



Réf :/UAMOB/F.SNV.ST/DEP.BIO/2021

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME MASTER

Domaine : SNV

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité : Microbiologie appliquée.

Présenté par :

NOURI Djazia & GRINE Chaima

Thème

Les nanoparticules et les extraits de plantes.

Soutenu le: 12/07/2021

Devant le jury composé de :

Nom et Prénom

Grade

Mme IDER D.

MAB

Univ. de Bouira

Présidente

Mme MOURI-HADIDI L.

MCB

Univ. de Bouira

Promotrice

Mme YALAOUI-GUELLAL D.

MCB

Univ. de Bouira

Examinatrice

Année Universitaire : 2020/2021

Remerciements

Remerciements

*Au terme de ce travail, nous remercions **DIEU** de nous avoir donné le courage et la volonté pour mener à bien ce mémoire. A l'issue de la réalisation de ce modeste travail,*

Nous tenons à remercier vivement notre promotrice

Madame MOURI HADIDI

Pour avoir accepté de nous encadrer et pour ses conseils et orientation

Tout au long de notre travail.

Egalement, nos remerciements vont aux membres du jury,

Mme YALAOUI-GUELLAL D.

pour tous ses efforts pour notre réussite tant que Enseignants et administrateur.

Nous remercions infiniment

Mme IDER D.

D'avoir présidé ce jury.

Nos remerciements à tout le personnel et les enseignants qui ont Contribués à notre formation. A tous nos enseignants qui ont initiés aux valeurs authentiques,

Enseigné d'un profond spectre sans oublier toutes personnes qui font partie de la faculté SNV-ST,

Nous tenons à remercier tous ceux qui ont contribué de près ou de Loin à l'élaboration de ce travail.

Dédicaces

Dédicaces

C'est au nom de DIEU clément et miséricordieux que j'entame ce mémoire de fin d'étude en faisant une dédicace spécialement pour tous ce qui me sont chers.

*A mon cher père, **Papa Mohammed***

Amon exemple éternel, mon soutien moral et source de joie et de bonheur, celui qui a attendu avec patience les fruits de sa bonne éducation, celui qui s'est toujours sacrifié pour me voir réussir

Je ne peux pas tout expliquer ici, sera trop long, que dieu te garde.

*A ma chère mère, **Maman Zohra***

A la lumière de mes jours, la source de mes efforts, la flamme de mon cœur, ma vie et mon bonheur, à celle qui a été là pour moi dans mes moments de moins, dans mes périodes de noirs, entre elle et moi, il y aura toujours plus que ce lien de sang. Rien au monde ne vaut les efforts fournis jours et nuits par toi maman, pour mon éducation et mon bien être, que DIEU te bénisse.

*A mon cher marie, **Mhamed***

Tendre affection pour ton esprit d'abnégation et de tolérance.

Ce travail est le tien. Qu'ALLAH raffermisse notre union.

Mon cher grand père et ma grand-mère.

Mes chères sœurs

Imen, zineb, Rokia, hajer, Basma, Asma, Khadîdja, KHoloud, et surtout les petits fleur Tasnim, Arwa

A ma grande famille qui est intéressée à mon succès.

Aux personne qui m'ont accompagné durant mon chemin d'étude supérieures, mes aimables amie, collègues d'étude surtout hayat et sœurs de cœur, à savoir, ma binôme Djazia, faten, salma wafa, lydia , linda, lobna.

Chaima

DEDICACES

*Avant Tout On Remercie **DIEU** Tout Puissant De Nous Avoir Donne Le
Privilège, La Chance D'étudier, Et De Nous Avoir Donne Force, Courage, Et
Patience Pour Accomplir Ce Travail*

JE DEDIE CE MODESTE TRAVAIL

*A Mes Chers Parents, **RABAH Et FATIHA**,
Qui Sont Le Soutien Et La Lumière De Mon Chemin Pour Vos Efforts, Votre
Fatigue Et Votre Patience Pour Notre Réussite Et Notre Bonne Education Et
Votre Présence A Mes Cotes Tout Au Long De Mes Etudes Sans Rien Attendre
En Retour De Nous. Tous Les Remerciements Ne Remplissent Pas Votre
Droit, Je Vous Dois Ce Que Je Suis Aujourd'hui Et Ce Que Je Serai Et Je Ferai
Toujours De Mon Mieux Pour Rester Votre Fierté
Que Dieu Protège Vous Et Prenez Soins De Vous.*

*A Mes Chers Frères **A'MHAMED, YASSIN, YOUSSEF** Pour Leur
Sollicitude Et Leur Assistance A Mon Egard, Que Dieu Tout Puissant Vous
Protège Et Vous Exauce Tous Vos Vœux*

***A MES ONCLES, MES TANTES, MA GRANDE FAMILLE, QUE DIEU
VOUS BENIT.***

*A Mon Binôme **CHAIMA** Pour Notre Participation A La Réalisation De Ce
Travail, Et A Toute Sa Famille*

DJAZIA

Table de matières

Table de matières

Remerciements

Dédicaces

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des abréviations

Introduction01

Chapitre I : Généralités sur les nanoparticules.

I.1.Nanomonde.....	03
I.2.Nanoscience.....	03
I.3.Nanotechnologie	03
I.4.Nanomatériau	04
I.4.1.Les nano-objets.....	04
I.4.1.1.Les nano-feuillets	04
I.4.1.2.Les nano-fibres	04
I.4.1.3.les nanoparticules	04
I.4.2.Les matériaux nano structurés	04
I.4.2.1.les nano-composites.....	05
I.4.2.2.les matériaux nano-poreux.....	05
I.4.2.3.les agrégats de nano-objets	05
I.5.les nanoparticules	05
I.5.1.les différents types de nanoparticules	06
I.5.1.1.liposomes	06
I.5.1.2.Agrégats.....	06
I.5.1.3.Micelles	06
I.5.1.4.Nanoparticules polymériques	07
I.5.1.5.Nanoparticules lipidiques	07
I.5.1.6.Nanoparticules inorganiques	07
I.6.Les sources des nanoparticules.....	07
I.7.La synthèse de nanoparticules	08
I.7.1.les méthodes de synthèse des nanoparticules	08
I.8.Application des nanoparticules.....	09

I.8.1.Application en médecine	09
I.8.2.Application dans les matériaux de fabrication	09
I.8.3.Application en électrique.....	09

Chapitre II : Les extraits des plantes

II.1.Les plantes médicinales.....	12
II.2.Méthodes d'extraction des nanoparticules	12
II.2.1.Macération.....	12
II.2.2.Extraction par Soxhlet.....	13
II.2.3.Extraction à l'eau	14
II.2.4.Extraction assiste par microonde.....	14
II.2.5.Extraction assistée aux ultrasons.....	15
II.2.6.Extraction liquide sous pression (PLE).....	16
II.2.7.Extraction classique solide-liquide.....	16
II.3.Propriété biologiques des extraits des plantes	17
II.3.1.l'activité antioxydants	17
II.3.2.Détermination de l'activité antibactérienne	17
II.4.L'effet et l'intérêt d'utilisations	17
II.5.Toxicité des plantes médicinales	17
II.6.Généralités sur l'espèce étudiée	18
II.6.1.Présentation des plantes étudient <i>Curcuma longa</i>	18
II.6.2.terminologie	19
II.6.3.La systématique.....	19
II.6.4.Description botanique de la plante	20
II.6.5.Distribution biogéographique.....	21
II.6.6.Composition chimique	21

Chapitre III : La biosynthèse des nanoparticules.

III.1.La biosynthèse des nanoparticules d'argent	23
III.1.Matériels et méthodes	23
III.1.1.La préparation de matériel végétal (séchage et broyage).....	23
III.1.2.Préparation des extraits aqueux des plantes.....	24
III.1.3.synthèse des nanoparticules d'argent.....	24
III.1.4.Les méthodes de caractérisations.....	25
III.1.4.1.Caractérisation des nanoparticules.....	25

III.1.5.Activité antimicrobienne	29
III.1.6.Mécanisme d'action antibactérien des AgNPs	31
Conclusion.....	32
Références bibliographiques	33
Annexes	41
Résumé	

Liste des tableaux

Liste des Tableaux

Tableau 01 : Les domaines d'application des nanotechnologies.....	10
Tableau 02 : Avantage et inconvénients de l'extraction par ultrasons.....	16
Tableau 03 : La classification botanique de <i>Curcuma longa</i>	20
Tableau 04 : Activité antimicrobienne de l'extrait de plante contre les isolats.....	30
Tableau 05 : Activité antimicrobienne des AgNPs synthétisés.....	31

Liste des figures

Liste des figures

Figure 01 : échelle nanométrique.....	03
Figure 02 : Les nanomatériaux manufacturés, selon la norme IS.....	05
Figure 03 : Gamme de tailles des nanoparticules comparées à celles des principales structures chimiques et biologique.....	06
Figure 04 : classement des nano-objets en fonction de leur origine de formation.....	07
Figure 05 : représentation schématique des deux grandes approches de synthèse de nanomatériaux.....	09
Figure 06 : La technique de macération.....	13
Figure 07 : Extraction par soxhlet.....	14
Figure 08 : système d'extraction par microonde.....	15
Figure 09 : Illustration de <i>Curcuma longa</i>	19
Figure 10 : illustration d'un rhizome de <i>Curcuma longa</i>	20
Figure 11 : <i>Curcuma longa</i> plant (A), <i>C. longa</i> tubers (B), and <i>C. longa</i> powder (C).....	24
Figure 12 : la préparation d'extrait aqueux de plantes.....	24
Figure 13 : <i>Curcuma longa</i> (A) et agent/ <i>C. longa</i> émulsions (B) après 24 heures de temps d'agitation.....	26
Figure 14 : Spectre d'analyse UV de nanoparticules d'argent synthétisées.....	26
Figure 15 : Diagrammes de diffraction des rayons X de nanoparticules d'argent (Ag-NPs) synthétisées dans <i>Curcuma longa</i> pour la détermination des Ag-NPs après 24 heures d'agitation.....	27
Figure 16 : Images de microscopie électronique à transmission et distribution granulométrique correspondante de l'argent/ <i>Curcuma longa</i> après 24 heures d'agitation.....	28
Figure 17: Spectres infrarouges à transformée de Fourier pour l'extrait en poudre de tubercule de <i>Curcuma longa</i> (A) et Ag/ <i>C. longa</i> (B) 24 heures après la réaction de biosynthèse.....	29
Figure 18 : Activité antimicrobienne de l'extrait brut de plante contre les microorganismes testés.....	30
Figure 19 : Activité antimicrobienne des AgNPs synthétisés contre les microorganismes testés.....	30
Figure 20 : Différents mécanismes des effets de cytotoxique des AgNPs.....	31

Liste des abréviations

Liste des abréviations

ADN : Acide Désoxyribonucléique

Ag NPs : Nanoparticules d'argents

AgNO₃ : Nitrate d'argents

Au³⁺ : Ions d'Or

Au NPs : Nanoparticules d'or.

CPV : Les dépôts chimiques en phase vapeur.

cm : Centimètre

DPPH : 2,2-dipyenyl-1-picrylhydrazule

EDAX : Spectroscopie dispersive à énergie des rayons X.

EMA : European Medicines Agency.

FT-IR : Spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier.

GHZ : Géga Hertz

KHZ : Kilo Hertz

MHZ : Méga Hertz

m : Mètre

ml : Milli litre

mM : Milli mole.

MAE : Extraction assistée par micro-ondes.

MET : Microscopie électronique à transmission.

nm : Nanomètre

NP_s : Nanoparticules

Pt NP : Nanoparticules de platine.

PPV : les dépôts physiques en phase vapeur.

PLE : Extraction par fluide appliquée

ROS : Réactive Oxygen species.

SARM : Staphylococcus aureus Résistante à Méthicilline

SPR : Résistance de plasmon de surface

SLN : Solid lipid Nanoparticula

µg : Micro gramme

UV : Ultraviolet

Introduction

Aujourd'hui, l'apparition de la nanotechnologie et la nanoscience représente l'un des développements les plus prometteurs des sciences de la matière, elles s'intéressent à la caractérisation, la production et l'application de matériaux et de produits obtenus par un contrôle de la structure, de la forme et de la taille à l'échelle nanométrique (1 à 100 nm) (**Ramsden,2005**). Le développement des nanomatériaux et leur emploi à l'échelle industrielle sont en plein essor depuis une dizaine d'années. En effet, les propriétés physico-chimiques de ces matériaux permettent leur utilisation pour des applications variées, allant de la fabrication de produits alimentaires ou cosmétiques, au développement d'outils pour l'électronique ou encore les sciences biomédicales.

Pendant de nombreux siècles Les plantes médicinales sont utilisées pour soulager et guérir les maladies humaines. Leurs propriétés thérapeutiques sont dues à la présence d'une grande variété de composés biologiquement actifs. (**Dar et al., 2012**). Les plantes (leurs extraits) sont considérées comme un système hautement souhaitable pour la synthèse de NPs en raison de leur grande capacité à produire une large gamme de métabolites secondaires bioactifs (**Sharma et al., 2018**) à fort potentiel de réduction dans les systèmes et matériaux biologiques et médicales, la méthode de biosynthèse utilisée pour produire des NPs a été étudiée apparue comme une méthode verte est bon marché, rapide, efficace, respectée de l'environnement et rentable (**Zargaret al.,2011**)

Afin de pouvoir récupérer les principaux composants de ces plantes plusieurs méthodes d'extractions ont été démontrées. Des méthodes conventionnelle (la macération, l'infusion, la décoction et le soxhlet) des méthodes simples et largement utilisées dans les différentes études scientifique, et des méthodes alternatives (l'extraction assistée par micro-onde et l'extraction assistée par ultrason) qui sont couramment utilisées pour améliorer les rendements et de réduire le temps d'extraction. Les substances naturelles connaissent un intérêt croissant dans les domaines cosmétique, pharmaceutique et agroalimentaire. Dans le domaine pharmaceutique, environ 60% à 70% des médicaments antibactériens sont des substances d'origine naturelle, et près de 25% des prescriptions sont à base de plantes, les substances naturelles d'origine végétale sont douées de plusieurs activités biologiques comme l'activité antioxydant, anti-inflammatoire, anticancéreuse, antimicrobienne...etc. (**Kada, 2018**).

Le travail présenté dans ce mémoire comporte trois chapitres : Dans le premier chapitre, nous avons présenté, quelques généralités sur la nanotechnologie, la nanoscience, et une étude

bibliographique sur les nanoparticules. Le deuxième chapitre qui représente les extraits de plantes et les méthodes utilisées, et une étude botanique de l'espèce *Curcuma longa*.

Enfin, dans le troisième chapitre, nous présentons la méthode de synthèse des nanoparticules à partir d'extrait de plantes, après une étude bibliographique. Nous avons pris comme exemple la biosynthèse des nanoparticules d'argent à partir d'extrait de *Curcuma longa*. Par ce qu'ils ont été largement étudiées par divers chercheurs. Plus de mille types de nano AgNPs sont utilisés dans divers produits de consommation, tels que les textiles et les cosmétiques, l'emballage et la transformation dans l'industrie alimentaire, les applications médicales des produits de soin des plaies et le traitement.

Chapitre I
Généralités sur les
nanoparticules

I. Généralités sur les nanoparticules

I.1. Nanomonde

Le monde des sciences et des nanotechnologies « le nano monde » recouvre les objets de taille nanométrique telle que les molécules, les protéines, la matière... etc. Le préfixe nano vient de grec *nanos* qui signifie nain (très petit). Donc, le nanomètre est l'unité de référence du monde qui soit l'unité de mesure de longueur du système international valant un milliardième de mètre ($1\text{nm}=10^{-9}\text{m}=0.000000\ 001\text{m}$) (Tchangna, 2008), c'est environ 30 000 fois plus fin que l'épaisseur d'un cheveu et 100 fois plus petit que la molécule d'ADN (figure 01).

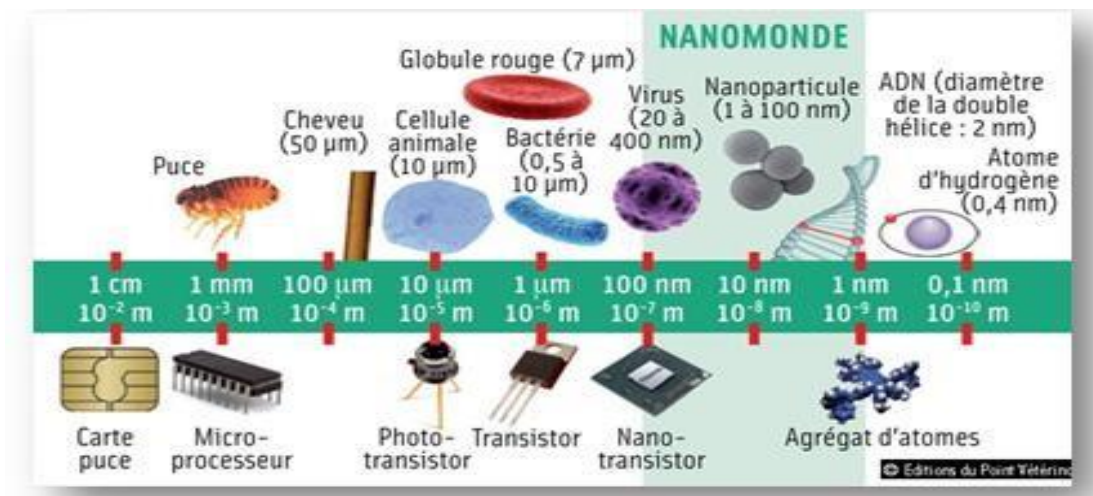


Figure01: échelle nanométrique [anonyme01].

I.1. Nanoscience

Est l'étude de phénomènes observés dans des objets, des structures, des systèmes dont la taille est inférieure à $100\ \text{nm}$, dans au moins une des dimensions de l'espace et dont les propriétés découlent spécifiquement de cette taille nanométrique qui sont différentes de celles d'un objet, système, ou d'une structure similaire de taille plus importante (Stéphanie et Nicolas, 2004).

I.2. Nanotechnologie

« Nanotechnologie » est un terme générique qui décrit un ensemble d'outils, d'instruments, de techniques qui permettent aux nanosciences de progresser en offrant des moyens d'étudier, de manipuler, de fabriquer, de mesurer, et de produire des objets ou matériaux nanométriques. C'est-à-dire regroupent tout ce que touchent la conception, la caractérisation, et l'application de structures, dispositifs et systèmes par contrôle de la forme et de la taille à l'échelle nanométrique. Les applications concernées présentent un potentiel économique important dans de nombreux domaines tels que la médecine, la chimie, l'énergie, l'économie des ressources ou encore l'environnement (Stéphanie et Nicolas, 2004).

I.3. Nanomatériaux

Les nanomatériaux sont des matériaux composés ou constitués complètement ou en partie de nano-objets. Le 18 octobre 2011, la commission européenne publie ses recommandations relatives à la définition des nanomatériaux (recommandation 2011/969/UE) : « on entend par "nanomatériaux" un matériau naturel, formé accidentellement ou manufacturé contenant des particules libres, sous forme d'agrégat ou sous forme d'agglomérat, dont au moins 50 % des particules, dans la répartition numérique par taille, présentent une ou plusieurs dimensions externes se situant entre 1 nm et 100 nm » (**Potočník, 2011**). Il existe deux grandes familles de nanomatériaux (figure 02):

I.3.1. Les nano-objets

Un nano-objet est un objet dont toutes les dimensions dans l'espace sont de l'ordre du nanomètre (comprise entre 1 et 100 nm). Et pour certains, il s'agit d'un corps dont au moins une des dimensions (longueur, diamètre, épaisseur) est comprise entre approximativement entre 1 et 100 nm (**Afsset, 2006**). Les nano-objets confèrent des propriétés ou spécifiques de la dimension nanométrique :

I.3.1.1. Les nano-feuillets

Une dimension nanométrique (<100 nm), les nano-feuillets ressemblent à de petites plaques qui peuvent s'empiler ou se recouvrir les uns les autres (figure 02).

I.3.1.2. Les nano-fibres

Deux dimensions nanométriques (<100 nm), plusieurs formes de nano fibres existent. Des fibres qui sont très longues, ce qui les rend relativement souples, des nanotubes qui sont des cylindres creux et qui peuvent absorber et emprisonner d'autres composés chimiques et bien encore les nano-aiguilles, qui sont généralement bien plus courtes que les fibres mais également moins souples. La morphologie des nano-fibres est importante car certaines de leurs propriétés en dépendent fortement.

I.3.1.3. Les nanoparticules

Trois dimensions nanométriques (<100 nm), des nanoparticules de formes sphériques, oblongues ou encore anguleuses aussi bien sous forme amorphe que cristalline (**Stéphanie et Nicolas, 2004**).

I.3.2. Les matériaux nano-structurés

Un matériau nanostructure comporte des nanoparticules dans sa structure,

superficiellement (traitement de surface) ou dans tout son volume c.-à-d. qui a une structure interne ou de surface à l'échelle nanométrique. En 2010, les matériaux nanostructures représentaient environ un tiers du secteur des nanotechnologies. Il est possible de distinguer plusieurs familles (figure 02), parmi les quelles (**Ricaud et Witschger, 2012**) :

I.3.2.1. Les nano-composites

Un nano-composite est constitué de nano-objets incorporés dans une matrice d'oxyde ou de polymère. Selon leur nature, l'incorporation des nano-objets peut modifier les propriétés du matériau : résistance mécanique, flexibilité/rigidité, propriétés thermiques, électriques, magnétiques...etc. (**Stéphanie et Nicolas, 2004**).

I.3.2.2. Les matériaux nano-poreux

Un matériau nano-poreux est un matériau solide contenant des nano-pores. Un nano-pore est une cavité dont au moins une dimension est à l'échelle nanométrique et qui peut contenir un gaz ou un liquide. Le principal intérêt de ces composés poreux est d'être exploitables en séparation de gaz, en catalyse, en tamisage moléculaire, mais aussi d'offrir des potentialités remarquables comme structure hôte pour des molécules à propriétés optiques non linéaire ou magnétiques (**Guerricha et Selmane, 2018**).

I.3.2.3. Les agrégats et agglomérats de nano-objet

On entend par «agglomérat» un amas friable de particules ou d'agrégats dont la surface externe globale correspond à la somme des surfaces des constituants individuels; on entend par «agrégat» une particule constituée de particules soudées ou fusionnées (**Potočník, 2011**).

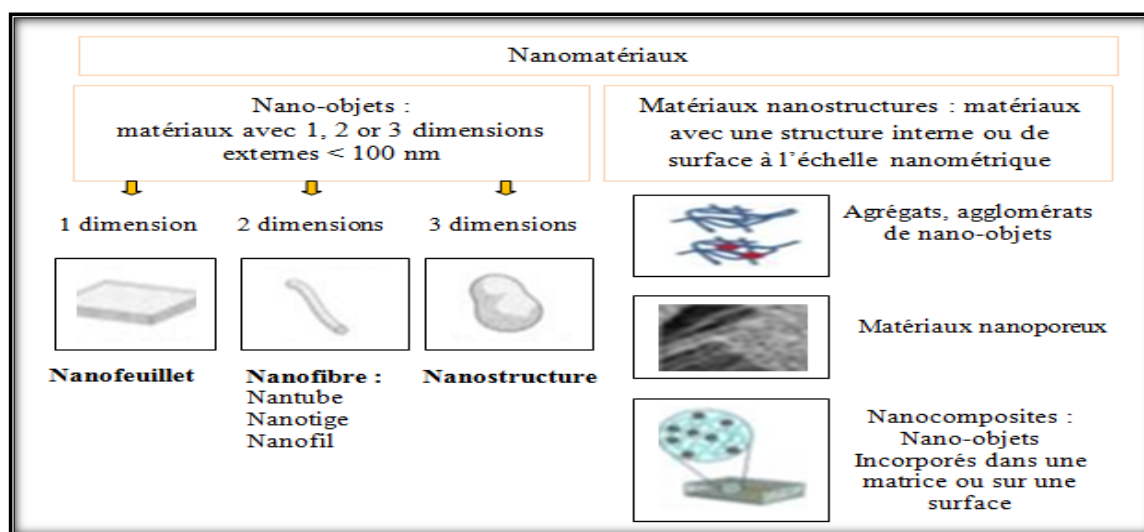


Figure02: Les nanomatériaux manufacturés, selon la norme ISO/TS 80004-1&2 (**Metiaz et Boudiba, 2020**).

I.4. Les nanoparticules

Les nanoparticules (NPs) par définition, sont des agrégats de petites molécules de taille nanométriques (dimension entre 1 et 100 nm) constitués de quelques centaines à quelques milliers d'atomes. La taille nanométrique augmente la surface de contact entre les matériaux, ce qui leur confère une plus grande réactivité (**Dely et Frimmel, 2012**), à titre de comparaison avec les structures organiques naturelles, les nanoparticules (figure 03) se situent principalement dans la gamme de taille correspondant aux protéines (**Belfennache, 2012**).

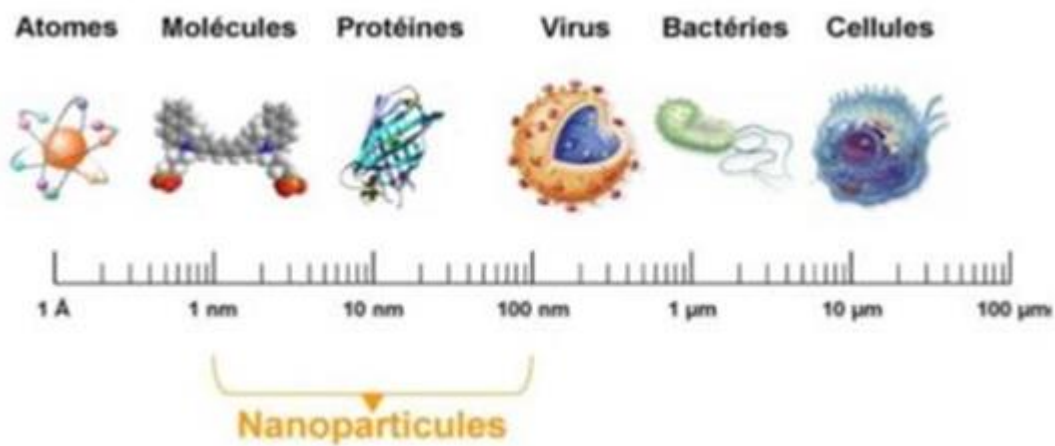


Figure 03 : Gamme de tailles des nanoparticules comparées à celles des principales structures chimiques et biologiques [Anonyme02].

I.4.1. Les différents types de nanoparticules

I.4.1.1. Liposomes

Les liposomes sont des vésicules constituées d'une ou plusieurs doubles couches concentriques de phospholipides et de molécules de cholestérol en capsulant un réservoir aqueux. La taille des liposomes varie entre 30 nm et plusieurs micromètres (**Dely et Frimmel, 2012**).

I.4.1.2. Agrégats

Un agrégat est un objet résultant de la réunion d'un ensemble d'éléments distincts de même nature. En physique les agrégats, plus souvent désignés par l'anglicisme clusters, sont des ensembles de quelques atomes à quelques dizaines de milliers d'atomes ou de molécules (~1 à quelques 100 nanomètres de diamètre). Les agrégats constituent un état intermédiaire entre l'atome isolé et le cristal pour le quel toutes les propriétés de la matière changent (**Belfennache, 2012**).

I.4.1.3. Micelles

Une micelle est un agrégat de molécules d'agent tensioactif dispersées dans un colloïde liquide. Une micelle typique dans le soluté forme un agrégat avec les régions «principales » hydrophiles en contact avec le dissolvant environnant, séquestrant les régions hydrophobes de queue au centre de micelle. La forme des micelles est généralement sphérique, et peut être ellipsoïdale ou cylindrique (**Belfennache, 2012**).

I.4.1.4. Nanoparticules polymériques

Différents polymères ont ensuite été utilisés avec succès pour former des nanoparticules. Les plus couramment utilisés actuellement étant le poly (acide lactique), le poly (acide glycolique) et leur copolymère le poly (lactide-coglycolide), respectivement abrégés (**Belfennache, 2012**).

I.4.1.5. Nanoparticules lipidiques

Ces nanoparticules sont constituées d'un cœur lipidique, généralement à base de triglycérides biodégradables, bioassimilables et non toxiques. Les particules plus étudiées sont les nanoparticules lipidiques solides ou SLN pour « Solid Lipid Nanoparticles ». Le cœur de ces particules, développées au cours des années 1990, est constitué d'une matrice de lipides qui est solide à température ambiante mais également à la température du corps humain. Cette matrice plus ou moins cristallisée est stabilisée par une couche de surfactant. De telles particules ont une stabilité et une capacité à en capsuler les molécules lipophiles supérieure à celle des liposomes. Elles peuvent de plus être synthétisées en l'absence de solvant organique (**Belfennache, 2012**).

I.1.1.1. Nanoparticules inorganiques

Outre les nanoparticules organiques, des nanoparticules inorganiques ont également été développées. Les plus courantes sont les nanoparticules métalliques d'or ou d'argent (qui font l'objectif de travail), les nanoparticules magnétiques, les nanoparticules en silice et les nano cristaux semi-conducteurs (**Belfennache, 2012**).

I.2. Les sources des nanoparticules

Les nanoparticules sont des objets relativement fréquents. Il existe en effet différentes sources de production des nanoparticules: les sources naturelles (incendies, éruptions volcaniques...etc.), les sources accidentelles (feux de bois, gaz d'échappement de véhicule, freinage...etc.) et les sources industrielles (nanoparticules manufacturées intentionnellement par l'homme) (**Zeyons, 2008**).

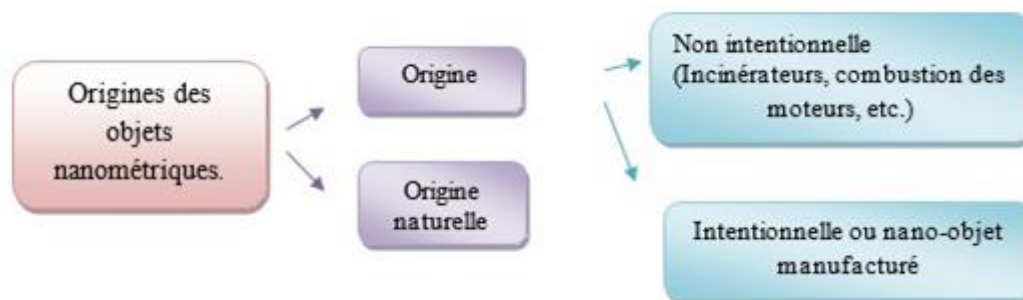


Figure 04 : classement des nano-objets en fonction de leur origine de formation

(Librement inspiré de l'INRS). (kurtz-chalot, 2014).

I.5. La synthèse de nanoparticules

La synthèse de nanoparticules (NPs) est habituellement réalisée par différents procédés physico-chimiques comme la déposition de vapeur, les aérosols, des réductions photochimiques, etc. les produits chimiques utilisés lors de ces synthèses sont souvent toxiques, à cause de ça les chercheurs étudient la possibilité d'utiliser plutôt des organismes vivants tel que bio-réacteurs pour synthétiser des NPs, par exemple des plantes ou des microorganismes. Cette façon de fabriquer des NPs deviendrait alors une biosynthèse verte [anonyme04].

I.5.1. Les méthodes de synthèse des nanoparticules

Classiquement, les méthodes de synthèse sont divisées en deux grandes approches (figure 05):

- **L'approche descendante (top-down):** une déstructuration d'un matériau massif par attaque physique ou chimique.
- **L'approche ascendante (bottom-up):** un assemblage atome par atome.

Ces deux approches regroupent à l'échelle industrielle plus de 29 procédés pour la production de nano-objets (kurtz-chalot, 2014). Les procédés actuels permettant la fabrication de nanomatériaux sont classés en trois grandes catégories:

a. Les procédés physiques et mécaniques

Les méthodes mécaniques tel que : l'homogénéisation et le broyage, la consolidation et la densification, les techniques de forte déformation : torsion, friction, laminage, et physiques par évaporation/condensation en phase gazeuse basés sur une nucléation de vapeur sur saturée suivie d'une croissance de particules par condensation, coagulation et capture. Ils regroupent entre

autres : la pyrolyse laser, la pyrolyse de flamme, l'évaporation à haute température et les synthèses dans un plasma (plasma de micro-ondes, plasma thermique), les dépôts physiques en phase vapeur (PPV)...etc. (Aitken, 2004).

b. Les procédés chimiques

Par réactions et précipitations en milieu liquide et en milieu solide (la plupart des métaux et oxydes), les procédés sol-gel (la plupart des polymères) en micro-émulsion (le solvant permet la formation de micelle encapsulantes où va se produire la polymérisation enchaînée), les fluides super-critiques avec réaction chimique, Les dépôts chimiques en phase vapeur (CPV) (Aitken, 2004).

c. Les procédés biologiques

La réduction biologique est développée comme une méthode prometteuse en raison de ses avantages particuliers tels que des sources suffisantes de matériaux, des conditions de réaction modérées, et une bonne dispersion des nanoparticules ainsi que l'absence d'additifs chimiques et des sous-produits chimiques (Shankar et al, 2004).

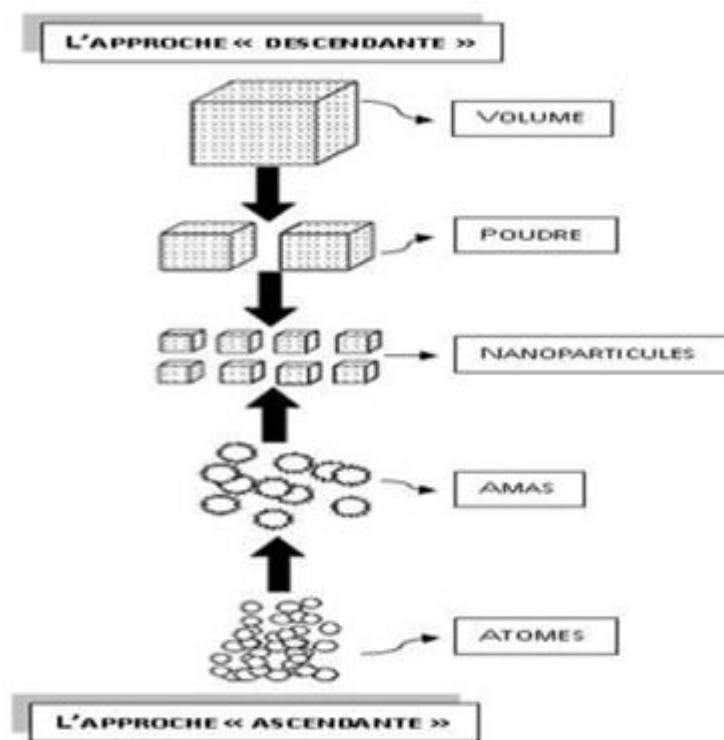


Figure 05 : représentation schématique des deux grandes approches de synthèse de nanomatériaux (kurtz-chalot, 2014).

I.6. Applications des nanoparticules

Les différents domaines d'applications de nanoparticules sont résumés dans le tableau I. Parmi ces applications, nous citons les suivantes:

I.6.1. Applications en médecine

Le changement de surface des nanoparticules remplies de protéines (**Marwat, 2014 et Tiwari et al, 2014**) s'est révélé affecter la capacité de la nanoparticule à stimuler les réponses immunitaires. Les chercheurs pensent maintenant que ces nanoparticules peuvent être utilisées dans des vaccins inhalables (tableau I). Les communautés scientifiques développent des moyens d'utiliser des nanoparticules de carbone appelées Nano-diamants dans des applications médicales (**Madhamanthi et al, 2014**).

I.6.2. Applications dans les matériaux de fabrication

Les nanoparticules de silicate sont utilisées pour fournir une barrière aux gaz (par exemple l'oxygène), ou l'humidité dans un film plastique utilisé pour l'emballage (**Abdeen et Praseetha, 2013**). Cela pourrait ralentir le processus de détérioration ou de dessèchement des aliments. Les nanoparticules d'oxyde de zinc (**Parchietal, 2013**) sont utilisées dans les revêtements industriels comme dispersions pour protéger le bois, le plastique et les textiles de l'exposition aux rayons UV.

I.6.3. Application en électronique

Les chercheurs ont utilisé des nanoparticules appelées nano-tétrapodes parsemées de nanoparticules de carbone pour développer des électrodes à bas coût pour les piles à combustible (**Saklani et jain, 2012**).

Tableau I : Les domaines d'application des nanotechnologies (kurtz-chalot, 2014).

Secteurs d'activité	Exemples d'applications actuelles et potentielles
Automobile, aéronautique et aérospatial	Matériaux renforcés et plus légers ; peintures extérieures avec effets de couleur, plus brillantes, anti-rayures, anticorrosion et anti-salissures ; capteurs optimisant les performances des moteurs ; détecteurs de glace sur les ailes d'avion ; additifs pour diesel permettant une meilleure combustion; Pneumatiques plus durables et recyclables...
Electronique et communications	Mémoires à haute densité et processeurs miniaturisés ; cellules solaires ; bibliothèques électroniques de poche ; ordinateurs et jeux électroniques ultra-rapides; technologies sans fil; écrans plats...
Agroalimentaire	Emballages actifs; additifs : colorants, anti-agglomérants, émulsifiants...
Chimie et matériaux	Pigments; charges; poudres céramiques; inhibiteurs de corrosion; catalyseurs multi-fonctionnels ; textiles et Revêtements anti-bactériens et ultra-résistant...
Construction	Ciments autonettoyants et anti-pollutions, vitrages Auto nettoyants et anti-salissures; peintures; vernis; colles; mastics...
Pharmacie et santé	Médicaments et agents actifs; surfaces adhésives médicales anti-allergènes; médicaments sur mesure délivrés uniquement à des organes précis; surfaces bio-compatibles pour implants; Vaccins oraux; imagerie médicale...
Cosmétique	Crèmes solaires transparentes; pâtes à dentifrice a abrasives; maquillage avec une meilleure tenue...
Énergie	Cellules photovoltaïques nouvelle génération; nouveaux types De batteries; fenêtres intelligentes ; matériaux isolants plus efficaces; entreposage d'hydrogène combustible...

Tableau I (suite): Les domaines d'application des nanotechnologies (kurtz-chalot, 2014).

Environnement et écologie	Diminution des émissions de dioxyde de carbone ; production d'eau ultrapure à partir d'eau de mer ; pesticides et fertilisants plus efficaces et moins dommageables; analyseurs chimique spécifiques...
Défense	Détecteurs d'agents chimiques et biologiques; systèmes de Surveillance miniaturisés ; systèmes de guidage plus précis ; textiles légers et qui se réparent d'eux-mêmes...

Chapitre II
Les extraits des
plantes

II.1.Les plantes médicinales

Selon la définition établie par le Groupe consultatif de l'Organisation mondiale de la santé, les plantes médicinales La définition est la suivante : "Ce sont des plantes qui contiennent une ou plusieurs substances Peut être utilisé à des fins thérapeutiques ou comme précurseur synthétique Médecine utile (**Sofowora, 2010**). "Ces herbes peuvent aussi avoir Usage alimentaire, assaisonnement ou sanitaire (**Chabrier, 2010**).

D'après le docteur Al-Snafi, près de 80% de la population mondiale utilise les plantes pour se soigner (**Al-Snafi, 2016**). En effet le recours aux pratiques de soins traditionnels est très ancré dans les habitudes, pour deux raisons. Le premier est d'ordre curatif : les plantes contiennent des principes actifs qui exercent une action biologique directe sur l'organisme. Le Second est d'ordre économique et infrastructurelle : principalement le coût élevé des prestations et des médicaments importés (**Adiko et al, 2014**).

II.2.Méthodes d'extraction des nanoparticules

Le grand intérêt pour les métabolites secondaires a incité les gens à Recherche en phytochimie et biologie (**Jones et Kinghorn, 2006**). Les nanoparticules comprennent la séparation de la partie active du médicament des ingrédients inactifs Ou utilisez des solvants sélectifs pour être inerte (**Handa, 2008**). L'efficacité d'extraction dépend de Sélectionnez et préparez soigneusement les échantillons pendant la recherche Trouvez un accord qui correspond à une catégorie spécifique Espèces composées ou végétales. Le choix du procédé idéal peut assurer la réduction Empêcher la décomposition de substances importantes en interférant avec la pollution composée La formation de métabolites ou d'artefacts causés par l'état de l'extrait ou des impuretés Solvant (**Jones et Kinghorn, 2006**).

II.2.1.Macération

La macération est une technique courante qui sert à extraire de petites quantités de Substances végétales en laboratoire, car elle peut être effectuée approprié dans des Erlenmeyers (**Jones et Kinghorn, 2006**). Elle est largement adoptée et utilisée dans la recherche sur les plantes médicinales et dans la vinification (**Azwanida, 2015**). Elle se base sur le trempage des matières végétales (grossières ou en poudre) dans un récipient contenant un solvant approprié, qui peut être renouvelé plusieurs fois, et fermé avec du parafilm ou du papier aluminium pour éviter l'évaporation, puis laissé sous agitation fréquente à température ambiante pendant une période minimale de 3 jours. Le traitement sert à adoucir et briser la paroi cellulaire du tissu végétal afin de libérer les composés phyto chimiques solubles. Après 3 jours, le mélange est pressé et filtré

puis concentrer par évaporation du solvant. Dans cette méthode conventionnelle, la chaleur est transférée par convection et conduction, dont le choix du solvant déterminera le type du composé à extraire (**Azwanida, 2015**). La simplicité, la facilité de mise en œuvre, le faible coût et la possibilité d'augmenter l'échelle d'extraction sont les principaux avantages de la méthode (**Jones et Kinghorn, 2006; Mandaletal. 2015 ; Colvin, 2018**). Cependant, elle n'assure pas une extraction complète du composé recherché qu'après trois changements du solvant d'extraction, au minimum. De plus, des contaminations bactériennes sont révélées si le solvant utilisé est l'eau (**Nguyen van, 2010; De Silva et al.2017**).



Figure06: La technique de macération (**Mwangi, 2018**).

II.2. 2.Extraction par Soxhlet

L'extraction de Soxhlet est une technique standard utilisée de puis longtemps. Considéré comme le principal critère d'évaluation de la performance d'autres méthodes Extraction solide-liquide (**Nguyenvan, 2010**). Au niveau de l'instrument Soxhlet, l'échantillon est introduit dans la petite colonne pour L'ensemble du processus d'opération est progressivement lavé avec un solvant frais ou une combinaison des méthodes suivantes: Lorsque le solvant s'évapore du ballon de distillation, le liquide Lorsque le niveau de trop-plein est atteint, le tube de siphon aspire le solvant d'extraction de la cartouche, puis Il est renvoyé dans le ballon de distillation, puis le composé extrait est transporté vers le ballon de distillation. Répétez cette opération pour le liquide en vrac jusqu'à ce qu'il soit complètement extrait Comme la macération (**Mandal et al. 2015**). L'extraction de Soxhlet est une méthode simple Chéret ne nécessite pas d'étape de filtration. Cependant, il a des limites Tels que consommer beaucoup de solvant et prolonger le temps d'extraction, ce qui peut dégrader les composés cibles (**Nguyen van, 2010**).

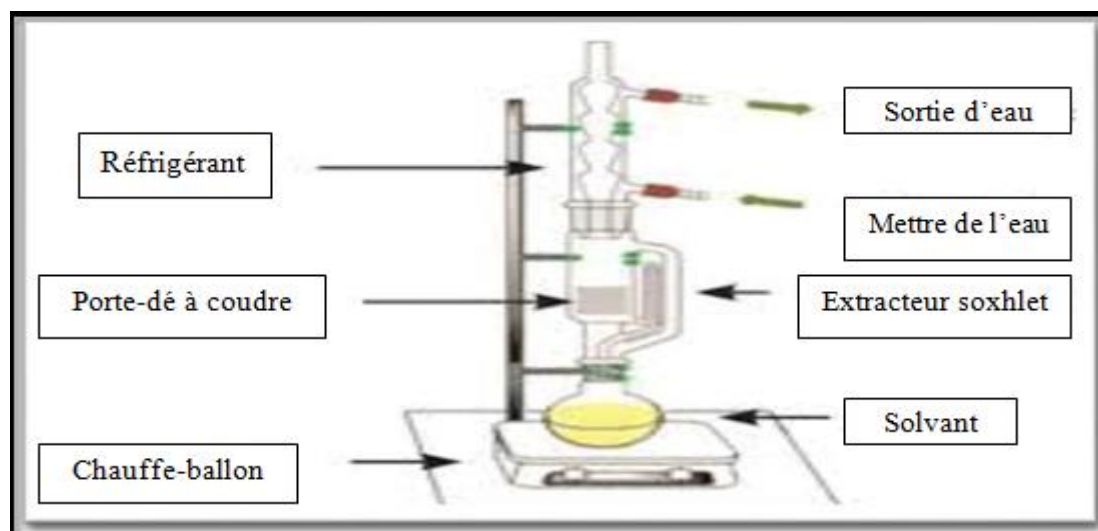


Figure07: Extraction par soxhlet (Guntero et al. 2017).

II.2.3. Extraction par infusion

Bien que les médicaments traditionnels soient préparés généralement par extraction à l'eau sous forme d'infusions (trempage dans de l'eau chaude ou froide) ou de décoctions (extraction à l'eau bouillante) ; de nombreux chercheurs ne préfèrent pas de travailler avec des extraits aqueux pour plusieurs raisons :

- La difficulté de séparation des constituants solubles dans l'eau par des méthodes conventionnelles comme la chromatographie sur gel de silice.
- Vu le haut point d'ébullition de l'eau et de sa tension superficielle élevée, le processus de concentration des extraits d'eau par un évaporateur rotatif est très difficile.
- L'eau n'est pas un solvant idéal pour extraire de nombreux ingrédients végétaux. Il est biologiquement actif. Pour assurer l'extraction prioritaire des composés polaires, Bien que certains composés hydrophobes soient extraits en raison de l'effet hydrophobe La solubilité et le fait que la polarité de l'eau diminue à des températures élevées (Jones et Kinghorn, 2006).

II.2.4. Extraction assistée par microondes

La fréquence micro-ondes ou micro-ondes est une onde électromagnétique avec une certaine fréquence de 300 MHz à 300 GHz, la fréquence la plus couramment utilisée est de 2450 MHz, Correspond à la longueur d'onde de 12,2 cm (Kaufmann et Christen, 2002). Dans l'air Le principe du chauffage par micro-ondes est basé sur l'action directe des micro-ondes Par conduction ionique et rotation dipolaire agissant sur la molécule ces deux mécanismes Se produit

généralement simultanément dans de nombreuses applications les ondes électromagnétiques sont appliquées pour effectuer la migration électro phorétique des ions, qui est la résistance de la solution conductrice d'ions à ce flux d'ions provoquera un frottement .Par conséquent, la solution est chauffée. La rotation du dipôle signifie que le dipôle et Zone d'application. À 2450 MHz, qui est la fréquence appliquée dans les systèmes commerciaux, les dipôles s'alignent et randomisent $4,9 \times 10^9$ fois par seconde et ce mouvement moléculaire forcé entraîne un échauffement (**Eskilsson et Björklund, 2000**).

Par comparaison au Soxhlet, l'extraction par microondes est plus rapide et exige des volumes faibles en solvant afin d'assurer des rendements plus élevés. Néanmoins, elle présente quelques inconvénients:

- La technique est limitée en termes de solvants et de nature de la matière solide.
 - Les composés thermolabiles ne peuvent pas être extraits.
 - Le solvant doit posséder une propriété diélectrique pour donner un meilleur rendement
- (**Kaufmann et Christen, 2002; Mandal et al, 2015; Rocchetti et al, 2019**).

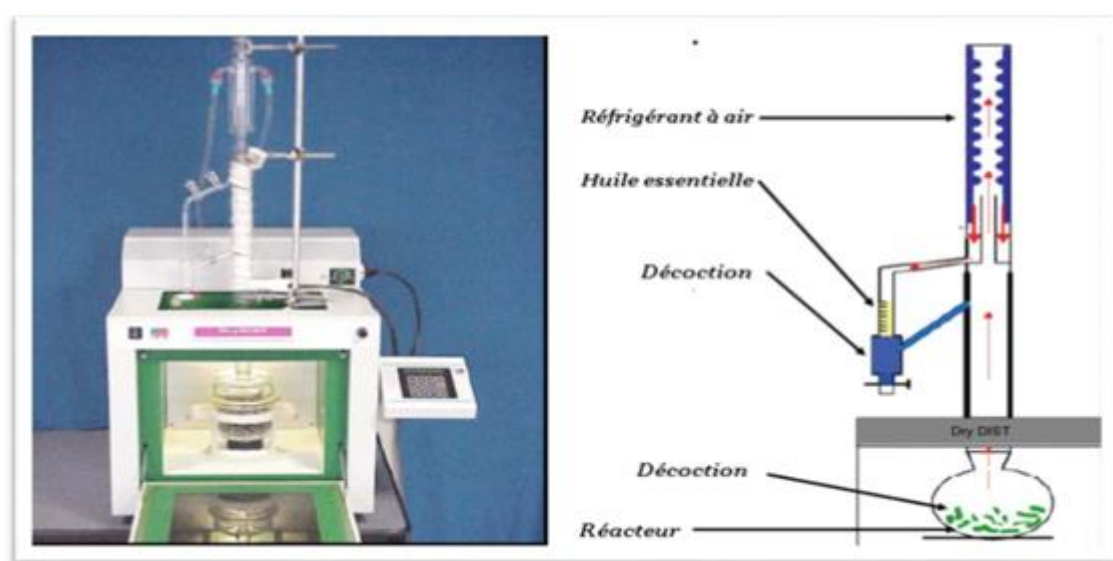


Figure08:système d'extraction par microonde (**Barba et al.2016**).

II.2.5. Extraction assistée aux ultrasons

Les ultrasons sont des fréquences supérieures à 20 kHz, qui est le seuil de détection auditive humaine. Le courant de sortie de l'ultrason est généralement un corps vibrant, qui fait vibrer le milieu environnant, puis l'onde ultrasonore transfère l'énergie à d'autres particules voisines. La

puissance, la fréquence et l'amplitude sont les principaux paramètres jouant un rôle vital dans le processus de sonication (Wen et al. 2018).

Les ultrasons peuvent produire la cavitation, les vibrations et l'écrasement dans le milieu d'extraction. Ces effets peuvent briser la paroi cellulaire et s'appliquer avec succès dans les Processus d'extraction des composants du produit naturel. Lorsque les ondes ultrasonores sont en contact avec la surface du matériel végétal, les bulles de cavitation s'effondrent et des micro-jets rapides s'orientent vers la surface du matériel végétal. Ces derniers provoquent la décomposition de la paroi cellulaire et l'exsudation du contenu cellulaire, de sorte que divers composés peuvent être extraits des plantes naturelles (Wen et al. 2018). Le tableau résume les différents avantages et inconvénients liés à l'utilisation des ultrasons pour l'extraction des métabolites secondaires des plantes.

Tableau 02 : Avantage et inconvénients de l'extraction par ultrasons (Mandal et al. 2015 ; Dzah et al. 2020).

Avantage	Inconvénients
Rendement élevé	Les effets d'ultrasons sur le rendement d'extraction peuvent être liés à la nature de la matrice végétale.
Temps d'extraction réduit	La quantité de puissance dissipée du bain dans le système analytique n'est généralement pas très importante.
La capacité de conserver l'activité biologique des composés extraits	L'intensité élevée de l'irradiation peut produire des espèces radicales pouvant interférer avec les composés extraits.

II.2.6 Extraction liquide sous pression (PLE)

C'est une méthode d'extraction solide-liquide qui a la particularité d'utiliser des solvants sous de hautes pressions et à des températures, situées au-dessus du point d'ébullition des solvants. Cette combinaison de pression et température élevées fournit un processus d'extraction plus rapide et plus efficace. L'augmentation de la température diminue la viscosité des solvants permettant une meilleure pénétration dans la matrice solide et des interactions solvants matrices-

molécules. de plus, les taux de diffusion deviennent plus rapides température élevée ce qui diminue le temps d'extraction. (Santoyo, 2009).

II.2.7 . Extraction classique solide-liquide

L'extraction solide-liquide, également appelée extraction par solvant, est une opération globale Destinée à utiliser une phase liquide (solvant) d'un ou plusieurs composés (solutés) pour la séparation contenu dans une matrice solide. Le produit est extrait par diffusion dans la phase liquide, Il est ensuite séparé de la matrice solide. Cette opération peut être utilisée à des fins multiples : elle les composés indésirables peuvent être éliminés du produit solide en le dissolvant dans le solide liquide (lavage), ou obtenir le composé de métal précieux contenu dans le produit solide (extraction Solide-liquide) (Werner et al, 2010).

II.3. Les caractéristiques chimiques et biologiques des extraits des plantes

II.3.1. L'activité anti oxydantes

➤ Evaluation de l'activité anti-radicalaire par la méthode du DPPH

Le DPPH est un radical libre organique stable, généralement utilisé pour évaluer les propriétés anti oxydantes de toute substance sin-vitro (Loganathan et al, 2011). Lorsqu'une solution de DPPH est mélangée avec la substance qui agit comme donneur d'hydrogènes, le DPPH (1,1diphenyl-2-hydrazyl) de couleur violette (forme oxydée) se réduiten1,1diphenyl-1-hydrazine de couleur jaune (Athamena et al, 2010).

II.3.2. Détermination de l'activité antibactérienne

L'activité antibactérienne consiste à estimer l'inhibition de la croissance bactérienne d'un produit synthétisé par la «méthode de diffusion sur gélose par puits». Les extraits de plantes et les produits synthétisés (nanoparticules d'argent (Ag) sont testées pour leur activité antibactérienne vis-à-vis de quatre souches : *Escherichia coli* (*bactérie à Gram négatif*), *Pseudomonas aeruginosa* (*bactérie à GRAM négatif*), *Staphylococcus aureus* (*bactérie à GRAM positif*), *Staphylococcus aureus résistante à la méticilline (SARM)* : (*bactérie à GRAM positif*) (Mollick et al, 2015).

II.3. L'effet et l'intérêt d'utilisation

Les plantes sont essentielles à la survie des humains et de toutes sortes d'humains l'écosystème. Ils contiennent une partie importante du composé d'intervention Toutes les

réactions enzymatiques ou biochimiques se produisent dans le corps. Par conséquent, les métabolites peuvent être divisés en deux catégories : les métabolites principaux et les métabolites Mineur (**Hartmann, 2007**).

Pharmacie utilise encore beaucoup de médicaments d'origine végétale, et La recherche a révélé qu'il existe de nouvelles molécules actives ou matières premières dans les plantes Utilisé dans les composés actifs semi-synthétiques. La séparation des ingrédients actifs aide Améliorer la compréhension de la structure afin qu'il soit possible de progressivement Les herbes traditionnelles sont généralement expérientielles et par fois acceptées par certaines personnes Méfiez-vous des thérapies modernes et scientifiquement acceptées (**Mukherjee et al.2006 ; Soumyanath, 2006**).

II.4. Toxicité des plantes médicinales

Une substance toxique est une substance qui peut détruire une ou plusieurs substances immédiatement ou pendant longtemps. Fonction normale temporaire ou permanente de l'organisme, sa portée peut être Jusqu'à ce qu'il soit complètement effacé et cause la mort (**Viala et Botta, 2007**).

La toxicité des plantes médicinales peut être liée au mélange de substances actives. Ce qu'ils contiennent, ainsi que d'autres herbes, médicaments et les polluants. Les plantes contiennent un mélange complexe de terpènes, d'alkaloïdes, de saponines et d'autres produits chimiques. Ajout ou synergie par interactions chimiques, ce qui augmente le risque de réactions indésirables (**Trevoux et al, 2000 ; Saad et al. 2006**). Est une notion relative et varie en fonction de la partie de la plante étant extraite ou mangé et les quantités prises. Cependant, il est essentiel que les composés de l'extrait brut soient testés pour leur toxicité, bien que la plupart des tests ne mesurent actuellement que la toxicité aiguë. Ces tests ne fournissent pas d'informations sur les réactions indésirables qui pourraient résulter de l'exposition à long terme de ces espèces (**Soumyanath, 2006**). C'est une substance, et son niveau dans l'organisme dépend de la nature de la substance, Dose et durée d'exposition, divers facteurs liés à l'individu (sexe, âge, état Nutrition et hormones), les facteurs environnementaux et l'exposition simultanée ou Avant les autres produits chimiques. Les facteurs propres à chaque personne peuvent Modifier l'absorption, la distribution, l'excrétion, les changements métaboliques et Sensibilité des récepteurs dans les organes cibles (**Tron et al, 2002**).

II.4. Etude botaniques des espèces

II.4.1. Présentation des plantes étudiées *Curcuma longa* (Curcuma)

Le choix de la plante

Dans ce présent travail, nous avons choisi le curcuma (*Curcuma longa*) comme exemple d'étude par ce que c'est une plante largement étudiée par divers chercheurs vu sont intéressant potentiel bioactif à savoir un potentiel antioxydant, antibactérien anti inflammatoire et bien d'autres.

Historique

Le *curcuma* est originaire d'Asie du Sud, cette plante est réputée pour égayer les plats Avec sa saveur unique et ses couleurs chaudes. « Depuis des milliers d'années, ce Les racines sont utilisées dans la médecine ayurvédique indienne", a rappelé Lawrence Benedetti, Médecin nutritionniste. Largement utilisé en chinois traditionnel, thaï, japonais et indonésien. C'est cette popularité qui a gagné les importations au 18^{ème} siècle La puissance navale de l'époque était en Europe (Raynaud, 2019).

Il existe plus de 100 espèces de *curcuma* qui poussent dans les régions tropicales et Asie subtropicale. Certaines des variétés de *curcuma* les plus célèbres sont utilisées:

En médecine traditionnelle, il existe le camphre, la dent de dragon et le camphre. *C. aromatique*, *C. longa*, *C. xanthorrhiza*. Et *C. zedoaria*. (Cheikh, 2012). Racine jaune de *curcuma*, introduite pour la première fois par Roxburgh Moluques (Silalahi, 2018). La racine jaune de *curcuma* existe dans (Figure09) et appartient à branche de gingembre. C'est une plante indigène d'Indonésie (Devaraj et al. 2010 ; Dosoky et setzer 2018) et se reproduisent également dans les hautes terres environnantes colonies, en particulier sur sol meuble, de sorte que les rhizomes peuvent facilement devenir une grande entreprise (Susanti, 2009).

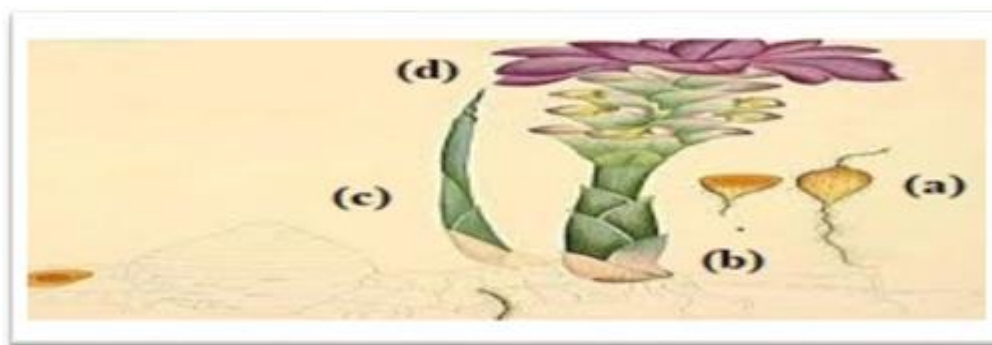


Figure09: Illustration de *Curcuma longa*(a): rhizome(b):tige(c):feuilles (d):fleur.

II.4.2. Terminologie

Le terme de *curcuma* est d'origine irano-indienne. Il dérive du sans critkartouma (**Hombourger, 2010**). Connus également sous le nom de Javanese Turmeric (**European Medicines Agency, 2014**).

Le genre *Curcuma xanthorrhiza* a un nom vernaculaire comprenant :

En anglais : Giant curcuma, Flaseturmeric (**Pinson, 2012**).

En allemand: Temoelawak (**Porcher, 2001**).

En Indonésie : gingembre javanais ou curcuma javanais. Temulawak (dont elle est originaire) (**Henry, 2009 ; Dosoky et setzer, 2018**).

En Singapour: Ubatjamu et Ubatmaaju (**Duke, 2002**)

En Thaïlande : wan-salika-linthong (**Dosoky et setzer, 2018**).

En Arabe: كركم

En Indochine: kunong-precarious (**Dalimartha, 2000**).

En Ternate : karbanga (**Dalimantha, 2000; Soenanto et al.2009**).

En Sundanais : konenggede (**Silalahi, 2018**).

II.4.3. La systématique

La plante du *curcuma longa* appartient au règne des plantes. La taxonomie du *Curcuma longa* est présentée dans le tableau.

Tableau03: La classification botanique de *Curcuma longa* selon (**Sussanti, 2009**).

Règne	Plantae
Division	Spermatophyta
Sous-division	Angiospermes
Classe	Monocotylédones
Ordre	Zingibérales
Famille	<i>Zingiberaceae</i>
Genre	<i>Curcuma</i>
Espèce	<i>Curcuma longa</i>

II.3.1. Description botanique de la plante

Caractères organoleptiques

Curcuma longa se caractérise par une odeur aromatique, goût vif et amer (Wibowo, 2010).

Caractères morphologiques

-La racine : La racine jaune de curcuma en tant que monocotylédone n'a pas de racines tournées (Susanti, 2009). La racine qui le définit est dérivée du rhizome du curcuma, Peau nodulaire, rugueuse, segmentée. Rhizome mûrit ci-dessous feuilles au sol. Ils sont brun jaunâtre avec un intérieur orange foncé Principalement pointu ou effilé à l'extrémité distale, 2,5 à 7,0 cm de longueur et 2,5 cm de diamètre. Il a un grand diamètre et sépare les petits tubercules. Lorsque le rhizome de curcuma est après séchage, il peut être broyé en poudre jaune au goût amer, légèrement piquant et sucré (Prasad et Aggarwal, 2011).



Figure10: illustration d'un rhizome de *Curcuma longa*.

-La tige: Le temulawak (*Curcuma longa*) est une herbe quasi-tige qui pousse en plein air ou sous des arbres annuels, comme le teck acajou ou le sengon. Cette plante haute et humide dépasse 2,5mètres. Les nervures médianes des feuilles se chevauchent pour former une tige. Le bulbe pousse à partir de la base de la tige et est de couleur jaune foncé ou brun clair, jusqu'à 15 cm de longueur et 6 cm de diamètre. Odeur parfumée, amère et épicée. (Susanti, 2009).

-Les feuilles : Les feuilles sont aussi larges que des feuilles de bananier, avec 2 à 9 branches par plante, vert clair ou violet à brun foncé, et se caractérisent par une ligne abstraite brune au-dessus de l'os de la feuille, d'une longueur de 31 à 90cm. 84 cm, largeur entre 10 et 18cm (Wiyono, 2011).

-Les fleurs : Les fleurs sont en grappes, courtes et larges, blanches ou jaune foncé, avec des fleurs violettes (**Susanti, 2009**), à la base, 9-23 cm de long, 4-6 cm de large (**Wiyono, 2018**), disposées horizontalement, avec des tiges minces. La corolle rouge est tubulaire, avec une totale longueur de 4,5 cm. Les longs bouquets ronds sont blancs avec des dés rouges ou des pointes rouges (**Susanti, 2009**).

II.4.4. Distribution biogéographique

Curcuma longa est originaire d'Indonésie, plus précisément de l'île de Java, d'où elle s'est propagée à plusieurs endroits de la région biogéographique de Malaisie.

Actuellement, la plupart des temulawak sont cultivés en Indonésie, en Malaisie, en Thaïlande et aux Philippines. En dehors de l'Asie du Sud-est, des cultivars peuvent également être trouvés en Chine, en Indochine, à la Barbade, en Inde, au Japon, en Corée, aux États-Unis et dans certains pays d'Europe.

II.4.5. Composition chimique

Les extraits obtenus des rhizomes de *C.longa* ont une grande importance dans la médecine traditionnelle. Ils sont utilisés en Indonésie comme un tonifiant et en Europe comme médicament pour l'estomac (**Cho et al, 2017**).

Le contenu chimique du rhizome de *C.longa* en tant que source de nourriture, de matière première de médicaments industriels ou peut être divisé en plusieurs ingrédients, à savoir: l'amidon, les matières grasses, les fibres brutes et les protéines (**Susanti, 2009**).

Les rhizomes de *C.longa* ont deux principaux composants à savoir les curcuminoïdes et les huiles volatiles. Les curcuminoïdes sont constitués de mélanges de dérivés de dicinnamoyl méthane tels (feruloyl-p-hydroxycinnamoyl méthane) et autres composants phénoliques et non phénoliques. Ces composants sont définis comme un antioxydant naturel.

Les huiles volatiles composées principalement des sesquiterpènes (β -curcumène, α -curcumène), xanthorrhizol (44.5%), qui sont connus pour ces activités biologiques à savoir: antioxydant et antimicrobienne. Et aussi une petite quantité de camphre (1.39%). (**European Medicines Agency, 2014 ; Cho et al, 2017**).

Chapitre III
La biosynthèse
des nanoparticules

III.1. La biosynthèse des nanoparticules d'argent

Pour la synthèse des nanoparticules Il est nécessaire d'utiliser des méthodes biologiques pour le développement des approches respectueuses de l'environnement par l'utilisation des microorganismes (Nair et al. 2009), des enzymes (Willner, Baron et al. 2006) et des plantes ou des extraits de plantes (Shankar et al. 2004).

Ces approches in vitro ont été démontrées en utilisant des extraits d'une variété de différentes espèces végétales en combinaison avec une variété des acides et les sels de métaux, tels que le cuivre, l'or, l'argent, le platine, le fer et beaucoup d'autres (Haris et Bali, 2008 ; Khan et al., 2013).

Nous avons opté pour les nanoparticules d'argent en raison de son large utilisation dans divers produits de consommation, tels que les textiles et les cosmétiques, l'emballage et la transformation dans l'industrie alimentaire, les applications médicales des produits de soin des plaies et le traitement.

Par ailleurs, plusieurs travaux ont été réalisés pour la synthèse de nanostructure dont l'étude décrite par (Zargar et al, 2011) sur la perspective d'employer l'extrait méthanolique des feuilles de plantes pour la synthèse des nanoparticules d'argent par une méthode biologique. Par exemple, des extraits de *Pelargonium graveolens* (rose géranium), ont été utilisés pour réduire les ions d'or en nanoparticules par. (Shankar et al, 2003), (Mollick et al, 2012) .ont rapporté la synthèse d'Ag NPs via une route fiable, écologique et verte utilisant l'extrait de feuilles de *Paederia foetida* comme agent réducteur de stabilité ; la synthèse de NP métalliques purs d'argent et d'or par réduction des ions Ag^+ et Au^{3+} en utilisant du bouillon de feuilles de Neem (*Azadirachta indica*) par (Shankar et al. 2004).

Généralement, de nombreuses nanoparticules métalliques colloïdales comme le platine (PtNP), l'or (AuNP), l'argent (AgNP) etc. sont synthétisées à l'aide de cette technique (Nidhija Roy, et al. 2013), mais dans cette étude, nous nous sommes davantage concentrés sur les nanoparticules d'argent en raison de leurs propriétés bactéricides connues. Le développement de nanoparticules d'argent utilisant la technique de synthèse verte a révolutionné le monde entier de la synthèse de nanoparticules.

III.2. Matériels et méthodes

III.2.1. La préparation de matériel végétal (séchage et broyage)

La plante et les tubercules de *Curcuma longa* que les auteurs ont utilisés sont illustrés sur

les (figures 11). (La feuille jeune et propre de *C. longa* (collectées dans les collines de Kolli, district de Namakkal, Tamil Nadu, Inde) et les tubercules de *C. longa* (achetés sur un marché local en Malaisie) sont lavées à l'eau du robinet, afin de les débarrasser des poussières et autres particules et les impuretés, plus tard, le séchage se fait à l'ombre pour les feuilles et au soleil pour les tubercules, pendant une semaine pour éliminer complètement l'humidité. (shameli et al., 2012) et (maghimaa et al. 2020). En enfin, réduites en poudre fine pour la synthèse des AgNPs.

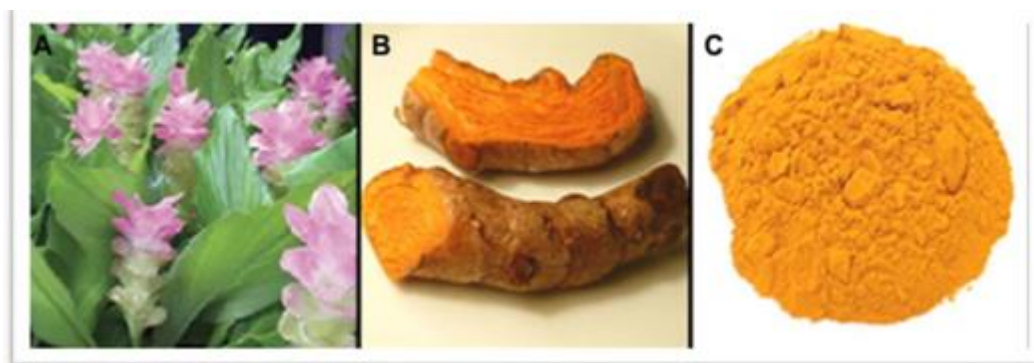


Figure 11: *Curcuma longa* plant (A), *C. longa* tubers (B), and *C. longa* powder (C).
(Shameliet al., 2012)

III.2.2. Préparation des extraits aqueux des plantes

Pour la poudre des tubercules de *C. longa*, 0,1 g a été ajouté avec 20 ml d'eau distillée stérile dans un Erlenmeyer de 100 ml puis mélangé pendant 4 heures à température ambiante (shameli et al. 2012).

Pour la poudre des feuilles de *C. longa*, 50 g ont été mélangés à 200 ml de l'eau distillé et macérée à chaud pendant 30 minutes dans un chauffe-ballon à 90 °C. Ensuite, il a été refroidi à 37 °C. (maghimaa et al., 2020)

Le mélange est ensuite filtré en utilisant du papier Whatman n°1 pour obtenir des solutions claires (figure12). (Mollick et al. 2012).

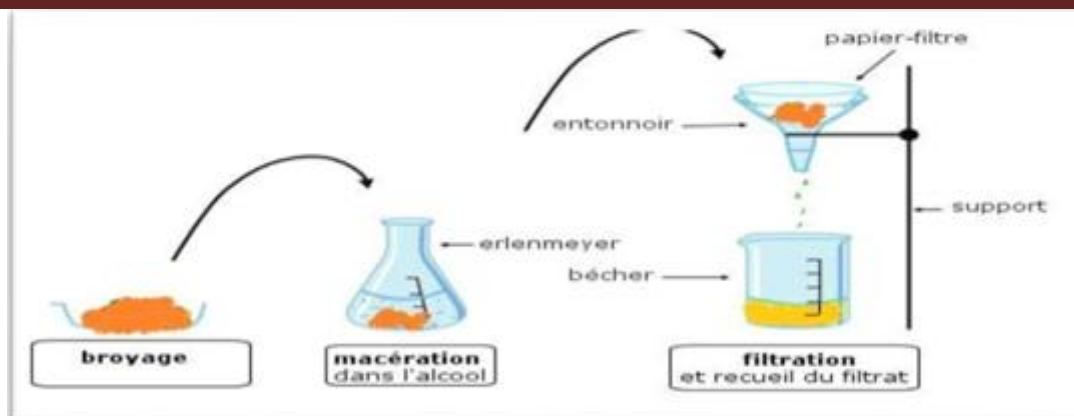


Figure 12: la préparation d'extrait aqueux de plantes [anonyme05].

III.2.3. Synthèse des nanoparticules d'argent

Tous d'abord, l'extrait aqueux de tubercules de *C. longa* 0,1 g a été ajouté à 20 ml de l'eau distillée déionisée sous agitation vigoureuse pendant 4 heures. Ensuite 40ml de nitrate d'argent (AgNO_3) de 1 mM a été ajouté et mélangé. (shameli, 2012).

L'extrait de feuille de *C. longa* (10 ml) est ajouté à 90 ml de solution (AgNO_3) de 1mM dans un flacon de 250 ml. (maghimaa, 2020) En suite, une agitation continue pendant environ de 30 min à 24 h à température ambiante dans l'obscurité pour éviter toute réaction photochimique, démontrant la formation de nanoparticules d'argent par l'observation de changement de couleur de la solution colloïdale du jaune clair au foncé brun. (Mollick et al. 2012).

Après la période d'incubation et tout au long du processus de réduction, Les suspensions colloïdales obtenues d'Ag/*C. longa* étaient alors centrifugées à 15 000 tr/min pendant 30 minutes. Puis l'élimination de surnageant et la récupération de culot obtenu est remis en suspension dans de l'eau déminéralisée pour éliminer les résidus d'ions d'argent. Les nanoparticules précipitées ont ensuite été séchées pendant une nuit à 30°C sous vide pour obtenir l'Ag/*C. longa*.

Pour optimiser la production d'AgNPs, divers paramètres comme différents pH différents concentration en extrait végétal, concentrations en ions Ag^+ a été étudiée. Toutes les expériences ont été faites en triple. (shameli et al., 2012) et (maghimaa et al., 2020).

III.2.4. Les méthodes de caractérisations

Les Ag-NPs synthétisés ont été soumises à des techniques de caractérisation telles que la Spectrophotomètre UV-visible dans la gamme de (200 et 600) nm, l'utilisation de La diffraction des rayons X (XRD) pour étudier la structure cristalline des AgNPs. XRD a été enregistré dans la

gamme 2θ (30et80) en utilisant XRD6000. L'interaction chimique a été maintenue par FT-IR qui a été identifiée la présence de groupes fonctionnels dans les AgNPs synthétisés (**Kumari et Daizy, 2013**). La morphologie des AgNPs a été examinée par SEM et la présence d'argent a été confirmée par EDAX. De plus, et pour déterminer la taille et la forme des AgNPs ont été analysés par MET.(**Lakshmanan et al., 2017**).

III.1.4.1.Caractérisation des nanoparticules

L'apparition de couleur marron de l'émulsion qui a été jaune (figure 12), après l'ajout d'AgNO₃ et l'agitation pendant 24h, a pu suivie par l'exposition de l'eau extrait de poudre de tubercule et de feuilles de *C. longa* à d'Ag⁺ qui étaient réduites en nanoparticules.

Des changements de couleur dans les solutions aqueuse sont dus au phénomène de résonance plasmonique de surface (SPR). La réduction des ions argent en Ag-NPs revient à la nature de *C. longa* qui est aldéhyde. Après la dispersion des ions argent dans le *C. longa* aqueux matrice de solution pour préparer les Ag-NPs, l'extrait a été mis à réagir avec le Ag⁺ (aq) pour former le complexe [Ag (*C. longa*)]⁺ (équation 1), qui a réagi avec groupes aldéhyde dans la structure moléculaire du extrait méthanolique pour former [Ag (*C. longa*)], en raison de la réduction de l'argent ions par l'oxydation de l'aldéhyde en groupes acide carboxylique(équation2).

Les équations chimiques possibles :

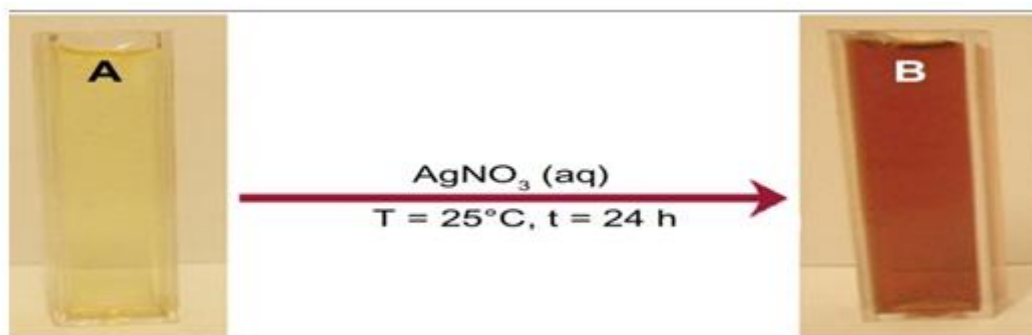
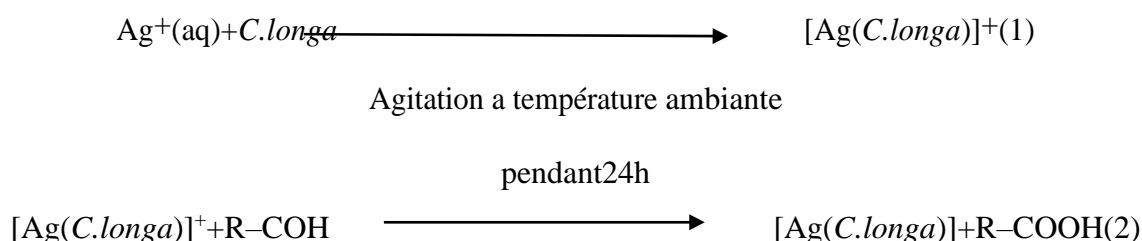


Figure 13: *Curcuma longa* (A) et agent/*C. longa* émulsions (B) après 24 heures de temps d'agitation. (**shameli et al., 2012**) .

III.3.2. Analyse par spectroscopie UV-visible

La formation d'Ag-NPs a été suivie en mesurant le SPR de *C. longa* et Ag/*C. longa*. L'émulsion est dans la gamme de longueurs d'onde de 300 à 800 nm (Figure 13). La bande SPR est affectée par la taille, la forme, la morphologie, la composition et l'environnement diélectrique des nanoparticules préparées. Des études antérieures ont montré que les Ag-NPs sphériques contribuent à la bande d'absorption autour de 350-420 nm dans le spectre UV-Vis. On suppose que ces bandes d'absorption correspondent à la nature ultrafine des Ag-NPs de taille relativement petite. Le spectre d'absorption UV-Vis montre que la large bande SPR contient un pic, Ce pic indique l'existence d'un hydrolysate d'Ag-NPs uniformément réparti après 24 heures d'agitation. (shamelietal., 2012)

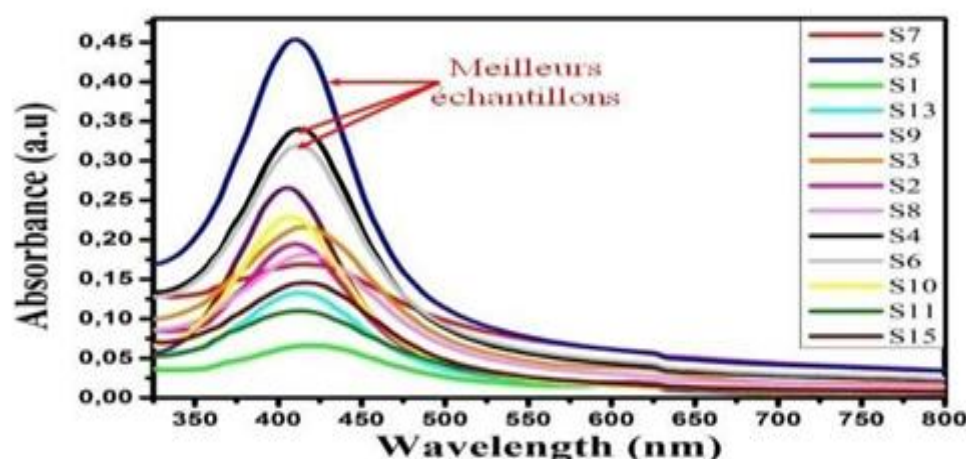


Figure14: Spectre d'analyse UV de nanoparticules d'argent synthétisées. (maghimaa, 2020).

III.3.2. Diffraction des rayons X sur poudre

Les Ag-NPs séchés sous vide synthétisés par *C. longa* ont été utilisés pour le spectre XRD (figure 14) qui a été indiqué que la structure des Ag-NPs est cubique à faces centrées. De plus, tous les Ag-NPs ont des diagrammes de diffraction similaires. Les pics XRD à $38,18^\circ$, $44,25^\circ$, $64,72^\circ$ et $77,40^\circ$ 2θ peuvent être attribués aux plans cristallins cubiques 111, 200, 220 et 311, respectivement centrés sur le visage. C'est un cristal d'argent. Par conséquent, le modèle XRD montre clairement que les Ag-NPs formé dans cette étude est essentiellement cristallin. La phase cristalline principale est l'argent, et il n'y a pas d'autres phases évidentes. Par ce que des impuretés sont trouvées dans le modèle XRD, la taille moyenne des grains des Ag-NPs de l'échantillon après 24 heures d'oscillation est inférieure à 10 nm, ce qui est également confirmé

avec les résultats TEM discutés plus tard.(maghimaa, 2020) et (shameli et al., 2012) La taille moyenne des particules d'Ag-NPs peut être calculée à l'aide de l'équation de Debye-Scherrer: $D = K\lambda / \beta \cos\theta$

Où

D = épaisseur du nano-cristal K est une constante

λ = longueur d'onde des rayons X

β = largeur à mi-hauteur de la réflexion (111) à l'angle de Bragg 2θ (birksetfridman, 1962)

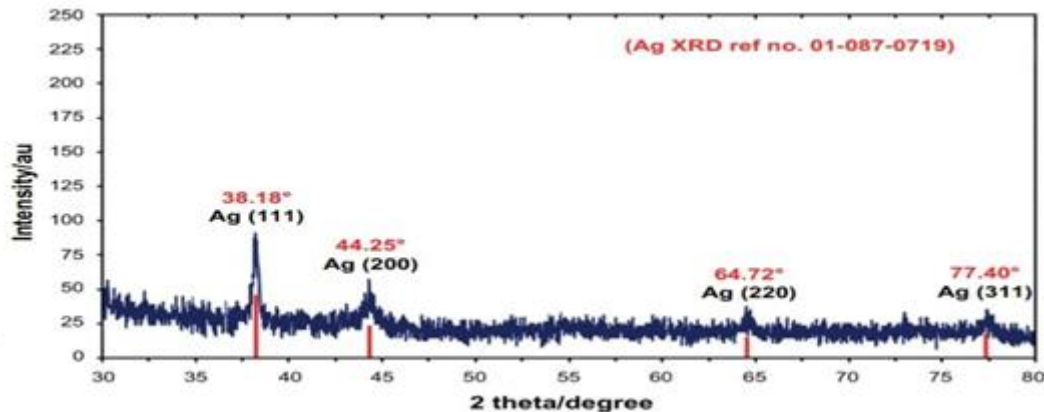


Figure 15 : Diagrammes de diffraction des rayons X de nanoparticules d'argent (Ag-NPs) synthétisées dans *Curcuma longa* pour la détermination des Ag-NPs après 24 heures d'agitation (shameli et al. 2012).

c. Étude morphologique

Pour TEM, déposez une goutte de la solution synthétisée Ag-NPs sur la maille de cuivre TEM. Après séchage, utilisez un TEM pour imager la grille. L'image MET et sa distribution granulométrique est présentée dans (Figure16), et le résultat montre une distribution granulométrique étroite, ce qui est cohérent avec l'étude de spectroscopie UV-Vis. (Figure15) montre Ag-NPs entouré d'extrait de *C. longa*. Les points noirs sur la figure représentent la distribution à grande échelle des Ag-NPs. Ces résultats sont confirmés par spectroscopie FT-IR. Après agitation pendant 24 heures, la quantité d'Ag-NPs utilisée pour l'imagerie TEM était d'environ 483.

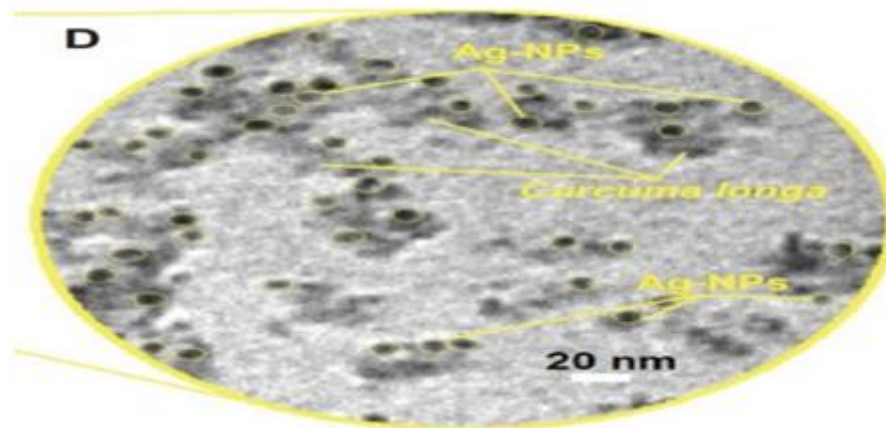


Figure 16 : Images de microscopie électronique à transmission et distribution granulométrique correspondante de l'argent/*Curcuma longa* après 24 heures d'agitation (**shameliet al. , 2012**).

Images BEM et spectres EDXRF de *C.longa* et Ag/*C. longa* émulsion après agitation pendant 24 heures confirme que l'extrait de *C.longa* peut contrôler efficacement la forme et la taille des Ag-NPs.

La présence de petits Ag-NPs sur Les surfaces extérieures d'Ag/*C. longa* dans les formes sphériques des taches devient brillante, pour les spectres EDXRF montre l'énergie de liaison de *C. longa*. Et les éléments d'argent dans le *C. longa*. De plus, les spectres EDXRF pour Ag/*C. longa* ont confirmé la présence d'Ag-NPs dans l'extraction de poudre sans aucun pic d'impureté. Les résultats indiquent que les nanoparticules synthétisées sont composées d'Ag-NPs de haute pureté. (**shameli et al., 2012**)

d. Analyse chimique FT-IR

Les spectres FT-IR ont été enregistrées (figure 17) pour identifier les biomolécules possibles qui peuvent entraîner une réduction des ions Ag^+ et le coiffage de l'Ag-NPs bioréduites synthétisé à partir de l'extrait de *C.longa*. Une fois l' Ag^+ complètement bioréduites, l'extrait de poudre de tubercule de *C.longa* est centrifugé à 15000 rpm pendant 20 minutes pour séparer les Ag-NPs des protéines et autres composés présents dans la solution. Le spectre FT-IR des AgNPs fabriqués a montré la présence de groupes carboxyle, hydroxyle, alcène et carbonyle (Figure3). Notez le fort étirement O-H de la bande carboxyle dans la région $3305,99 \text{ cm}^{-1}$ et la bande d'étirement carbonyle dans la région $1637,56 \text{ cm}^{-1}$. Expliquez que le pic dans la région de $1560,41 \text{ cm}^{-1}$ est approuvé par le groupe alcène. Les bandes d'étirement des alcanes se trouvent dans les régions $2250,93 \text{ cm}^{-1}$ et $1865,17 \text{ cm}^{-1}$ du spectre FT-IR. (**maghimaaeal., 2020**).

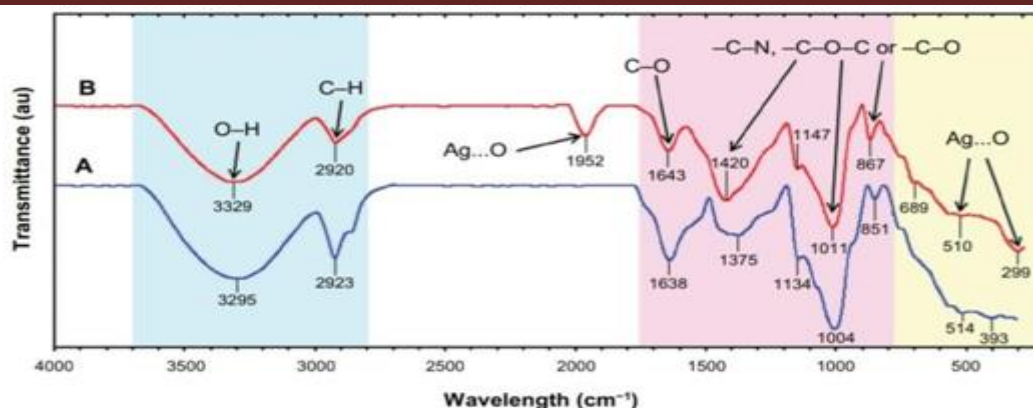


Figure17: Spectres infrarouges à transformée de Fourier pour l'extrait en poudre de tubercule de *Curcuma longa* (A) et *Ag/C. longa* (B) 24 heures après la réaction de biosynthèse. (shameli et al., 2012).

III.1.5. Evaluation de l'Activité antimicrobienne des nanoparticules d'argent

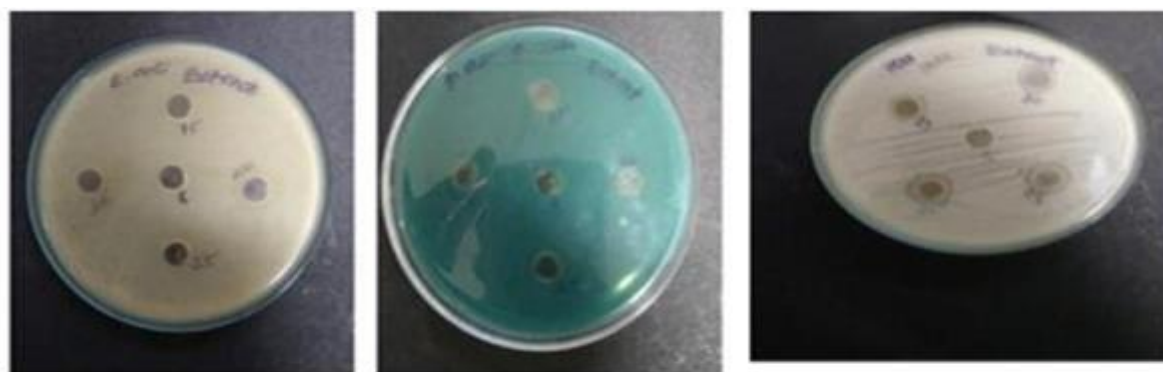
Le dosage antibactérien des nanoparticules d'argent a été évalué sur *Escherichia coli* pathogène, *Pseudomonas aeruginosa* et *Candida albicans*, par la méthode de diffusion sur gélose. Celles-ci ont été cultivées sur des milieux nutritifs liquides (HiMedia Laboratories Pvt. Ltd., Mumbai, Inde) pendant 24 h avant l'expérience, etensemencées sur des biotes de pétri de gélose Mueller Hinton (ANNEXE 01) par écouvillonnage (Maghimaa et Alharbi, 2020).

Puis, quatre puits de 6 mm ont été perforés en utilisant un foreur de gel. L'extrait de plante et les Ag-NPs chacun (15, 20, 25 et 30 µg/ml) ont été chargés individuellement dans les puits et les antibiotiques ciprofloxacine et fluconazole ont été utilisés comme contrôle pour les bactéries et les champignons respectivement, et maintenus à 35° C pendant 24 h (Maghimaa et Alharbi, 2020).

Enfin, les milieux de culture ont été inspectés pour les zones d'inhibition et enregistrées (Mollick, 2012; kumer, 2014; Maghimaa et Alharbi, 2020).

Le potentiel antimicrobien de l'extrait brut de plante et les AgNPs synthétisées révèle que parmi les concentrations qui ont été examinées contre les microorganismes testé, les 30 µg montrent la sensibilité la plus élevée (tableau 4 et 5) et figure 18 et 19) chez *Pseudomonas aeruginosa* et *Candida albicans*, et une moindre sensibilité représentée dans les concentrations de 15µg pour les deux solutions. L'activité antibactérienne des AgNPs dépend entièrement de la concentration, des niveaux élevés d'AgNPs montrent une activité plus inhibitrice sur la croissance des micro-organismes. Cette conception de nanoparticules d'argent a une énorme activité antibactérienne en raison de son activité antibactérienne (Mollick et al., 2012)

(Lakshmanan et al., 2017).

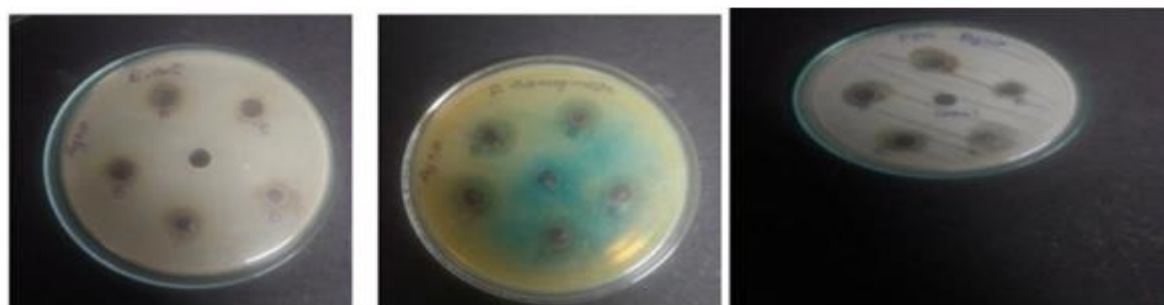


Escherichia coli

Pseudomonas aeruginosa

Candida albicans

Figure 18 : Activité antimicrobienne de l'extrait brut de plante contre les microorganismes testés
(Maghimaa et Alharbi, 2020)



Escherichia coli

Pseudomonas aeruginosa

Candida albicans

Figure 19 : Activité antimicrobienne de l'extrait brut de plante contre les microorganismes testés
(maghimaa, 2020).

Tableau IV : Activité antimicrobienne de l'extrait de plante contre les isolats (Maghimaa et Alharbi, 2020).

Nom des organismes	15µg	20µg	25µg	30µg
<i>Escherichia coli</i>	12mm	12mm	14mm	14mm
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	10mm	12mm	14mm	15mm
<i>Candida albicans</i>	12mm	13mm	14mm	15mm

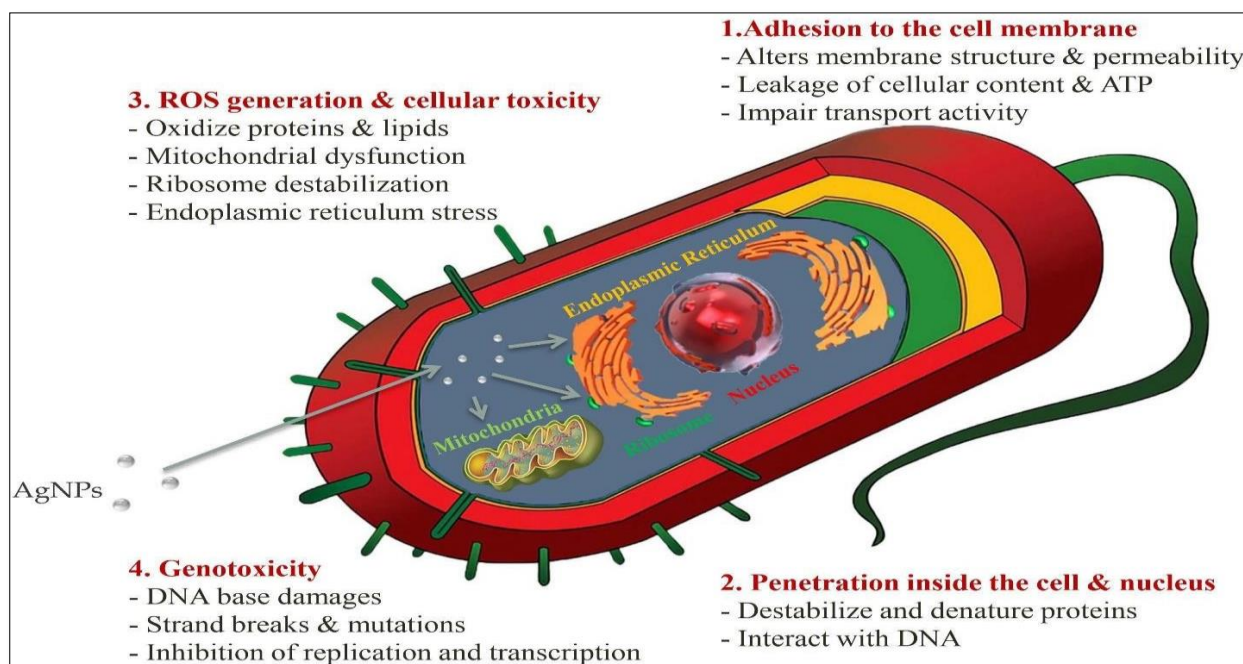
Tableau V: Activité antimicrobienne des AgNPs synthétisés (Maghimaa et Alharbi, 2020).

Nom des organismes	15µg	20µg	25µg	30µg
<i>Escherichia coli</i>	14mm	15mm	15mm	16mm
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	14mm	14mm	15mm	17mm
<i>Candida albicans</i>	13mm	14mm	15mm	16mm

III.1.6. Mécanisme d'action antibactérien des AgNPs

Les mécanismes suggérés pour l'effet inhibiteur des AgNPs sur les bactéries comprennent:

- (1) les AgNPs adhèrent à la surface des cellules bactériennes, entraînant des dommages à la membrane cellulaire et des modifications du système de transport,
- (2) les AgNPs et leur infiltration d'ions dans les cellules et leur interaction avec les bactéries. Plusieurs biomolécules et organites pouvant affecter l'inhibition de l'activité,
- (3) les AgNPs et leurs ions participent à la production de ROS et causent des dommages cellulaires, et
- (4) les AgNPs et leurs ions pénètrent dans les cellules et induisent des mutations et une génotoxicité. L'interaction des AgNPs avec les constituants cellulaires est illustrée à la figure 20

**Figure 20:** Différents mécanismes des effets cytotoxiques des Ag NPs. (Lee et Jun, 2019)

Conclusion

Les nanoparticules d'argent ou nano-argent sont des molécules ayant une taille de 20-40 nm, ils composées à 80% d'atome d'argent et à 20% d'ions argent, Ils sont très prisés par l'industrie pharmaceutique et agroalimentaire, de part notamment leur propriété biocide.

D'après certains auteurs, la synthèse de nanoparticules d'argent colloïdale par une voie verte est validée. L'eau a en effet été utilisée comme solvant et l'extrait de *Curcuma longa* comme agent stabilisant pour la réduction du nitrate d'argent. Les nanoparticules d'argent préparés sont caractérisées en solution en mesurant leur résonance des plasmons de surface par spectrophotométrie UV-vis, une spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier, MEB et EDX (**Metiaz et Boudiba, 2020**).

L'étude de l'activité antibactérienne des extraits de *Curcuma longa*, largement utilisée en médecine traditionnelle à travers le monde, est l'objet de ce présent travail.

Curcuma longa de la famille *Zingibereacea*, a été jugée efficace depuis des siècles par la médecine traditionnelle en Asie particulièrement en Sud-est précisément en Chine et Indonésie respectivement, vue toutes les études sur les propriétés pharmacologiques de cette plante ont été couronnées de succès. Le rhizome est la partie riche possédant des activités pharmacologiques importantes: leurs pléiotropies actions et diverses utilisations potentielles. Les propriétés antimicrobiennes de l'extrait de ce dernier ont été étudiées contre diverses espèces des bactéries, virus, parasites et des champignons.

Bien que cette partie de travail n'a pas été plus performantes plus affinée mais elle nous a permis d'avoir une idée sur les propriétés des nanoparticules d'argent synthétisées à base de *Curcuma longa* et *Curcuma xanthorrhiza*, ainsi que sur leurs activités biologiques.

En perspectives certains points restent à approfondir, il serait donc intéressant de compléter cette étude par :

- L'utilisation de microscopie électronique à transmission (MET) afin de mettre en évidence la forme nanométrique des nanoparticules d'argent synthétisées ;
- Il est également souhaitable d'étendre l'étude antibactérienne à d'autres souches et déterminer le mécanisme et la cinétique d'inhibition de la croissance bactérienne par ces nanoparticules ;
- Réalisation d'une application à l'échelle industrielle afin de mener au bien être de l'homme et tiré profit de toutes les caractéristiques bénéfiques des nanoparticules d'Ag dans les divers domaines.

*Références
bibliographiques*

A

- Abayomi, S. (2010).** *Plantes médicinales et médecine traditionnelle d'Afrique*. KARTHALA Editions.
- Abdeen, S., & Praseetha, P. K. (2013).** Diagnostics and treatment of metastatic cancers with magnetic nanoparticles. *J Nanomedine Biotherapeutic Discov*, 3(2), 115.
- Adiko, M., Bouttier, S., Okpekon, T. A., Lambert, S., Ake-Assi, L., Kablan, B. J., & Champy, P. (2014).** Phytothérapie traditionnelle des conjonctivites en milieu urbain ivoirien: enquête sur les deux marchés aux plantes médicinales d'Abidjan. *Acta botanica gallica*, 161(1), 33-45.
- Aitken, R. J., Creely, K. S., & Tran, C. L. (2004).** *Nanoparticles: an occupational hygiene review*. London: HSE books, 41-44.
- Al-Snafi, A. E. (2016).** Antiparasitic effects of medicinal plants (part 1)-A review. *IOSR Journal of Pharmacy*, 6(10), 51-66.
- Athamena, S., Chalghem, I., Kassah-Laouar, A., Laroui, S., & Khebri, S. (2010).** Activité antioxydante et antimicrobienne d'extraits de *Cuminum cyminum* L. *Lebanese science journal*, 11(1), 69-81.
- Azwanida, N. N. (2015).** A review on the extraction methods use in medicinal plants, principle, strength and limitation. *Med Aromat Plants*, 4(196), 2167-0412.

B

- Barba, F. J., Zhu, Z., Koubaa, M., Sant'Ana, A. S., & Orlie, V. (2016).** Green alternative methods for the extraction of antioxidant bioactive compounds from winery wastes and by-products: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 49, 96-109.
- Bauer, W. J., Badoud, R., & Löliger, J. (2010).** Science et technologie des aliments: Principes de chimie des constituants et de technologie des procédés. PPUR Presses polytechniques.
- BELFENACHE, D. E. (2012).** Elaboration et etude de nanoparticules au/tio 2 et ag/tio 2 (Doctoral dissertation, Université de Constantine 1, Algérie).
- Birks, L. S., & Friedman, H. (1946).** Particle size determination from X-ray line broadening. *Journal of Applied Physics*, 17(8), 687-692.

C

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

Cheikh Ali, Z. (2012). Études chimiques et biologiques d'*Aframomum sceptrum* (Zingiberaceae) et de la curcumine (Doctoral dissertation, Paris 11, France).

Cho, J. Y., Kim, H. Y., Kim, H. M., Song, H. N., Hong, E., Hwang, J. K., & Chun, H. S. (2017). Standardized ethanolic extract of the rhizome of *Curcuma xanthorrhiza* prevents murine ulcerative colitis by regulation of inflammation. *Journal of Functional Foods*, 30, 282-289.

Colvin, D. M. (2018). A review on comparison of the extraction methods used in licorice root: their principle, strength and limitation. *Med Aromat Plants*, 7(6), 1000323.

D

Dalimartha, S. (2000). *Atlas tumbuhan obat Indonesia* (Vol. 2). Niaga Swadaya.

Dayem, A. A., Hossain, M. K., Lee, S. B., Kim, K., Saha, S. K., Yang, G. M., ... & Cho, S. G. (2017). The role of reactive oxygen species (ROS) in the biological activities of metallic nanoparticles. *International journal of molecular sciences*, 18(1).

De Silva, G. O., Abeyesundara, A. T., & Aponso, M. M. W. (2017). Extraction methods, qualitative and quantitative techniques for screening of phytochemicals from plants. *American Journal of Essential Oils and Natural Products*, 5(2), 29-32.

Delay, M., & Frimmel, F. H. (2012). Nanoparticles in aquatic systems. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 402(2), 583-592.

Devaraj, S., Esfahani, A. S., Ismail, S., Ramanathan, S., & Yam, M. F. (2010). Evaluation of the antinociceptive activity and acute oral toxicity of standardized ethanolic extract of the rhizome of *Curcuma xanthorrhiza* Roxb. *Molecules*, 15(4), 2925-2934.

Dosoky, N. S., & Setzer, W. N. (2018). Chemical composition and biological activities of essential oils of *Curcuma* species. *Nutrients*, 10(9), 1196.

Duke, J. A. (2002). *Handbook of medicinal herbs*. CRC press.

Dzah, C. S., Duan, Y., Zhang, H., Wen, C., Zhang, J., Chen, G., & Ma, H. (2020). The effects of ultrasound assisted extraction on yield, antioxidant, anticancer and antimicrobial activity of polyphenol extracts: A review. *Food Bioscience*, 35, 100547.

E

Eskilsson, C. S., & Björklund, E. (2000). Analytical-scale microwave-assisted extraction. *Journal of chromatography A*, 902(1), 227-250.

European Medicines Agency. Committee on Herbal Medicinal Products (2014). (HMPC).Assessment report on *Curcuma xanthorrhiza* Roxb. (*C. xanthorrhiza* D. Dietrich), rhizoma,
<http://www.ema.europa.eu/docs/en_GB/document_library/Herbal__HMPC_assessment_report/2014/05/WC500166364.pdf> (Accessed 08/08/2020).

Fiawoo, M. F. (2009). *Étude par microscopie électronique en transmission de la germination et de la croissance des nanotubes de carbone synthétisés à moyenne température* (Doctoral dissertation, Université Paris Sud-Paris XI, France).

G

Guerricha, Maroua., & Selmane, Sassia. (2018). la synthèse verte des nanoparticules métallique de cuivre CuO par l'extrait Moringa. (mémoire de master, Université Echahid Hamma Lakhdar. El Oued, Algérie). p, 50.

Guntero, V. A., Mancini, P. M. E., & Kneeteman, M. N. (2017). Introducing organic chemistry students to the extraction of natural products found in vegetal species.

H

Handa, S. S. (2008). An overview of extraction techniques for medicinal and aromatic plants. *Extraction technologies for medicinal and aromatic plants, 1*, 21-40.

Harris, A. T., & Bali, R. (2008). On the formation and extent of uptake of silver nanoparticles by live plants. *Journal of Nanoparticle Research, 10*(4), 691-695.

Hartmann, T. (2007). From waste products to ecochemicals: fifty years research of plant secondary metabolism. *Phytochemistry, 68*(22-24), 2831-2846.

Hombourger, C. (2010). Le Curcuma, de l'épice au médicament (Doctoral dissertation, UHP- Université Henri Poincaré, France). p, 182.

J

Jones, W. P., & Kinghorn, A. D. (2006). Extraction of plant secondary metabolites. In *Natural products isolation* (pp. 323-351). Humana Press.

Journal Officiel de l'Union Européenne. Recommandation de la commission du 18octobre relative à la définition des nanomatériaux. (2011/969/UE) Consultable sur <https://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2011:275:0038:0040:FR:PDF>

K

Kada, S. (2018). *Recherche d'extraits de plantes médicinales doués d'activités biologiques* (Doctoral dissertation).

Kaufmann, B., & Christen, P. (2002). Recent extraction techniques for natural products: microwave-assisted extraction and pressurised solvent extraction. *Phytochemical Analysis: An International Journal of Plant Chemical and Biochemical Techniques*, 13(2), 105-113.

Khan, M., Khan, M., Adil, S. F., Tahir, M. N., Tremel, W., Alkhathlan, H. Z., ... & Siddiqui, M. R. H. (2013). Green synthesis of silver nanoparticles mediated by *Pulicaria glutinosa* extract. *International journal of nanomedicine*, 8, 1507.

Kumari, M. M., & Philip, D. (2013). Facile one-pot synthesis of gold and silver nanocatalysts using edible coconut oil. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 111, 154-160.

Kurt-Chalot, A. (2014). Internalisation cellulaire et effets biologiques de nanoparticules fluorescentes de silice. Influence de la taille et de la charge de surface (Doctoral dissertation, Saint-Etienne, EMSE, France).

L

Lakshmanan, G., Sathiyaseelan, A., Kalaichelvan, P. T., & Murugesan, K. (2018). Plant-mediated synthesis of silver nanoparticles using fruit extract of *Cleome viscosa* L.: assessment of their antibacterial and anticancer activity. *Karbala International Journal of Modern Science*, 4(1), 61-68.

Lee, S. H., & Jun, B. H. (2019). Silver nanoparticles: synthesis and application for nanomedicine. *International journal of molecular sciences*, 20(4), 865.

M

Madhumathi, K., Kumar, S., Sanjeed, M., Muhammed, S., Nazrudeen, S., & Sharanya, D. (2014). Silver and gadolinium ions co-substituted hydroxyapatite nanoparticles as bimodal contrast agent for medical imaging. *Bioceram Dev Appl*, 4(079), 2.

Maghimaa, M., & Alharbi, S. A. (2020). Green synthesis of silver nanoparticles from *Curcuma longa* L. and coating on the cotton fabrics for antimicrobial applications and wound healing activity. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 204, 111806.

Mandal, S. C., Mandal, V., & Das, A. K. (2015). *Essentials of botanical extraction: Principles and applications*. Academic press.

Marwat, W. U. (2014). Synthesis, characterization and study of photocatalytic activity of cadmium magnesium nano ferrites. *J Material Sci Eng*, 3(145), 2169-0022.

Metiaz, H. M., & Boudiba, A. (2020). Synthèse, caractérisation des nanoparticules d'argent à base d'extrait des feuilles de plantes et évaluation de leur activité antioxydante et antimicrobienne (Doctoral dissertation, Algérie). p,50.

Mollick, M. M. R., Bhowmick, B., Maity, D., Mondal, D., Bain, M. K., Bankura, K., ... & Chattopadhyay, D. (2012). Green synthesis of silver nanoparticles using *Paederia foetida* L. leaf extract and assessment of their antimicrobial activities. *International Journal of Green Nanotechnology*, 4(3), 230-239.

Mollick, M. M. R., Rana, D., Dash, S. K., Chattopadhyay, S., Bhowmick, B., Maity, D., ... & Chattopadhyay, D. (2019). Studies on green synthesized silver nanoparticles using *Abelmoschus esculentus* (L.) pulp extract having anticancer (in vitro) and antimicrobial applications. *Arabian journal of chemistry*, 12(8), 2572-2584.

Mukherjee, P. K., Maiti, K., Mukherjee, K., & Houghton, P. J. (2006). Leads from Indian medicinal plants with hypoglycemic potentials. *Journal of ethnopharmacology*, 106(1), 1-28.

Mwangi, S. W. (2018). Development, validation and application of high performance liquid chromatography method for the determination of Artemisinin content in *Artemisia annua* L. extracts (Doctoral dissertation, University of Nairobi, Kenya). P,305.

N

Nair, S., Sasidharan, A., Rani, V. D., Menon, D., Nair, S., Manzoor, K., & Raina, S. (2009). Role of size scale of ZnO nanoparticles and microparticles on toxicity toward bacteria and osteoblast cancer cells. *Journal of Materials Science: Materials in Medicine*, 20(1), 235.

P

Parchi, P. D., Vittorio, O., Andreani, L., Piolanti, N., Cirillo, G., Iemma, F., ... & Lisanti, M. (2013). How nanotechnology can really improve the future of orthopedic implants and scaffolds for bone and cartilage defects.

Porcher, M. H. (2009). Multilingual multiscript plant name database. *Sorting Citrullus names*. Available at plantnames.unimelb.edu.au/Sorting/Citrullus.html#lanatus-vulgaris-gr.

Prasad, S., & Aggarwal, B. B. (2011). Turmeric, the golden spice. *Herbal Medicine: Biomolecular and Clinical Aspects*. 2nd edition.

Prosie, F., Lesage, F. X., & Deschamps, F. (2008). Nanoparticules: structures, utilisations et effets sur la santé. *La Presse Médicale*, 37(10), 1431-1437.

R

- Ramsden, J. J. (1990).** What is nanotechnology?. *Nature (Lond.)*, 344, 524-526.
- Ricaud, M., & Witschger, O. (2012).** *Les nanomateriaux. definitions, risques toxicologiques, caracterisation de l'exposition professionnelle et mesures de prevention*. Technical Report ED 6050, INRS.
- Richard, S. (2013).** Le Nanomonde des chercheurs Analyse sociologique des pratiques et des discours sur l'instrumentation en nanotechnologies. (Universite de Montreal, Canada).p,31.
- Rocchetti, G., Blasi, F., Montesano, D., Ghisoni, S., Marcotullio, M. C., Sabatini, S., ... & Lucini, L. (2019).** Impact of conventional/non-conventional extraction methods on the untargeted phenolic profile of *Moringa oleifera* leaves. *Food research international*, 115, 319-327.
- Roy, N., Gaur, A., Jain, A., Bhattacharya, S., & Rani, V. (2013).** Green synthesis of silver nanoparticles: an approach to overcome toxicity. *Environmental toxicology and pharmacology*, 36(3), 807-812.

S

- Saad, B., Azaizeh, H., Abu-Hijleh, G., & Said, O. (2006).** Safety of traditional Arab herbal medicine. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 3(4), 433-439.
- Santoyo, S., Rodríguez-Meizoso, I., Cifuentes, A., Jaime, L., Reina, G. G. B., Señorans, F. J., & Ibáñez, E. (2009).** Green processes based on the extraction with pressurized fluids to obtain potent antimicrobials from *Haematococcus pluvialis* microalgae. *LWT-Food Science and Technology*, 42(7), 1213-1218.
- Shameli, K., Ahmad, M. B., Zamanian, A., Sangpour, P., Shabanzadeh, P., Abdollahi, Y., & Zargar, M. (2012).** Green biosynthesis of silver nanoparticles using *Curcuma longa* tuber powder. *International journal of nanomedicine*, 7, 5603.
- Shankar, S. S., Ahmad, A., & Sastry, M. (2003).** Geranium leaf assisted biosynthesis of silver nanoparticles. *Biotechnology progress*, 19(6), 1627-1631.
- Shankar, S. S., Rai, A., Ahmad, A., & Sastry, M. (2004).** Rapid synthesis of Au, Ag, and bimetallic Au core–Ag shell nanoparticles using Neem (*Azadirachta indica*) leaf broth. *Journal of colloid and interface science*, 275(2), 496-502.
- Shankar, S. S., Rai, A., Ankamwar, B., Singh, A., Ahmad, A., & Sastry, M. (2004).** Biological synthesis of triangular gold nanoprisms. *Nature materials*, 3(7), 482-488.

Sharma, G., Nam, J. S., Sharma, A. R., & Lee, S. S. (2018). Antimicrobial potential of silver nanoparticles synthesized using medicinal herb coptidis rhizome. *Molecules*, 23(9), 2268.

Shin, Y., Bae, I. T., Arey, B. W., & Exarhos, G. J. (2008). Facile stabilization of gold-silver alloy nanoparticles on cellulose nanocrystal. *The Journal of Physical Chemistry C*, 112(13), 4844-4848.

Silalahi, M. (2017). *Curcuma xanthorrhiza* ROXB. (PEMANFAATAN DAN BIOAKTIVITASNYA). *Jurnal Dinamika Pendidikan*, 10(3), 248-260.

Soumyanath, A. (Ed.). (2005). *Traditional medicines for modern times: antidiabetic plants*. CRC press.

Sunkar, S., & Nachiyar, C. V. (2012). Biogenesis of antibacterial silver nanoparticles using the endophytic bacterium *Bacillus cereus* isolated from *Garcinia xanthochymus*. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 2(12), 953-959.

Tron, I., Piquet, O., Baert, A., & Mouton, C. (2002). *Toxon Manuel de Toxicologie. Guide technique. ADEME: Angers. 128p.*

Susanti, D. R. (2009). Pengaruh Pemberian Ekstrak Etanol Temulawak (*Curcuma Xanthorrhiza* Roxb.) pada Gambaran Histopatologi Ginjal Ayam Petelur.

T

Tiwari, V., Tiwari, M., & Solanki, V. (2017). Polyvinylpyrrolidone-capped silver nanoparticle inhibits infection of carbapenem-resistant strain of *Acinetobacter baumannii* in the human pulmonary epithelial cell. *Frontiers in immunology*, 8, 973.

Trevoux R., Arnal-Schnebelen B., Schnebelen J., 2000. Interactions médicamenteuses Interactions entre les plantes médicinales et la médication traditionnelle. *Actualités reproduction humaine* ; 8 (1) : 28-32.

Tron, I., Piquet, O., Baert, A., & Mouton, C. (2002). *Toxon Manuel de Toxicologie. Guide technique. ADEME: Angers. 128.*

V

Viala A., Botta A., (2007). *Toxicologie, Lavoisier, 2ème Ed. : 03.*

W

Wen, C., Zhang, J., Zhang, H., Dzah, C. S., Zandile, M., Duan, Y., ... & Luo, X. (2018). Advances in ultrasound assisted extraction of bioactive compounds from cash crops—A review. *Ultrasonics sonochemistry*, 48, 538-549.

Willner, I., Baron, R., & Willner, B. (2006). Growing metal nanoparticles by enzymes. *Advanced Materials*, 18(9), 1109-1120.

Wiyono, R. (2011). Studi pembuatan serbuk effervescent temulawak (*Curcuma xanthorrhiza* Roxb) kajian suhu pengering, konsentrasi dekstrin, konsentrasi asam sitrat dan Na-bikarbonat. *Teknologi Pangan: Media Informasi dan Komunikasi Ilmiah Teknologi Pertanian*, 1(1).

Z

Zargar, M., Hamid, A. A., Bakar, F. A., Shamsudin, M. N., Shameli, K., Jahanshiri, F., & Farahani, F. (2011). Green synthesis and antibacterial effect of silver nanoparticles using *Vitex negundo* L. *Molecules*, 16(8), 6667-6676.

Zeyons, O. (2008). Etudes des interactions physicochimiques et biologiques entre des nanoparticules manufacturées et des bactéries de l'environnement (Doctoral dissertation, Université Pierre et Marie Curie-Paris VI, France). P, 325.

Site web :

[anonyme01] **RAYNAUD Stéphanie.** *Curcuma. Futura sante.* 2019, disponible sur : <https://www.futurasciences.com/sante/definitions/nutrition-curcuma-15812/> consulté le :15/05/2021

[Anonyme 02] <https://ogi.ctcpa.eu/upload/files/MARINA-Guide-Inventaire-2017.pdf> consulté le:20/05/2021

[Anonyme 04] <https://m.20-bal.com/buhgalteriya/10083/index.html?page=3> consulté le: 21/03/2021.

[Anonyme 05] <https://www.inrs.fr/risques/nanomateriaux/terminologie-definition.html> consulté le: 03/06/2021

Annexes

Annexe01**Composition des milieux de cultures utilisées**

Le Bouillon Nutritif est un milieu largement utilisé pour la culture des micro-organismes peu exigeants. Il est recommandé dans de nombreuses méthodes standardisées d'analyses des aliments, des laitages, de l'eau et d'autres produits.

Formule Bouillon nutritif

Pour 1 litre de milieu :

- Peptones10,0 g
- Hydrolysate de caséine..... 5,0g
- Chlorure de sodium5,0 g

La **gélose Mueller–Hinton** est un milieu solide standardisé recommandé pour l'étude de la sensibilité des bactéries aux agents antimicrobiens par la méthode de diffusion ou de dilution en gélose.

Formule Gélose Mueller-Hinton

Ingrédients en grammes par litre d'eau distillée ou déminéralisée:

- Peptones.....3,0 g
- Hydrolysate de caséine..... 17,5
- Agar. 15 g
- Ca⁺² 20 -25 mg/L
- Mg⁺²10 -12, 5 mg/L
- pH final..... 7,4 ± 0,2

Résumé

Résumé

Cette étude a pour but de déterminer la biosynthèse des nano particules selon différents méthodes d'extraction utilisée sur le rendement de l'Ag NPs de plante *Curcuma longa*, c'est une plantes médicinale de la famille des *Zingiberaceae*. L'utilisation de l'extrait des plantes comme un bioréacteur pour la production des nanoparticules d'argent a attiré l'attention en raison de son protocole rapide, écologique, non Pathogène et économique. Ce travail est d'étudier la possibilité de synthèse des nanoparticules d'argent à l'aide d'extrait des *Curcuma*, et caractérisation de ces nanoparticules par, UV visible, FTIR, MEB et EDX pour déterminer leur taille et leur composition, ainsi démontrer que les nanoparticules d'argent synthétisées présentent certains activités antioxydants suivi la méthode de Piégeage du radical 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl (DPPH) et évalué *in vitro* leur effet antimicrobien par la méthode de diffusion de puits en milieu solide. D'autre coté, les nanoparticules d'argent synthétisées ont été montrés un effet bactéricide très efficace contre les trois types des bactéries (*Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*) et une activité antifongique vis-à-vis le *Candida albicans* et ainsi des propriétés antioxydant raisonnables. La somme des résultats obtenus au cours de cette étude montre clairement que Les nanoparticules d'argent possèdent un potentiel important pour les activités biologiques investiguées. De ce fait, le bio-ingrédients présents dans l'extrait de plante était efficaces pour la synthèse des nanoparticules d'Ag avec une efficacité biologique qui offre la possibilité de l'incorporer dans la composition des produits alimentaires et pharmaceutiques.

Mots clé : Argent, *Curcuma longa*, nanoparticule, biosynthèse.

Abstract

The aim of this study is to determine the biosynthesis of nanoparticle according to different extraction methods used on the yield of Ag NPs. a medicinal plant *Curcuma longa* from the *Zingiberaceae* family characterized. The use of plants extract as the production assembly of silver nanoparticles has drawn attention, because of its rapid, eco-friendly, non-pathogenic, economical protocol. Another side, the silver nanoparticles synthesized were shown a very effective bactericidal effect against the three types of the bacteria (*Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*) and a antifongic activity opposite *Candida albicans* and a reasonable antioxydant properties. The sum of the results obtained during this study shows clearly that the silver nanoparticles has a significant biological. So the bio-ingredients present in the plant extract was effective for the synthesis of silver nanoparticles with a biological effectiveness which makes it possible to incorporate it in the composition of the foodstuffs and medicinal.

Key words: Silver, *Curcuma longa*, nanoparticle, biosynthesis.

الملخص :

تهدف هذه الدراسة إلى التعرف على التركيب الحيوي للجسيمات النانوية وفق طرق الاستخراج المختلفة المستخدمة في محصول Ag NPs من نبات كركم لونجا ، وهو نبات طبي من عائلة *Zingiberaceae*. اجتذب استخدام المستخلصات النباتية كمفاعل حيوي لإنتاج جزيئات الفضة النانوية الانتباه نظراً لبروتوكولها السريع والبيئي وغير الممرض والاقتصادي. يهدف هذا العمل إلى دراسة إمكانية تخليق جسيمات الفضة النانوية باستخدام مستخلص الكركم ، وتوصيف هذه الجسيمات النانوية بواسطة الأشعة فوق البنفسجية المرئية ، و FTIR ، و SEM ، و EDX لتحديد حجمها وتكوينها ، وبالتالي إثبات أن جسيمات الفضة النانوية المصنعة تظهر أنشطة معينة مضادة للأكسدة متبعة. بواسطة طريقة الاصطياد الجذري 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) وتقييم تأثيرها المضاد للميكروبات في المختبر عن طريق طريقة انتشار البئر في وسط صلب. من ناحية أخرى ، فقد ثبت أن للجسيمات النانوية الفضية المصنعة تأثيراً فعالاً جداً ضد الجراثيم ضد الأنواع الثلاثة من البكتيريا (الإشريكية القولونية ، الزائفة الزنجارية ، المكورات العنقودية الذهبية) بالإضافة إلى نشاط مضاد للفطريات ضد المبيضات البيض وبالتالي خصائص مضادة للأكسدة معقولة. يظهر مجموع النتائج التي تم الحصول عليها خلال هذه الدراسة بوضوح أن جسيمات الفضة النانوية لها إمكانات كبيرة للأنشطة البيولوجية التي تم فحصها. لذلك ، كانت المكونات الحيوية الموجودة في المستخلص النباتي فعالة في تخليق الجسيمات النانوية Ag ذات الكفاءة البيولوجية التي توفر إمكانية دمجها في تركيبة المنتجات الغذائية والصيدلانية.

الكلمات المفتاحية: الفضة، الكركم لونجا، الجسيمات النانوية ، التخليق الحيوي.