appareil locomoteur* EMC Elsevier Masson SAS. Volume 13. n°2. p114.
- Carolina, D.S., Marcelo, S., & Avinach, P. (2014).** Silver Nanoparticles: Therapeutical Uses, Toxicity, and Safety Issues. *Journal of pharmaceutical*.
- Caruthers, S.D., Wickline, S.A., & Lanza, G.M. (2007).** Nanotechnological applications in medicine, 18: 26–30.
- Chaalel, A., Riazi, A., Dubois-Dauphin, R., & Thonart, P. (2015).** Screening of plantaricin EF and JK in an Algerian *Lactobacillus plantarum* isolate. *Asian Pac J Trop Dis.* 5(6):474-482.

Chang, M.C.O., Chow, J.C., Watson, J.G., Hopke, P.K., Yi, S.M., & Angleterre, G.C. (2004). Mesure des distributions granulométriques ultrafines à partir de sources de combustion fixes alimentées au charbon, au pétrole et au gaz; *J. Gestion de l'air et des déchets*, 54: 1494-1505.

Chauvel R., (2018). Application des nanoparticules d'argent en thérapeutique. Thèse de doctorat en pharmacie. Faculté de pharmacie université claud bernard lyon 1, 105p.

Chuto, G., Chaumet-Riffaud, P. (2010). Les nanoparticules. *J Médecine Nucléaire.* ; 34 : 370–376.

Cintas, L., Rodríguez, J., Fernandez, M., Sletten, K., Nes, I., Hernandez, P., & Holo, H. (1995). Isolation and characterization of pediocin L50, a new bacteriocin from *Pediococcus acidilactici* with a broad inhibitory spectrum. *Appl Environ Microbiol*; **61:2643–2648**.

Colin, L. (2016). L'ail et son intérêt en phytothérapie. Thèse pour le diplôme d'état de docteur en Pharmacie, Université de Lorraine. p 22.

-D-

Debnath, P. (2018). Cytogenetic Effects of Silver and Gold Nanoparticles on Allium Cepa Roots. *Journal of Genetic Engineering and Biotechnology.* ; 16 (6) : 519–526.

Dethier, B. (2010). Contribution à l'étude de la synthèse de l'alliine de l'ail. p 2-26.

Diptendu, S., Goutam, P. (2017). Green Synthesis of Silver Nanoparticles using Mentha asiatica (Mint) Extract and Evaluation of their Antimicrobial Potential. *International Journal of Current Research in Biosciences and Plant Biology* Volume, 2349-8080: 77-82.

Dupont, F., Guignard, J. (2012). Les familles des plantes. Ed : 16ème: Elsevier / Masson.

-E-

Ealia, S.A.M., Saravanakumar, M. (2017). IOP ConferenceSeries: Materials Science and Engineering.

Elham, A., Milani, M., & Fikri, A. (2016). Silver nanoparticles: Synthesis methods, bioapplications and properties. J Critical Reviews in Microbiology. ; 42 :2, 173-180, DOI : 10.3109/1040841X.2014.912200.

-F-

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

Franci, G., Falanga, A., Galdiero, S., Palomba, L., Rai, M., Morelli, G., & Galdiero, M. (2015). Silver nanoparticles as potential antibacterial agents. Molecules, 20(5), 8856-8874.

Fu, J., Ji, J., Fan, D., & Shen, J. (2006). construction of antibacterial multilayer films containing nanosilver via layer-by-layer assembly of heparin and chitosan-silver ions complex, Journal of Biomedical Materials Research, 79(3):665–674,

-G-

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

Ganaie, S.U., Abbasi, T., Anuradha, J., & Abbasi, S.A. (2014). Biomimetic synthesis of silver nanoparticles using the amphibiou weed pomoea and their application in pollution control, 26 : 222-229.

Gerbeaud, X. (2008). Ail - allium sativum. gerbeaud.com. Disponible sur: <http://www.gerbeaud.com/fruit-legume-de-saison/ail-alliumsativum.php>.

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

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

Gobinath, R., Manasa, V., Rajendiran, S., Kumar, K., Paul, R., & Basavaraj, K. (2021). Adsorption médiée par les nanoparticules de polluants: une voie vers l'atténuation de la pollution de l'environnement. Dans: Microbial Rejuvenation of Polluted Environment, 317-348.

Goetz, P., Ghedira, K. (2012). Phytothérapie anti-infectieuse. Université de Monastir Springer Verlag France, Paris. Pp216.

Goldman, F. (2004). Une arme secrète contre la maladie,l'argent colloïdal.

Gonnelli, D., Degardin, N., Guidicelli, T., Magalon, G., & Bardot, J. (2010). Surgical managing of current cutaneous infections in children. Archives de pédiatrie : organe officiel de la Société française de pédiatrie.17(9): 1373-9.

Gorinstein, S., Drzeviecki. (2005). Comparaison of the bioactive compound and antioxidant potentials of fresh and cooked Polish ukrainian and is raelien garlic .J Agri Food chem 53(7):2726-273.

Goutayer, M. (2008). Nano-émulsions pour la vectorisation d'agents thérapeutiques ou diagnostiques : étude de la bio distribution par imagerie de fluorescence in vivo Biotechnologies. Université Pierre et Marie Curie - Paris VI, 2008. Français. ffNNT :2008PA066452ff. fftel-0081 1983.

Gumulya, Y., Boxall, NJ., Khaleque, HN., Santala, V., Carlson, RP., & Kaksonen, AH. (2018). Dans, une quête d'ingénierie des acidophiles pour les applications biominérales: défis et opportunités. *Gènes* 9(2), 116.

-H-

Hajipour, M. J., Fromm, K. M., Ashkarran, A. A., de Aberasturi, D. J., de Larramendi, I. R., Rojo, T., & Mahmoudi, M. (2012). Antibacterial properties of nanoparticles. *Trends in biotechnology*, 30(10), 499-511.

Hassan, H. (2004). Ajoene (Natural garlic compound): A new anti-leukaemia agent for AML therapy. *Leuk Res.* Pp 667-671.

Houshian, S., Seyedipour, S., & Wedderkopp, N. (2016). Epidemiology of bacterial hand infections. *Int J Infect Dis.* 10:315–9

Houshian, S., Seyedipour, S., & Wedderkopp, N. (2016). Epidemiology of bacterial hand infections. *Int J Infect Dis.* 10:315–12.

Hulkoti, I.N., Taranath, T C. (2014). Biosynthesis of nanoparticles using microbes—A review. *Colloids and surfaces.* 121. 474-483.

Hullmann, A. (2007). Measuring and assessing the development of nanotechnology. *Scientometrics*, 70: 739–758.

-I-

ITCMI-Institut Technique Des Cultures Maraichères et Industrielles. (2010). La culture de l'ail .Fiches techniques valorisées des cultures maraichères et Industrielles.

-J-

Jannathul, M.F., Lalitha,P. (2015). Biosynthesis of Silver Nanoparticles and Its Applications, Journal of Nanotechnology, 18.

Jose, Sr., Thomas, F. (2020). Photocatalytic degradation of methylene blue using iron oxide nanoparticles synthesized using Annona muricata leaf extract. International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences. 12, pp.46-51.

-K-

Kaushik, R., Sarkar, C., & Ghosh, C. (2014). Plant-mediated synthesis of silver nanoparticles using parsley (*Petroselinum crispum*) leaf extract: spectral analysis of the particles and antibacterial study.

Keerawelle, B., Chamara, A., (2019). Green Synthesis of Silver Nanoparticles via Medicinal Plant Extracts and Their Antibacterial Activities. World Journal of Pharmaceutical Research. ; 8 (7) : 100-111 ; 2277– 7105.

Kilgore, Jr., Brown, L., Newmeyer, W., Graham, W., & Davis, T. (1975). Treatment of felons. American journal of surgery. 130(2): 194-8.

Kumar, R., Ghoshal, G., Jain, A., & Goyal, M. (2017). Rapid green synthesis of silver nanoparticles (AgNPs) using (*Prunus persica*) plants extract: exploring its antimicrobial and catalytic activities. J.Nanomed.Nanotechnol,8(4), 1-8.

-L-

Lambinon, J., Delvosalle, L., & Duvigneaud, J. (2004). Nouvelle Flore de la Belgique, duché de luxembourg, du nord de la France et des Régions voisines (ptéridophytes et spermatophytes). J éd .Meise, Edition du patrimoine national de Belgique.

Lassal, F. (2020). Etude du pouvoir antimicrobien des huiles essentielles de l'ail (*Allium sativum*. L). p 11-18.

Leelarungrayub, N., Rattanapanone, V. (2006). Quantitative evaluation of the antioxidant properties of garlic and shallot preparations. *J. Nutrition* ; 22(3):266-74.

Li, W., Xiao-Bao, X., & Qing-Shan, S. (2011). Antibacterial effect of silver nanoparticles on *Staphylococcus aureus*. *J Biometals.* ; 24 :135–141 DOI 10.1007/s10534-010-9381-6.

-M-

Martha, EGP. (2008). Caractérisation de composés phénoliques des extraits de ramilles du bouleau jaune : étude de leur capacité antioxydante. Mémoire, Université Laval, p. 147

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

Metiaz, H., Boudiba, A. (2020). Synthèse, Caractérisation Des Nanoparticules d'argent A Base d'extrait Des Feuilles De Plantes Et Evaluation De Leur Activité Antioxydante Et Antimicrobienne, Mémoire de master, Département de Génie des procédés, Université de Ghardaïa, Pp. 48.

Miean, KH., Mohamed, S. (2001). Flavonoïde (myricétine, quercétine, kaempférol) contenu de l'édible tropical plante *J Agri Food chem* 49(6) : 3106-3112.

Mihoun, Y. (2021). Biosynthèse des nanoparticules à base d'extrait de plante et la caractérisation de leurs activités biologiques, Mémoire de master, Département de chimie, Université Mohamed Boudiaf - M'sila, Pp 38.

Mohamed, H.E.A., Shakeeb, A., & Ali, T. (2019). Biosynthèse de Nanoparticules d'Argent à Base d'Extrait de Fruits de *Hyphaene Thebaica* et Leur (in Vitro) Potentiel Pharmacognostique. *Materials Research Express.* ; 6 (10) : 1050c9. doi.org/10.1088/2053-1591/ab4217

Moideen, S., Prabha, A. (2014). Green synthesis of silver nanoparticles using *Luffa Acutangula* Roxb. Var. Amara. Lin, and its antibacterial activity. *Int. J. Pharm. Bio. Sci*, 5(4), 1051-1061.

Muhammad, R., Sadaf, I., & Rafique, M. (2016). A Review on Green Synthesis of Silver Nanoparticles and Their Applications. *Artificial Cells, Nanomedicine, and Biotechnology An International Journal*. ; 45(7) : 1272– 1291.doi.org/10.1080/21691401.2016.1241792.

-N-

Nakagawa, H., Tsuta, K., Kiuchi, k., Senzaki, H., Tanaka, K., Hioki, k., & Tsubura, A. (2001). Growth inhibitory effects of diallyl disulfide on human breast cancer cell lines. *Caracinogenesis*. Pp 891 -892.

Niraimathi,K.,Sudha,V.,Lavanya,R.,&Brindha,P.(2013).BiointerfacesBiosynthesisofsilver nanoparticlesusing *Alternanthera sessilis*(Linn.)extractandtheir antimicrobial,antioxidant activities.*Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*102: 288-291.

-O-

Okombeembeya, V., Nzuzimavungu, G. (2019). Etude de l'activité antibactérienne (in vitro) des extraits aqueux et méthanoliques de l'ail (*Allium sativum* L.)*Journal of Applied Biosciences* 141: 14419 – 14425.

Oves, M., Aslam, M., Rauf, M., Qayyum, S., Qari, H., Khan, M., & Ismail, I. (2018). Antimicrobial and anticancer activities of silver nanoparticles synthesized from the root hair extract of *Phoenix dactylifera*. *Materials Science and Engineering: C*, 89, 429-443.

-P-

Panigrahi,T.(2013).Synthesis and characterization of silver nanoparticles using leafextract of

Azadirachta indica. Dep Life Sci Natl Inst Technol Rourkela (Doctoral dissertation).

Partila, A.M., El-Hadedy, D.E. (2020). Effect of green silver nanoparticles embedded in irradiated sodium alginate/poly acrylamide on removal of dye wastes. *Journal of Radiation Research and Applied Sciences*, 13(1), pp.586-593.

Patra, J.K., Baek, K.H. (2014). Nanobiotechnologie verte : facteurs affectant les techniques de synthèse et de caractérisation. *Journal of Nanomaterials*.

Prateek, M., Ramateke, S., & Jain, N.K. (2017). Pharmaceutical aspects of silver nanoparticles. *Artificial cells nanomedicine and biotechnology journal*. ; doi.org/10.1080/21691401.2017.1414825.

Piard, J., Zimmer, S., Chupin, G., Bon, C., Cheref, Y., & Cazayus-Claverie, E. (2016). Synthèse et détermination de la taille de nanoprismes d'argent. *Le Bulletin de l'Union des Professeurs de Physique et de Chimie*, 110(988), 1339-1368.

Punjabi, K., Choudhary, P., Samant, L., Mukherjee, S., Vaidya, S., & Chowdhary, A. (2015). Biosynthesis of Nanoparticles: A Review. *Int. J. Pharm. Sci. Rev. Res.*, 30(1): 219-226.

-Q-

Quelemes, P., Araruna, V., & Kuckelhaus, S. (2013). Development and Antibacterial Activity of Cashew Gum-Based Silver Nanoparticles. *Int. J. Mol. Sci.* ; 14 :4969-4981 ; doi :10.3390/ijms14034969.

-R-

Rafique, M., Sadaf, I., Rafique, S., & Bilal Tahir, M. (2016). A review on green synthesis of silver nanoparticles and their applications. *Artif Cells Nanomed Biotechnol.*, 45:1–20.

Rahimi-Nasrabadi, M., Pourmortazavi, S.M., Shandiz, S.A.S., Ahmadi, F., & Batooli, H. (2014). Green Synthesis of Silver Nanoparticles Using Eucalyptus leucoxydon Leaves Extract and Evaluating the Antioxidant Activities of the Extract. *Natural Product Research*, 28: 1964-1969.

Rajeshkumar S., Bharath L.V. (2017). Mechanism of plant-mediated synthesis of silver nanoparticles – A review on biomolecules involved, characterisation and antibacterial activity. *Chemico-Biological Interactions Journal*. doi.org/10.1016/j.cbi.2017.06.019

Rigopoulos, N., Dailiana, ZH., Varitimidis, S., & Malizos, KN. (2016). Closed-space hand infections: diagnostic and treatment considerations. *OrthopRev*.4:e19.p 49

Rostami Charati, F., Asadi, S., Akbari, R., & Razavi, S A. (2018). Green synthesis of silver nanoparticles using *Taxus baccata* Leaves extract and identify its specifications. *Journal of Materials and Environmental Sciences*, 9(10), pp.2798-2803.

Ruiz-Romero, P., Valdez-Salas, B., González-Mendoza, D., & Mendez-Trujillo, V. (2018). Antifungal effects of silver phytonanoparticles from *Yucca shilerifera* against strawberry soil-borne pathogens: *Fusarium solani* and *Macrophomina phaseolina*. *Mycobiology*, 46(1), 47-51.

-S-

Sadeghi, B., Gholamhoseinpoor, F. (2015). A Study on Stability and Green Synthesis of Silver Nanoparticles Using *Ziziphora tenuior* (Zt) Extract at Room Temperature. *Spectrochimica Acta PartA:Molecular and Biomolecular Spectroscopy*,2015;134:310- 315.

Sang H., Jun B., (2019). Silver Nanoparticles: Synthesis and Application for Nanomedicine. *Int. J. Mol. Sci.* ; 20 : 865. doi :10.3390/ijms20040865.

Séverine, J. (2005). Apport des drogues végétales dans la présentation des maladies cardio vasculaire liées à l'hypercholestérolémie. Université Henri Poincaré-nancy 1. Pp 36.

Schmid,G. (2004). « nanoparticles:from theory to application»

Soliman H., Elsayed A., et al., (2018). Antimicrobial activity of silver nanoparticles biosynthesised by *Rhodotorula* sp. strain ATL72. *Egyptian Journal of Basic and Applied.*

Swope, B. (2002). Paronychia and felons. *Operative Techniques in General Surgery.* 4(2): 270-3.

Sudrik, S., Chaki,N., Chavan,V., & Chavan, S. (2006).Silver Nanoparticles: Synthesis, Characterization and its Antifilarial activity.859-12.

Syafiuddin, A., Salim, M.R., Beng Hong Kueh, A., Hadibarata, T., & Nur, H. (2017). A review of silver nanoparticles: research trends, global consumption, synthesis, properties, and future challenges. *Journal of the Chinese Chemical Society,* 64(7), pp.732-756.

-T-

Tacconelli E., Elena C., & Alessia S. (2017). Discovery, research, and development of new antibiotics: the WHO priority list of antibiotic-resistant bacteria and tuberculosis. *Lancet Infect journal.* ; doi.org/10.1016/S1473- 3099(17)30753-3.

Tai, C .Y., Tai, C., & Chang, M. (2007). Synthesis of Magnesium Hydroxide and oxide Nanoparticles Using a Spinning Disk Reactor 5536–41 H.

Tiwari, D K., Behari, J., & Sen. (2008). Application of Nanoparticles in Waste Water Treatment 3 417–33 P 2008.

Tran Q., Nguyen V., et al., (2013). Silver nanoparticles: synthesis, properties, toxicology, applications and perspectives.doi.org/doi:10.1088/2043- 6262/4/3/033001. *Adv. Nat. Sci. : Nanosci. Nanotechnol journal.* ;033001 :20.

-V-

Vidal, R. (2013). *Recommandations en pratique.* Issy-les-Moulineaux.

-W-

Weiss, K. (2002). La résistance bactérienne. Congrès de formation médicale continue FMOQ Le Médecin du Québec. ; 37(3).

Whatmore, R.W. (2006). Nanotechnology—what is it? Should we be worried?. Occupational Medicine, 56(5), pp.295-299.

-Y-

Yeo, S., Lee, H., & Jeong, S. (2003). Mater. Sci, 38-2146.

Yihui, H., Muhammad, M., Shichao, L., Jian, H., Liqi, Z., Chengping, Z., Yu, D., Peng, W., Zhengyang, Z., Shuming, N.O., & Hui, W. (2017). Surface-Enhanced Raman Scattering Active Gold Nanoparticles with Enzyme-Mimicking Activities for Measuring Glucose and Lactate in Living Tissues.

Yin, I. X., Zhang, J., Zhao, I. S., Mei, M. L., Li, Q., & Chu, C. H. (2020). The Antibacterial Mechanism of Silver Nanoparticles and Its Application in Dentistry. International Journal of Nanomedicine, 15, pp.2555-2562.

Yogeswari, R., Sikha, B., & Akshya, K. (2012). Green synthesis of silver nanoparticles using *Ocimum sanctum* (Tulashi) and study of their antibacterial and antifungal activities. Journal of Microbiology and Antimicrobials, 4(6), 103-109.

Yousaf, A.S., Ali, S. (2008). Why Nanoscience and Nanotechnology? What is there for us?. Journal of Faculty of Engineering & Technology, 5, pp.11-20.

-Z-

Zhang. X., Liu. Z., & Shen. W. (2016). Silver Nanoparticles: Synthesis, Characterization, Properties, Applications, and Therapeutic Approaches. *Int. J. Mol. Sci.* ; 17 : 1534 ; doi :10.3390/ijms17091534