



République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
Université Echahid Hamma Lakhdar d'El Oued  
Faculté de la Technologie



Département Génie des procédés Et pétrochimie

Mémoire de fin d'étude

En vue de l'obtention du diplôme de:

**MASTER ACADEMIQUE**

**Domaine:** Sciences et Technologies

**Filière:** Industrie Pétrochimique

**Spécialité :** Génie Pétrochimie

**Présenté par:**

**BOUTALBI Abderrahmane**

**ARIBI Abderrahmane**

**FADLI Souhaila**

**Thème**

L'Etude bibliographique sur la chimie verte pour la  
préparation les nanoparticules d'oxyde de zinc ZnO et les  
méthodes de caractérisation.

Soutenu le 13/06/2022

Devant le jury:

Mme	<b>FODILE Hanane</b>	Présidente	<b>Université d'EL Oued</b>
Mr	<b>BARANI Djamel</b>	Examineur	<b>Université d'EL Oued</b>
Mr	<b>GUERRAM Abdelmadjid</b>	Rapporteur	<b>Université d'EL Oued</b>

Année universitaire : 2021/2022

# *Remerciements*

*En préambule à ce rapport nous remercions ALLAH qui nous a aidé et nous a donné la patience et le courage durant toutes nos années d'étude*

*Ces remerciements vont tout d'abord au corps professoral et administratif faculté de la technologie de l'université de, Echahid Hamma Lakhdar-Eloued pour la richesse et la qualité de leur enseignement et qui déploient de grands efforts pour assurer à leurs étudiants une formation actualisée*

*Nous tenons à remercier Mr GUERRAM Abdelmadjid a. notre encadrant de mémoire, pour tout le soutien, l'aide, l'orientation, ainsi que pour ses encouragements lors de la réalisation de ce travail*

*Nous remercions tous les enseignants qui m'ont guidé durant les cinq années de formation surtout les enseignants de la spécialité de pétrochimie*

# *Dédicace*

*Je dédie ce modeste travail à :*

*A mes chers parents pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur soutien et leurs prières tout au long de mes études,*

*A mes chères sœurs Masouda Samia Zohra Nihade pour leur appui et leur encouragement,*

*A mes chère amie Imad Hani Haroun moustapha mohammed Qui m'a aidé et supporté dans les moments difficiles.*

*A ma chère Dr. chakfirt Ammar et Samia Daikfi Qui m'a aidé et supporté dans les moments de travail la thèse.*

*A tous mes amis qui me sont chers Tous mes collègues de la promotion :  
2021/2022*

*A toute ma famille BOUTALBI et surtout mon frère Abdelkader pour leur soutien tout au long de mon parcours universitaire,*

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

*Merci d'être toujours là pour moi*

***Boutalbi abderrahmane***

# *Dédicace*

*Ce mémoire est dédié*

*A mon père et ma chère maman*

*Que dieu leur préserve bonne santé et leur procure longue vie*

*A mes sœurs Nour Elhouda et Kamilia et Amel*

*A mes frères Saddam et Mohamed lamine*

*En leur souhaitant la réussite dans leurs travail et leur vies*

*Aux bourgeons de la famille Koussaie , Marame, Iyade et djouri*

*A mon marié a la prochain futur Bachir*

*A ma chère amie Nihal Nadia Imane Masouda*

*A tous mes amis qui me sont chers Tous mes collègues de la promotion :*

*2021/2022*

*A tous qui m'on aidé afin de réaliser ce travail*

*A tous ceux que j'aime et qui m'aiment*

*Merci d'être toujours là pour moi*

***FADLI Souhaila***

## الإهداء

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

وَقُلْ أَعْمَلُوا فَسَيَرَى اللَّهُ عَمَلَكُمْ وَرَسُولُهُ وَالْمُؤْمِنُونَ

صدق الله العظيم

إلهي لا يطيب الليل إلا بشكرك... ولا يطيب النهار إلا بطاعتك... ولا تطيب اللحظات إلا

بذكرك... ولا تطيب الآخرة إلا بعفوك

ولا تطيب الجنة إلا برويتك

أحمد الله عز وجل على منه وعونه وإتمام هذا البحث أما بعد

:فأهدي ثمرة عملي وجهدي هذا

إلى من لا يمكن للكلمات أن توفيقها حقها إلى من لا يمكن للأرقام أن تحصي فضائلها أمني

الحيبية

إلى من حصد الأشواك عن دربي ليمهد لي طريق العلم إلى من علمنا التحدي والصمود

لتخطي الصعاب أبي العزيز

إلى القلوب الطاهرة والنفوس البريئة الذين آثروا على أنفسهم إخوتي

إلى كل من تربطني بهم صلة الرحم

إلى من أنسنني في دراستي أصدقائي

عبد الرحمان

---



---

## Sommaire

<b>Remerciements</b> .....	<b>i</b>
<b>Dédicace</b> .....	<b>ii</b>
<b>Sommaire</b> .....	<b>v</b>
<b>Liste des figures et tableaux</b> .....	<b>vii</b>
<b>Nomenclature</b> .....	<b>ix</b>
<b>Introduction générale</b> .....	<b>1</b>
<b>Chapitre I : Généralité sur les nanoparticules de ZnO et leurs applications</b> .....	<b>4</b>
Introduction .....	5
I-1-l'histoire de nanoparticule: .....	5
I-2-Définition de nanoparticule .....	5
I-3-Tailles des différents types de nanoparticules .....	6
I-4-l'origine des nanoparticules- .....	7
I-4-1- Origine naturelle : .....	7
I-5- Classification de nanoparticule : .....	7
I-5-1-Nanoparticule métallique : .....	7
I-5-2- Oxyde métallique : .....	7
I-5-3- Point quantique : .....	7
I-6- Exemples de nanoparticules et ses applications, propriétés et fonctionnalités.....	7
I-7- L'oxyde de zinc .....	9
I-7-1- Les propriétés de ZnO .....	10
I-7-2- propriété structurel.....	10
I-7-3- propriétés électroniques .....	11
I-7-4-propriétés mécaniques : .....	11
I-7-5-propriété chimique et catalyseur : .....	11
I-8- Applications du ZnO.....	12
Référence et bibliographique: .....	13
<b>Chapitre II : Les méthodes de préparation de ZnO</b> .....	<b>15</b>
Introduction .....	16
II-1- Les Méthode de préparation de ZnO .....	16
II-2-Méthode physique : .....	16
II-3-Méthode chimiques: .....	16
II-4-Méthode verte: .....	17
II-4-1-Les douze principes de chimie verte: .....	18
II-5-Techniques de caractérisation de nanopoudres de ZnO: .....	23
II-5-1-Caractérisation des propriétés structurales diffraction des rayons X: .....	23
II-5-2-La spectroscopie UV-Visible .....	27

## Sommaire

---

II-5-3-Spectroscopie Infrarouge à Transformée de fourier(FTIR) .....	29
Référence et bibliographique: .....	32
<b>ChapitreIII : Application biologique .....</b>	<b>39</b>
III-1-l'application antibactérienne: .....	40
III-1-1-Définition des bactéries: .....	40
III-1-2-Test d'activité antibactérienne: .....	40
III-2-Processus de génération de H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> des nanoparticules ZnO: .....	43
III-3-Effet d'éclairage UV: .....	44
III-4-l'application antioxydant:.....	44
III-4-1-Définition antioxydants .....	44
Référence et bibliographique: .....	49
<b>Conclusion générale .....</b>	<b>52</b>
<b>Resumé .....</b>	<b>54</b>

## Liste des figures et des tableaux

### Liste des figures

Figure I.1: Gamme de tailles des nanoparticules comparées à celles des principales structures chimiques et biologiques .....	6
Figure I.2: Tailles des différents types de nanoparticules .....	6
Figure I.3: Photographies d'un cristal d'oxyde de zinc synthétique .....	10
Figure I.4: Structure hexagonal ecompact de type Würtzite et alternance ZnO.....	11
Figure I.5: Représentation schématique de l'application de ZnO.....	12
Figure II.1: Les éventuelles entités biologiques de l'extrait végétal responsables de labioréduction des ions métalliques . .....	20
Figure II.2: Mécanisme de la formation de nanoparticules utilisant les extraits végétaux . .....	23
Figure II.3: Schéma représentant le principe de la diffraction .....	24
Figure II.4: Image d'un diffractomètre de type (PROTO) .....	26
Figure II.5: Schéma de principe du montage d'un diffractomètre RX . .....	26
Figure II.6: Image d'un spectrophotomètre ultraviolet (SP-UV 500DB).....	28
Figure II.7: Schéma de principe d'un spectromètre à ultraviolet .....	28
Figure II.8: Schéma représente l'intensité du rayonnement transmis et l'intensité du rayonnement absorbé. ....	29
Figure II.9: Imaged'un spectrophotomètre infrarouge (IVILBER) .....	31
Figure II.10: Schéma de principe d'un spectromètre à transformée de Fourier .....	31
Figure III.1: Images d'essais bactériologiques de E. coli sur des plaques d'agar solides avec des suspensions de 0,5 g dm <sup>3</sup> ZnO (à gauche) et sans zno nanoparticules (à droite). ....	41
Figure III.2: Changises dans le ratio de survie de E. coli en utilisant une concentration de 0,25 et 0.5 gdm <sup>3</sup> (a) sans ZnO nanoparticules (B) .....	42
Figure III.3: Micrographies des sections minces E. coli .....	42
Figure III.4: Mur de cellules .....	42
Figure III.5: Mécanismes d'action des Nps ZnO contre les bactéries .....	44
Figure III.6: Activité antioxydante de différentes concentrations (25, 50, 75, 100 lg / ml) de Zno NPS zno par DPPH dépollution des terres test .....	46
Figure III.7: Représentation mécanisme de l'interaction entre le radicule libre DPPH et les Zno NPS formant une molécule DPPH stable. ....	47

**Liste des tableaux :**

<b>Tableau I-1: Exemples des nanoparticules et ses applications, propriétés et fonctionnalités .</b>	<b>7</b>
<b>Tableau I-2 : Propriétés de l'oxyde de zinc</b>	<b>10</b>
<b>Tableau II-1 : Les douze principes de chimie verte</b>	<b>18</b>
<b>Tableau II-2: Sélection des entités biologiques utilisée dans la synthèse des nanoparticules.</b>	<b>19</b>
<b>Tableau II-3 : Liste des différentes plantes utilisées pour la synthèse des nanoparticules de ZnO</b>	<b>21</b>

**Nomenclature**

ZnO	Oxyde de zinc
RMNT	Réseau de recherche en micro- et nanotechnologies
NPs	Nanoparticules
m	Mètre
$\mu\text{m}$	Macro-mètre ( $1\mu\text{m}=10^{-6}\text{m}$ )
nm	Nano-mètre ( $1\text{nm}=10^{-9}\text{m}$ )
$\text{Å}^0$	Ångström ( $1\text{Å}=10^{-10}\text{m}$ )
$\lambda$	Longueur d'onde
HZ	Hertz
RX	RayonX
UV	Ultra-violet
IR	Infra-rouge
DRX	DiffractionDesRayonsX
O	L'élément d'oxygène
C	L'élément de Carbone
NaOH	hydroxyde de sodium
H <sub>2</sub> O	l'eau
ROS	Réaction Espèces d'oxygène
DPPH	2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl

# **Introduction *générale***

## Introduction générale

L'objectif de la nanotechnologie consiste à produire des objets ou des matériaux ayant une taille des grains inférieurs à 100 nanomètres. Ces nanomatériaux sont composés de nanoparticules qui, contrairement aux particules très fines d'origine naturelle ou provenant d'une combustion, sont produites intentionnellement. Les nanomatériaux peuvent être des métaux, céramiques, carbones, polymères ou encore des silicates qui présentent l'intérêt d'avoir des caractéristiques spécifiques et unique par rapport aux mêmes matériaux à l'échelle macroscopique.

Les nanomatériaux sont un domaine très important de la recherche et du développement et intéressent la plupart des chercheurs. Les nanomatériaux ont été d'un grand intérêt ces dernières années en raison de leurs diverses applications dans divers domaines, en particulier dans les produits pharmaceutiques, les catalyseurs, le secteur de la santé, les antimicrobiens, le traitement des eaux usées, l'industrie alimentaire, etc [1, 2]

Le ZnO est le plus demandé actuellement dans plusieurs domaines tel que le cosmétique [3], la pétrochimie [4], la santé [5], aussi le raffinage [6], et notre énergie [7]. La recherche s'oriente vers l'amélioration des propriétés des matériaux et sur le développement de nouvelles propriétés. Et pour obtenir une grande quantité de ZnO nous nous dirigeons vers l'élaboration de nanoparticules de l'oxyde de zinc. Il existe trois méthodes principales de préparation de NPs de ZnO: méthode physique, méthode chimique et biologique (chimie verte).

Dans ce mémoire nous avons étudié une bibliographie sur la chimie verte pour la préparation des nanoparticules d'oxyde de zinc ZnO et les méthodes de caractérisation. La synthèse verte ou "biosynthèse" a ouvert la voie à la production durable et sûre de nanoparticules et s'est révélée la meilleure méthode en raison de sa cinétique plus lente, de la facilité de manipulation et du contrôle de la croissance des cristaux pour la stabilisation des nanoparticules. Cette méthode utilise de nombreuses ressources écologiques telles que des extraits de plantes. L'utilisation de ce dernier a pris une importance considérable grâce à l'amélioration des propriétés chimiques, physiques et biologiques des particules synthétisées par cette méthode [04].

Les grands axes de ce travail de recherche se présentent comme suit:

Le premier chapitre présente une généralité sur les nanoparticules de NPs, les propriétés physico-chimiques de ZnO et leur application.

Le deuxième chapitre expose une généralité sur les méthodes de préparation de ZnO ; méthode physique, méthode chimique et aussi nous discutons en détail la méthode biologique (chimie verte), leur mécanisme pendant la préparation de nanoparticules de l'oxyde de Zinc, et les techniques des caractérisations sont présentées, de manière à confirmer la nature des échantillons obtenus par la synthèse verte.

Dans le troisième chapitre, nous avons étudié l'activité antioxydant et antibactérienne des NPs d'oxyde de zinc.

La mémoire se termine par une conclusion générale.

## Référence

- [1] A. K. Mittal, Y. Chisti, and U. C. Banerjee, "Synthesis of metallic nanoparticles using plant extracts," *Biotechnology advances*, vol. 31, pp. 346-356, 2013.
- [2] F. J. Heiligtag and M. Niederberger, "The fascinating world of nanoparticle research," *Materials Today*, vol. 16, pp. 262-271, 2013.
- [3] R. Augustine, E.A. Dominic, I. Reju, B. Kaimal, N. Kalarikkal, S. Thomas, Electrospun polycaprolactone membranes incorporated with ZnO nanoparticles as skin substitutes with enhanced fibroblast proliferation and wound healing, *RSC Advances*, 4 (2014) 24777-24785.
- [4] D. Das, B.C. Nath, P. Phukon, S.K. Dolui, Synthesis of ZnO nanoparticles and evaluation of antioxidant and cytotoxic activity, *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 111 (2013) 556-560.
- [5] AzoNano, (2013) "Zinc Oxide (ZnO) Nanoparticles – Properties, Applications."
- [6] J. Al-Sabahi, T. Bora, M. Al-Abri, J. Dutta, Controlled defects of zinc oxide nanorods for efficient visible light photocatalytic degradation of phenol, *Materials*, 9 (2016) 238.
- [7] W.J. Beek, M.M. Wienk, R.A. Janssen, Efficient hybrid solar cells from zinc oxide nanoparticles and a conjugated polymer, *Advanced Materials*, 16 (2004) 1009-1013.

***Chapitre I : Généralité sur les  
nanoparticules de ZnO et  
leurs applications***

## Introduction

Les nanoparticules sont connues comme les éléments fondamentaux de la nanotechnologie, en conséquence, la synthèse de nombreuses nanoparticules est devenue un élément important de la science et de l'ingénierie à l'échelle nanométrique. Parmi eux, les nanoparticules d'oxyde de zinc (ZnO) sont d'un grand intérêt en raison de plusieurs propriétés favorables, y compris une bonne transparence, une mobilité élevée des électrons, un écart de large bande et une luminescence de température ambiante.

Dans ce chapitre, nous avons présenté une généralité sur les nanoparticules de ZnO et leur application.

### I-1- l'histoire de nanoparticule:

La science des nanotechnologies sont développés étape par étape par le plant suivant :

- 1- 1959: Richard Feynman est découvrir le terme de nanomode.
- 2- 1974: Norio Taniguchi, l'utilisation pour première fois le terme nanotechnologie.
- 3- 1981: Gerd Binnig et Heinrich Rohrer est découvrent microscope à effet tunnel. [(STM), alors cette découvertes permetre la développement de nano-technologie.
- 4- 1985: Richard Smalley, Robert Curl et Harold Kroto découvrent un molécule de carbone contient 60 atome qui posséder une propriété physique unique est nommé les fullerènes.
- 5- 1990: Donald Eigler capable des sinierintiales d'IBM à partir l'atome de xénon grâce à utilisé la point d'un microscope.
- 6- 1991: Japonais Sumio Iijima après l'étude qui il fait, conclut à découverte le terme nanotube de carbone.
- 7- 1996: Faire le premier transistor qui utilisé un nanotube de carbone.
- 8- 1999 : La France lancé du réseau pour les recherches en micro-et nanotechnologie (RMNT)
- 9- 2000 : Le gouvernement américain mutualisé tous les recherche qui prendre dans votre pays à chercher dans nanotechnologie.
- 10- 2004 : Découvrent les dangers de nanoparticule.
- 11- 2005 : La première fabrication prototype d'écran à partir de nanotube de carbone.
- 2- 2010 : Entré de nanotechnologie dans l'industrie alimentaire. [1]

### I-2-Définition de nanoparticule

Une nanoparticule est la convergence de quelque million d'atome qui donne une forme appelé molécule, à dimension plus petite contenu entre 1 et 100 nm. Les tailles de virus et les protéines et la même de nanoparticule (figure I-1) [2]

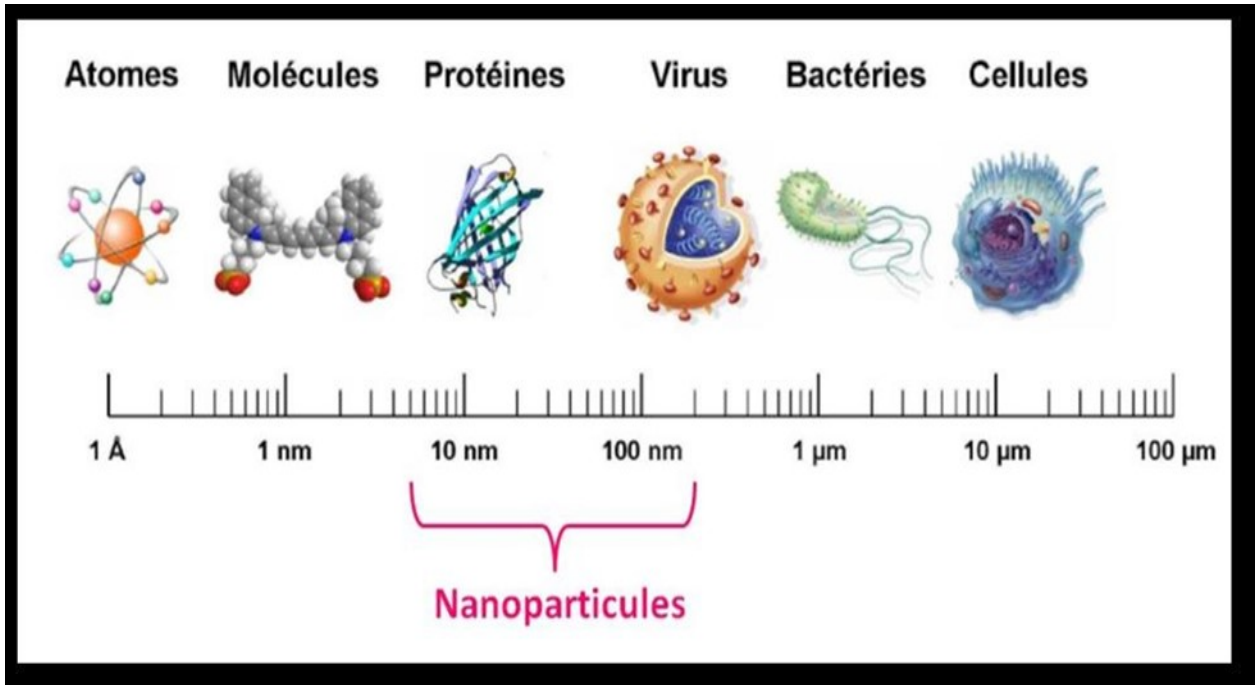


Figure I.1: Gamme de tailles des nanoparticules comparées à celles des principales structures chimiques et biologiques [2]

### I -3-Tailles des différents types de nanoparticules

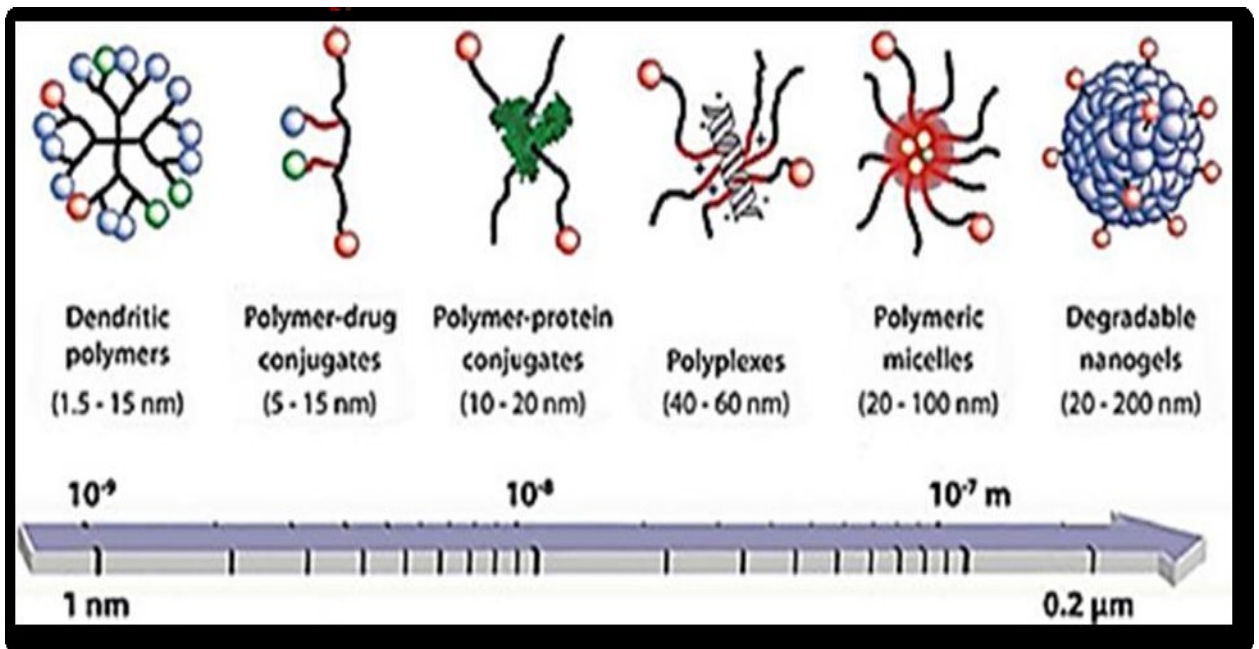


Figure I.2: Tailles des différents types de nanoparticules [2]

## **I-4- L'origine des nanoparticules-**

### **I-4-1- Origine naturelle :**

**I-4-1-1- Biologique :** tel que l'ADN, virus, bactérienne

### **I-4-1-2-Minérale ou environnement :**

Cette origine est provoqué par feux de forêt le fumes volcanique, la partie fine de désert

### **I-4-1-3- Origine humaine :**

C'est-à-dire les nanoparticules qui résulte par l'application humaine, pour de but le développement technologie comme nanoparticule manufacturé, ce sont nanomatériaux produit dans l'application technologie et les pigments de peinture. Le smog : c'est contient dans disel.

[3]

## **I-5- Classification de nanoparticule :**

Les nanoparticules peuvent être classées selon leur composition [4-6]

### **I-5-1- Nanoparticule métallique :**

Ces NPs sont organisées au début d'un groupe d'atomes métallique avec l'état d'oxydation équivalent à zéro.

Les grands valeurs de NPs métallique certainement être dans les caractéristiques électronique produisent a partir le petit volume sur grand surface.

### **I-5-2- Oxyde métallique :**

Ce type de NPs peut être enfermé dans des nanocristaux semi-conducteur à cause de leur caractérisation à condition une propriété mécanique spécifique. Aussi, ces NPs entrés dans plusieurs domaine tel que pour la fabrication des capteurs et piles combustible, et en biomédicale et catalyse.

### **I-5-3- Point quantique :**

La plupart des nanoparticules composé de deux élément ou plus, mais à condition être au moins un élément métallique qui assurant l'écart entre la bande de conducteur et de valence similaire à un matériau semi-conducteur.

## **I-6- Exemples de nanoparticules et ses applications, propriétés et fonctionnalités:**

*Tableau I-1: Exemples des nanoparticules et ses applications, propriétés et fonctionnalités [7].*

<b>Nanomatériaux</b>	<b>Applications</b>	<b>Propriété, fonctionnalités</b>
<b>Argile</b>	-Aliment pour animaux. - Conditionnement et	absorbeur d'humidité et les toxines, charge.

	emballages. - Plastique. - Béton. - Crème de soin, maquillage.	Résistance mécanique conservation. Résistance du feu. Matité.
<b>Dioxyde de titane</b>	- Desséchant Coloration et décoloration capillaires. - Crème solaire. - Cellule photovoltaïque. - Habillement.	Absorbeur UV. Autonettoyant, dépollution. Pigment. Absorbeur UV. Rendement. Résistance aux UV, autonettoyant, antibactérien, retardateur de flamme.
<b>Fullerènes</b>	Crème de soin caoutchouc	Antioxydant. Résistance mécanique.
<b>Oxyde de zinc</b>	Revêtement pour le bois. Verre. Crème de soin. Cellule photovoltaïque. Pansement, gel et crème.	Résistance aux UV. Autonettoyant. Cicatrisant, absorbeur UV. Rendement. Antibactérien.
<b>Argent</b>	Dentifrice. Dédorant. Agent de dépollution des eaux et sols. Encre. Habillement.	Antibactérien. Dégradation/absorbeur de contaminant. Conductivité micro électrique. Antibactérien, pigment, teignabilité.
<b>Silice amorphe</b>	Boissons. Desséchant. Béton. Crème de soin. Peinture.	Agent de clarification. Absorbeur d'humidité fluidifiant, résistance thermique. Protection thermique. Epaississant. Matité durabilité, résistance aux rayures et à l'abrasion viscoélasticité.
<b>Oxyde ferrique</b>	Coloration et décoloration capillaires. Membrane crématique. Radiothérapie et	Pigment. Limitation de l'utilisation de produits toxiques lors de la fabrication.

	thermothérapie.	Transport d'agents thérapeutique.
<b>Dioxyde cérium</b>	Verre. Crème solaire. Pot catalytique.	Résistance aux UV, Absorbeur UV. Résistance aux UV, anti-graffitis. Catalyseur d'oxydation du monoxyde de carbone.
<b>Oxyde d'aluminium</b>	Maquillage. Peinture.	Pigment. Résistance aux rayures et à l'abrasion résistance aux UV.
<b>Terres rares</b>	Batterie. Radiothérapie et thermothérapie.	Substitution des métaux lourds. Traçabilité, anti-contrefaçon.
<b>Noire de carbone</b>	Maquillage. Batterie. Habillement. Peinture.	Pigment. Conductivité. Conductivité thermique et électrique. Pigment, pouvoir couvrant.

### **I-7- L'oxyde de zinc:**

Le ZnO est un composé d'oxyde qui se présente naturellement sous la forme de zincate, un minéral rare, et qui cristallise artificiellement sous forme solide "ZnO en vrac". Les impuretés de manganèse colorent généralement la zincite en rouge ou en orange [8]. *La figure I-3* montrent respectivement des photographies de cristal de zincite et d'oxyde de zinc synthétique.

ZnO est un semi-conducteur classé à II-VI de type n. a cause de existé dans le 2 éme colonne du tableau périodique des éléments. [9]

Les caractéristique de l'oxyde zinc pur ou bien mélangé avec d'autre métaux, laisse toujours laisse les rechercheur cherché pour découvrent notre caractéristique. [10]



Figure I.3: Photographies d'un cristal d'oxyde de zinc synthétique [11]

### I-7-1- Les propriétés de ZnO:

Le tableau I-2 présente les principales propriétés de ZnO

Tableau I-2 : Propriétés de l'oxyde de zinc [12]

propriétés	Valeur
Densité	5.606
Point de fusion	1975°C
Conductivité thermique	0.6;1-1.2
Coefficient de dilatation linéaire (/C)	$a_0 : 6.5 \cdot 10^{-6}$ $c_0 : 3.0 \cdot 10^{-6}$
Constante diélectrique statique	8.656
Indice de réfraction	2.008
Energie de gap	3.37 eV gap direct
Concentration des porteurs intrinsèques	$< 10^6 \text{ cm}^{-3}$
Energie de liaison des excitons	60 meV
Masse effective des électrons	0.24 $m_0$
Masse effective des trous	0.59 $m_0$

### I-7-2- Propriété structurel:

L'oxyde de zinc, connu sous le nom de *zincite* à l'état naturel, possède trois phases cristallographiques différentes : la phase Rocksalt, la phase Blende et la phase Wurtzite, illustrées dans la figure I.4.

La structure Wurtzite (hexagonale) est définie comme étant la structure thermodynamiquement stable à la température ambiante. La structure Blende (cubique) est observée lorsque ZnO est déposé sur certains substrats de symétrie cubique, alors que la structure Rocksalt est obtenue lorsqu'une pression hydrostatique (~10-15 GPa) est appliquée sur la structure [13].

Dans ce travail, on s'est intéressé à la cristallisation selon la structure hexagonale compacte du type wurtzite, les paramètres de maille  $a$  (étant le côté d'un losange constituant la base) et  $c$  (le côté parallèle à l'axe  $oz$ ) sont respectivement 0.325 nm et 0.521 nm. Les atomes de zinc sont tétracoordonnés et la structure de l'oxyde de zinc peut être représentée par deux réseaux hexagonaux compacts, l'un est constitué d'ions  $Zn^{2+}$ , et l'autre d'ions  $O^{2-}$ . La maille élémentaire comprend deux côtés  $a = b$  séparés par un angle de  $120^\circ$ . L'axe  $c$  est perpendiculaire au plan formée par les axes  $a$  et  $b$ .

La maille est contient de deux atome de zinc avec une cordonnées sont:

$$O^{2-} (0;0;0) \text{ et } Zn^{2+} (2/3;1/3;1/2).[14]$$

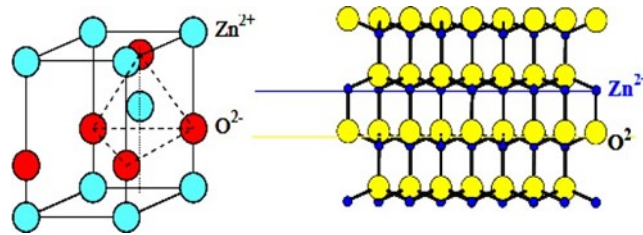


Figure I.4: Structure hexagonal ecompact de type Wurtzite et alternance ZnO.

### I-7-3- Propriétés électroniques

Oxyde de zinc c'est une semi-conducteur à gap direct (. 3,37 eV). Est intéressant pour une variété d'applications optoélectroniques. Les niveaux d'oxygène 2p forment le haut de la bande de valence, tandis que les niveaux de Zn 4s forment le bas de la bande de conduction. L'oxyde de zinc est typiquement de type n, avec une activité de type p incroyablement difficile à réaliser. Il y aura des défauts et accidentellement ajouté Les impuretés dans tout semi-conducteur et les défauts les plus courants dans le ZnO sont les lacunes de zinc et d'oxygène (VZn et VO, respectivement), puisque l'énergie de formation pour VZn et VO est la plus faible pour les conditions riches en O et en Zn, respectivement. Les lacunes de zinc sont un type de vacance qui se produit dans le zinc métallique. [15]

### I-7-4-Propriétés mécaniques :

Au début l'oxyde de zinc est un matériau partiellement mou. Après l'étude que fait à partir le chercheur Barady et al sur l'oxyde de ZnO selon le glissement des plans basaux pyramide. Alors ils montrées que l'orientation de plans d'oxyde de zinc c'est une partie principale dans les propriétés. [16]

### I-7-5- Propriété chimique et catalyseur :

Le type (la méthode) de préparation d'oxyde ZnO c'est une responsable de l'efficacité de surface. [17]

Le ZnO utilisé comme capteur chimique de gaz ( $\text{CH}_4$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{CO}_2$ ). [18, 19]. Aussi, il entré dans nombre réaction car peut jouer le rôle de catalyseur photochimique tel que la réaction de l'ammoniaque, en nitrate, l'oxydation de l'oxygène en zone, la synthèse du peroxyde d'hydrogène. [20] d'autre par l'oxydation des phénols [21].

### I-8- Applications du ZnO

Chaque propriété ZnO a son propre ensemble d'applications. À partir de la bande interdite de ZnO, il est capable de former des amas de nanocristaux de ZnO et de Nanofils de ZnO.

La synthèse des homojonctions P – N a également été documentée dans certaines littératures en raison de sa bande interdite. De nombreux dispositifs optiques fins peuvent être rendus dépendants de l'énergie de liaison des excitons libres du ZnO, qui est de 60 meV, car une énergie de liaison des excitons élevée permet au ZnO d'être stable à température ambiante et au-dessus. Les cristaux et les couches minces de ZnO affichent un comportement optique non linéaire de deuxième et troisième ordre, ce qui les rend adaptés à une utilisation dans des applications optiques non linéaires. En général, l'avantage d'ajuster les propriétés physiques de ces oxydes, tels que l'oxyde de zinc, devient la force motrice derrière la création de dispositifs d'application intelligents. Les propriétés électriques, optiques, magnétiques et chimiques des cations avec des états de valence mixtes et des anions avec des déficiences peuvent être très bien ajustées en permutant et en combinant les deux caractéristiques structurales de base qu'ils possèdent (lacunes). La Fig.I-5 ci-dessous, résume les différentes applications de ZnO [8]

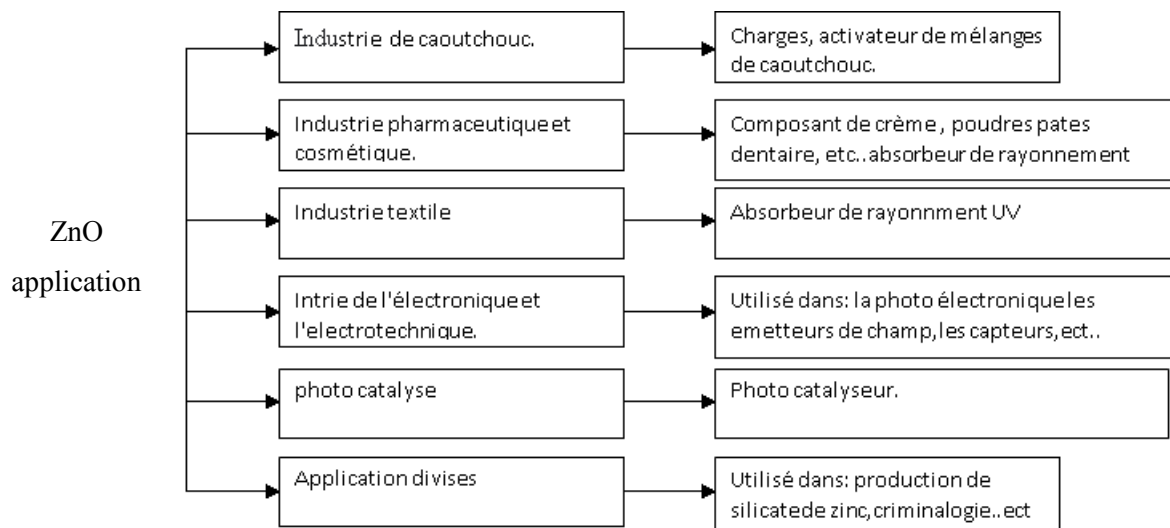


Figure I.5: Représentation schématique de l'application de ZnO.

**Référence et bibliographique:**

- [1] Chronologie. (2013) "Nanotechnologie: les découvreurs, COURRIER INTERNATIONAL PARIS." Courrier international. [en ligne]
- [2] D.E.Belfennache, Elaboration et étude de nanoparticules Au /TiO<sub>2</sub> et Ag /TiO<sub>2</sub>, Thèse de Doctorat, Département De Physique, Université MENTOURI, Constantine, 2012, pp.5-6.
- [3] F.Prosie, F.-X.Lesage, F. Deschamps, Nanoparticules: structures, utilisations et effets sur la santé, La Presse Médicale, 37(2008), p. 1432.
- [4] O. M. Ntwaeaborwa, S. J. Mofokeng, V. Kumar, R. E. Kroon, Structural, optical and photoluminescence properties of Eu<sup>3+</sup>-doped ZnO nanoparticles, Spectrochimica Acta Part A : Molecular and Biomolecular Spectroscopy, 182 (2017), pp 42–49.
- [5] K. Ravichandrika, P. Kiranmayi, R.V.S.S.N. Ravikumar, Synthesis, characterization and antibacterial activity of ZnO nanoparticles, Int. J. Pharm. Pharm. Sci, 4 (2012), pp 336–338.
- [6] S. Husain, F. Rahman, N. Ali, P.A. Alvi, Nickel sub-lattice effects on the optical properties of ZnO nanocrystals, J. Optoelectron. Eng, 1 (2013), pp 28–32.
- [7] Myraim RICAUD, élaboré par: Pascal Barbilon, Carsat Nord-Est, Catherine Brugnot, Carsat Auvergne, Christine Dolle, Carsat Nord-Picardie, Laurent Fina, Carsat sud-Est, Philippe Ledon, Carsat Centre, Frédéric Maitre, Cramille-France, Jean-Michel Ddoit, Carsat Rhone – Alpes. Aide au repérage des nanomatériaux en entreprise, ED juin, 2014, p 17-33.
- [8] M. Bedreddine, thèse de doctorat, procédé de dépôt de matériaux nanostructuraux à l'aide d'énergie solaire, Département de génie mécanique, Université Echahid Hamma Lakhdar, d'El-Oued, 2021, p.12
- [9] M. Ryma, Mémoire de Master, Elaboration et caractérisation des nanoparticules de ZnO par précipitation Application à la photo dégradation de méthyle orange, DEPARTEMENT METALLURGIE, UNIVERSITE BADJIMOKHTAR, ANNABA, 2018, p.14
- [10] D. Samia, thèse de doctorat, *Synthèse, caractérisation et fonctionnalisation de matériaux hybrides conducteurs à base de l'aniline et l'aniline substituée avec des oxydes métalliques* Département de chimie, Université MUSTAPHA stambouli, Mascara, 2017/2018. p 52
- [11] Kupczak, K., et al., Chemical and Phase Reactions on the Contact between Refractory Materials and Slags, a Case from the 19th Century Zn-Pb Smelter in Ruda Śląska, Poland. Minerals, 2020. 10(11): p. 1006.
- [12] "Hazardous Substance Data Bank" from <https://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/Sis/htmlgen?HSDB>.

- [13] P. Baud, H. Brusset, J. Jousset-Dubien, J. Lamure, P. Pascal, Nouveau traité de chimie minérale, ed. M. E. Cies. vol. 5. 1962, Paris, P 188.
- [14] B. Amina, thèse de doctorat, Elaboration, caractérisation et propriétés électrochimiques "polymères /nanoparticules" des nanocomposites hybrides avec différentes matrices inorganiques : à base des isomères de «chloroaniline et l'aniline, Département de génie des procédés, UNIVERSITE DE MUSTAPHA STAMBOULI, MASCARA, 2016/2017
- [15] A.J. Skinner, J.P. LaFemina, Phys. Rev. B, (1992), 45, 3557 LP -3564
- [16] Yamina. Ghozlane Habba, thèse de doctorat, Etude des nanostructures de zno pour leur application de l'eau, Université Paris-Est. français, 2017
- [17] S. M. Sayyah, 1 S. S. Abd El-Rehim, 2 M. M. El-Deeb, J. Wiley InterScience (2004).
- [18] Buzarovska, A.; Arsova, I.; Arsov, L.; Serb, J. Chem Soc 2001, 66, 27
- [19] Umesh S. Waware, Suresh S. Umare, J. science direct 65 (2005), PP 343–350
- [20] LIANG Chenghua. Thèse du doctorat de l'Université du Littoral Côte d'opale. France (2010).
- [21] Amadou Lamine DIOP. Thèse du doctorat de l'Université de PARIS VI - Pierre et Marie Curie (2010).

***Chapitre II : Les méthodes de  
préparation de ZnO***

## **Introduction**

Dans ce chapitre nous allons exposer une généralité sur les méthodes de préparation de ZnO ; méthode physique, méthode chimique et aussi nous discutons en détail la méthode biologique (chimie verte), leur mécanisme pendant la préparation de nanoparticules de l'oxyde de Zinc, et les techniques des caractérisations sont présentées, de manière à confirmer la nature des échantillons obtenus par la synthèse verte.

### **II-1- Les Méthode de préparation de ZnO**

#### **II-2-Méthode physique :**

Beaucoup de travaux sur la synthèse physique de l'oxyde de zinc ont été publiés. Le principe de la production physique de NPs est réalisé le plus souvent en phase vapeur. L'extraction de vapeur saturée est réalisée lors de la fusion ou du bombardement ionique d'une surface d'un matériau appelé cible suivie de la croissance des particules et pour certaines techniques de la condensation des espèces. Ces méthodes de synthèse nécessitent l'utilisation de températures élevées et la mise en œuvre d'infrastructures lourdes. Ces méthodes de synthèses physique comprennent : condensation vapeur, procédés laser, procédés de pyrolyse par jet [1].

#### **II-3-Méthode chimiques:**

Contrairement aux méthodes physiques, les méthodes chimiques sont utilisées pour l'obtention de dispersions nanométriques dans des matrices, ces méthodes ont l'avantage d'être plus simple à mettre en œuvre, elles permettent généralement un bon contrôle de la morphologie. Les méthodes les plus pertinentes et les plus rencontrées dans la littérature sont : la méthode sol-gel, la méthode solvo/hydrothermale, la méthode de précipitation, synthèse par voie organométallique.

Les méthodes chimiques telles que les voies : hydrothermale, solvothermale et sol-gel sont une succession de réactions entre un ou plusieurs précurseurs (solubles ou insolubles) dans un système fermé en présence de solvants aqueux ou non aqueux. L'hydrolyse accompagnée de condensation et de thermolyse sont généralement les processus de réaction impliqués dans ces synthèses de produits. Par décantation ou séchage, les particules obtenues peuvent être séparées du solvant. Les nanoparticules peuvent être de différentes tailles, formes et compositions chimiques en fonction des conditions expérimentales (pression, température, nature du solvant et précurseurs).[2]

## II-4-Méthode verte:

La chimie verte préconise l'utilisation de nouveaux concepts pour réduire et/ou éliminer l'utilisation ou la production de substances nocives pour l'environnement, grâce à de nouveaux procédés chimiques et à des voies synthétiques "propres ou durables", c'est-à-dire respectueuses de l'environnement [3]. En 1998, les chimistes américains Paul Anastas et John Warner ont fondé cette initiative sur 12 principes de la chimie verte. Ces principes (résumés dans le tableau II.1) sont un guide classique sur diverses façons de réduire les effets de la production de produits chimiques sur l'environnement et la santé [4,5]. Récemment, la synthèse de nanoparticules à l'aide de plantes [6,7] et de micro-organismes comprenant des bactéries [8,7], des virus [9,10], des champignons et des levures [11,12] a été rapportée comme étant une méthode alternative écologique de synthèse d'une grande variété de nanoparticules [13]. Tableau II.2 montre quelques-uns des différents micro-organismes utilisés pour synthétiser des nanoparticules avec des formes et des tailles différentes. Parmi ces entités biologiques, la synthèse de nanoparticules à l'aide de parties de plantes et d'extraits de plantes s'est avérée rentable et beaucoup plus simple parce qu'elle ne nécessite pas de procédures en plusieurs étapes qui impliquent des techniques complexes de culture et d'isolement [14, 15, 16].

La capacité des plantes à hyper-accumuler et à réduire biologiquement les ions métalliques est connue depuis le début des années 1900 et a été utilisée pour extraire des métaux précieux de terres non justifiées à la mine [17, 18]. Cependant, l'utilisation de plantes entières dans la synthèse de nanoparticules présente certaines limitations ou l'hétérogénéité de la taille et de la morphologie des nanoparticules produites entrave leur utilisation. Par exemple, dans des applications cliniques ou la taille et la forme jouent un rôle affectant l'absorption, la vitesse et les sites cellulaires spécifiques pour l'administration de médicaments à partir du système [18, 19]. À cet égard, l'utilisation d'extraits végétaux a été favorisée comme alternative plus simple pour synthétiser des NPs [20].

Extrait de plante brute contenant diverses biomolécules avec des groupes fonctionnels tels que C = C (alcényle), C = N (amide), -OH (phénolique et alcool), NH (amine), C-H et COO- (groupe carboxylique) sont principalement responsables de la réduction et de la stabilisation des ions métalliques dans des nanoparticules métalliques. [18, 21]. Des exemples de ces biomolécules capables de réduire les ions métalliques sont illustrés à la figure II.1. L'extrait peut être préparé à partir de différentes parties des plantes telles que la tige, la fleur, la feuille, la racine, la pousse, le pétale, les fruits et la peau. Le procédé d'extraction consiste à faire bouillir la partie végétale. L'extrait obtenu contient les agents réducteurs et coiffants

nécessaires à la réduction des ions métallique [6, 15, 22]. Certains des extraits végétaux utilisés dans la bioréduction de NPs de ZnO sont présentes dans le tableau II.3

**II-4-1-Les douze principes de chimie verte:**

*Tableau II-1 : Les douze principes de chimie verte. [23]*

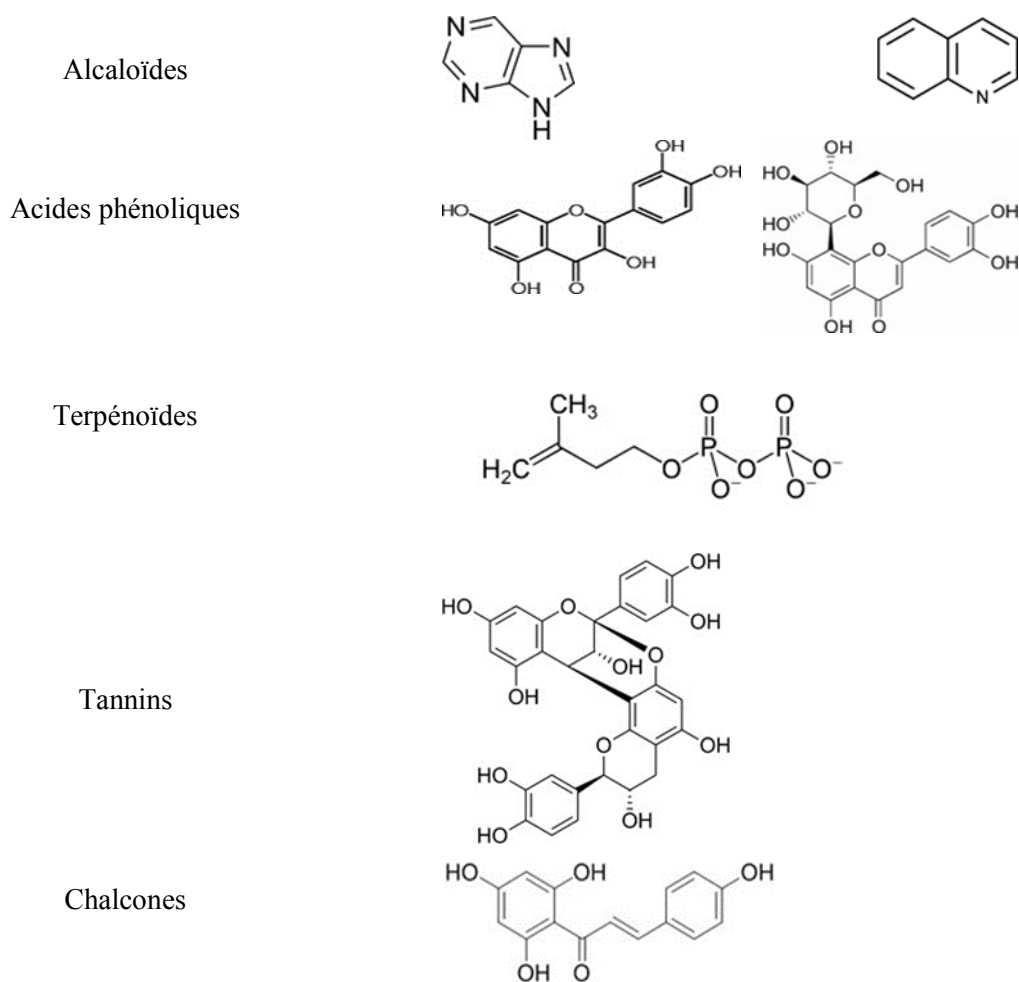
<p>1. Il vaut Mieux prévenir les déchets que de les traiter ou de les nettoyer après leur formation.</p>	<p>5. L'utilisation de substances auxiliaires (p. ex., solvants, agents de séparation, etc.) devrait être rendue inutile dans la mesure du possible et inoffensive lorsqu'elle est utilisée.</p>	<p>9. Les réactifs catalytiques (aussi sélectifs que possible) sont supérieurs aux Réactifs stœchiométriques</p>
<p>2. Les méthodes synthétiques doivent être Conçues de manière à maximiser l'incorporation de toutes les matières utilisées dans le procédé dans le produit final.</p>	<p>6. Les besoins énergétiques devraient être reconnus pour leurs incidences environnementales et économiques et devraient être réduits au minimum. Les méthodes synthétiques doivent être effectuées à la température et à la pression ambiante</p>	<p>10. Les produits chimiques doivent être conçus de manière à ce qu'à la fin de leur fonction, ils ne persistent pas dans l'environnement et ne se décomposent pas en produits de dégradation inoffensifs.</p>
<p>3. Dans la mesure du possible, les méthodes de synthèse devraient être conçues pour utiliser et produire des substances peu ou pas toxiques pour la santé humaine et l'environnement.</p>	<p>7. Une matière première ou une matière première devrait être renouvelable plutôt qu'épuisée chaque fois que cela est techniquement et économiquement réalisable</p>	<p>11. Il convient de développer davantage les méthodes d'analyse pour permettre une surveillance et un contrôle en temps réel avant la fabrication de substances dangereuses.</p>
<p>4. Les produits chimiques doivent être conçus pour préserver l'efficacité</p>	<p>8. Une dérivation inutile (groupe de blocage, protection/déprotection, modification temporaire des processus physiques/ chimiques)</p>	<p>12. Les substances et la forme d'une substance utilisée dans un procédé chimique</p>

de la fonction tout en réduisant la toxicité.	doit être évitée autant que possible.	ne devraient être choisies de manière à réduire au minimum le risque d'accidents chimiques, compris les rejets, les explosions et les incendies.
---	---------------------------------------	--

*Tableau II-2: Sélection des entités biologiques utilisée dans la synthèse des nanoparticules.*

Entité biologique	Type de Nanoparticule	Taille (nm)	Forme	Références
Espèce bactérienne				
<i>Aeromonas hydrophila</i>	ZnO	57.72	Sphérique, ovale	[24]
<i>Bacillus sp</i>	Ag	42-92	Sphérique	[25]
<i>Lactobacillus Plantarum</i>	ZnO	7-9	Hexagonal, Sphérique	[26]
<i>Rhodopseudomonas capsulate</i>	Au	10-20	Sphérique	[27]
Champignons et levure				
<i>Aspergillus terreus</i>	Ag	1-10	Sphérique	[28]
<i>Humicola sp</i>	Ag	5-25	Sphérique	[29]
<i>Sacchromyces cerevisiae</i>	ZnO	72.52	Polycristallin	[30]
<i>Sclerotium rolfsii</i>	Au	~25	Sphérique isotrope	[31]
<i>Trichoderma koningii</i>	Au	30-50	Sphères, triangles et hexagones	[32]
Viral				
virus de la mosaïque du tabac	Au	13-12	Barres	[33]
phage M13	Bi	~3.0	En forme de fil	[34]
	Cu <sub>2</sub> S	~6.5	Irrégulier	[35]
Plante				
teigne tachetée	Ag	~34	Sphérique	[36]
<i>Agathosma betulina</i>	CdO	~8	quasi sphérique	[37]

<i>Callistemon viminalis</i>	Sm <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	~23	Quasi-sphérique	[38]
angélique archangélique	Au	4-8	Polyédrique, sphérique	[39]
<i>Hypericum perforatum</i>				
<i>Hamamelis virginiana</i>				
<i>Hibiscus Sabdariffa</i>	CdO	23-35	Nanocristaux	[40]



**Figure II.1:** Les éventuelles entités biologiques de l'extrait végétal responsables de labioréduction des ions métalliques [41].

*Tableau II-3 : Liste des différentes plantes utilisées pour la synthèse des nanoparticules de ZnO*

Nom scientifique	Nom commun	Extrait La source	Précurseur	Taille (nm)	Forme	Référence
<i>Abrus Precatorius</i>	Pois à chapelet	Semences	Zn(AC)	90-500	Irrégulier à sphérique	[42]
<i>Agathosma Betulina</i>	Buchu	Feuilles	Zn(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	~19.4	Sphérique	[43]
meunier d'Aloe barbadensis	Aloe Vera	Feuilles	Zn(NO <sub>3</sub> )	25-40	Sphérique	[44]
apalathus linearis	Rooibos	Fleur	Zn(NO <sub>3</sub> )	~12.5	Quasi-sphérique	[45]
teigne tachetée	Neem	Feuilles	Zn(NO <sub>3</sub> )	~25	Nanotubes	[46]
teigne tachetée	Neem	Feuilles	Zn(AC)	9.6-25.5	Sphérique	[47]
Calotropis Gigantea	fleur couronnée	Feuilles	Zn(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	30-35	Sphérique	[48]
<i>Calotropis Procera</i>	Maddar	Latex	Zn(AC)	5-40	Sphérique et granulaire	[49]
Camélia sinensis	Thé vert	Feuilles	Zn(AC)	~16	-	[50]
cyprinodonte à gorge jaune	Cassie de tanneurs	Fleur	Zn(AC)		Sphérique	[51]
<i>Citrus Aurantifolia</i>	Chaux	Fruit	Zn(NO <sub>3</sub> )	9-10	Sphérique	[52]
Corymbe Citriodore	Gomme parfumée au citron	Feuilles	Zn(NO <sub>3</sub> )	~64	Hexagonal	[53]
<i>Euphorbia Jatropa</i>		latex	Zn(NO <sub>3</sub> )	~15	Hexagonal	[54]

euphorbe milli	couronne d'épines	Latex	Zn(NO <sub>3</sub> )	~50	Sphérique	[55]
<i>Ocimum Tenuiflorum</i>	basilic sacré	Feuilles	Zn(NO <sub>3</sub> )	11-25	Hexagonal	[56]
<i>Pongamia Pinnata</i>	hêtre de Nouvelle Zélande	Feuilles	Zn(NO <sub>3</sub> )	~100	Sphérique	[57]
<i>Ruta graveolens</i>	Rue	Tige	Zn(NO <sub>3</sub> )	~28	Hexagonal , sphérique	[58]
<i>Solanum nigrum</i>	Makoi/ nuance noire	Feuille	Zn(NO <sub>3</sub> )	~27.7 9	Quasi-sphérique	[59]
<i>Phoenix Dactylifera</i>	-	Feuilles	Zn(OOCCH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> . 2H <sub>2</sub> O	13.58- 16.66	Hexagonal	[60]
<i>Phoenix Dactylifera</i>	-	Feuilles	Zn(OOCCH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> . 2H <sub>2</sub> O	19.77- 26.28	Hexagonal	[61]

Une bioréduction à médiation à la plante implique le mélange d'une plante avec une solution aqueuse du sel métallique correspondant à la température ambiante. La bioréduction du sel est observée visuellement par un changement de couleur du mélange réactionnel [62]. Paul, et al. [63] Nanofils de zinc biosynthétisés utilisant des feuilles d'*Acmella Spilanthes*. Après avoir mélangé l'extrait de feuille avec une solution de sulfate de zinc, le changement de couleur du jaune pâle au marron pâle a été observé. De même à Ravindran, et al. [64], la couleur changée a été observée visuellement de l'incolore au jaune pâle pendant l'exposition de la solution Zn (NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> avec les extraits de plantes de différentes parties de la plante *Duranta Erecta* L. (C'est-à-dire la feuille, la fleur et les fruits). D'autre part, Manokari, et al. [65] Utilisé des extraits aqueux de feuilles, de tiges, de racines, de fleurs et de fruits de *Melia Azedarach* dans la synthèse des nanoparticules ZnO. Le changement de couleur a été observé après une incubation pendant 6 heures à la température ambiante pour le mélange d'extrait de feuille avec Zn (NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> • 6H<sub>2</sub> O. Pour les autres mélanges réactionnels, le changement de couleur a été observé une heure après le chauffage à 60 ° C pendant 15 min.

Les phases de terminaison est l'étape finale ou la plante extrait la capacité des stabiliser la NPs métallique et acquiert la conformation la plus énergétiquement favorable (plus stable) [21,16], la figure II.2 montre le mécanisme schématique détaillé de la formation nanoparticules.

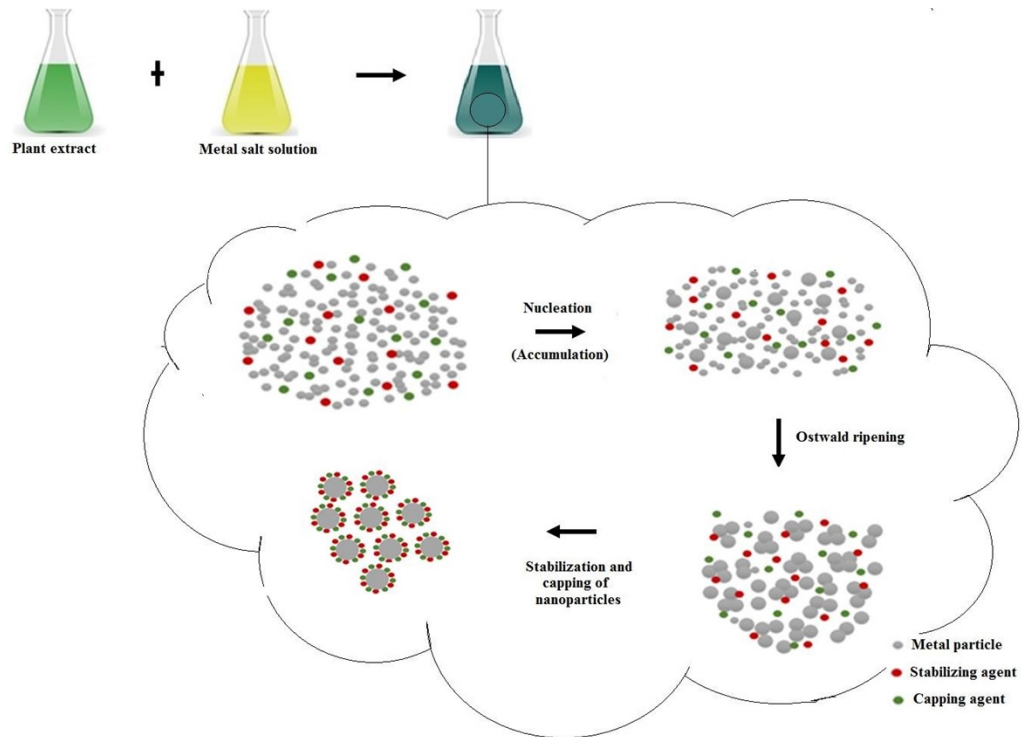


Figure II.2: Mécanisme de la formation de nanoparticules utilisant les extraits végétaux [16].

## II-5-Techniques de caractérisation de nanopoudres de ZnO:

### II-5-1- Diffraction des rayons X:

La diffraction des rayons X est une méthode largement utilisée pour caractériser la structure, la taille et la forme d'un NP. Elle s'applique à des milieux cristallins ayant un arrangement périodique ordonné. Elle permet d'identifier facilement les phases cristallisées. Elle permet également de déterminer plusieurs paramètres structuraux que les paramètres de mailles positions cristallographiques des atomes, la taille et l'orientation des cristallites constituant le matériau [66].

#### II-5-1-1-Principe de la diffraction des rayonsX:

Les rayons X sont des rayonnements électromagnétiques d'une longueur d'onde comprise entre 0,01 et 10 Å, mais la gamme utilisée pour la caractérisation des matériaux est de 0,1 à 10 Å.

La diffraction des rayons X est un phénomène de diffusion constant qui se produit lorsqu'ils interagissent avec la matière organisée. L'onde diffractée résulte de l'interférence des ondes diffusées par chaque atome. Elle dépend donc de la structure cristallographique. Lorsqu'un faisceau incident de rayons X monochromatiques est focalisé sur l'échantillon à caractériser, il

interagit avec le nuage d'électrons d'atomes. Si l'échantillon a une structure cristalline, il peut y avoir un phénomène de diffraction selon la condition de Bragg :

$$2d_{hkl} \sin\theta = n\lambda \quad (\text{II-1})$$

Où  $d_{hkl}$  : représente la distance inter-réticulaire d'un réseau cristallin.

- $\lambda$  est la longueur d'onde du faisceau incident.
- $n$  est un entier qui représente l'ordre de la diffraction.
- $\theta$  représente l'angle d'incidence des RX par rapport à la surface de l'échantillon.

Cette condition dépend de la distance entre les plans réticulaires du réseau cristallin, ainsi chaque famille de plans de distance inter-réticulaire  $d_{hkl}$  est à l'origine d'un faisceau diffracté sous un angle d'incidence  $\theta$  [66].

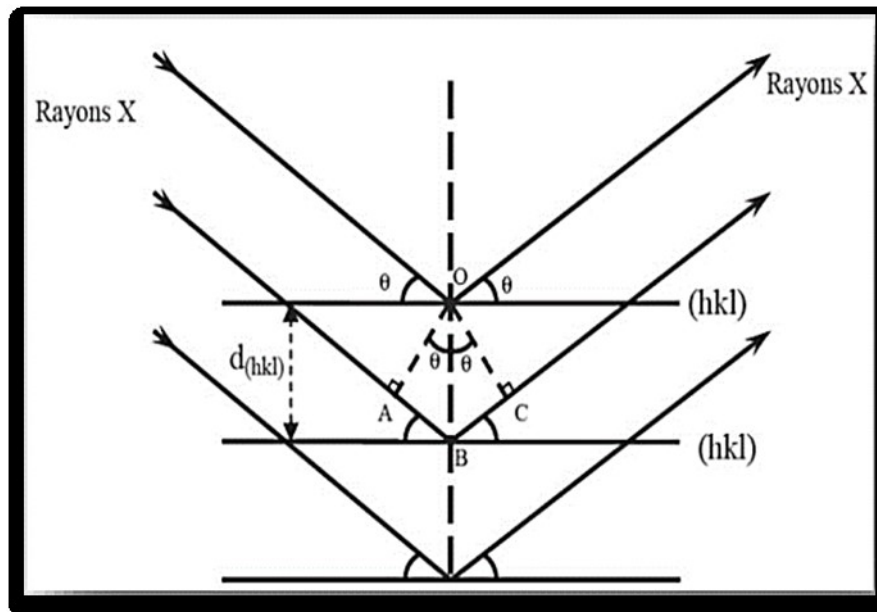


Figure II.3: Schéma représentant le principe de la diffraction [67]

### II-5-1-2-Détermination de la taille des grains

Pour calculer la taille des grains  $\Phi$  en utilisant la formule de Scherrer:

$$\Phi(nm) = \frac{k \lambda(nm)}{\delta(rd) \cos\theta} \quad \dots\dots\dots\text{II-2}$$

- $\lambda$ : la longueur d'onde des rayons X utilisés. ( $\lambda = 0.154178\text{nm}$ )
- $\phi$ : la taille des grains (nm)

- K: constante sans dimension, voisine de l'unité, qui dépend de la forme des cristallites et porte le nom de constante Scherrer.
- $\delta$  : la largeur de demi-hauteur mesurée pour chaque pic de diffraction (rad)
- $\theta$ : l'angle de diffraction de Bragg de chaque pic de diffraction (rad) [67]

### II-5-1-3-Principe de fonctionnement du diffractomètre

Comme tous les appareils utilisant les rayonnements corpusculaires ou photoniques le diffractomètre est composé de trois éléments fondamentaux : La référence du rayonnement (tube à rayons X), le porte échantillon (goniomètre) et le système de détection. La Figure II.10 représente un diffractomètre PROTO

Dans ce genre de diffractomètre, la source des rayons X est fixée donc que le détecteur est déplacé d'un mouvement de rotation de vitesse:

$$2\omega = 2d\theta/dt \dots\dots\dots \text{II-3}$$

Le détecteur donc tourne d'un angle  $2\theta$  d'autre par le goniomètre qui porte l'échantillon tourne d'un angle  $\theta$ . Un balayage des angles est alors effectué. Lorsqu'un angle  $\theta$  correspondant à une famille de plans (hkl) où bien la relation de Bragg est satisfaite, le détecteur enregistre une augmentation de l'intensité diffractée. Une fois les photons détectés, le ordinateur les convertit en charge électrique, puis ils sont amplifiés par un système électronique. Le signal électrique est envoyé à un ordinateur qui donne l'aspect du spectre avec les différents pics de diffraction

La procédure d'identification du réseau cristallin est basée sur la méthode des poudres dans laquelle on suppose que la probabilité de trouver une famille de plans (hkl) en position de Bragg est identique à toute autre famille (hkl) ce qui est le cas dans un assemblage de cristaux fins ou dans un échantillon poly-cristallin [68].



Figure II.4: Image d'un diffractomètre de type (PROTO)

Le principe est schématisé dans la figure II.5

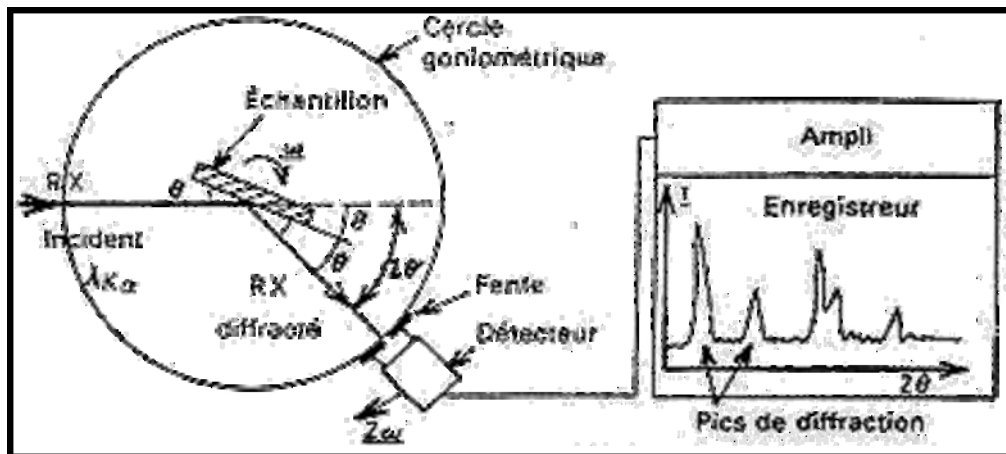


Figure II.5: Schéma de principe du montage d'un diffractomètre RX [69].

## II-5-2-La spectroscopie UV-Visible

### II-5-2-1-Caractérisation de la qualité et de la quantité des produits utilisant l'UV

La spectrophotométrie UV-visible est une technique privilégiée pour l'analyse qualitative et surtout quantitative d'un grand nombre d'espèces organique et inorganique. Cette technique nous renseigne sur les propriétés optiques de l'échantillon à analyser, telles que la transmission et l'absorption de la lumière. Les gammes de longueurs d'onde considérées sont, pour le rayonnement ultraviolet (UV), entre 200 et 400nm et entre 400 et 800nm pour le rayonnement visible (vis) [66].

L'interaction du rayonnement visible et ultraviolet avec la matière, en particulier avec une cellule contenant une substance sous forme moléculaire, fournit des informations qualitatives et quantitatives sur cette substance. Ceux-ci sont déduits de l'observation du spectre obtenu en portant de l'absorbance et la transmission en fonction de la longueur d'onde.

La transmittance notée  $T$  est donnée par la relation suivante:

$$T = \frac{I}{I_0} \quad \dots\dots\dots\text{II-4}$$

Cette grandeur optique est définie comme étant le rapport entre l'intensité de la lumière transmise ( $I$ ) à travers un matériau par rapport à l'intensité de la lumière incidente à sa surface ( $I_0$ ). L'absorbance est définie par:

$$A = \epsilon l c = \log \left( \frac{I_0}{I} \right) = -\log T \quad \dots\dots\dots\text{II-5}$$

Avec:

A: Absorbance de la solution (sans unité).

l: Longueur du chemin lumineux à travers l'échantillon (cm).

c : Concentration de la solution (mol.L<sup>-1</sup>).

$\epsilon$ : Coefficient d'extinction molaire (L.mol<sup>-1</sup>.cm<sup>-1</sup>).

Les propriétés optiques des nanoparticules de ZnO ont été mesurées par un spectrophotomètre UV-Visible de type Varian Cary dans une gamme de longueur d'ondes comprise entre 200nm et 900nm. Ces spectrophotomètres sont équipés d'un double faisceau qui permet de soustraire l'influence du substrat et d'acquérir le spectre de transmission de la couche étudiée.

Les propriétés optiques des poudres ont été mesurées par un spectrophotomètre Perkin Elmer Lambda UV-Vis 950, dans une gamme de longueur d'onde allant de 400 à 800nm [66].



Figure II.6: Image d'un spectrophotomètre ultraviolet (SP-UV 500DB)

#### II-5-2-2-Principe d'un spectromètre à ultra violet

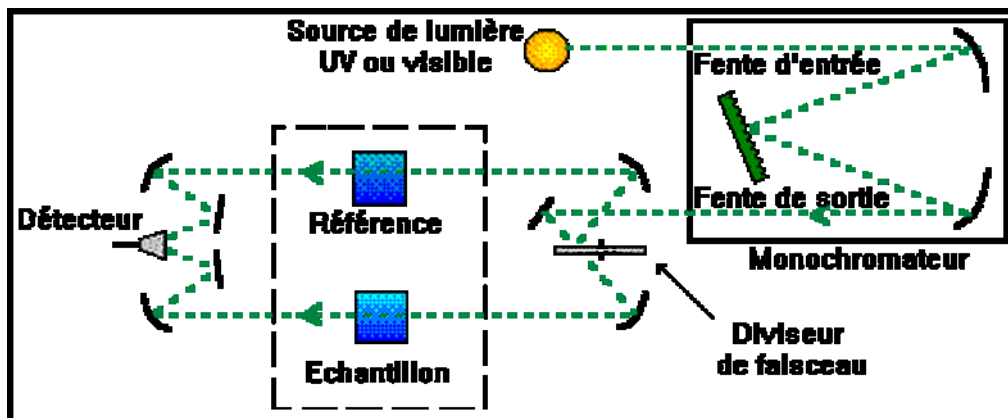


Figure II.7: Schéma de principe d'un spectromètre à ultraviolet [70]

Une source polychromatique (émettant dans l'UV ou le visible) est placée devant un prisme. Ce système dispersif va décomposer le rayonnement polychromatique émis par la source. En orientant correctement le système diaphragme-échantillon-photodétecteur, la solution contenue dans la cuve sera irradiée avec un rayonnement quasi monochromatique. Le diaphragme, une simple fente fine, permet d'éclairer l'échantillon avec un faisceau de faible largeur, donc de bonne qualité monochromatique, la photo détecteur mesurant quant à lui l'intensité du rayonnement transmis après traversée de la solution échantillon, notée  $I_t, \lambda$ .

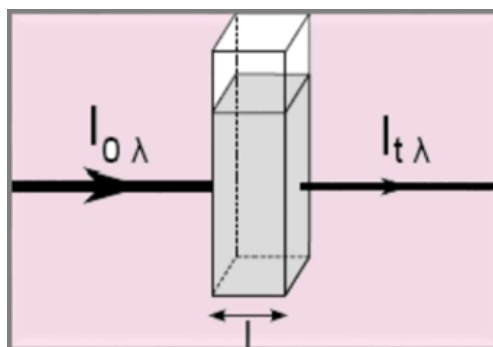
D'un point de vue pratique, l'échantillon est constitué par le bâtiment à étudier, dissous dans un solvant et contenu dans une cuve. Par conséquent, le solvant et le récipient ne doivent

pas interférer avec les données mesurées. Ainsi, ils seront choisis transparents dans le champ choisi.

Dans le commerce, il existe différents réservoirs adaptés aux différents domaines spectraux rencontrés (plastique pour le visible, quartz de plus ou moins bonne qualité pour les UV). Quant au solvant, son influence est neutralisée en réalisant un blanc, c'est-à-dire en mesurant l'intensité du rayonnement transmissible après avoir traversé le réservoir contenant uniquement du solvant.

Les échantillons doivent être transparents afin d'éviter tout phénomène de diffusion: ne pourront être analysées que les solutions limpides dans des cuves propres.

Expérimentalement, le dispositif extrait de données brutes l'intensité  $I_t, \lambda$ , qu'elle est obtenue après avoir traversé la solution. Cela dépend de la source, il est préférable de calculer deux quantités dérivées: l'absorbance  $A$  et la transmittance  $T$ .



**Figure II.8:** Schéma représente l'intensité du rayonnement transmis et l'intensité du rayonnement absorbé [71].

- La transmittance  $T$  est définie par:  $T = I_{t,\lambda} / I_{0,\lambda}$ . On l'exprime en pourcentage.
- L'absorbance  $A$  se calcule par:  $A = \log(I_{0,\lambda} / I_{t,\lambda}) = -\log T$ . C'est une grandeur positive [71].

### II-5-3-Spectroscopie Infrarouge à Transformée de Fourier (FTIR)

#### II-5-3-1- Caractérisation des groupements chimiques fonctionnel en utilisant l'IR

Le spectre IR, est une véritable carte d'identité de la molécule. Les longueurs d'onde auxquelles l'échantillon absorbe, sont caractéristiques des groupements chimiques présents dans le matériau analysé. Des tables permettent d'attribuer les bandes d'absorption aux différentes liaisons rencontrées dans les composés.

Le dépouillement du spectre est effectué en s'appuyant sur des tables fournies. La consultation des tableaux et de la traversée des résultats permettent à cette étape d'une allocation probable des bandes et d'une identification des groupes chimiques correspondants [72].

### II-5-3-2- La spectroscopie infrarouge FT-IR

Une molécule peut être représentée par un ensemble d'atomes liés par des liaisons chimiques. Sous l'action de l'agitation thermique, les molécules seront animées de mouvements de translation, de rotation et de vibration par rapport à leurs liaisons chimiques. Ces vibrations sont fabriquées à différentes fréquences qui dépendent de la nature des liens ainsi que de leur environnement.

Il convient de noter que la plupart des fréquences de vibration moléculaire correspondent au domaine infrarouge du rayonnement électromagnétique. Ainsi, si on irradie une molécule par une onde électromagnétique dans cette zone, l'absorption de l'onde incidente sera à chaque fois que la fréquence des ondes incidentes est égale à l'une des fréquences des vibrations de molécule. Cet état excité ne dure qu'une fraction d'une seconde et le retour à l'état fondamental libère l'énergie absorbée sous forme de chaleur.

Les mesures de transformation de Fourier des absorbances permettent d'effectuer la posologie à très faible contenu de matériau et à des quantités. Cette technique permet, via la détection des vibrations caractéristiques des liaisons chimiques entre deux atomes, d'effectuer l'analyse de la composition chimique et d'accéder directement à la structure moléculaire des matériaux analysés [66].

### II-5-3-3-Principe du spectrophotomètre infrarouge

Le spectrophotomètre IR comprend une source de rayonnement infrarouge, un réseau optique et un système de division du faisceau en deux (l'un servant de référence et l'autre servant à analyser la substance d'essai) et un photomètre pour convertir l'énergie reçue en énergie électrique. le photomètre est couplé à un enregistreur (Figure II.16) [66].

Les positions des bandes d'adsorption d'un spectre IR sont identifiées soit en longueur d'onde (nm) soit en nombre d'onde ( $\text{cm}^{-1}$ ).

Le système de détection mesure la différence d'énergie entre les deux faisceaux et émet un signal proportionnel à cette différence. Plus la variation est importante, plus l'intensité absorbée est importante.



Figure II.9: Imaged'unspectrophotomètreinfrarouge(IVILBER)

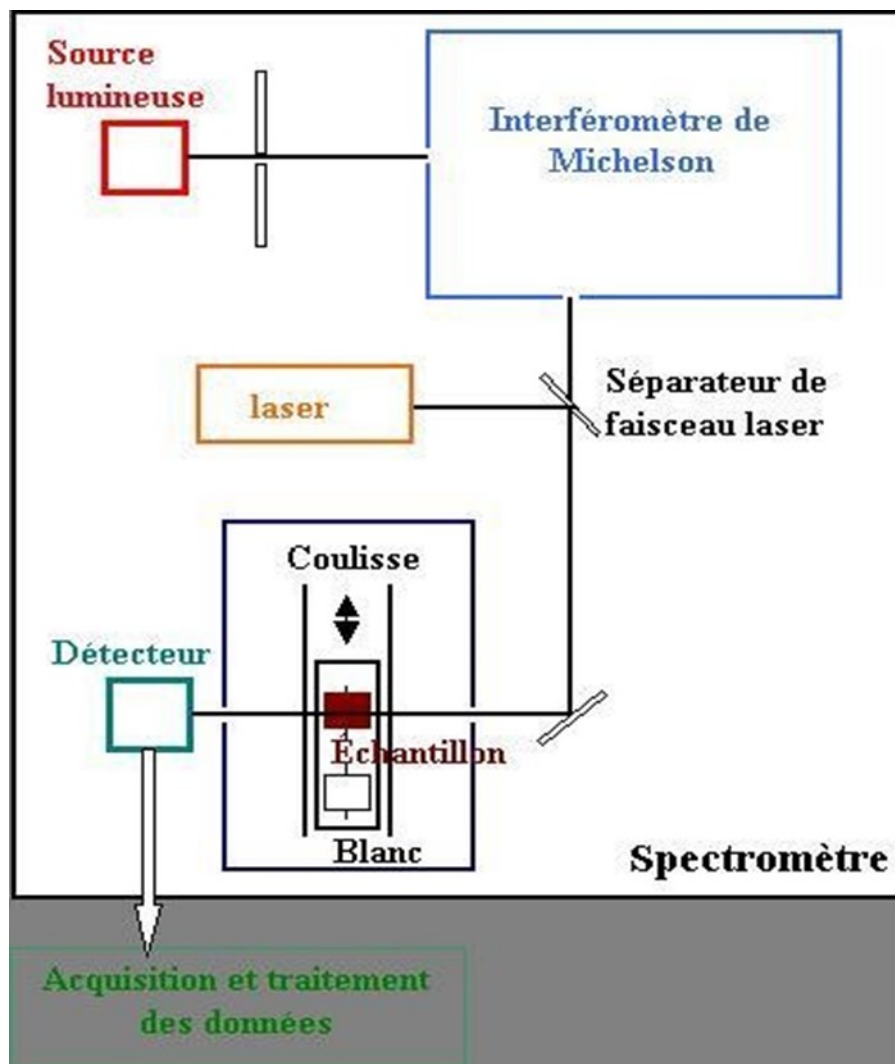


Figure II.10: Schéma de principe d'un spectromètre à transformée de Fourier [73]

### Référence bibliographique:

- [1] E. Gautron, M. Buffière, S. Harel, L. Assmann, L. Arzel, L. Brohan, *et al.*, "Microstructural characterization of chemical bath deposited and sputtered Zn (O, S) buffer layers," *Thin solid films*, vol. 535, pp. 175-179, 2013.
- [2] BARANI Djamel , thèse doctorat , Optimisation des conditions opératoires de synthèse verte de nanoparticules de ZnO à l'aide d'extrait des feuilles de *Phoenix Dactylifera. L* ,  
Département: Chimie Industrielle , Université Mohamed Khider – Biskra ,2019/ 2020 ,p 38.
- [3] Malika AKEB.mémoire de Magister. Contribution à l'étude de la polymérisation de la  $\beta$ -pinène Catalysée Par la Maghnite-H +. UNIVERSITÉ D'ORAN . DÉPARTEMENT DE CHIMIE .2012.p.5
- [4] J. Linthorst, "An overview: origins and development of green chemistry," *Foundations of Chemistry*, vol. 12, no. 1, pp. 55-68, 2010
- [5] M. Ali, M. Arfan and A. Shahverdi, "Role of Natural Products in Green Synthesis of Nanoparticles," in *Green Biosynthesis of Nanoparticles: Mechanisms and Applications*, London, Berforts Information Press Ltd, pp. 31-52, 2013
- [6] M. Rai and A. Yadav, "Plants as potential synthesiser of precious metal nanoparticles: progress and prospects," *IET Nanobiotechnology*, vol. 7, no. 3, pp. 117-124, 2013.
- [7]I. Siavash, "Bacteria in Nanoparticle Synthesis: Current Status and Future Prospects," *Hindawi Publishing Corporation*, vol. 2014, no. 1, pp. 1-18, 2014.
- [8] A. Chokriwal, M. Mohan Sharma and A. Singh, "Biological Synthesis of Nanoparticles Using Bacteria and Their Applications," *American Journal of Pharmatech Research*, vol. 4, no. 6, pp. 38-61, 2014
- [9] K. Flint, "Viral Nanoparticles: A cure for cancer?," *Darmouth Undergraduate Journal of Science*, vol. 9, no. 1, pp. 6-7, 2011.
- [10] N. Steinmetz, "Viral Nanoparticles in Drug Delivery and Imaging," *ACS Publications*,vol. 10, no. 1, pp. 1-2, 2013.
- [11] B. Moghaddam, F. Namvar, M. Moniri, P. Tahir and S. Azizi, "Nanoparticles Biosynthesized by Fungi and Yeast: A Review of Their Preparation, Properties, and Medical Applications," *Molecules*, vol. 20, no. 1, pp. 16540-16565, 2015
- [12] K. Siddiqi and A. Husen, "Fabrication of Metal Nanoparticles from Fungi and Metal Salts: Scope and Application," *Nanoscale Research Letters*, vol. 11, no. 1, pp. 1-15, 2016.

- [13] M. Shah, D. Fawcett, S. Sharma, S. Tripathy and G. Poinern, "Green Synthesis of Metallic Nanoparticles via Biological Entities," *Materials*, vol. 8, no. 1, pp. 7278-7308
- [14] S. Iravani, "Green synthesis of metal nanoparticles using plants," *Green Chemistry*, vol. 13, no. 1, pp. 2638-2650, 2011.
- [15] A. Mittal, Y. Chisti and U. Banerjee, "Synthesis of metallic nanoparticles using plant extracts," *Biotechnology Advances*, vol. 31, no. 2, pp. 346-356, 2013.
- [16] P. Logeswari, S. Silambarasan and J. Abraham, "Ecofriendly synthesis of silver nanoparticles from commercially available plant powders and their antibacterial properties," *Scientia Iranica F*, vol. 20, no. 3, pp. 1049-1054, 2013.
- [17] V. Makarov, A. Love, O. Sinitsyna, S. Makarova, I. Yaminsky, M. Taliansky and N. Kalinina, "Green Nanotechnologies: Synthesis of Metal Nanoparticles Using Plants," *Acta Naturae*, vol. 6, no. 1, pp. 35-44, 2014
- [18] R. Haverkamp and A. Marshall, "The mechanism of metal nanoparticle formation in plants: limits on accumulation," *J Nanopart Res*, vol. 11, no. 1, pp. 1453-1463, 2009.
- [19] B. Ankamwar, "Size and Shape Effect on Biomedical Applications of Nanomaterials," in *Biomedical Engineering-Technical Applications in Medicine*, Croatia, Intech, pp. 93-114, 2012.
- [20] P. Malik, R. Shankar, V. Malik, N. Sharma and T. Mukherjee, "Green Chemistry Based Benign Routes for Nanoparticle Synthesis," *Journal of Nanoparticles*, vol. 2014, no. 1, pp. 1-14, 2014.
- [21] P. Kuppusamy, M. Yusoff, G. Maniam and N. Govindan, "Biosynthesis of metallic nanoparticles using plant derivatives and their new avenues in pharmacological applications - An updated report," *Saudi Pharmaceutical Journal*, vol. 24, no. 1, pp. 473-484, 2016.
- [22] M. Noruzi, "Biosynthesis of gold nanoparticles using plant extracts," *Bioprocess Biosyst Eng*, vol. 38, no. 1, pp. 1-14, 2015.
- [23] P. T. Anastas, J. Warner, *Green Chemistry Theory and Practice* (Oxford Univ. Press, Oxford, 1998).
- [24] C. Jayaseelan, A. Abdul Rahuman, A. Vishnu Kirthi, S. Marimuthu, T. Santhoshkumar, A. Bagavan, K. Gaurav, L. Karthik and K. Bhaskara Rao, "Novel microbial route to synthesize ZnO nanoparticles using *Aeromonas hydrophila* and their activity against pathogenic bacteria and fungi," *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, vol. 90, no. 1, pp. 78-84, 2012

- [25] N. Pugazhenthiran, S. Anandan, G. Kathiravan, N. Kannaian, U. Prakash, S. Crawford and M. Ashokkumar, "Microbial synthesis of silver nanoparticles by *Bacillus* sp.," *Journal of Nanoparticle Research*, vol. 11, no. 1, pp. 1811-1815, 2009.
- [26] E. Selvarajan and V. Mohanasrinivasan, "Biosynthesis and characterization of ZnO nanoparticles using *Lactobacillus plantarum* VITES07," *Materials Letters*, vol. 112, no. 1, pp. 180-182, 2013
- [27] S. He, Z. Guo, Y. Zhang, S. Zhang, J. Wang and N. Gu, "Biosynthesis of gold nanoparticles using the bacteria *Rhodospseudomonas capsulata*," *Materials Letters*, vol. 61, no. 18, p. 3984–3987, 2007.
- [28] G. Li, D. He, Y. Qian, B. Guan, S. Gao, Y. Cui, K. Yokoyama and L. Wang, "Fungus-Mediated Green Synthesis of Silver Nanoparticles Using *Aspergillus terreus*," *International Journal of Molecular Sciences*, vol. 13, no. 1, pp. 466-476, 2012
- [29] A. Syed, S. Saraswati, A. Ahmad and G. Kundu, "Biological synthesis of silver nanoparticles using the fungus *Humicola* sp. and evaluation of their cytotoxicity using normal and cancer cell lines," *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, vol. 114, no. 1, pp. 144-174, 2013.
- [30] T. Pavani, K. Rao, C. Chakra and Y. Prabhu, "Microbial Synthesis of ZnO nanoparticles by Yeast: *Sacchromyces cerevisiae*," *Journal of Nanoscience, Nanoengineering and Applications.*, vol. 5, no. 2, pp. 1-5, 2015.
- [31] K. Narayanan and S. N., "Facile green synthesis of gold nanostructures by NADPH-dependent enzyme from the extract of *Sclerotium rolfsii*," *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, vol. 380, no. 1, p. 156–161, 2011.
- [32] I. Maliszewska, Ł. Aniszkievicz and Z. Sadowski, "Biological Synthesis of Gold Nanostructures Using the Extract of *Trichoderma koningii*," *ACTA PHYSICA POLONICA A*, vol. 116, no. 1, pp. 163-165, 2009.
- [33] A. Love, V. Makarov, O. Sinitsyna, J. Shaw, I. Yaminsky, N. Kalinina and M. Taliansky, "A Genetically Modified Tobacco Mosaic Virus that can Produce Gold Nanoparticles from a Metal Salt Precursor," *Frontiers in Plant Science*, vol. 6, no. 1, pp. 1-10, 2015.
- [34] L. Vera-Robles, L. Escobar-Alarcon, M. Picquart, J. Hernandez-Pozos and E. Haro-Poniatowski, "A Biological Approach for the Synthesis of Bismuth Nanoparticles: Using Thiolated M13 Phage as Scaffold," *Langmuir*, vol. 32, no. 1, pp. 3199–3206, 2016.
- [35] M. Zaman and E. Haberer, "M13 Bacteriophage-Assisted Biomineralization of Copper Sulfide," *Materials Research Society*, vol. 1445, no. 1, pp. 1-3, 2012.

- [36] S. Ahmed, Saifullah, M. Ahmad, B. Swami and S. Ikram, "Green synthesis of silver nanoparticles using *Azadirachta indica* aqueous leaf extract," *Journal of Radiation Research and Applied Sciences*, vol. 9, no. 1, pp. 1-7, 2016.
- [37] F. Thema, P. Beukes, A. Gurib-Fakim and M. Maaza, "Green synthesis of Montepelite CdO nanoparticles by *Agathosma betulina* natural extract," *Journal of Alloys and Compounds*, vol. 646, no. 1, pp. 1043-1048, 2015.
- [38] B. Sone, E. Manikandan, A. Gurib-Fakim and M. Maaza, "Sm<sub>2</sub>O<sub>3</sub> nanoparticles green synthesis via *Callistemon viminalis*' extract," *Journal of Alloys and Compounds*, vol. 650, no. 1, pp. 357-362, 2015.
- [39] R. Pasca, A. Mocanu, S. Cobzac, I. Petean, O. Horovitz and M. Tomoaia-Cotisel, "Biogenic Syntheses of Gold Nanoparticles Using Plant Extracts," *Particulate Science and Technology*, vol. 32, no. 2, pp. 131-137, 2014.
- [40] N. Thovhogi, E. Park, E. Manikandan, M. Maaza and A. Gurib-Fakim, "Physical properties of CdO nanoparticles synthesized by green chemistry via *Hibiscus Sabdariffa* flower extract," *Journal of Alloys and Compounds*, vol. 655, no. 1, pp. 314-320, 2015.
- [41] M. de Lourdes Reis Giada, "Food Phenolic Compounds: Main Classes, Sources and Their Antioxidant Power," in *Oxidative Stress and Chronic Degenerative Diseases - A role for Antioxidants*, Croatia, Intech, pp. 87-112, 2013.
- [42] K. Vishwakarma, "Green synthesis of ZnO nanoparticles using *Abrus precatorius* seeds extract and their characterization," National Institute of Technology, Rourkela, 2013.
- [43] F. Thema, E. Manikandan, M. Dhlamini and M. Maaza, "Green synthesis of ZnO nanoparticles via *Agathosma betulina* natural extract," *Materials Letters*, vol. 161, no. 1, pp. 124-127, 2015.
- [44] G. Sangeetha, S. Rajeshwari and R. Venkatesh, "Green synthesis of zinc oxide nanoparticles by *aloe barbadensis miller* leaf extract: Structure and optical properties," *Materials Research Bulletin*, vol. 46, no. 1, pp. 2560-2566, 2011.
- [45] A. Diallo, B. Ngom, E. Park and M. Maaza, "Green synthesis of ZnO nanoparticles by *Aspalathus Linearis*: Structural and optical properties," *Journal of Alloys and Compounds*, vol. 646, no. 1, pp. 425-430, 2015.
- [46] A. Oudhia, P. Kulkarni and S. Sharma, "Green synthesis of ZnO nanotubes for bioapplications," *International Journal of Advanced Engineering Research and Studies*, vol. 6, no. 2, pp. 280-281, 2015.

- [47] T. Bhuyan, K. Mishra, M. Khanuja, R. Prasad and A. Varma, "Biosynthesis of zinc oxide nanoparticles from *Azadirachta indica* for antibacterial and photocatalytic applications," *Materials Science in Semiconductor Processing*, vol. 32, no. 1, pp. 55-61, 2015.
- [48] C. Vidya, S. Hiremath, M. Chandraprabha, M. Antonyraj, I. Gopal, A. Jain and K. Bansal, "Green synthesis of ZnO nanoparticles by *Calotropis Gigantea*," in *International Journal of Current Engineering and Technology*, Dharwad, 2013.
- [49] R. Singh, R. Yadav, P. Sharma, P. Singh, A. Pandey and V. Shukla, "Biological approach of zinc oxide nanoparticles formation and its characterization," *Advanced Materials Letters*, vol. 2, no. 4, pp. 313-317, 2011.
- [50] S. Senthilkumar and T. Sivakumar, "Green tea (*Camellia sinensis*) mediated synthesis of zinc oxide (ZnO) nanoparticles and studies on their antimicrobial activities," *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, vol. 6, no. 6, pp. 461-465, 2014.
- [51] P. Ramesh, A. Rajendran and M. Meenakshisundaram, "Green synthesis of Zinc Oxide Nanoparticles Using Flower Extract *Cassia Auriculata*," *Journal of NanoScience and NanoTechnology*, vol. 2, no. 1, pp. 41-45, 2014.
- [52] P. Ramesh, A. Rajendran and A. Subramanian, "Synthesis of Zinc Oxide Nanoparticles from Fruit of *Citrus Aurantifolia* by Chemical and Green Method," *Asian Journal of Phytomedicine and Clinical Research*, vol. 2, no. 1, pp. 189-195, 2014.
- [53] Y. Zheng, L. Fu, F. Han, A. Wang, W. Cai, J. Yu, J. Yang and F. Peng, "Green biosynthesis and characterization of zinc oxide nanoparticles using *Corymbia citriodora* leaf extract and their photocatalytic activity," *Green Chemistry Letters and Reviews*, vol. 8, no. 2, pp. 59-63, 2015.
- [54] M. Geetha, H. Nagabhushana and H. Shivananjaiah, "Green mediated synthesis and characterization of ZnO nanoparticles using *Euphorbia Jatropha* latex as reducing agent," *Journal of Science: Advanced Materials and Devices*, vol. 1, no. 3, pp. 301-310, 2016.
- [55] M. Geetha, H. Nagabhushana and H. Shivananjaiah, "Green Mediated Synthesis and Characterization of ZnO Using *Euphorbia Milli* Latex as Fuel," *International Journal of Science and Research*, vol. 5, no. 4, pp. 158-163, 2016.
- [56] S. Raut, P. Thorat and R. Thakre, "Green Synthesis of Zinc Oxide (ZnO) Nanoparticles Using *Ocimum Tenuiflorum* Leaves," *International Journal of Science and Research (IJSR)*, vol. 4, no. 5, pp. 1224-1228, 2013.
- [57] S. Ambika and M. Sundrarajan, "Plant-extract mediated synthesis of ZnO nanoparticles using *Pongamia pinnata* and their activity against pathogenic bacteria," *Advanced Powder Technology*, vol. 26, no. 5, pp. 1-6, 2015.

- [58] M. Ramesh, M. Anbuvaran and G. Viruthagiri, "Green synthesis of ZnO nanoparticles using Solanum nigrum leaf extract and their antibacterial activity," *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, vol. 136, no. 1, pp. 864-870, 2014.
- [59] N. Paul, E. Khole, S. Jagtap, H. Tribhuvan, G. Kakde and P. Kuwar, "Green Synthesis of Zinc Nanowires using Spinlanthes acmella Leaf Extract," *UK Journal of Pharmaceutical and Biosciences*, vol. 4, no. 3, pp. 45-47, 2016.
- [60] Abdelmadjid GUERRAM et al , Biosynthesis of zinc oxide nanoparticles by Phoenix Dactylifera. Leaves Extract : Effect of Added zinc Acetate mass, journal KLAGENFURT, AUSTRIA, 7 jul 2020.
- [61] Brani Djemal et al GREEN SYNTHESIS OF ZnO NANOPARTICLE USING PHOENIX DACTYLIFERA .L LEAF EXTRACT: EFFECT OF ZINC ACETATE CONCENTRATION ON THE TYPE OF PRODUCT, journal of Nanomaterials and Biostructures , 3 July 2019.
- [62] A. Mittal, Y. Chisti and U. Banerjee, "Synthesis of metallic nanoparticles using plant extracts," *Biotechnology Advances*, vol. 31, no. 2, pp. 346-356, 2013.
- [63] N. Paul, E. Khole, S. Jagtap, H. Tribhuvan, G. Kakde and P. Kuwar, "Green Synthesis of Zinc Nanowires using Spinlanthes acmella Leaf Extract," *UK Journal of Pharmaceutical and Biosciences*, vol. 4, no. 3, pp. 45-47, 2016.
- [64] C. Ravindran, M. Manokari and M. Shekhawat, "Biogenic production of zinc oxide nanoparticles from aqueous extracts of Duranta erecta L.," *World Scientific News*, vol. 28, no. 1, pp. 30-40, 2016.
- [65] M. Manokari, C. Ravindran and M. Shekhawat, "Biosynthesis of Zinc Oxide Nanoparticles using Melia azedarach L. extracts and their characterization," *International Journal of Pharmaceutical Science and Research*, vol. 1, no. 1, pp. 31-36, 2016.
- [66] M. Manokari, C. Ravindran and M. Shekhawat, "Biosynthesis of Zinc Oxide Nanoparticles using Melia azedarach L. extracts and their characterization," *International Journal of Pharmaceutical Science and Research*, vol. 1, no. 1, pp. 31-36, 2016
- [67] E.-H. Benyahia, Caractérisation structurale et optique de couches minces formées par des agrégats des nanocristaux de ZnO, Thèse de Doctorat, Département de physique, MENTOURI, Constantine, 2012, p. 97.
- [68] A. de l'Afset, R.d.E. Collective, Évaluation des risques liés aux nanomatériaux pour la population générale et pour l'environnement, *La Doc. Fr*, 3 (2010) 36-37.
- [69] C.S. Barrett, T.B. Massalski, Structure of metals: crystallographic methods, principles and data, 3rd rev. ed, Oxford: Pergamon (1980).

[70] Apelh. Méthode de diffraction de poudre. [Image en ligne]

<<http://apelh.free.fr/Cristaux/Diffractionpoudre.html>>. (Consultée le 18 mai 2018).

[71] H. Bozetine, Synthèse des nanostructures de ZnO par la méthode hydrothermale et leurs applications, Thèse de Doctorat, Département de Chimie, Université Mouloud Mammeri, Tizi Ouzou, 2017, p. 52.

[72] D. Vincent, Méthode de diffraction de poudre.[Image en ligne]

<<http://dalmeyda.chez.com/cours/spectro/UV-spectro.htm>>. (Consultée le 18 mai 2018).

[73] Culturesciences. Introduction à la spectroscopie Infrarouge (I.R.). [Image en ligne]

<<http://culturesciences.chimie.ens.fr/content/introduction-a-la-spectroscopie-infrarouge-ir-754>>. (Consultée le 18 mai 2018).

***Chapitre III : application  
biologique***

### **III-1-l'application antibactérienne:**

#### **III-1-1-Définition des bactéries:**

Ce sont des micro-organismes individuels et se rassemblent ensemble et prennent de nombreuses formes, telles que des nœuds ou des chapelets, et ils sont appelés streptocoques, ou sous la forme d'un cluster, ils sont appelés Staphylocoques. Les dimensions bactériennes vont de 0,5-5  $\mu\text{m}$ . [1]

#### **III-1-1-1-Définition des bactéries d'Escherichia coli**

C'est l'un des types les plus importants de germes qui vivent dans les intestins des mammifères, Il a été découvert par Theodore Eicherch en 1885, qui habite le gros intestin chez l'homme. Et il est également connu comme le gros germe de l'intestin. [1]

#### **III-1-1-2-Caractérisation de bactérie:**

Les bactéries sont généralement caractérisées par une membrane cellulaire, une paroi cellulaire et un cytoplasme. La paroi cellulaire se trouve en dehors de la membrane cellulaire et est principalement composée d'une couche de peptidoglycane homogène (qui consiste en acides aminés et sucres).

La paroi cellulaire maintient la pression osmotique du cytoplasme ainsi que la forme cellulaire caractéristique.

Gram Positersbacteria a une membrane cytoplasmique avec multicouche de polymère peptizogly peut et une paroi cellulaire plus épaisse (20-80 nm). Alors que la paroi des bactéries gram-négatif est composée de deux membranes cellulaires, d'une membrane externe et d'une membrane plasmique avec une couche mince de peptidoglycan d'une épaisseur de 7 à 8 nm. [2]

La taille des NPS dans de telles gammes peut facilement passer à travers la peptiduoglycane et est donc très sensible aux dommages. [2]

#### **III-1-2-Test d'activité antibactérienne:**

E. coliwas a grandi aérorobiquement à 37 ° C pendant la nuit avec tremblement dans un milieu de carburant ordinaire contenant 0,5% d'extrait de levure, 1% de bactezonept et 1% de sodium. La culture saturée a été diluée d'abord dans un milieu LB frais et incubé à 37 ° C pendant 3-4 h sur un shaker réciproque Ensuite, la solution de suspension bactérienne a ajouté en lbmedium avec une concentration finale de 107 mol contenant des nanoparticules zno avec une concentration dans la plage de 0,125 à 0,5 g  $\text{dm}^3$ , puis a ensuite été maintenue à 37 ° C pour différents fois sur un réciproque..

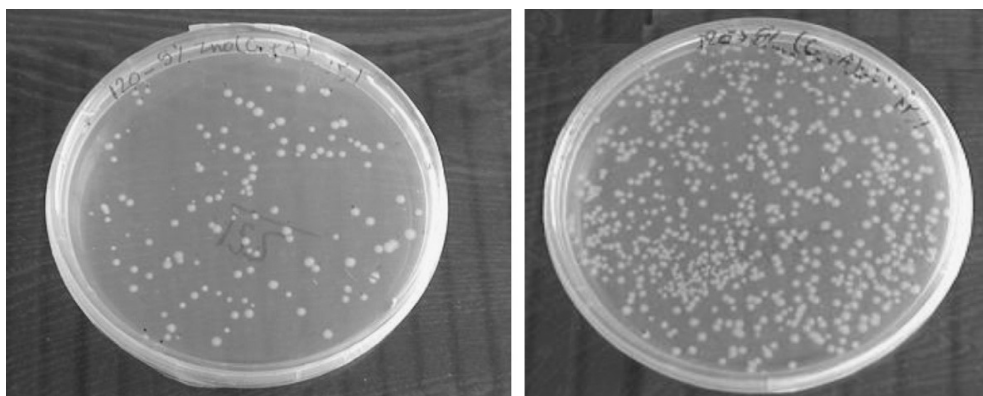
Après avoir échantillonné la suspension bactérienne de  $1 \times 10^4 \text{DM}^3$ , la bactérie a été répandue sur une gélose nutritive et cultivée à  $37^\circ \text{C}$  pendant 48 h sans la représentation de la lumière. La colonie formée de croissance bactérienne a été comptée. En calculant le rapport ( $N / N_0$ ) entre le nombre de bactéries viables ( $N$  (CFUDM-3)) à titre spécifié et les comptes initiaux ( $N_0$  (CFDM-3)) de bactéries.

Tous les résultats ont été comparés à deux contrôles: (1) un fluide contenant du citrate de glycéroland ammonium sans ZnO nanoparticules et (2) un fluide sans ZnO nanoparticules en l'absence de fluide de base et de dispersant.[3]

### III-1-2-1-Activité biologique:

Les nanoparticules de ZnO en autoclavé ont été mélangées avec du LBM ediumto faire des nanofluides avec zno n autoclavé avec 0,125, 0,25 et 0,5 g de  $\text{dm}^3$ . La figure 3 montre l'image des tests bactériologiques. Coli sur plaques de gélose solide sans nanoparticules de ZnO et avec suspensions de 0,5  $\text{gdm}^3$ . Les résultats montrent qu'un certain nombre de personnes. Les colonies coli sont apparues sur les plaques d'agar solides sans zno nanoparticules; Cependant, plusieurs colonies E. coli sont observées sur des plaques de gélose thesolides avec 0,5  $\text{g dm}^3$  révélant que la solution Zno nanoparticules dans le glycérol peut retenir la prolifération d'E. Coli. La survie Ratio diminue avec les concentrations croissantes de nanoparticules Zno.

Lorsque la concentration de nanofluide était de 0,125 g de  $\text{dm}^3$ , le rapport n'a pas diminué de 120 min. Le rapport de survie lorsque la concentration était de 0,25 ou 0,5 g de  $\text{dm}^3$  a diminué après 20 min et a atteint les valeurs minimales après 40 (0,72) et 120 min (0,21), respectivement. La concentration de 0,5 g de  $\text{dm}^3$  était une diminution plus forte que celle de 0,25 g de  $\text{dm}^3$ . Ces résultats indiquent qu'une augmentation de la concentration des nanoparticules produit une forte activité antibactérienne vers la. Coli [3]



**Figure III.1:** Images d'essais bactériologiques de *E. coli* sur des plaques d'agar solides avec des suspensions de 0,5  $\text{g dm}^3$  Zno (à gauche) et sans zno nanoparticules (à droite).[3]

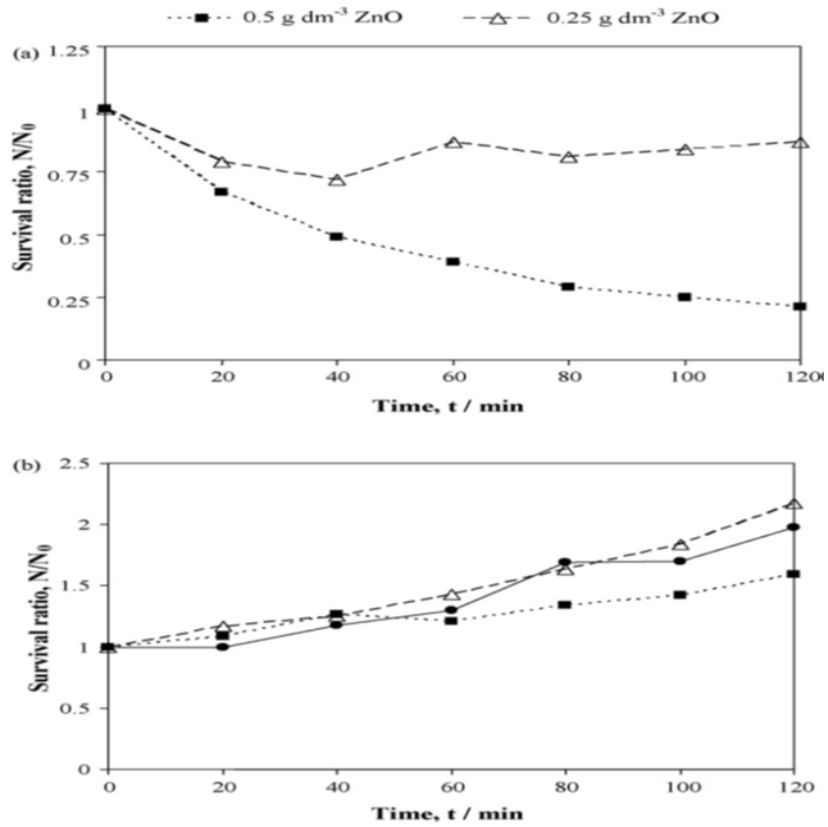


Figure III.2: Changises dans le ratio de survie d'*E. coli* en utilisant une concentration de 0,25 et 0.5  $\text{g dm}^{-3}$  (a) sans ZnO nanoparticules (B) [3]

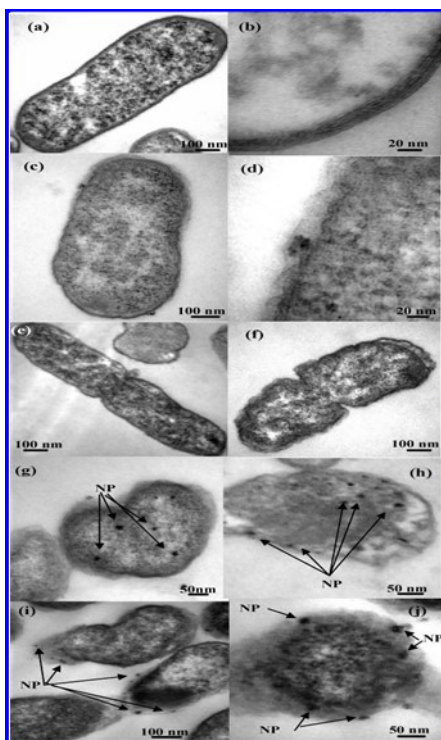


Figure III.3: Micrographies des sections minces *E. coli* [4]

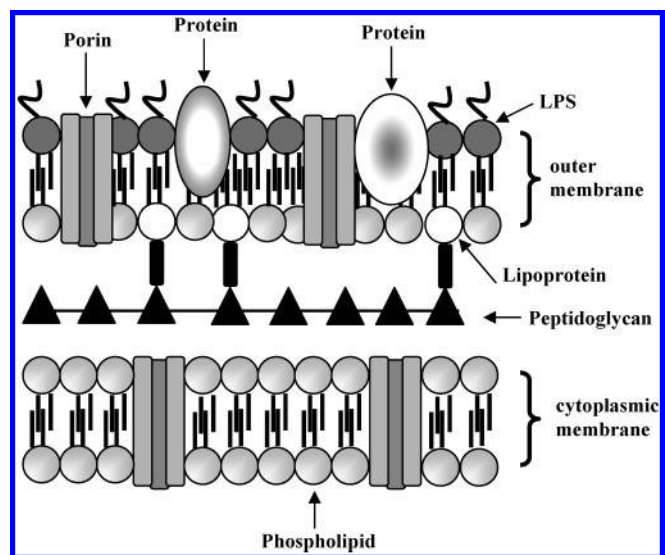


Figure III.4: Mur de cellules [4]

### III-1-2-2-Concentration et effet de volume

A étudié la capacité bactéricide contre E. coli de znosuspensions avec trois tailles de particules différentes (12 nm, 45 nm, 2 µm) dans la plage de concentration la plus faible (0,01-1 mm) et la plage de concentration la plus élevée (5-100 mm), respectivement. Les résultats ont montré que la suspension ZnO avec 12 particules nm était plus efficace que la suspension avec de grandes tailles de particules. Récemment, A également constaté que l'activité antibactérienne des nanoparticules ZnO est inversement proportionnelle à la taille [5].

### III-1-2-3-Relation entre activité antibactérienne et orientations de tableaux ZnO:

Étudié là-bas un navire de lation entre l'activité antibactérienne et diverses domaines des matrices ZnO. Les résultats ont indiqué que les nano-matrices ZnO-Nano-Nano-Or tanniques ont montré une meilleure antibactérienne activité par rapport à moins ou bien définie. [6]

### III-1-2-4-Occurrence d'activité antibactérienne sur ZnO:

N'oubliez pas que la génération de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> la surface de ZnO était l'une des principales espèces chimiques étant responsables de l'action antibactérien.

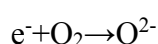
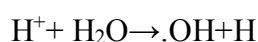
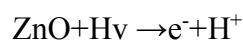
La génération d'espèces hautement réactives telles que OH<sup>-</sup>, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>et O<sup>-2</sup> est expliquée comme suit:

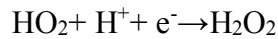
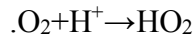
Étant donné que ZnO avec des défauts peut être activé par la lumière visible de Buisvand, des paires d'électrons (E-H<sup>+</sup>) peuvent être créées. Les trous fractionnent les molécules H<sub>2</sub>O

ZnO Nano fluide OH<sup>-</sup> et H<sup>+</sup>. Les molécules d'oxygène dissous sont des anions radicaux de transformé à superoxyde Animés radicaux (• O<sup>2-</sup>), qui réagissent à leur tour avec des radicaux H<sup>+</sup> Togenerate (HO2 •), qui à leur tour réagissent avec les radicaux H<sup>+</sup> générer (H<sub>2</sub>O•) qui, lors de la collision ultérieure, les fusillades produisent des anions de peroxyde d'hydrogène (HO<sub>2</sub>). Ensuite, ils comportent des ions hydrogène pour produire des molécules de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Le généréH<sub>2</sub>O<sub>2</sub>peut pénétrer dans la membrane cellulaire et tuer les bactéries [7].

La génération de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> dépend fortement de la surface de ZnO, ce qui entraîne plus d'espèces d'oxygène sur la surface et l'activité antibactérienne supérieure Ce dernier est incapable d'entrer dans la membrane où ils endommagent ou tuent les bactéries.[7]

### III-2-Processus de génération de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> des nanoparticules Zno:





Il peut être conclu que la rupture de la paroi cellulaire doit être due à l'activité de surface de ZnO en contact avec les bactéries. On ne pense que la mort cellulaire causée par la décomposition de la paroi cellulaire suivie de la décomposition de la membrane cellulaire. Les dommages causés à la membrane cellulaire conduit directement à la fuite de minéraux, de protéines et de matériaux génétiques, provoquant la mort cellulaire. Les résultats de cette étude peuvent être applicables aux dispositifs médicaux qui ont été recouverts de nanoparticules contre les microbes.[8.9.10]

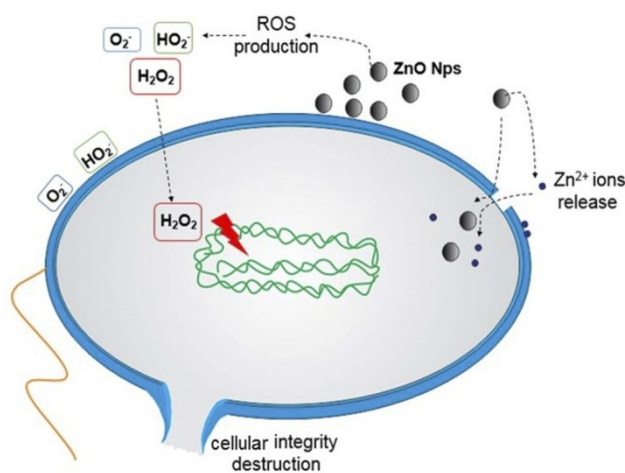


Figure III.5: Mécanismes d'action des Nps ZnO contre les bactéries [11]

### III-3-Effet d'éclairage UV:

Le ZnO possède une efficacité photocatalytique élevée à tous les matériaux photocatalytiques inorganiques. ZnO peut très absorber la lumière UV, et il a une meilleure réponse à la lumière UV, donc saLa conductivité améliore considérablement et cette caractéristique n'affiche de manière significative l'interaction de ZnO avec des bactéries.

Sa photoconductivité persiste longtemps après éteindre la lumière de l'UV, et il a été attribué à la région d'électron de surface fortement associée à une espèce d'oxygène négative ( $\text{O}^-$ ;  $\text{O}^{2-}$ ), [12]

### III-4-l'application antioxydant:

#### III-4-1-Définition antioxydants

Sont des composés qui inhibent l'oxydation, une réaction chimique qui peut produire des radicaux libres et des réactions en chaîne qui peuvent endommager les cellules des

organismes. Les altitudes telles que l'acide ascorbique peuvent agir pour inhiber ces réactions. [13]

#### III-4-1-1-Activité antioxydante

L'activité antioxydante des NPs ZnO a été réalisée par la méthode de Brand Williams [14] en utilisant le test DPPH (1,1 diphényl-2-picryl hydrazyle) pour déterminer le pourcentage de capacité de piégeage. Dans la présente expérience, 1 ml de méthanol à 50% ainsi que diverses concentrations de l'échantillon d'essai et de l'acide ascorbique standard ont été ajoutés à 1 ml de 1 mm de DPPH dans un petit tube à essai incubé à 37 C dans des conditions sombres jusqu'à 30 min, puis l'absorbance était Enregistré à 517 nm en utilisant un spectrophotomètre UV-visible.

En règle générale, DPPH libère des radicaux libres et des scaves ZnO NPS Les radicaux libres inhibant leur activité antioxydante. Le pourcentage de valeurs d'inhibition a été calculé en utilisant des valeurs d'absorbance d'acide ascorbique standard. La différence de lectures d'absorbance entre le contrôle (DPPH) et l'échantillon de test a été calculée pour déterminer les valeurs IC<sub>50</sub> (demi-concentration inhibitrice maximale).[13]

#### III-4-1-2-Activité antioxydante de DPPH Méthode de dosage de dépollution des terres

Dans la science pharmaceutique ainsi que la nanoscience et la technologie, l'enquête sur l'activité antioxydante joue un rôle important.

Matériaux nanostructurés. Vert Synthétisé ZnO NPS showedenhandance anticoriale et antioxydante en raison de la coiffeuse de composés chimiques majeurs sur la surface des nanoparticules [15].

L'aldéhyde cuminique et le b-sitostérol étant des produits phytochimiques majeurs dans les extraits influencés par l'activité antioxydante [16]

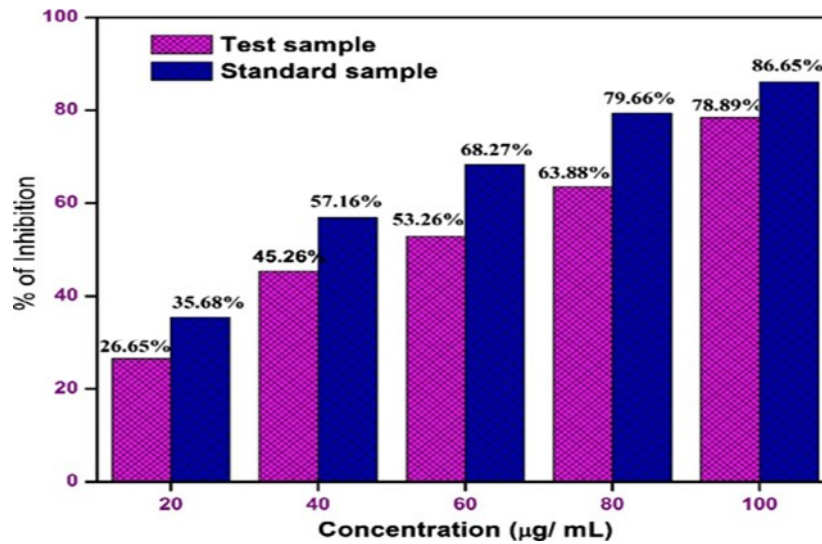
Pourcentage % de l'inhibition de nettoyage DPPH

A<sub>0</sub>: sont des valeurs d'absorbance du contrôle (DPPH)

A<sub>t</sub>: Échantillon de test (DPPH avec une dose différente de NPS ZnO).

La figure 6 Tous les échantillons ont été testés en triple pour les résultats concordants. ZnO NPS a présenté jusqu'à 82% de la capacité de récupération avec une valeur 50 à 46,62% µg / ml. L'activité antioxydante des NPs de ZnO attribuée en raison de la taille des grains de particules plus petite (11,6 nm) et une autre raison peut être un phénomène de transfert de densité d'électrons de l'atome d'oxygène à une transition électronique étrange située à l'atome d'azote dans le DPPH, ce qui entraîne une diminution de la transition NPs 506 / Intensité à 517 nm [17].

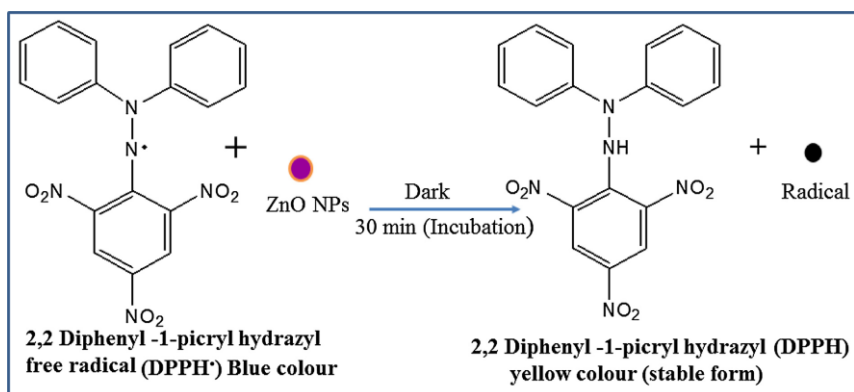
à l'atome d'azote dans le DPPH, ce qui entraîne une diminution de l'intensité de transition à 517 à la décroissance nm [17].



*Figure III.6: Activité antioxydante de différentes concentrations (25, 50, 75, 100 µg / ml) de ZnO NPS zno par DPPH dépollution des terres test [18]*

FIGURE.7 signifie la thématisme de l'activité antioxydante dans laquelle une solution méthanolique DPPH de couleur bleue instable se tourne vers une couleur jaune stable avec addition de posologie différente d'antioxydant zno NPS en raison de son activité de nettoyage de radicaux libres DPPH Par don d'électron sur l'oxygénation sur l'électron impair d'atome d'azote résultant de la formation d'une molécule DPPH stable . En d'autres termes, l'activité antioxydante dépend de sa capacité de don d'hydrogène.

De plus, un grand nombre de formations d'électrons et de trous sur la surface de ZnO NPS, même en l'absence de lumière UV crée un potentiel redox élevé qui scinde de l'eau dans des radicaux hydroxyle et d'hydrogène disponibles pour la réduction du radical libre DPPH et la stabilité de la molécule de DPPH.[19.20.21]



**Figure III.7:** Représentation mécanisme de l'interaction entre la radicule libre DPPH et les ZnO NPS formant une molécule DPPH stable [22].

### III-4-1-3-Action composée DPPH:

DPPH est un composé stable et accepte l'hydrogène ou les électrons. L'effet des antioxydants sur le nettoyage radical DPPH est considéré comme étant due à leur capacité d'hydrogène à devenir une molécule diamagnétique stable. Le superoxyde est un radical centré sur l'oxygène avec une réactivité sélective présentant une réactivité chimique limitée due à la génération d'espèces plus dangereuses, notamment l'oxygène singulet et les radicaux hydroxyles, ce qui provoque la peroxydation des lipides. Les anions de superoxyde sont des précurseurs du radical libre actif qui ont un potentiel de réactivité avec des molécules biologiques et là en induisant des lésions de tissus [22.23]

### III-4-1-4-Activité antioxydante des nanoparticules ZnO synthétisées:

Une expérience importante des nanoparticules de ZnO est leur capacité à générer des espèces d'oxygène indéducéraf (ROS), qui peut diriger la mort cellulaire avec une activité antioxydante accrue.

Antioxydants joué unrôle important dans le fonctionnement des Allbiosystems où les radicaux libres sont générés en raison de l'interaction des biomolécules d'oxygène moléculaire résultant de la dégradation des biomolécules. Ils jouent un rôle crucial à la recherche de ces radicaux libres toxiques, résiliant ainsi les dommages oxydatifs du corps humain. La synthèse des nanoparticules de ZnO est d'un grand intérêt Parce qu'il y a des facteurs arresomants que censés causer des propriétés de nanomaterialsto diffèrent de leurs homologues en vrac, y compris la taille des Thlanoparticles, une augmentation de la surface relative, une plus grandPourcentage d'atomes sur la surface du matériau et effets quantitique. La diminution de la taille entraîne une augmentation des ions interstitielle zinc et des postes vacants d'oxygène améliorant l'efficacité des nanoparticules et provoque également une augmentation de la bande de bande.La petite taille des nanoparticules permet d'interlocalisation de

l'internalisation dans les cellules et d'interagir avec des biomolécules dans ou de la surface de la cellule, ce qui leur permettrait de potentiellement une incidence sur les réponses cellulaires dans une dynamique et sélectivemanner qui les rend bien adaptés aux applications biologiques [24.25.26.27.28].

### Référence et bibliographique:

- [1] Kaper, J.B.; Nataro, J.P.; Mobley, H.L. Pathogenic *Escherichia coli*. *Nat. Rev. Microbiol.* 2004, 2, 123–140.
- [2] Fu, Guifen, Patricia S. Vary, and Chhiu-Tsu Lin. "Anatase TiO<sub>2</sub> nanocomposites for antimicrobial coatings." *The journal of physical chemistry B* 109.18 (2005): 8889-8898.
- [3] Jalal, Razieh, et al. "ZnO nanofluids: green synthesis, characterization, and antibacterial activity." *Materials Chemistry and Physics* 121.1-2 (2010): 198-201.
- [4] Brayner, Roberta, et al. "Toxicological impact studies based on *Escherichia coli* bacteria in ultrafine ZnO nanoparticles colloidal medium." *Nano letters* 6.4 (2006): 866-870.
- [5] Shi, Lu-E., et al. "Synthesis, antibacterial activity, antibacterial mechanism and food applications of ZnO nanoparticles: a review." *Food Additives & Contaminants: Part A* 31.2 (2014): 173-186.
- [6] Wang, Xiaolei, et al. "A study on the antibacterial activity of one-dimensional ZnO nanowire arrays: effects of the orientation and plane surface." *Chemical Communications* 42 (2007): 4419-4421.
- [7] N. Padmavathy, R. Vijayaraghavan, *Sci. Technol. Adv. Mater.* 9 (2008) 035004.
- [8] Xie, Yanping, et al. "Antibacterial activity and mechanism of action of zinc oxide nanoparticles against *Campylobacter jejuni*." *Applied and environmental microbiology* 77.7 (2011): 2325-2331.
- [9] Zhang, Lingling, et al. "Investigation into the antibacterial behaviour of suspensions of ZnO nanoparticles (ZnO nanofluids)." *Journal of Nanoparticle Research* 9.3 (2007): 479-489.
- [10] Sawai, Jun, et al. "Detection of active oxygen generated from ceramic powders having antibacterial activity." *Journal of chemical engineering of Japan* 29.4 (2010): 627-633.
- [11] da Silva, Bruna Lallo, et al. "Relationship between structure and antimicrobial activity of zinc oxide nanoparticles: An overview." *International journal of nanomedicine* 14 (2019): 9395.
- [12] Nirmala, M., et al. "Photocatalytic activity of ZnO nanopowders synthesized by DC thermal plasma." *Afr. J. Basic Appl. Sci* 2.5-6 (2010): 161-166.
- [13] Brand-Williams, Wendy, Marie-Elisabeth Cuvelier, and C. L. W. T. Berset. "Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity." *LWT-Food science and Technology* 28.1 (2013): 25-30.

[14] Nel, Andre, et al. "Toxic potential of materials at the nanolevel." *science* 311.5761 (2006): 622-627.

[15] Ayoughi, F., et al. "Chemical compositions of essential oils of *Artemisia dracunculus* L. and endemic *Matricaria chamomilla* L. and an evaluation of their antioxidative effects." *Journal of Agricultural Science and Technology* 13.1 (2011): 79-88.

[16] Guimarães, Adriana G., Jullyana SS Quintans, and Lucindo J. Quintans- Júnior. "Monoterpenes with analgesic activity—a systematic review." *Phytotherapy research* 27.1 (2013): 1-15.

[17] Madan, H. R., et al. "Facile green fabrication of nanostructure ZnO plates, bullets, flower, prismatic tip, closed pine cone: their antibacterial, antioxidant, photoluminescent and photocatalytic properties." *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy* 152 (2016): 404-41

[18] Siripireddy, Balaji, and Badal Kumar Mandal. "Facile green synthesis of zinc oxide nanoparticles by *Eucalyptus globulus* and their photocatalytic and antioxidant activity." *Advanced Powder Technology* 28.3 (2017): 785-797.

[19] Sun, Lijun, et al. "Evaluation to the antioxidant activity of total flavonoids extract from persimmon (*Diospyros kaki* L.) leaves." *Food and chemical toxicology* 49.10 (2011): 2689-2696.

[20] Kumar, Hoskote Anand Kiran, et al. "Antimicrobial and antioxidant activities of *Mimusops elengi* seed extract mediated isotropic silver nanoparticles." *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy* 130 (2014): 13-18.

[21] Yang, Hui, et al. "Comparative study of cytotoxicity, oxidative stress and genotoxicity induced by four typical nanomaterials: the role of particle size, shape and composition." *Journal of applied Toxicology* 29.1 (2009): 69-78.

[22] Ak, Tuba, and İlhami Gülçin. "Antioxidant and radical scavenging properties of curcumin." *Chemico-biological interactions* 174.1 (2008): 27-37.

[23] Gülçin, İlhami, et al. "Antioxidant, antimicrobial, antiulcer and analgesic activities of nettle (*Urtica dioica* L.)." *Journal of ethnopharmacology* 90.2-3 (2008): 205-215.

[24] Lewinski, Nastassja, Vicki Colvin, and Rebekah Drezek. "Cytotoxicity of nanoparticles." *small* 4.1 (2008): 26-49.

[25] Gutteridge, John MC, David A. Rowley, and Barry Halliwell. "Superoxide-dependent formation of hydroxyl radicals in the presence of iron salts. Detection of 'free' iron

in biological systems by using bleomycin-dependent degradation of DNA." *Biochemical Journal* 199.1 (2010): 263-265.

[26] Nel, Andre, et al. "Toxic potential of materials at the nanolevel." *science* 311.5761 (2006): 622-627.

[27] Sharma, S. K., et al. "Positron annihilation studies in ZnO nanoparticles." *Solid State Communications* 149.13-14 (2009): 550-554.

[28] Pal, Jagriti, and Pratima Chauhan. "Structural and optical characterization of tin dioxide nanoparticles prepared by a surfactant mediated method." *Materials characterization* 60.12 (2009): 1512-1516.

# **Conclusion générale**

### Conclusion générale

Nanosciences et nanotechnologies forment des domaines de recherche d'un très grand intérêt fondamental, susceptibles de donner lieu à de nombreuses applications. Elles représentent aussi des thèmes fédérateurs où se retrouvent et s'unissent la physique, la chimie et la biologie. Elles jettent des défis de structure, de fonction et de mise en œuvre pour lesquels la chimie est tout particulièrement sollicitée.

Les nanoparticules et la nanobiotechnologie sont de nouveaux domaines axés sur la création et l'utilisation de matériaux nanométriques. En chimie verte, les nanosciences ouvrent de nouvelles perspectives dans les transformations chimiques, physiques, biochimiques et biophysiques. Les nanoparticules métalliques sont largement utilisées dans plusieurs domaines d'application à cause de leurs propriétés exceptionnelles. Ces propriétés dépendent surtout de leur taille et de leur forme.

Nous avons découvert que les méthodes physiques et chimiques sont des méthodes qui contiennent plusieurs inconvénients comme l'existence de solvant organique toxique et c'est ce qui le rend dangereux pour la santé de l'homme et l'environnement, la consommation de l'énergie plus haut, aussi la pollution.

Cela pourrait conduire à une augmentation de la réactivité et de la toxicité des particules, ce qui pourrait nuire à la santé humaine et à l'environnement en raison de la composition de la composition de l'ambiguïté et du manque de prévisibilité. Par conséquent, cela conduit à des méthodes biologiques qui pourraient être plus respectueuses de l'environnement et ne causent aucun dommage à la santé.

La synthèse verte est une méthode non toxique, peu coûteuse, simple et non dangereuse (n'est pas toxique) à la nature c'est pourquoi nous recommandons les entreprises algériennes à compter sur cette méthode pour synthétiser les NPs des oxydes métalliques.

## **Resumé**

Le NPs de ZnO est utilise dans plusieurs application et domaine, et existe trois méthodes principalement de préparation de nanoparticules de ZnO : méthode physique, chimique et méthode biologique (verte). La chimie verte c'est le remplacement de matière dangereux (substance chimique) par des produit biologique et après la préparation de NPs de ZnO il faut passer dans des confirmations (caractérisation) se fait par : UV-Visible, DRX, FTIR, MEB et par cette méthode de caractérisation nous découvrons plus information sur le NPs fabriquer tel que la taille, la morphologie.

**Mot clé :** ZnO, la chimie verte, DRX, FTIR, UV-Visible.

## **Abstract**

The ZnO NPs is used in several application and domain, there are three mainly methods of preparing ZnO nanoparticles: physical, chemical and biological method (green). Green chemistry is the replacement of matter danger (chemical substance) with biological products and after the preparation of ZnO NPS It is necessary to pass in confirmation (characterization) is done by: UV-visible, DRX, FTIR, SEM, and by this characterization method we discover more information on the NPs Fabricate such as size, morphology.

**Keyword:** ZnO, green chemistry, DRX, FTIR, UV-Visible.