



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

جامعة الشهيد حمدة لخضر الوادي

Université Echahid Hamma Lakdhar- EL OUED

كلية العلوم الطبيعية والحياة

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

قسم البيولوجيا الخلوية والجزيئية

Département de Biologie Cellulaire et Moléculaire

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

En vue de l'obtention du diplôme de Master Académique en Sciences biologiques Dans le cadre d'un brevet conformément de l'Arrêté Ministériel 1275

Spécialité : Toxicologie

THÈME

Préparation de produit cosmétique à base de le hyalines de Scorpion (crème retire le tatouage)

Présenté Par :

✚ ABID Mouna

✚ BEN KHALIFA Wala

soutenu devant un juré :

PRESEDENT	Dr. HOUMRI Nawal	M.A.A, Université d' El Oued
PROMOTEUR	Dr. GHANIA Ahmed	M.A.A, Université d'El Oued
CO PROMOTEUR	Dr. AZZI Manel	DOCTORAT EN Biochimie
EXAMINATEUR	DR. KHALEF Yahia	M.C.B, Université d'El Oued
REPRESENTANT DE L'INCUBATEUR	DR. Rajab Youssef	M.C.B, Université d'El Oued
PARTENAIRE ÉCONOMIQUE	Amirat Mohammed Al Amin	DOCTORA Pharmacien

Année universitaire : 2024/2025

Remerciements

Nous tenons tout d'abord à remercier le Dieu le tout puissant de nous avoir aidé de mener ce travail à terme.

*Nous tenons à remercier très chaleureusement notre promoteur, **Me^r GHANIA Ahmed** pour ses conseils, orientations et encouragements sans limite pour la concrétisation de ce projet de fin d'études.*

*Nous adressons nos remerciements à notre co-promoteur, **Mme AZZI Manel**, de nous avoir assistés au long de ce travail.*

Nous tenons à remercier les membres de jury d'avoir acceptés de juger ce travail.

*Nous tenons de remercier chaleureusement : **M^{elle} BEN AMOR Safia** qu'il nous a aidés dans notre travail ,merci beaucoup.*

Nos vifs remerciements vont, également, à tous les enseignants de mon cursus universitaire qui ont contribué à ma formation.

Nous remercions aussi les personnels du laboratoire de la faculté des Sciences de la Nature et de la Vie pour leur conseils et de nous avoir facilité la réalisation de ce travail.

Enfin, Nous tenons à remercier toutes les personnes qu'ont contribuées de près ou de loin pour la réalisation de ce travail.

Dédicace

Je dédie ce travail :

A ma chère maman et mon cher papa

Qui ils n'ont jamais cessé de ménager ses efforts pour que j'atteigne ce niveau.

A mes frères

Et mes sœurs

A Mon amie proche malak

A toute ma famille, et mes collègues

A mon chère binôme Mouna et sa famille



walaa

Dédicace

Je dédie ce travail :

À l'âme de mon père, que Dieu ait pitié de lui

À ma chère mère

À mon mari, mon compagnon et mon soutien dans tous les chemins

À mes filles, amours de mon cœur

À l'âme de ma fille lyne Rahimaha Allah, Que sa tombe soit un jardin du Paradis.

Et à toutes mes sœurs et frères

A mon chère binôme walaa et sa famille

Et tous ceux qui m'ont soutenu de près ou de loin



Mouna

Résumé

Résumé

Le but de cette étude est le développement d'un produit cosmétique innovant pour le détatouage utilisant exosquelette de Scorpion en synergie avec la technologie des nanoparticules. Les nanoparticules sont préparées à partir de sélénium (Se NPs) et d'oxyde de zinc (ZnO NPs). Ce produit vise à offrir un moyen efficace et sûr de détatouage grâce à l'application de techniques avancées pour optimiser l'efficacité du détatouage tout en minimisant les effets indésirables potentiels sur la peau. La méthode de synthèse écologique a été utilisée pour la synthèse des nanoparticules, dans le but de réduire l'utilisation de produits chimiques nocifs, conformément aux normes environnementales durables. Les nanoparticules ont été examinées par diverses techniques afin d'évaluer leurs différentes caractéristiques, notamment : Spectroscopie UV-Vis, Spectroscopie FT-IR, Diffraction des rayons X (DRX). Les propriétés des nanoparticules, notamment leurs propriétés antioxydantes et antimicrobiennes, ont également été étudiées afin de vérifier leur absence d'effets nocifs sur la peau, tout en favorisant la régénération cellulaire et en minimisant les inflammations ou irritations pouvant être causées par le détatouage. Instructions : Des études ont été menées pour analyser l'efficacité du produit cosmétique dans le détatouage, par le biais d'analyses dermatologiques et biochimiques, afin de garantir la sécurité et l'efficacité de ce produit. La synthèse des nanoparticules a été réalisée avec succès par une méthode biologique utilisant l'extrait de l'exosquelette du scorpion, lequel a montré des propriétés réductrices efficaces ayant contribué à la formation de nanoparticules stables. Cela a été prouvé par les appareils mentionnés précédemment, La taille des cristaux de l'échantillon de ZnO NPs non calcinées était de 20.93 nm et celle de l'échantillon de ZnO NPs calcinées de 24.44 nm, Se NPs de 18.97. Quant à ZnO@Se NPs, elle était de 28.71 nm. Les résultats ont indiqué que l'exosquelette de Scorpion dérivé de nanoparticules, associé au sélénium (Se NPs) et à l'oxyde de zinc (ZnO NPs), Les résultats des activités biologiques ont montré une discrimination forte et efficace dans une forte activité contre l'hémolyse par exosquelette de Scorpion à un taux 90% Par 5 mg/mL et le matériau ZnO@Se NPs s'est distingué par sa performance photocatalytique un taux de dégradation impressionnant de 62.80 %, une activité anti-inflammatoire élevée de Se NPs 98,69 % et des résultats parfaits de Activité Anticoagulante pour Se NPs, ZnO@Se NPs et ZnO NPs calcinées et efficace dans l'activité contre cinq souches bactériennes Bactéries Escherichia coli; Staphylococcus aureus; Staphylococcus hominis; Klebsiella pneumoniae; Pseudomonas aeruginosa; Nanoparticules ZnO@Se NPs démontrent la zone d'inhibition la plus étendue contre S. hominis (18 mm) et possède une capacité significative à éliminer l'encre de tatouage, sans causer de lésions cutanées ni d'effets secondaires indésirables. Cette recherche ouvre la voie à la création future de produits cosmétiques sûrs et efficaces basés sur nanotechnologie, tout en offrant une alternative naturelle au détatouage.

Mots-clés : nanoparticules - exosquelette de Scorpion – détatouage - produits cosmétiques.

Abstract

The purpose of this study is the development of an innovative cosmetic product for tattoo removal using scorpion exoskeleton in synergy with nanoparticle technology. The nanoparticles are prepared from selenium (Se) and zinc oxide (ZnO). This product aims to offer an effective and safe method for tattoo removal through the application of advanced techniques to optimize tattoo removal efficacy while minimizing potential undesirable side effects on the skin. A green synthesis method was used for the synthesis of nanoparticles, with the aim of reducing the use of harmful chemicals, in accordance with sustainable environmental standards. The nanoparticles were examined by various techniques to evaluate their different characteristics, including UV-Vis Spectroscopy, FT-IR Spectroscopy, and X-ray Diffraction (XRD). The properties of the nanoparticles, including their antioxidant and antimicrobial properties, were also studied to verify their absence of harmful effects on the skin, while promoting cell regeneration and minimizing inflammation or irritation that may be caused by tattoo removal. Studies were conducted to analyze the efficacy of the cosmetic product in tattoo removal, through dermatological and biochemical analyses, to ensure the safety and efficacy of this product. The synthesis of nanoparticles was successfully achieved by a biological method using scorpion exoskeleton extract, which showed effective reducing properties that contributed to the formation of stable nanoparticles. This was proven by the previously mentioned instruments. The crystal size of the uncalcined ZnO NPs sample was 20.93 nm, and that of the calcined ZnO NPs sample was 24.44 nm, while Se NPs were 18.97 nm. As for ZnO@Se NPs, it was 28.71 nm. The results indicated that scorpion exoskeleton-derived nanoparticles, combined with selenium (Se) and zinc oxide (ZnO), possess a significant ability to remove tattoo ink without causing skin damage or undesirable side effects. The results of biological activities showed a strong and effective discrimination in high activity against hemolysis by scorpion exoskeleton at a rate of 90% at 5 mg/mL. The ZnO@Se NPs material distinguished itself by its photocatalytic performance with an impressive degradation rate of 62.80%, high anti-inflammatory activity of Se NPs at 98.69%, and perfect results for Anticoagulant Activity by Se NPs, ZnO@Se NPs, and calcined ZnO NPs. It was also effective in activity against five bacterial strains: *Escherichia coli*; *Staphylococcus aureus*; *Staphylococcus hominis*; *Klebsiella pneumoniae*; *Pseudomonas aeruginosa*. ZnO@Se NPs demonstrated the largest inhibition zone against *S. hominis* (18 mm) and this research opens the way for the future creation of safe and effective cosmetic products based on nanotechnology, while offering a natural alternative for tattoo removal.

Keywords: nanoparticles - Scorpion exoskeleton - tattoo removal - cosmetic products.

الهدف من هذه الدراسة هو تطوير منتج تجميلي مبتكر لإزالة الوشم باستخدام هيكل العقرب الخارجي بالتأزر مع تكنولوجيا الجسيمات النانوية. يتم تحضير الجسيمات النانوية من السيلينيوم (Se) وأكسيد الزنك (ZnO) بهدف هذا المنتج إلى توفير طريقة فعالة وآمنة لإزالة الوشم بفضل تطبيق تقنيات متقدمة لتحسين فعالية إزالة الوشم مع تقليل الآثار الجانبية المحتملة غير المرغوب فيها على الجلد. تم استخدام طريقة التخليق البيئي لتخليق الجسيمات النانوية، بهدف تقليل استخدام المواد الكيميائية الضارة، بما يتوافق مع المعايير البيئية المستدامة. تم فحص الجسيمات النانوية بتقنيات مختلفة لتقييم خصائصها المتنوعة، بما في ذلك: مطيافية الأشعة فوق البنفسجية- المرئية (UV-Vis)، مطيافية الأشعة تحت الحمراء بتحويل فوري (FT-IR)، وحيود الأشعة السينية (DRX). كما تم دراسة خصائص الجسيمات النانوية، بما في ذلك خصائصها المضادة للأكسدة والمضادة للميكروبات، للتحقق من عدم وجود آثار ضارة لها على الجلد، مع تعزيز تجديد الخلايا وتقليل الالتهابات أو التهيج الذي قد تسببه إزالة الوشم. تم إجراء دراسات لتحليل فعالية المنتج التجميلي في إزالة الوشم، من خلال تحليلات جلدية وكيميائية حيوية، لضمان سلامة وفعالية هذا المنتج. تم تخليق الجسيمات النانوية بنجاح بطريقة بيولوجية باستخدام مستخلص الهيكل الخارجي للعقرب، والذي أظهر خصائص اختزال فعالة ساهمت في تكوين جسيمات نانوية مستقرة. وقد تم إثبات ذلك بواسطة الأجهزة المذكورة سابقاً، وكان حجم بلورات عينة جسيمات أكسيد الزنك النانوية غير المكلسة 20.93 نانومتر، وعينة جسيمات أكسيد الزنك النانوية المكلسة 24.44 نانومتر، وجسيمات السيلينيوم النانوية 18.97 نانومتر. أما بالنسبة لجسيمات ZnO@Se NPs نانوية، فكانت 28.71 نانومتر. أشارت النتائج إلى أن الجسيمات النانوية المشتقة من الهيكل الخارجي للعقرب، بالاشتراك مع السيلينيوم Se NPs وأكسيد الزنك ZnO NPs، تمتلك قدرة كبيرة على إزالة حبر الوشم، دون التسبب في أضرار جلدية أو آثار جانبية غير مرغوب فيها. أظهرت نتائج الأنشطة البيولوجية تمييزاً قوياً وفعالاً في نشاط عالٍ ضد تحلل الدم بواسطة الهيكل الخارجي للعقرب بمعدل 90% عند 5 ملغم/مل، وتميزت مادة ZnO@Se NPs بأدائها التحفيزي الضوئي بمعدل تحلل بلغ 62.80%، ونشاط مضاد للالتهابات عالٍ لجسيمات السيلينيوم النانوية بنسبة 98.69%، ونتائج عالية للنشاط المضاد للتخثر بواسطة جسيمات السيلينيوم النانوية، وجسيمات ZnO@Se NPs وجسيمات أكسيد الزنك النانوية المكلسة، وفعالية في النشاط ضد خمس سلالات بكتيرية: الإشريكية القولونية (*Escherichia coli*)؛ المكورات العنقودية الذهبية (*Staphylococcus aureus*)؛ المكورات العنقودية البشرية (*Staphylococcus hominis*)؛ الكلبسيلا الرئوية (*Klebsiella pneumoniae*)؛ الزائفة الزنجارية (*Pseudomonas aeruginosa*). أظهرت جسيمات ZnO@Se NPs منطقة تثبيط ضد *S. hominis* (18 ملم) و تتمتع بقدرة كبيرة على إزالة حبر الوشم دون التسبب في أي آفات جلدية أو آثار جانبية غير مرغوبة. يفتح هذا البحث الطريق أمام إنشاء منتجات تجميل آمنة وفعالة في المستقبل تعتمد على تكنولوجيا النانو، مع توفير بديل طبيعي لإزالة الوشم.

الكلمات المفتاحية: جسيمات نانوية - هيكل العقرب الخارجي - إزالة الوشم - منتجات تجميلية

Liste des abréviations

APTT : Activated Partial Thromboplastin Time

Anti-UVA et UVB : anti-Ultraviolet A et anti-Ultraviolet B

BM :bleu de méthylène

BSA : Bovine Serum Albumin

CdSe-ZnS ; Cadmium Selenide-Zinc Sulfide

Cm : Centimètre

°C : Precentage de gree

DMSO : Diméthylsulfoxyde

DPPH : 2, 2 diphényle 1-1 picryihydrazyl

DRX : Diffractomètre à rayons X

E/H : Eau dans Huile

EDTA : Ethylène diamine Téra acétique

EV : electron volt

Fe₂O₃ : Trioxyde de difer

FeCl₃ : Chlorure de fer(III)

Fe⁺³ : ion fer(III)

FRAP : Ferric Reducing Antioxidant Power

FT-IR : Infrarouge à Transformée de Fourier

H/E : Huile dans Eau

HCl : acide chlorhydrique

MeV : milliélectronvolt

Min : minute

M : Molarité

MEB : Microscopie Électronique à Balayage

ml : Melli letre

Mg :Melli gramme

NPs : Nanoparticules

Nm : Nanomètre

Pm/V : picometer /Volt

SeNa : Sélénate de sodium

TiO₂ : Dioxyde de titane

Tris : (hydroxyméthyl)aminométhane

TP : Temps de Prothrombine

TCK : Temps de Céphaline avec Kaolin

UV-Vis : Ultraviolet Spectroscopie d'absorption visible.

ZnO : L'oxyde de Zinc

Zn-SeNPs : Nanoparticule de sélénium+ acétate de zinc

ZI : zones d'inhibition

0D : zéro dimensionnelle

1D : unidimensionnelle

2D : bidimensionnelle

3D : tridimensionnelle

% : pourcentage

μL : Microlitre

1¼g / j : 1,25 microgramme par jour

Liste des figures

<i>Figure N°</i>	<i>Titre</i>	<i>Page</i>
01	composition d'un cosmétique.	9
02	Scorpion.	13
03	Répartition géographique mondiale des scorpions.	13
04	Anatomie externe du Scorpion .	19
05	Anatomie interne du scorpions .	21
06	Illustration de la structure d'un fullerène nC60.	24
07		25
	Illustration de la corrélation entre taille et surface spécifique.	
08	Classification des nanomatériaux.	26
09	Différentes approches de synthèse des nanoparticules.	28
10	Images de FESEM et MEB pour ZnO (a): 0D, (b): 1D, (c): 2D, (d): 3D.	30
11	Les différentes méthodes de synthèse pour la culture des nanoparticules.	31
12	Diagramme résume la méthodologie réalisé.	39
13	Protocole récapitulatif du test de la dénaturation thermique des protéines.	46
14		52
	Résumé de travail spectre de Uv-visible spectroscopique.	
15		54
	Résumé de travail spectre de Infrarouge à Transformée de Fourier.	
16		56
	Résumé de travail spectre de diffraction de rayonnement X.	
17	Histogramme d'activité antioxydant l'échantillon nanoparticule test de DPPH.	58
18		59
	activité antioxydante FRAP.	
19	Diagramme Anti hémolytique	60
20	histogramme photo catalytique pourcentage de dégradation de coloration.	62
21	Diagramme Activité anti-inflammatoire	64

22	Diagramme d anticoagulant Tp.	64
23	Diagramme d anticoagulant TcK.	66
24	Activité antibactérienne démontre d'inhibition (mm) de différent concentration l'extrait de scorpion hyalin contre cinq souches bactériennes.	67
25	Activité antibactérienne démontre d'inhibition (mm) de différent concentration de NPs ZnO contre cinq souches bactériennes.	71
26	Activité antibactérienne démontre d'inhibition (mm) de différent concentration de NPs Dopage contre cinq souches bactériennes .	71
27	Activité antibactérienne démontre d'inhibition (mm) de différent concentration de NPs Se contre cinq souches bactériennes.	72
28	Souris tatouée avant l'application de la crème Groupe 5 (DOPAGE : ZnO + Se de 0.05% + excipient).	72
29	Résultats de l'application de la crème après 10 jours.	76
30	Résultats de l'application de crème Groupe 5 (DOPAGE : ZnO + Se de 0.05% + excipient) pour détatouage.	76
31	Souris tatouée avant l'application de la crème Groupe 1 (Témoin-Crème).	76
32	Souris tatouée avant l'application de la crème Groupe 2 (Nano ZnO calcinées à 10%) + excipient).	76
33	Souris tatouée avant l'application de la crème Groupe 3 (Nano ZnO Non calcinées à 10%).	76
34	Souris tatouée avant l'application de la crème Groupe 4 (Nano Se 10%).	76
35	Résultats de l'application de la crème Groupe 1 (Témoin-Crème) après 10 jours .	77
36	Résultats de l'application de la crème Groupe 2 (Nano ZnO calcinées à 10%) + excipient).après 10 jours .	77
37	Résultats de l'application de la crème Groupe 3 (Nano ZnO Non calcinées à 10%) après 10 jours .	77
38	Résultats de l'application de la crème Groupe 4 (Nano Se 10%) après 10 jours .	77

Liste des Tableaux

<i>N des tableau</i>	<i>Titre</i>	<i>Page</i>
01	Répartition géographique des scorpions en Algérie.	14
02	5 souches bactériennes	38
03	Activité antibactérienne (zones d'inhibition en mm contre cinq souches bactériennes)	69

SOMMAIRE

Remerciement	II
Dédicace	III
Résumé	V
Abstract	VI
ملخص	VII
Liste des abréviations	VIII
Liste des figures	X
Liste de tableaux	XI
Introduction	01

Partie I : Bibliographique

Chapitre I : Généralité sur les produits cosmétiques

I. Généralité sur les produits cosmétiques.....	7
I.1.Etymologie du mot « cosmétique ».....	7
I.2.Cosmétiques biologiques.....	7
I.3.Cosmétiques naturels.....	7
I.4.Composition des cosmétiques certifiés bio.....	8
I.5. La peau, organe le plus étendu du corps humain.....	9
I.6.Classification.....	9
I.7. Type des contrôles effectués au de la production d'un produit cosmétique.....	10
I.7.1.Contrôles des matières premières.....	10
I.7.2.Contrôles de produit fini.....	10
I.7.2.1. Contrôles des caractéristiques physiques et physico-chimiques.....	10
I.7.2.2. Contrôles bactériologiques.....	11
I.7.2.3. Contrôles tolérance.....	11

Chapitre II : Généralité sur les scorpions

II. Généralité sur les scorpions.....	13
II.1. Répartition géographique des scorpions.....	13
II.1.1.Répartition mondiale.....	13
II.1.2.Répartition des scorpions en Algérie.....	14

II.2.Classification taxonomique des Scorpions.....	17
II.3.Morphologie des scorpions.....	18
II.3.1. Anatomie externe des scorpions.....	18
II.3.2.Anatomie interne des scorpions.....	20
II.4.L'alimentation.....	22
Chapitre III : les nanoparticules (NPs)	
III. les nanoparticules (NPs).....	24
III.1.1. Définition des nanoparticules.....	24
III.1.2. classification des nanoparticules.....	25
III.1.3. Propriétés physico-chimiques.....	26
III.1.4. Synthèse des nanoparticules.....	27
III.2. L'oxyde de Zinc (ZnO).....	28
III .2.1 . Définition.....	28
III.2.2. Classification du ZnO.....	29
III.2.3. Les méthodes de préparation des ZnO.....	30
III.3. Généralités sur Sélénium.....	31
III.3.1. Source et dose recommandée en sélénium.....	31
III.3.1.1. Dans la nature.....	31
III.3.2. Propriétés physiques et chimiques du Sélénium.....	31
III.3.3. Métabolisme du Sélénium.....	32
III.3.3.1. Voie de pénétration.....	32
III.3.3.2. Absorption.....	32
III.3.3.3. Métabolisme du sélénium.....	32
III.3.3.4. Excrétion de Sélénium.....	32
III.3.4. Rôle du Sélénium.....	33
III.3.4.1. Rôle antioxydant.....	33
III.3.4.2. Sélénium et cancer.....	33
III.3.4.3. Autre rôle biologique.....	33
III.3.5 Carence et toxicité du Sélénium.....	33

Chapitre I : Matériel et méthodes

I.1. Matériel biologiques.....	37
I.2. Méthodologie.....	39
I.3. Caractéristique de nanoparticule.....	40
I.3.1. Technique Spectroscopie UV-Vis.....	40
I.3.2. Spectroscopie Infrarouge à Transformée de Fourier (FT-IR).....	40
I.3.3. Technique Diffraction des rayons X (DRX).....	41
I.4. Activités biologiques in vitro.....	42
I.4.1. Activités antioxydants.....	42
I.4.1.1. Technique de DPPH.....	42
I.4.1.2. Technique de FRAP.....	43
I.4.2. Test d'hémolyse des globules rouges.....	43
I.4.3. Activités photo catalytique.....	44
I.4.4. Evaluation de l'activité anti-inflammatoire.....	45
I.4.4.1 Test de la dénaturation thermique des protéines.....	45
I.4.5. Teste Anticoagulant.....	47
I.4.5. 1. Préparation d'échantillon de sang.....	47
I.4.5.2. Technique Temps de céphaline activée-TCK.....	48
I.4.6. Activité antibactérienne.....	48
I.5. Étude in vivo.....	49
I.5.1. Animaux.....	49
I.5.2. Conception Expérimentale et Traitements.....	50
I.5.3. Observations cliniques quotidiennes.....	50

Chapitre II Résultats et discussion

II. Caractérisation de nanoparticules.....	52
II.1. Uv-visible spectroscopique.....	52

II.1.1.Analyse et interprétation des courbes UV-Visible.....	52
II.1.1.1.Extrait de scorpion.....	52
II.1.1.2.Se NPs.....	52
II.1.1.3. ZnO NPs non calciné.....	53
II.1.1.4. ZnO NPs calciné.....	53
II.1.1.5. Dopage(ZnO@Se NPs).....	53
II.1.2.FT-IR spectroscopie.....	54
II.1.2.1.Extrait de scorpion.....	54
II.1.2.2.Se NPs.....	55
II.1.2.3.ZnO NPs Non calcinées.....	55
II.1.2.4.ZnO NPs calcinée.....	55
II.1.2.5.dopage (ZnO@Se NPs).....	55
II.1.3. Analyse de DRx.....	56
II.1.3.1. ZnO NPs calciné.....	56
II.1.3.2.ZnO NPs non calciné.....	57
II.1.3.3. Se NPs	57
II.1.3.4.Dopage(ZnO@Se NPs).....	58
II.2.Activités biologiques in vitro.....	58
II.2.1. Activités antioxydants.....	58
II.2.1.1. DPPH.....	58
II.2.1.2Pouvoir réducteur du fer (FRAP).....	59

II.2.2.Activité Anti hémolytique.....	60
II.2.3.Activités photo catalytique pourcentage de dégradation de coloration.....	62
II.2.4.Activité anti-inflammatoire.....	64
II.2.5.Activité Anticoagulante.....	66
II.2.5.1.Taux de prothrombine (TP).....	66
II.2.5.2.Temps de Céphaline Kaolin(TCK).....	67
II.2.6.Activité antibactérienne.....	68
II.3. Résultats In vivo.....	73
II.3.1.Effets des Traitements sur l'Élimination du Tatouage.....	73
Conclusion.....	79
Références bibliographiques.....	82
Annexes.....	90

Introduction

Introduction

Les scorpions, arthropodes anciens et souvent redoutés, suscitent un intérêt scientifique croissant allant au-delà de leur réputation venimeuse. En effet, leur venin, un cocktail complexe de peptides et de protéines, s'est révélé être une source prometteuse de molécules bioactives dotées d'un potentiel thérapeutique considérable (Gomes et al., 2010). Historiquement, diverses cultures ont utilisé des préparations à base de scorpions ou de leur venin en médecine traditionnelle pour traiter une variété d'affections (Benjelloun et al., 2021). Aujourd'hui, la recherche moderne explore activement les composants spécifiques du venin de scorpion pour le développement de nouveaux médicaments, notamment dans les domaines de l'oncologie, de la gestion de la douleur, des maladies auto-immunes et comme agents antimicrobiens (Possani et al., 2000; Liu et al., 2012).

Les applications biomédicales de la nanotechnologie sont vastes et en constante expansion. Elles englobent le diagnostic précoce et plus précis des maladies grâce à des biocapteurs ultrasensibles et des agents de contraste améliorés pour l'imagerie médicale (Sahoo et al., 2007). De plus, la nanotechnologie révolutionne les approches thérapeutiques, notamment par le développement de systèmes de délivrance ciblée de médicaments (nanovecteurs) qui permettent d'acheminer des principes actifs spécifiquement vers les cellules ou tissus malades, augmentant ainsi l'efficacité thérapeutique tout en réduisant la toxicité et les effets secondaires (Peer et al., 2007).

Au cours des deux dernières décennies, les matériaux à l'échelle nanométrique, qu'ils soient de dimensions uniques ou multidimensionnelles et d'une taille inférieure à 100 nm, ont suscité un intérêt croissant en raison de leurs caractéristiques nouvelles et uniques par rapport à leurs homologues à l'échelle macroscopique. Les nouvelles caractéristiques de ces matériaux ont entraîné des améliorations révolutionnaires dans de nombreux domaines (TEDJANI .Med . Laid.,2021).

Divers matériaux inorganiques ont été modifiés et leur taille a été réduite à l'échelle nanométrique sous forme de nanoparticules afin d'obtenir des propriétés supérieures avec une plus grande polyvalence fonctionnelle. Ces nanoparticules peuvent être synthétisées par différentes méthodes, telles que la réduction chimique, la synthèse biologique (plantes, champignons ou bactéries) (Cléudio et al.,2021)

Les nanoparticules sont de plus en plus intégrées dans les produits cosmétiques pour améliorer leurs performances et leur esthétique. Principalement, le dioxyde de titane (TiO_2) et l'oxyde de zinc (ZnO) sous forme nanométrique sont utilisés comme filtres UV efficaces et transparents

dans les écrans solaires. D'autres, comme les liposomes, les niosomes ou les nanoparticules lipidiques solides (SLN), servent à encapsuler des ingrédients actifs (vitamines, antioxydants), améliorant leur stabilité, leur pénétration cutanée et leur efficacité.

L'élimination des tatouages, autrefois considérée comme un processus complexe et souvent invasif, a connu des avancées significatives grâce aux technologies laser. Cependant, ces méthodes peuvent être coûteuses, douloureuses et parfois laisser des cicatrices. Face à ces limitations, la recherche de solutions alternatives et moins agressives.

Bien que les propriétés biologiques des produits d'origine scorpion soient largement étudiées pour leurs applications pharmacologiques (Ghosh, A et al, (2018).), leur potentiel dans le domaine de la dermatologie esthétique (M.Triunfo (2021)) et al, et plus particulièrement pour l'élimination des tatouages, reste largement inexploré.

Dans ce contexte, notre étude explore une approche novatrice : l'utilisation de nanoparticules biosynthétisées à partir de l'exosquelette du scorpion pour la formulation d'une crème topique destinée à l'effacement des tatouages. Cette démarche s'inscrit dans une perspective de valorisation des ressources naturelles et de développement de solutions dermatologiques plus douces et potentiellement plus efficaces.

L'objectif de cette recherche est d'étudier la faisabilité de biosynthétiser des nanoparticules à partir de l'exosquelette de scorpion et d'évaluer leurs activités biologiques, et leur potentiel en tant qu'agent actif dans une formulation topique pour l'élimination des tatouages. Plus spécifiquement, nous visons à :

- Biosynthèse de nanoparticules à partir de Scorpions *Androctonus amoreuxi*
- Caractériser physicochimiquement les nanoparticules obtenues (taille, forme, charge de surface, etc.).
- Activités biologiques : Antioxydant, Anti hémolytique, photo catalytique, anti-inflammatoire, anticoagulants, antibactériennes
- Évaluer in vitro la capacité de ces nanoparticules à fragmenter ou à solubiliser les pigments d'encre de tatouage.
- Formuler une crème topique stable incorporant les nanoparticules biosynthétisées.
- Étudier la biocompatibilité de la crème formulée sur des modèles animaux.

Ce travail est structuré autour de trois parties:

- La première partie a consacré une synthèse bibliographique, rappelant les généralités sur les produits cosmétiques , avec des généralités sur les scorpions et généralités sur les nanoparticules.

- Dans une deuxième partie, la méthodologie suivie pour la préparation des nanoparticules, la caractérisation et l'évaluation de quelques activités biologiques des nanoparticules .

Une troisième partie présente les principaux résultats obtenus avec la discussion suivie par une conclusion.

Partie I

Synthèse bibliographique

Chapitre I

*Généralité sur les produits
cosmétiques*

I. Généralité sur les produits cosmétiques

I.1. Etymologie du mot « cosmétique »

Le terme « cosmétique » tire son origine du Grec (cnrtl.fr,2018) « kosmétikos » et de « kosmos » qui signifie « parer » ou « orner ». En outre, il pourrait désigner une armée prête à combattre, et l'idée de « casser les yeux » de l'ennemi pour qu'il soit impressionné.

I.2. Cosmétiques biologiques

Un cosmétique biologique est un produit cosmétique contenant le plus grand pourcentage d'ingrédients d'origine naturelle et biologique (COSMEBIO, 2018) et qui est respectueux de l'environnement. Ce pourcentage d'ingrédients peut varier car il n'existe pas de loi instaurant la cosmétique biologique. Néanmoins, diverses certifications fournissent une évaluation de cette valeur en pourcentage. On informe Ecocert que l'un des conditions préalables à l'obtention du « label cosmétique biologique » est que, au moins, 95 % d'ingrédients végétaux de la composition et 10 % de tous les ingrédients de la composition doivent être produits par l'agriculture biologique (ECOCERT, 2018). En outre, des ingrédients sont exclus des formules telles que : les OGM, nanoparticules, PEG, parfums et colorants synthétiques, conservateurs synthétiques (phénoxyéthanol, parabènes), silicones synthétiques, matières premières non renouvelables (huiles minérales), ingrédients d'animaux (à l'exception de ceux qu'ils produisent comme le lait et le miel) ou bien les ingrédients issus de procédés de fabrication non respectueux de l'environnement. Il y a donc une pénurie de la plupart des ingrédients controversés.

I.3. Cosmétiques naturels

La définition de « produit cosmétique naturel », telle qu'établie par le Comité d'Experts sur les produits cosmétiques du Conseil de l'Europe en septembre 2000, est la suivante : toute marchandise composée de matières naturelles (toutes les substances d'origine végétale, animale ou minérale, et des combinaisons de ces substances) et qui est fabriquée (produite et traitée) d'après des normes bien définies (modes physiques, microbiologiques et enzymatiques). Le produit fini ne peut être qualifié de « naturel » que s'il ne contient aucun produit de synthèse, à l'exception des conservateurs, parfums et agents propulseurs. (AGRPBIO, 2018).

I.4.Composition des cosmétiques certifiés bio

Les produits cosmétiques ne doivent généralement présenter aucun risque pour la santé humaine . À cette fin , leur développement doit être conforme à la réglementation relative aux substances utilisées . La conception de produits labellisés bio est un enjeu technique , car le choix des matières premières utilisables dans les formulations est très restreint . En cosmétologie traditionnelle , un produit homogène , stable et efficace peut contenir jusqu'à 55 composants . Ce nombre est important pour déterminer les effets du produit sur l' organisme . De ce fait , des normes doivent être prises en compte dès le début de la formulation . La référence COSMOS est celle qui est de plus en plus acceptée au niveau international . En pharmacologie , on constate qu'une part importante des principes actifs provient des plantes . Il est donc logique que la cosmétologie ait de plus en plus recours à ces sources naturelles afin d' en tirer profit . les avancées scientifiques significatives (COSMEBIO, 2018). Un produit cosmétique contient trois grandes catégories de composants :

- **Le principe actif** : il a un rôle fondamental dans l' efficacité du produit . Ces substances entrent notamment dans la catégorie des agents hydratants et des filtres solaires . Il est bien établi qu'elles sont inoffensives. On peut les distinguer selon qu'elles sont d' origine biologique , d' origine simple ou complexe , ou issues de la chimie de synthèse . Elles sont formulées sous forme de gel , de crème et d' émulsion à des concentrations variables , bien que l'on ne souhaite pas qu'elles produisent d' effets thérapeutiques . (D. Filippi, 2007). Les activités les plus sollicitées par le secteur comprennent l' hydratation (agents humectants ; filmogènes ; occlusifs) ; les effets anti-âge (anti - rides ; antioxydants) et la protection contre les rayons solaires (anti-UVA et UVB).

- **L'excipient** : support du principe actif, exerce une fonction de fondation . Il revêt une importance significative dans l' efficacité du cosmétique , étant donné qu'un excipient adéquat peut permettre d' atteindre 80 % de la performance . recherchée (ECOCERT, 2018). Avec leur mauvaise qualité, les l' agent actif ne pourra pas remplir correctement sa fonction . Quantitativement, c'est la partie la plus importante . Il est constitué de l' eau , des huiles , et des cires ...

- **Les adjuvants** : permettent d' améliorer et de stabiliser les propriétés du cosmétique. Ils sont très variés (conservateurs, colorants, stabilisants de pH, agents de contrôle de viscosité...). Un soin cosmétique bio certifié est composé (AGRPBIO,2014) de 4 types de matières (figure 1) :



Figure 1 : composition d'un cosmétique certifié bio (COSMEBIO, 2018.)

- **De l'eau** : Elle représente jusqu'à 80 % de la masse totale du produit . Elle n'est pas bio-certifiable , c'est pourquoi les compositions ne peuvent pas être 100 % bio. Sa qualité est cruciale .
- **Des minéraux** : ils sont naturels mais non certifiables bio . On les retrouve par exemple dans les crèmes solaires bio- certifiées . Ils sont nécessaires mais non renouvelables . Leur utilisation et leur transformation nécessitent des règles environnementales clairement définies.
- **Des ingrédients végétaux** : composant significatif des produits bio .
- **Autres ingrédients** : ceux - ci, bien que non certifiés biologiquement , sont approuvés sur la base du référentiel ECOCERT . Leur taux maximal dans la formule ne peut excéder 5 %. Les conservateurs, par exemple, figurent sur une liste restrictive d'ingrédients autorisés (lorsqu'ils ne sont pas naturels) . Le choix des ingrédients actifs se fait sur le principe de biocompatibilité, c'est-à-dire avec une adhésion étroite aux composants cutanés , en plus d' une tolérance optimale (COSMEBIO, 2018).

I.5. La peau, organe le plus étendu du corps humain

Au terme de ces définitions, on voit bien qu'un cosmétique agit sur la partie superficielle du corps humain : l'épiderme. On observe bien sur le schéma d'une coupe transversale de peau (figure 1) la superposition coordonnée et nette des couches de peau : épiderme, derme et hypoderme (D. Filippi,2007).

I.6. Classification

Quatre grandes catégories de produits cosmétiques sont mises en avant (ECOCERT, 2018) :

- **Les produits capillaires** : shampoings ; après-shampoings ; masques ; produits de coloration du cheveu ; etc.
- **Les produits d'hygiène et de soins** : démaquillants ; dentifrice ; déodorant ; savon ; crème hydratante ; lait de beauté ; etc.
- **Les produits de maquillage** : poudre ; fond de teint ; mascara ; etc.
- **Les parfumeries alcooliques.**

I.7. Type des contrôles effectués au de la production d'un produit cosmétique

I.7.1. Contrôles des matières premières

La première étape de vérification : il est capital de s'assurer de l'identité et de la qualité de chacun des composants entrant dans le produit.

L'identité des ingrédients est d'abord vérifiée en examinant les caractères organoleptiques, c'est-à-dire ceux qui sollicitent les sens : odeurs, couleurs, saveurs (dans certains cas).

Des méthodes physiques (mesures de densité, viscosité, indice de réfraction, absorption d'UV) et chimiques (réactions colorées, indice d'acide de saponification, de peroxyde, etc.) viennent compléter l'identité, permettant de détecter la présence éventuelle de salissures et même, de chez certains produits de décomposition. Les matières premières doivent répondre à un certain cahier des charges, c'est-à-dire à un certain nombre d'obligations du fabricant envers l'acheteur, en fixé par son client. (ECOCERT, 2018).

I.7.2. Contrôles de produit fini

Le produit fini est soumis à de nombreux contrôles :

I.7.2.1. Contrôles des caractéristiques physiques et physico-chimiques

- Le pH (en utilisant un pH-mètre sur une dilution de 10 % du produit à tester).
- Consistance évaluée à l'aide d'un pénétromètre à cône ou à aiguille.
- La viscosité est mesurée à l'aide d'un viscosimètre à écoulement ou à mobile tournant.
- La taille des particules dispersées dans une émulsion ou une suspension est mesurée à l'aide d'un microscope à oculaire micrométrique.
- Le sens des émulsions est évalué (l'émulsion E/H ne conduit pas et elle ne laisse pas passer le courant ; par contre l'émulsion H/E conduira le courant électrique) (mesuré à l'aide d'un ohmmètre par mesure de la résistivité).
- Identification et dosage du ou des conservateurs.

- Les ingrédients actifs sont identifiés, quantifiés.

Ce contrôle physico-chimique est souvent couplé avec un contrôle de stabilité généralement déjà effectué lors de la formulation, ce dernier est effectué soit par une évaluation de stabilité accélérée soit par centrifugation ou par la chaleur (40 ou 50°C) (ECOCERT, 2018).

I.7.2.2. Contrôles bactériologiques

Il s'agit d'un dénombrement des germes qui pourraient exister éventuellement dans le produit et d'une recherche des germes qualifiés de pathogènes (capables de créer des maladies). Il ne devrait pas y avoir la présence de germes pathogènes dans un produit cosmétique. Sont recherchés les germes pathogènes suivants :

✚ *Staphylococcus aureus*.

✚ *Pseudomonas aeruginosa*.

✚ *Escherichia coli*.

✚ *Candida albicans*.

✚ *Aspergillus niger*.

La garantie d'une propreté bactériologique d'un produit cosmétique repose avant tout sur la mise en œuvre de bonnes pratiques de fabrication (propreté des matières premières, du matériel, des locaux, du personnel et présence de conservateurs) (ECOCERT, 2018).

I.7.2.3. Contrôles tolérance

C'est une exigence fixée par la loi ; il n'en est pas question en effet, le produit cosmétique est censé être sans danger pour la santé. Seule une durabilité de la démonstration de la totale innocuité du produit mis sur le marché vaudrait une mise en marché réelle.

- **Le test d'irritation oculaire** : par instillation dans l'œil du produit à tester dans les conditions d'usage et l'observation du larmoiement et éventuellement de l'irritation provoqués 24 et 48 heures après application du produit.

- **Le test d'irritation cutanée** : dite primaire consiste à appliquer le produit sur la peau scarifiée (et non) sous patch occlusif (pansement de sparadrap imperméable) et évaluation qui note le degré d'irritation après 48 heures. (ECOCERT,2018).

Chapitre II

Généralité sur les scorpions

II. Généralité sur les scorpions

Les scorpions sont des arachnides venimeux considérés comme des véritables fossiles vivants parmi les plus anciens scorpions qui ont été les tout premiers arthropodes terrestres depuis la période silurienne, c'est-à-dire il y a environ 450 millions d'années (Grassé, 1949).



Figure 2: scorpion (Grassé, 1949).

II.1. Répartition géographique des scorpions

II.1.1. Répartition mondiale

Les scorpions comptent parmi les plus anciens habitants de la Terre. Polis (1990) Ils peuvent vivre dans les environnements les plus divers, comme les plaines, les hauts plateaux et même les montagnes imposantes atteignant 5 000 mètres et plus *Figure 3* illustre la répartition mondiale des scorpions.

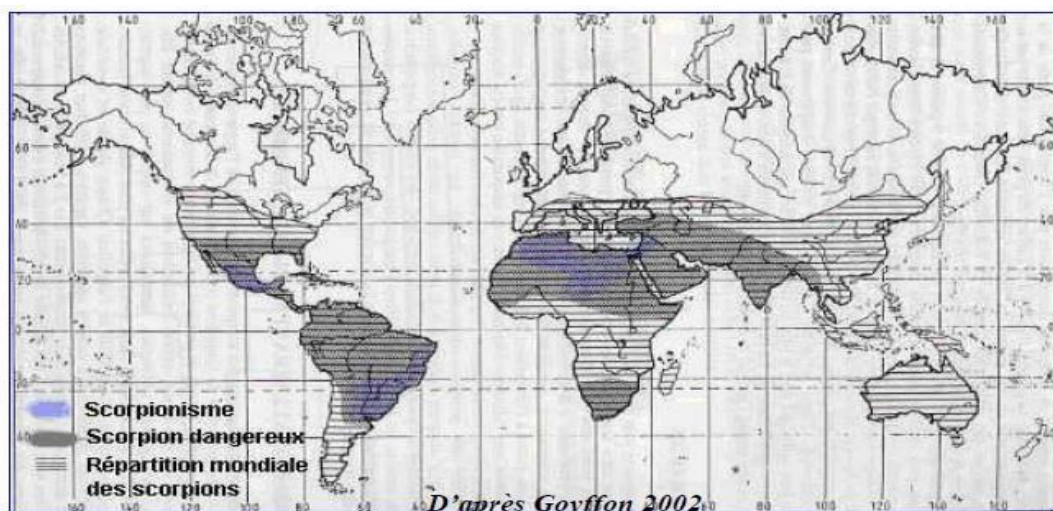


Figure 3: Répartition géographique mondiale des scorpions .Goyffon, (2002).

II.1.2. Répartition des scorpions en Algérie

Les scorpions se rencontrent dans divers endroits géographiques en Algérie allant de des zones désertiques, au trans-desert aux régions semi-désertiques et montagneuses. La contribution en question est de mettre à jour une liste complète des espèces identifiées en Algérie. Intervenant dans ce grand espace géographique, 54 espèces de scorpions sont recensées pour leur appartenance à 3 familles comme résultats de ce travail. C'est dans la famille Buthidae que figurent 46 espèces, la famille Scorpionidae, genre et 5 espèces et la famille Euscorpidae qui rassemble deux espèces introduites proviennent de son origine européenne à l'échelle à 62.3%. Les espèces endémiques dépassent 59% de la colonie; les études académiques au sein des années 2000 sont principales deux auteurs, Lourenço et Sadlina. Leurs travaux sont repris dans le panorama faunistique, dans le tableau suivant.; Zekri et al., (2022)

Tableau 1: Répartition géographique des scorpions en Algérie

; Zekri et al., (2022).

Famille	Genre	Espèces	Répartition
Buthidae	<i>Androctonus</i>	<i>Androctonus aeneus</i>	Oran.
		<i>Androctonus amoreuxi</i>	Ouargla, Ghardaia, Sabkhat et Malah-Ramsara
		<i>Androctonus australis</i>	Le Sahara septentrionale
		<i>Androctonus eburneus</i>	Djanet
		<i>Androctonus hoggarensis</i>	Hoggar: Attaqor, Ahaggar.
		<i>Androctonus liouvillei</i>	Elbayadh
	<i>Buthacus</i> <i>Birula</i>	<i>Buthacus ahaggar</i>	Hoggar (Abalessa)
		<i>Buthacus algerianu</i>	Beni-Abbès
		<i>Buthacus arenicola</i>	Ouargla, El Oued, Illizi, Tiaret, Biskra, Ghardaia.
		<i>Buthacus armasi</i>	Tassili n'Ajjer
		<i>Buthacus birulai</i>	El-Oued, Ghardaïa.

	<i>Buthacus elmen</i>	El-Menia, Sebkhath el Melah-Ramsar.
	<i>Buthacus foley</i>	Hauts plateaux sud algérien au sud de Tamanrasset
	<i>Buthacus fusca</i>	Sud algérien
	<i>Buthacus sadinei</i>	Tindouf.
	<i>Buthacus samiae</i>	Ghardaïa et Ouargla,
	<i>Buthacus spinatu</i>	Ghardaïa
	<i>Buthacus ziegléri</i>	Beni Abbès.
Butheoloide	<i>Buthiscus bicalcaratus</i>	Biskra, El Oued, Ouargla
Buthus	<i>Buthus ahaggar</i>	Hoggar (Tazrouk)
	<i>Buthus apiatus</i>	Sidi Bel Abbès, Tissemsilt.
	<i>Buthus aures</i>	Batna, Khenchela, Tebessa, Tissemsilt.
	<i>Buthus boussaadi</i>	Bou Sâada-M'sila, Sidi Bel Abbes
	<i>Buthus goyffoni</i>	El Tarf
	<i>Buthus oudjani</i>	Sidi Bel Abbes
	<i>Buthus paris</i>	D'Alger à la frontière tunisienne et à Sidi Bel Abbes
	<i>Buthus pusillus</i>	Atlas (Djurdjura vers Abi Youcef), Sidi Bel Abbès.
	<i>Buthus saharicus</i>	Ghardaïa, Ouargla
	<i>Buthus tassili</i>	Hoggar, Tassili n'Ajjer
	<i>Buthus tunetanus</i>	El Oued, Ouargla, M'Sila, Sidi Bel Abbès, Tebessa, Tissemsilt, Khenchela
Cicileus	<i>Cicileus exilis</i>	Tassili n'Ajjer (Djanet).
	<i>Cicileus hoggarensis</i>	Hoggar
	<i>Cicileus montanus</i>	Hoggar

	<i>Compsobuthus</i>	<i>Compsobuthus tassili</i>	Tassili n'Ajjer
	<i>Hottentotta</i>	<i>Hottentotta franzwerner</i>	Beni Ounif, Béchar
		<i>Hottentotta gentili</i>	Oran
		<i>Hottentotta hoggarensis</i>	Massif du Hoggar
	<i>Isometrus</i>	<i>Isometrus maculatus</i>	Alger
	<i>Leiurus</i>	<i>Leiurus hoggarensis</i>	Tamanrasset (Amesmessa)
		<i>Leiurus quinquestriatus</i>	Sud-ouest Algérie (tamanrasset , inguezzam et djanet)
	<i>Lissothus</i>	<i>Lissothus chaambi</i>	Ghardaia
	<i>Orthochirus</i>	<i>Orthochirus innesi</i>	Ouargla, El Oued, ain Salah, Ghardaïa Hoggar
		<i>Orthochirus soufiensis</i>	El Oued, Débila
		<i>Orthochirus tassili</i>	Tassili n'Ajjer
	<i>Pseudolissothu</i>	<i>Pseudolissothus pusillus</i>	Tassili n'Ajjer
Euscorpiidae	<i>Euscorpius</i>	<i>Euscorpius</i>	Alger
	<i>Tetratrachobothrius</i>	<i>Tetratrachobothrius flavicaudis</i>	Alger
Scorpionidae	<i>Scorpio</i>	<i>Scorpio atlasensis</i>	Atlas Tellien, Sidi Bel Abbès.
		<i>Scorpio maurus</i>	Ouargla, Khenchela, Tiaret, Tissemsilt, Sidi Bel Abbès.
		<i>Scorpio palmatus</i>	Ouargla, El Oued.
		<i>Scorpio punicus</i>	Nord Algérie, Ouargla, Sidi Bel Abbès, Tissemsilt, Tebessa
		<i>Scorpio tassili</i>	Tassili n'Ajjer
		<i>Scorpio maurus</i>	Tlemcen

II.2. Classification taxonomique des Scorpions

Au niveau mondial, des zoologistes ont récemment pu en décrire un peu plus de 2200 espèces classées, Stockmann et al. (2013) la plupart inoffensives pour l'homme. Goyffon et al. (2007) les regroupent en 6 familles 70 genres et plus de 2200 espèces. Vachon, (1952) n'en ont reconnu que 25 dangereuses pour l'homme, réunies en 14 familles (les buthidés, les vaejovidés, les chaectidés, les bothriuridés, les scorpiidés, les liochélidés, les iuridés, les chaerilidés, les pseudochaectidés, les microcharmides, les caraboctonidés, les urodacidés, les euscorpiidés et les superstitioniidés). Chaque famille, chaque genre et chaque espèce se distinguent de manière invariable par leur arrangement et leur nombre tout au long de leur développement Vachon, (1952). Les scorpions seraient 1500. La présentation par la majorité des zoologistes reste celle de Sisson qui reconnaît 9 familles à ce jour. Dupre G et al. (1998)

- **La famille des Bothriuridae** : région digestive essentiellement en Amérique du sud. Cette famille compte 9 genres et 50 espèces. La faculté de ces espèces à être ajoutées à l'espèce humaine est nulle. Les espèces qui sous-tendent cette famille sont à noter quasi totalement, sauf à signaler des accidents d'être piqué intra ou inter-espèce.
- **La famille des Vaejoridae** : 140 espèces de ce groupe en Amérique du nord et sud Est asiatique. Le caractère piquant de leur venin, n'aboutit à aucune sérieuse complication pour l'homme. Dupre G et al. (1998)
- **La famille des Diplocentridae** : est composée de 7 genres et de 70 espèces surtout à travers le continent américain et dans les Antilles et un peu du Moyen Orient. Ces espèces piquent mais n'affectent pas les relations homme/espèce. Dupre G et al. (1998)
- **La famille des Chaivilidae** : seule émanation de ce sous-groupe araneiforme. L'espèce observée en Est Asiatique se distingue par un genre commun à une vingtaine d'espèces, une espèce intermédiaire ou commune au sein des deux groupes mais qui n'est sûrement pas piquante pour l'homme. Dupre G et al. (1998)
- **Famille des Eschnuridae** : disjointe, répartie en Afrique, en Amérique, en Asie et en Australie. Huit genres pour une cinquantaine d'espèces composent cette famille qui n'inquiète pas en raison du caractère inoffensif du venin. Dupre G et al. (1998).
- **La famille des Buthidae** : La plus dangereuse pour l'homme, la plus répandue (500 espèces), elle se divise en quatre sous-familles :

- Ananterinae (3 espèces).
- Centrurinae (40 espèces).
- Tityunae (60 espèces).
- Buthinae : la plus large, 30 genres et 200 espèces +++.

• **Famille Scorpionidae** : 150 espèces environ, 6 familles.

Leur venin est inoffensif pour l'homme, hormis *Hémiscorpius leptures*. Radmanesh M . 1990.

• **Famille Chactidae** : cinq sous-familles, 20 genres et 150 espèces non venimeux pour l'homme . Dupre G et al. (1998).

• **Famille Luridae** : toutes inoffensives, en Amérique, Turquie, Grèce . Dupre G et al. (1998).

La classification taxonomique du scorpion est la suivante :

- Le règne : Animal (*Animalia*)
- Embranchement : Arthropodes (*Arthropoda*)
- Sous-Embranchement : Chélicérates (*Chelicerata*)
- Classe : Arachnides (*Arachnida*)
- Ordre : Scorpions (*Scorpiones*)

II.3.Morphologie des scorpions

II.3.1. Anatomie externe des scorpions

Pour la forme en général, les scorpions adultes ne sont pas plus longs que 25 cm de taille, ceux de l'Afrique du Nord atteignant 2 à 12 cm environ Vachon, (1952). Le corps d'un scorpion est divisé nettement en trois communément aussi expression s'ils ne le sont pas: Prosome ou céphalothorax ou tête, mésosome s'il vous plaît Préabdomen ou abdomen métrasome s'il vous plaît Postabdomen ou queue (Figure 4). Les deux premiers ensemble normal somm étymologiquement dans des noms tournés désignés consisteres. Millot et Vachon, (1949) .

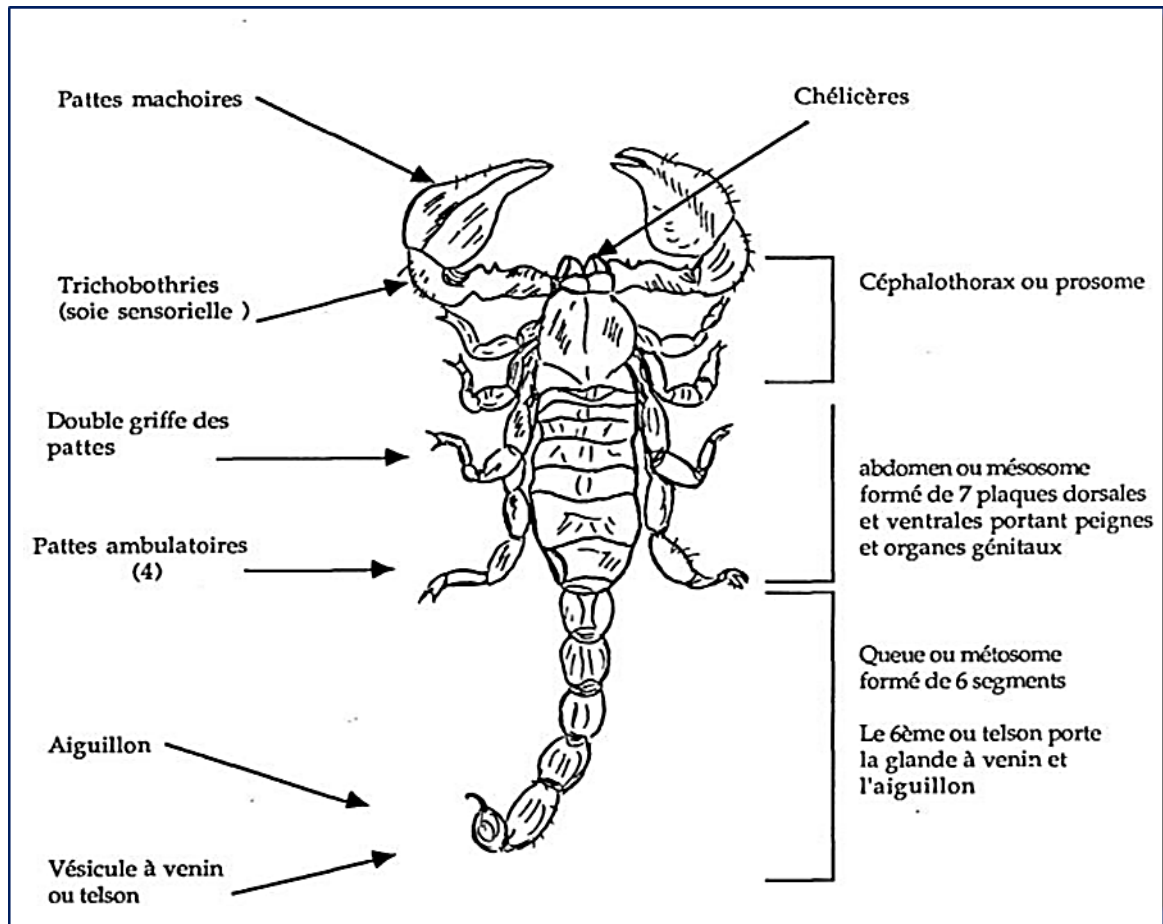


Figure 4: Anatomie externe du Scorpion Polis, (1990)

- **Le prosome** (céphalothorax) : dorsalement appuyé par la carapace recouvre les sables marches yeux (Figure 4); les deux yeux centraux sont gros, sombres et évidentes, etc., 2 à 5 pairs de yeux latéraux plus petits sont noirs et alignés aux coins antérieurs du céphalothorax. Bien que le scorpion ait un abondance de nombreux yeux, établir que sa vue est quant à elle, très médiocre. Ventralement, le céphalothorax est presque entièrement occupé par les hanches des pattes et dont les ossatures sont projecteurs. Millot et Vachon (1949); vachon ;(1952) définaient entre elles les hanches d'une fissure impaire placée sous forme d'une plaque impaire, le sternum.
- **Le Mésosome** (abdomen): il est bien segmenté dorsalement que ventralement; il y a sept plaques dorsaux antérieures qui sont plus étroites vers l'arrière forme d'un trapèze isocèle, porté souvent lisse et parfois granulées (Figure 4); ventralement, cinq petites plaques immédiatement visibles sont généralement lisses mais ont chacune un paquet de fentes stigmatiques, sauf pour la dernière la plante qui est bien lipatiques, deux appendicules génitaux au front de ces plaques, outil gauche utilisé pour la reconnaissance des segments ventraux au regard des appendages, ou dérivés

dentifrices, l'opercule génital et les peignes. Millot et Vachon, (1949); Vachon, (1952).

- **Le *Métasome*** (queue) : Généralement, la queue d'un scorpion est un tantinet plus longue que son tronc, et comporterait 5 segments. Chaque segment ou anneau est rigide, du fait de l'absence de chitine pleurale. La forme, la grosseur, la longueur des différents anneaux peuvent beaucoup varier selon les genres, et même les espèces. Dans certains cas, l'un des anneaux est marqué d'une grande différence avec les autres. Le dernier anneau, presque toujours le plus long, porte la poche à venin prolongée d'un aiguillon (Figure 4). L'anus débouche ventralement entre 3 ou 4 papilles blanchâtres, et à travers la chitine reliant le 5ème anneau à la poche à venin. Millot et Vachon, (1949).

II.3.2. Anatomie interne des scorpions

- **Système nerveux centrale** Il se compose d'un cerveau relié par une grande corde nerveuse ventrale. Le cerveau est constitué de deux gros ganglions englobés dans l'œsophage : le ganglion supérieur (protocerveau), il assure le traitement des informations visuelles et permet la régulation des comportements complexes ; le ganglion inférieur (tritocerveau), il permet le fonctionnement normal du corps et l'innervation des chélicères. La régulation des mouvements passe par ces deux ganglions. Le cordon nerveux du scorpion est constitué de sept ganglions mis en relation par paires de câbles. Britannica, (2024). (d'après la figure 5)
- **Le système circulatoire** Les scorpions constituent le groupe des arachnides le plus complexe. Le système circulatoire est dominé par un cœur contractile dorsal portant sept paires d'ostioles à ouverture et fermeture alternées. Le cœur, entouré de péricarde, se prolonge en un système artériel. Le retour du sang s'effectue par le système veineux qui comporte des sinus veineux ventraux et latéraux. L'échantillon sanguin se retrouve soumis à une forte fréquence de contraction cardiaque comprise entre 60 à 150 fois. Le sang contient des petits leucocytes clairs, des gros leucocytes, des leucocytes granulaires nombreux. Les deux sinus veineux centraux baignent les poumons offrant, par l'intermédiaire de paires de veines, un retour sanguin à destination du péricarde. Le sang du Scorpion est un poison Vachon, (1952).
- **Le système digestif** On observe une cavité pré-buccale se situant entre les chélicères, les pédipalpes et les deux premières paires de pattes. Les proies écrasées par les chélicères sont recouvertes de salive et de sucs intestinaux, et prédigérées

extérieurement. Seuls les liquides sont aspirés par la bouche à l'aide d'un pharynx devenu pompe musculaire. Par un long tube débouchant à l'extrémité de l'abdomen, on trouve l'intestin moyen, dont naît un ensemble complexe de diverticules glandulaires. L'intestin moyen continu jusqu'à la queue, par l'intermédiaire du tube intestinal postérieur : l'anus, à la face ventrale, débouche tout juste devant le sac à venin. Vachon, (1952).

- **Les organes reproducteurs** : Vu de l'extérieur, le sexe du scorpion n'est pas visible, ni génitalement apparent chez les femelles et les mâles qui n'affichent ni armatures ni bulbes hypertrophiés. En revanche, on note chez les deux sexes l'existence d'une fente génitale médiane au débouché de laquelle se dessinent deux crêtes. Les seuls éléments distinctifs sont le nombre de dents aux peignes, le nombre de dents aux peignes est le plus élevé chez les mâles en général que les femelles. Kraepelin, (1902).
- **Le Système respiratoire** : Le scorpion utilise des poumons pour ses échanges gazeux. Ce sont des couches où circule l'hémolymphe avec des ouvertures bien visibles vers l'extérieur (Millot et Paulian, 1943). Son besoin respiratoire est faible. Lorsqu'il reste encore 7 tiges et 8 poumons en fonction, le scorpion peut encore vivre sans problème, mais lorsque le dernier se ferme, il sera mort deux heures plus tard (Sergent, 1946).

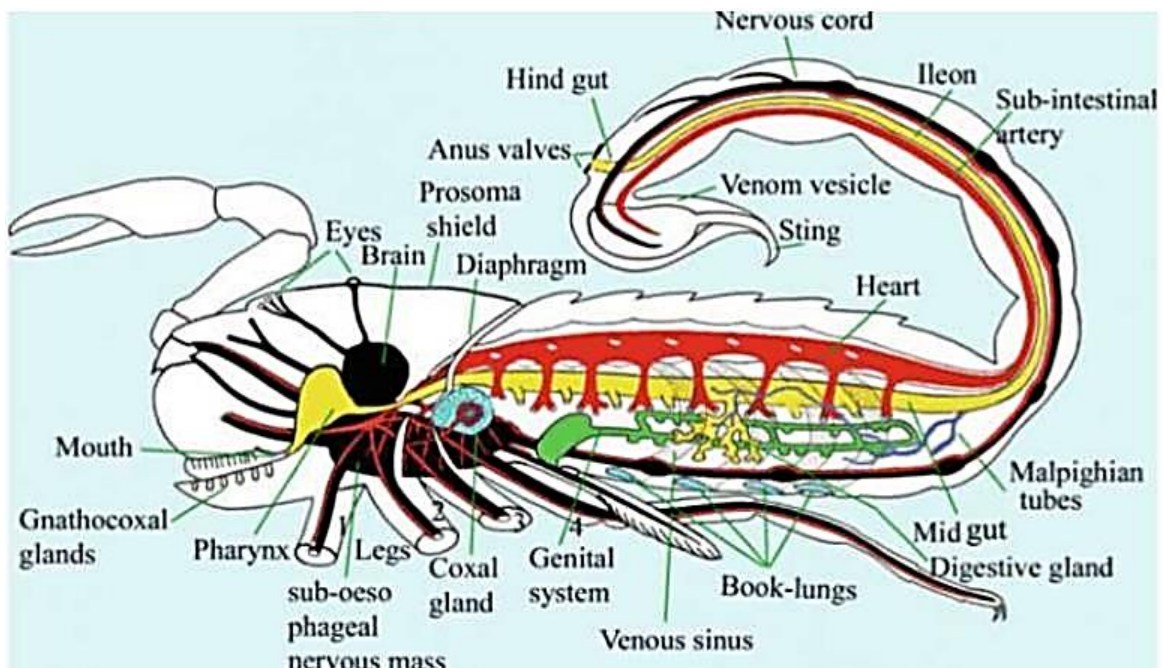


Figure 5: Anatomie interne du scorpions Stockmann, (2013).

II.4.L'alimentation

Ce terrifiant animal carnivore consomme donc de petites proies vivantes ou fraîches, araignées, mouches, coléoptères, blattes, criquets... Le scorpion se régale plus particulièrement en début de saison chaude, mais il est aussi champion du jeûne : il peut vivre 3 ans sans nourriture, mais pas sans eau. (Warburg MR et Polis 1990).

Chapitre III

les nanoparticules (NPs)

III. les nanoparticules (NPs)

III.1.1. Définition des nanoparticules

Le terme « nanoparticule » désigne une particule dont au moins une des dimensions est à l'échelle nanométrique, soit inférieure à 100 nm. Prenant pour ordre de grandeur de la taille d'un atome le rayon de 0,1 nm, une nanoparticule peut se composer de quelques dizaines à quelques centaines d'atomes. Ainsi, les nanoparticules les plus connues, les fullerènes, sont constituées de seulement 60 ou 70 atomes de carbone (Fig. 6). Elles présentent une surface spécifique très élevée en raison de leur très petite taille (Ophélie, Z 2008).

Les nanofluides sont des mi-xtes qui contiennent des nanoparticules dispersées dans un fluide de base afin d'améliorer certaines de ses propriétés. Ce type de liquide intéresse de plus en plus de chercheur depuis la découverte des propriétés thermiques particulières de dispositifs comme les nanoparticules, à l'heure actuelle (Khentoul ,M 2016)



Figure 6: Illustration de la structure d'un fullerène nC60 (Ophélie, Z 2008).

La valeur de surface spécifique déployée par les nanoparticules dépasse mille fois celle accessible par une microparticule (voir Figure 7). Il n'est pas surprenant que l'augmentation du nombre d'atomes de surface soit consécutive à une diminution de la dimension des nanoparticules, et que la réactivité (souvent associée à des propriétés de surface) soit mise en rapport avec la part de surface présente des nanoparticules, ce qui explique le large intérêt porté à leur recherche.

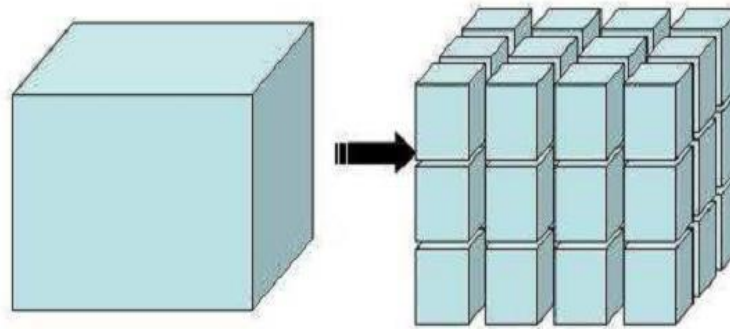


Figure 7: Illustration de la corrélation entre taille et surface spécifique (Ophélie, Z 2008).

Cependant, définir les nanoparticules à partir de l'échelle ne suffit pas à couvrir toutes les nuances de leur réactivité puisque celle-ci dépend en grande partie de leur composition, elle-même très variable. On distingue ainsi les nanoparticules organiques (majoritairement en polymères) des métalliques (ex : nanoparticules d'or ou d'argent), d'oxydes métalliques (ex : Fe_2O_3 , TiO_2) ou encore des composites (ex : quantum dots CdSe-ZnS) (Ophélie, Z 2008). Les nanoparticules, point de jonction entre l'échelle atomique et l'échelle du matériau, possèdent des spécificités structurales propres. En effet, les propriétés des nanoparticules, à différence des matériaux conventionnels, varient en fonctions de leurs tailles. Avancées aux dimensions les plus petites, les nanoparticules sont placées à la fois sous le régime de la physique classique et de la physique quantique. Les principales propriétés étant : optique, électrique, catalytique, thermique, magnétique, mécanique, biologique (Ophélie, Z 2008).

III.1.2. classification des nanoparticules

Conformément à la définition technologique des nanomatériaux, les classant selon leur nombre de dimensions nanométriques, les nanomatériaux sont classés comme suit (figure 8) (L.Daragnes, 2018) :

- ✚ Les matériaux 0-D : matériaux dont toutes les dimensions sont nanométriques. Exemples : NPs, points quantiques, fullerènes...
- ✚ Les matériaux 1-D : matériaux présentant une unique dimension nanométrique. Exemples : nanofils, nanotubes, nano-bâtonnets, nano-cornes, nano-objets...etc.
- ✚ Les matériaux 2-D : matériaux nanostructurés à deux dimensions nanométriques. Exemples : nano-feuilles, nano-films, nano-couches.
- ✚ Les matériaux 3-D : poudres, dispersions de NPs, réseaux de nanofils et nanotubes. Juste à cette classification, s'ajoute une distribution des nanomatériaux dans l'une des trois catégories :

la famille organique : protéines, polymères, etc. leur principale application s'exerçant généralement dans le domaine médical compte tenu de leur faible résistance à l'excitation thermique et électromagnétique.

- ✚ la famille des matériaux inorganiques : incluant les matériaux semi-conducteurs, diélectriques et métalliques.
- ✚ le carbone nanométrique (qui à lui seul constitue une famille, car il est très prometteur).

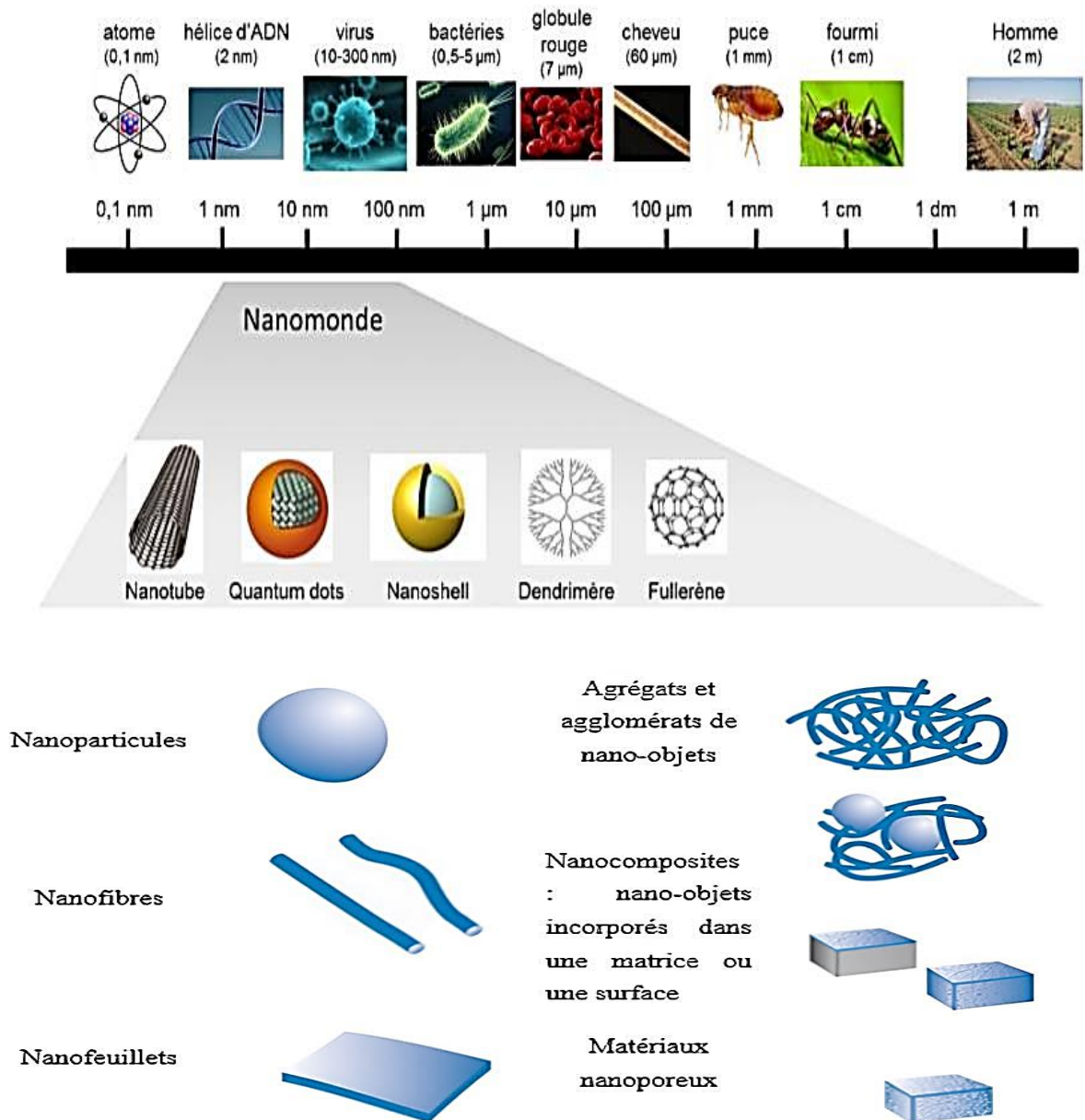


Figure 8: Classification des nanomatériaux (L.Daragnes, 2018).

III.1.3. Propriétés physico-chimiques

La connaissance et la maîtrise des propriétés physico-chimiques des nanoparticules sont nécessaires tant pour envisager leur classification, que leur mise en œuvre à des fins

fonctionnelles optimales . Il s'agit ainsi des propriétés mécaniques, optoélectroniques, structurales et morphologiques . En ce qui concerne les propriétés mécaniques, elles font appel à la capacité du matériau à résister à une contrainte mécanique normalisée ou imposée , par traction, par compression ou par cisaillement (F. Dominique 2024) . En effet , au niveau atomique , la résistance des nanomatériaux s'inscrit dans la problématique de la physique des luxations en prenant en compte leur mortalité . Or , la résistance mécanique dépend principalement du comportement des dislocations, dont toute perturbation d' énergie de libre de seuil , ne venant que des très faibles déplacements relatifs entre les atomes proches , rend l' activation possible par la simple expansion du mouvement thermique de l' ensemble des particules .

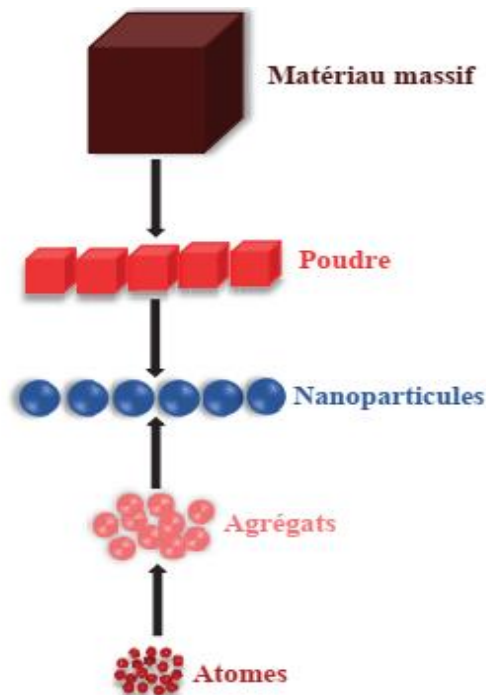
les agencements des atomes dans le réseau cristallin peuvent influencer les propriétés structurales (W. Bardsley et al, 1979). Ainsi , la réalisation des dispositifs nanostructurés nécessite de maîtriser le comportement mécanique à l' échelle nanométrique , mais aussi éventuellement quantique , des propriétés optoélectroniques. En effet, la conductivité électrique est liée à la densité des porteurs de charges générées par l' absorption optique et contrôle le niveau des énergies du niveau . Ceci dit, la maîtrise de la qualité structurale et des propriétés morphologiques est en lien avec le spectre d' absorption énergétique , donc la densité , de porteurs photogénérés. D' où l' idée est qu' il est intéressant de vérifier que l' énergie de l' écart du matériau , dont on va descriptivement valider le modèle , peut être ajustée par le choix de sa dimension nanométrique . La mise en lien des diverses propriétés physico-chimiques est donc la vraie clé technologique. On admet donc que tout type de matériau doit être étudié avec le principe du procédé et du protocole de synthèse associé .

III.1.4. Synthèse des nanoparticules

L' intérêt pour les nanoparticules de semi-conducteurs date d' au moins les années 1980 (E. Mosquera et al . 2017) ; (A. Henglein, 1989) et il existe deux approches pour leur synthèse (Figure 9) : L' approche « Top -Down » se caractérise par la réduction de la matière à l' échelle nanométrique , et des méthodes physiques , comme par exemple les techniques lithographiques (MAKastner,1993) (GMWallraff et WDHInsbrrg ,1999),ou épitaxiales (AIPierre et al ,1999) (PMPetroff,2003) , sont alors utilisés é es . En pratique , les deux approches sont complémentaires pour obtenir des nanoparticules de formes et tailles convenables , tout en é tant reproductibles , ce qui reste en revanche très difficile à atteindre par la seule technique du Top - down .

La démarche « Bottom-up » : Elle est fond é e sur une approche ascendante (de bas en haut) qui repose sur la construction , « atome par atome » , de structures nanométriques. Elle regroupe des techniques de chimie colloïdale en solution. En effet , la synthèse colloïdale, en phase liquide, est adéquate pour obtenir des nanoparticules monodispersées avec un bon contrôle de la taille. C'est ce type de technique qui sera utilisé ensuite .

Approche « descendante » (Top-Down)



Approche « ascendante » (Bottom-Up)

Figure 9. Différentes approches de synthèse des nanoparticules

III.2. L'oxyde de Zinc (ZnO)

III .2.1 . Définition

L'oxyde de zinc (ZnO) est un semi-conducteur piézoélectrique, diélectrique et transparent qui présente une bande interdite directe d'énergie 3,37 eV à température ambiante. Son énergie de liaison est de 60 meV, 2,4 fois l'énergie thermique effective (25 meV à température ambiante (DGThomas, 1960). C'est l'un des paramètres des clés qui font que le ZnO , en plus de ses propriétés de transparence, de conductibilité , et sa résistance à la dégradation électronique à haute température soit , é met une lumière è re proche de l' UV . De m ê me , grâce à son point de fusion plus élevé (2248K) le ZnO est le semi - conducteur II - VI le plus dur . L' oxyde de

zinc présente un coefficient piézoélectrique élevé ($12,4 \text{ pm/V}$ (DFCrisler et al,1968)) par rapport à d'autres matériaux cristallisés avec une maille tétraédrique (Y.Lu et al, 2006) ce qui justifie amplement l'intérêt. qu'il suscite pour des applications en tant que transducteur . D'un point de vue chimique, cet oxyde est stable, peu coûteux et non polluant. De plus, le ZnO peut être traité en solution à des températures plus basses car il se montre presque soluble (A.Tatangelo,2006). Le ZnO existe sous forme naturelle (l'oxyde minéral est nommé « Zincite »), mais peut également être produit sous forme massive artificiellement.

III.2.2. Classification du ZnO

Les nanostructures de ZnO sont d'une grande importance pour la photocatalyse car elles vont terminer leur utilisation dans différentes applications . Une nanostructure de ZnO adéquate va permettre d'optimiser l'efficacité de ce procédé et d'améliorer la récupération du photocatalyseur pendant l'étape de post - traitement . De nombreuses études antérieures ont été menées dans le but de produire du ZnO sous différentes nanostructures / VS Bhati et al, 2020 / . Les nanostructures de ZnO sont classées dans les classes suivantes : zéro dimensionnelle (0D), unidimensionnelle (1D), bidimensionnelle (2D) et tridimensionnelle (3D) (figure 1.4) . Chacune de ces nanostructures peut elle - même comporter des sous catégories ayant des dimensions différentes (tableaux de points quantiques, tableaux allongés, plans tableaux , structures ordonnées dans le cas de la 3D) . Il est à noter ici que les morphologies d'oxydes de zinc de différentes dimensions sont illustrées sur la figure 1 . 4 . Il conviendrait de s'intéresser en particulier aux matrices 1D ZnO qui comprennent des nanotubes , des nanofibres, des nanofils ou des nanotiges et aux nanostructures de ZnO sous forme de nanofeuilles et nanofleurs respectivement pour les matrices 2D et 3D . Les nanomatériaux à base de ZnO ont notamment été utilisés dans diverses applications émergentes les procédés photovoltaïques, les dispositifs électroniques , les photocatalyseurs entre autres ceci grâce à leur stabilité élevée , à leur bonne résistance mécanique et à la grande mobilité des électrons (QK Doan et al, 2020) ;(F .U. Khan et al,2021).

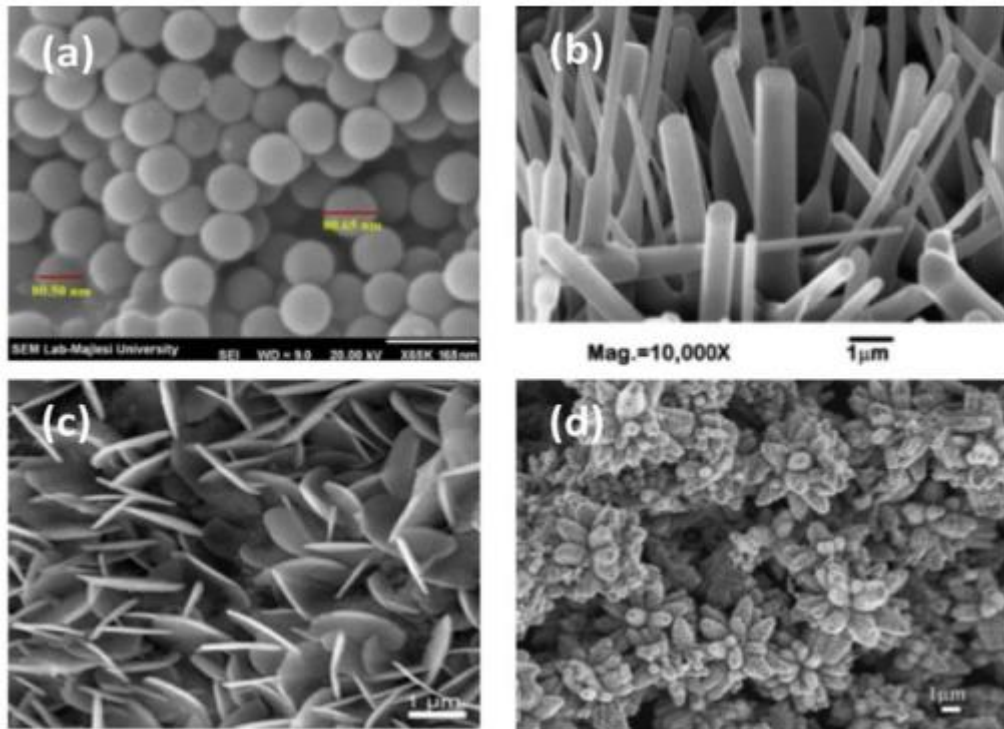


Figure 10: Images de FESEM et MEB pour ZnO (a): 0D, (b): 1D, (c): 2D, (d): 3D

III.2.3. Les méthodes de préparation des ZnO

La préparation d'un grand éventail de nanoparticules sous forme de colloïdes, de grappes, de poudres, de tubes, de tiges, de fils, de couches minces, etc., peut être réalisée par des méthodes variées (S.Kulkarni, 2015). La synthèse des nanoparticules est un processus qui se différencie en deux types de méthodes qui peuvent être classées en méthodes « descendantes » et méthodes « montantes ». La méthode descendante, est celle pour laquelle l'on part d'un morceau de matériau de départ en vrac que l'on réduit à la dimension nanométrique ; la méthode montante est celle qui commence à des niveaux atomiques ou moléculaires que l'on assemble sous forme de particules plus grosses. Ces modes de synthèse s'inscrivent dans un ensemble plus vaste de méthodes pertinentes de la chimie physique, chimie verte, infographie 1.7 (Q. Peng et Y. Qin, 2011). (E. Hu et D. Shaw, 1999).

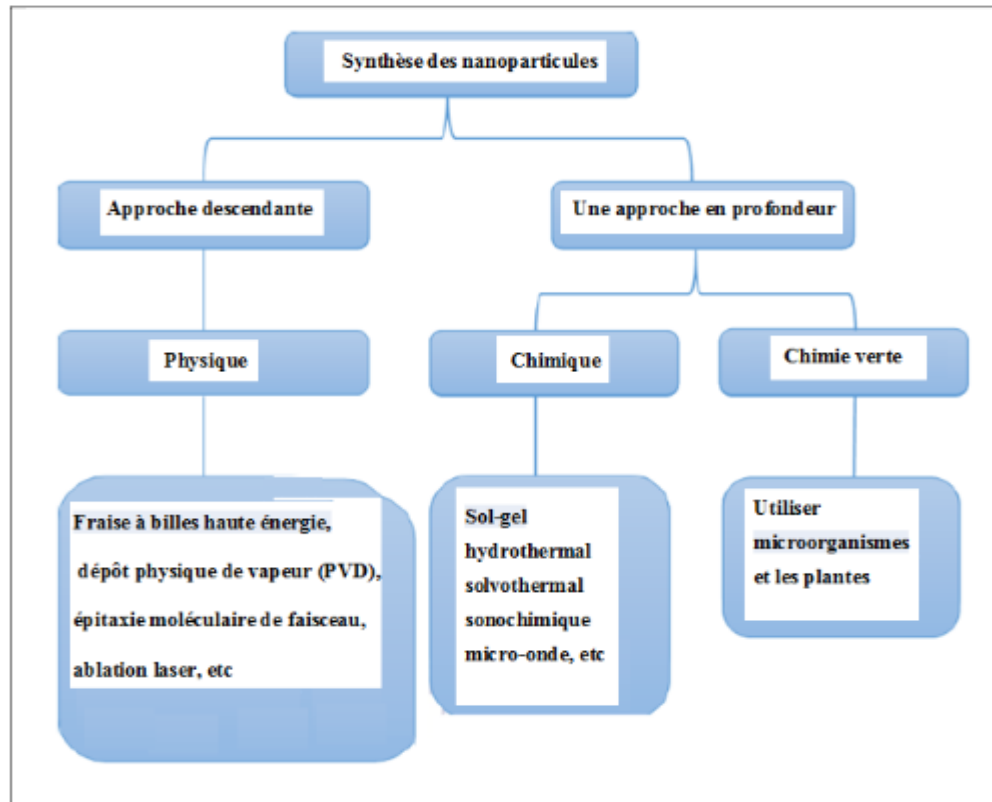


Figure 11: Les différentes méthodes de synthèse pour la culture des nanoparticules(K. Pramila et al,2018).

III.3. Généralités sur Sélénium

III.3.1. Source et dose recommandée en sélénium

III.3.1.1. Dans la nature

L'élément Se, que l'on trouve sous la forme de sélénium natif ou de sulfo séléniure de plomb et de cuivre, est relativement commun sous la forme séléniure qui se forme (entre autres) avec le soufre libre dans de nombreux sulfures. Il est généralement récupéré sur le grillage de sulfures naturels (He et al., 2005; Malisa, 2001).

III.3.2. Propriétés physiques et chimiques du Sélénium

Se, qui est un métalloïde de la famille des chalcogènes regroupant aussi l'oxygène non métal désymbole et de numéro atomique 34 et de masse atomique 78.96, fait partie du groupe 16 (ou VIa) de la classification périodique. Il s'agit d'un élément rare, abondant la plupart du temps à l'état de ... Les degrés d'oxydation du Se sont multiples (-2, 0, +2, +4, +6), il peut réaliser des sels oxygénés ou des liaisons covalentes, et être présent sous forme métallique libre mais aussi sous forme minérale et organique (Figure 08) associée à d'autres telles les formes de plomb, de cadmium, d'acides aminés et de protéines. Les formes de Se les plus courantes (Luchni., 1993; Reddy et Massaro.,1983).

III.3.3. Métabolisme du Sélénium

Le métabolisme du Se emprunte différentes voies selon la forme chimique, sa concentration et la voie d'administration.

III.3.3.1. Voie de pénétration

C'est la première voie orale qui conduit à l'importation de Se dans l'organisme. Les autres voies peuvent être transcutanées, cutanées et pulmonaires. Les voies transcutanées et cutanées constituent la voie d'importation du Se sous forme de soufre Se, présentes dans certains shampoings antipelliculaires et tranquillisants, qui est mieux absorbé par un épithélium enflammé ou détérioré. La voie pulmonaire concerne le Se élémentaire et la séléniure d'hydrogène (H₂Se) issus de la décomposition en milieu acide ou aqueux des séléniures qui sont surtout absorbants (Hadrup et Ravn-Haren.,2021).

III.3.3.2. Absorption

Le processus d'absorption est complexe et dépend de plusieurs aspects. Selon (Niels et Ravn - Haren., 2021), les différentes formes de Se (organiques et inorganiques) sont absorbées par l'organe digestif (intestin). L'absorption cutanée est réalisable (Chih-hung Lin et al., 2011).

III.3.3.3. Métabolisme du sélénium

Le métabolisme du Se n'est pas totalement élu mais le foie joue un rôle central. En général, l'organisme transforme les diverses formes de Se comme le sélénite en séléniure d'hydrogène H₂Se, lui-même impliqué dans le biologie du Se, car rapidement conjugué au glutathion sous forme de sélénodiglutathion au niveau cellulaire. Entre autres, le Se de Se Met, pris sous forme de protéines alimentaires et/ou de compléments alimentaires, est transféré pour être biologiquement le Se que constitue l'acide aminé sélélocystéine (Se Cys) qui sera utilisé pour produire des séléloprotéines (Nielsen et Ravn-Haren, 2021).

III.3.3.4. Excrétion de Sélénium

Le Se non absorbé ou celui provenant des sécrétions digestives est éliminé par les fèces, ce qui représente environ 35 % du taux total du Se éliminé. La voie principale de l'élimination est l'urine qui représente environ 60 % du Se total éliminé. En conditions normales, les pertes par respiration, salive et transpiration sont négligeables alors qu'en cas d'apport important en Se, elles pourraient être plus élevées. L'élimination par la voie cutanée (Niels et Ravn - Haren., 2021) a été mesurée par certains auteurs, qui n'ont pas eu une possibilité d'élimination quotidienne estimée à environ 1¼g / j.

III.3.4. Rôle du Sélénium

Le sélénium, Se, est un élément qui tient une place essentielle dans de nombreuses fonctions biologiques, dont son rôle comme antioxydant, comme fonction thyroïdienne, au système immunitaire et anticancéreux.

III.3.4.1. Rôle antioxydant

Le sélénium occupe une place prépondérante en tant qu'agent antioxydant impliqué en amont dans la composition de la glutathion peroxydase (GSHpx), enzyme par excellence de protection cellulaire contre les radicaux libres et leurs effets toxiques (Tinggi., 2008).

III.3.4.2. Sélénium et cancer

La fonction antiproliférative du sélénium dans les cancers pourrait s'expliquer par une potentialisation de la réponse immunitaire primitive, la protection des cellules contre les oxydants aberrants et la diminution de la production des métabolites cancérogènes. De même, le sélénium pourrait maintenir un rôle d'antioxydant sur la croissance tumorale emprunté au toxique sélectif des cellules tumorales. (Chanson et coll., 2018).

III.3.4.3. Autre rôle biologique

Dans le corps humain, des protéines de sélénium (Se) sont associées à plusieurs organes mais les rôles physiologiques de ces composés sont largement inconnus dans une sélénoprotéine présente dans les muscles humains. Il puisse être corrélé à des niveaux de Se faibles, une concentration élevée en Se ou une supplémentation en Se ont montré une réduction du risque de maladies thyroïdiennes auto-immunes ainsi qu'un effet antiviral et une augmentation de la reproduction chez les hommes et les femmes. La preuve est solide quant à la fonction neurale normale du sélénium (Gajdosechova et al., 2018).

III.3.5 Carence et toxicité du Sélénium

Le sélénium, c'est un peu comme une médaille à deux faces : en petite quantité, il est vital pour notre organisme, mais attention, à forte dose, il peut se transformer en poison. Si les intoxications au sélénium sont plutôt rares chez nous, les manques, eux, sont assez fréquents. On peut s'intoxiquer en en prenant trop, mais il faut vraiment dépasser les 1 000 microgrammes par jour. D'après l'OMS, le sélénium sous forme inorganique serait plus risqué que sa version organique. Et parmi les formes minérales, le sélénite serait pire que le séléniate, d'après des études en labo et sur des organismes vivants (Hadrupa et al., 2020). On ne sait pas encore exactement comment le sélénium devient toxique. Un manque total peut provoquer une maladie du cœur fatale (la maladie de Keshan) ou augmenter les risques de problèmes

cardiaques ou de cancer. De plus, un manque de sélénium diminue le nombre de cellules de Langerhans dans la peau, ce qui pourrait affaiblir nos défenses cutanées.

Conclusion

En conclusion, cette thèse présente le développement d'un produit cosmétique innovant de détatouage, en exploitant les propriétés uniques du verre hyalin de scorpion, associé à des nanoparticules d'oxyde de zinc (ZnO), de sélénium (Se), ainsi qu'à leur combinaison dopée (ZnO-Se)0,05%. La biosynthèse des nanoparticules a été réalisée selon une approche verte, respectueuse de l'environnement, sans recours à des agents chimiques toxiques, renforçant ainsi l'aspect durable de la formulation.

Ce projet repose sur une approche novatrice, qui propose une alternative aux méthodes traditionnelles de détatouage souvent agressives et invasives. En tirant parti de la nanotechnologie, le produit vise à améliorer la dégradation des pigments d'encre tout en minimisant les dommages cutanés potentiels. Cela revêt une importance capitale dans le domaine cosmétique, où la sécurité cutanée est primordiale.

Une caractérisation approfondie des nanoparticules a été réalisée à l'aide de plusieurs techniques analytiques telles que la spectroscopie UV-Vis, la spectroscopie FT-IR, la diffraction des rayons X. Ces analyses ont permis de confirmer la structure, la composition et la morphologie des nanoparticules, assurant ainsi leur efficacité et leur innocuité dans un contexte dermatologique.

Sur le plan biologique, les résultats obtenus sont particulièrement prometteurs. L'étude de l'activité antioxydante des échantillons par les méthodes DPPH et FRAP a révélé une activité relativement faible dans l'ensemble des formulations, ce qui pourrait toutefois être compensé par les autres propriétés fonctionnelles. En revanche, une activité antibactérienne marquée a été observée, en particulier dans les formulations dopées. Les nanoparticules ont également démontré une bonne tolérance hématologique à travers les tests d'activité anti-hémolytique, ce qui est essentiel pour une application topique sécurisée.

Une activité photocatalytique notable a été mise en évidence, traduite par la dégradation significative de colorants organiques, ce qui laisse présager une capacité à fragmenter les pigments d'encre intradermiques. En parallèle, les tests de coagulation (TP et TcK) ont montré une activité anticoagulante intéressante. De plus, des activités anti-inflammatoires remarquables ont été observées. Les nanoparticules de sélénium ont démontré un haut niveau d'activité anti-inflammatoire, atteignant 98,69 %. Il a également été mis en évidence que les nanoparticules ZnO@Se NPs présentaient une performance améliorée par rapport au ZnO seul,

Conclusion

notamment à des concentrations faibles (55,31 % à 0,3125 mg/ml). Cette amélioration suggère un effet synergique entre l'oxyde de zinc et le sélénium, renforçant leur activité anti-inflammatoire et positionnant ce système nanométrique comme une option très prometteuse. L'application de la crème sur des souris tatouées a par ailleurs démontré une efficacité remarquable dans l'estompage des tatouages en seulement 10 jours, notamment avec la formulation dopée à 0,05 % de ZnO et Se, et ce sans causer d'irritations, de rougeurs ni d'effets secondaires visibles.

Dans l'ensemble, les résultats mettent en évidence le potentiel des NPs ZnO @Se par rapport à d'autres échantillons pour développer des produits cosmétiques efficaces, en particulier pour des applications telles que le détatouage, tout en garantissant sécurité et efficacité

Ces résultats confirment à la fois l'innocuité et l'efficacité du produit, renforcées par des essais *in vitro* et *in vivo*. La capacité des nanoparticules dopées à dégrader l'encre sans endommager la peau constitue une avancée majeure en matière de cosmétique dermatologique.

Cette recherche apporte une contribution notable au domaine de la nanotechnologie appliquée aux cosmétiques, en explorant l'usage de composants naturels et biocompatibles pour des applications dermatologiques sensibles. Elle ouvre ainsi la voie à de futures innovations dans le domaine du détatouage, mais aussi dans d'autres traitements esthétiques non invasifs.

En somme, cette thèse répond non seulement à un défi cosmétique contemporain, mais met également en lumière l'importance des pratiques durables, de la sécurité d'emploi, et de l'intégration de la science des matériaux dans le développement de solutions esthétiques modernes et respectueuses de la santé humaine.

Références bibliographiques

1. Abdelmadjide, S. E. L. A. I. M. I. A., Mounir, A. Z. O. U. Z., Atef, C. H. O. U. I. K. H., Nadia, Z. G. A., & Neji, B. E. S. B. E. S. (2020). PHYTOCHEMICAL STUDY, ANTIOXIDANT AND ANTIMICROBIAL ACTIVITIES OF FLAVONOIDS AND DIETHYL ETHER EXTRACTS FROM LEAVES AND SEEDS OF MEDICINAL PLANT OF ALGERIA FLORA: *Retamamonosperma* (L.) Boiss. *PONTE International Journal of Science and Research*, 76(4).
2. Abirami, S., Rajasekaran, T., & Sivasudha, T. (2014). Hemolysis assessment and antioxidant activity evaluation modified in an oxidized erythrocyte model. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62(9), 2056–2061. <https://doi.org/10.1021/jf4049935>
3. Ajmone-Cat, M. A., De Simone, R., Tartaglione, A. M., Di Biase, A., Di Benedetto, R., D'Archivio, M., ... & Minghetti, L. (2022). Critical role of maternal selenium nutrition in neurodevelopment: Effects on offspring behavior and neuroinflammatory profile. *Nutrients*, 14(9), 1850.
4. Atolaiye, B., Edward-Ekpu, D., et Bamidele, T. (2019). Effect of pH et Hypo-Osmotic Stress on NaCl Electrolyte Permeation across Red Blood Cell Membrane. *Journal of Applied Sciences et Environmental Management*, 23(7), 1353-1356.
5. Azzi, M., Mokni, S., Medila, I., Toumi, I., Hasan, G. G., Laouini, S. E., ... & Menaa, F. (2024). Optimizing synergies: unraveling the effect of ZnO nanoparticle calcination on in vitro antibacterial potency and photocatalytic efficiency of Cephalexin A study into kinetics and isotherms. *Chemistry Africa*, 7(7), 3871-3881.
6. Bard, A. J. (1980). Photoelectrochemistry. *Science*, 207(4427), 139–144.
7. Baydar, N. G., Özkan, G., & Sağdıç, O. (2004). Total phenolic contents and antibacterial activities of grape (*Vitis vinifera* L.) extracts. *Food Control*, 15(5), 335-339.
8. Bhati, V. S., Hojamberdiev, M., & Kumar, M. (2020). Enhanced sensing performance of ZnO nanostructures-based gas sensors: A review. *Energy Reports*, 6, 46-62. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2019.08.070>
9. Bhunia, A. K., Samanta, P. K., Saha, S., & Kamilya, T. (2013). ZnO nanoparticle-protein interaction: Corona formation with associated unfolding. *Applied Physics Letters*, 103(14), 143701.
10. Bose, P., Black, S., Kadyrov, M., Weissenborn, U., Neulen, J., Regan, L., & Huppertz, B. (2005). Heparin and aspirin attenuate placental apoptosis in vitro: implications for early pregnancy failure. *American Journal of Obstetrics and Gynecology*, 192(1), 23-30.
11. Camel, V., Maillard, M.-N., Piard, J., Dumas, C., Cladière, M., Fitoussi, G., Brun, E., Billault, I., & Sicard-Roselli, C. (2020). CHIMACTIV: An Open-Access Website for Student-Centered Learning in Analytical Chemistry. In: ACS Publications.
12. Chaudhary, S., Umar, A., & Mehta, S. K. (2016). Selenium nanomaterials: an overview of recent developments in synthesis, properties and potential applications. *Progress in Materials Science*, 83, 270-329.
13. Chen, Z., Shen, Y., Xie, A., Zhu, J., Wu, Z., & Huang, F. (2009). L- Cysteine-assisted controlled synthesis of selenium nanospheres and nanorods. *Crystal Growth & Design*, 9(3), 1327–1333. <https://doi.org/10.1021/cg800398b>
14. Chih-hung Lin, Chia-lang Fang, Saleh A Al-suwayeh, Shih-yun Yang and Jiayou Fang. (2011). In vitro and in vivo percutaneous absorption of seleno-L-methionine, an antioxidant agent, and other selenium species. *Acta Pharmacologica Sinica*, 32(9), 1181–1190.
15. Cittrarasu, V., Kaliannan, D., Dharman, K., Maluventhen, V., Easwaran, M., Liu, W. C., ... & Arumugam, M. (2021). Green synthesis of selenium nanoparticles mediated

- from *Ceropegia bulbosa* Roxb extract and its cytotoxicity, antimicrobial, mosquitocidal and photocatalytic activities. *Scientific Reports*, 11(1), 1032.
16. COSMEBIO. (n.d.). *Cosmétique bio*. Retrieved from <https://www.cosmebio.org/fr/la-cosmetique-bio/>
 17. Crisler, D. F., Cupal, J. J., & Moore, A. R. (1968). Dielectric, piezoelectric, and electromechanical coupling constants of zinc oxide crystals. *Proceedings of the IEEE*, 56, 225–226. <https://doi.org/10.1109/PROC.1968.6246>
 18. Dima, J., Raghda, L., et Abdul-Jalil, G. (2017). Evaluation of hemolytic et anti-hemolytic activity of the aerial parts of *Sonchus oleraceus* extracts. *International Journal of Pharmaceutical Sciences et Nanotechnology (IJPSN)*, 3745-3751.
 19. Din, M. I., Khalid, R., Najeeb, J., et Hussain, Z. (2021). Fundamentals et photocatalysis of methylene blue dye using various nanocatalytic assemblies-a critical review. *Journal of Cleaner Production*, 298, 126567.
 20. Dominique, F. (n.d.). *Propriétés mécaniques des matériaux nanostructurés*. Techniques de l'Ingénieur. Retrieved from <https://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/materiaux-th11/surfaces-et-structuresfonctionnelles-42534210/proprietes-mecaniques-des-materiaux-nanostructures-m4029/>
 21. Dupre, G., Lambert, N., & Gerard, P. (1998). *Les scorpions, biologie élevage*. Dupré G Paris.
 22. Ebar, M. H. O., Mohamed Abdalla, R. A. A., Merghani, M. M., et Babiker, N. E. (2022). Measurement of Prothrombin Time (PT) et Activated Partial Thromboplastin Time (APTT), Fibrinogen Level, D-Dimer in Sudanese Infants et Children with Sepsis Khartoum State, 2022.
 23. ECOCERT. (n.d.). *Cosmétique écologique et biologique*. Retrieved from www.ecocert.com/cosmetique-ecologique-et-biologique/
 24. Encyclopaedia Britannica. (2024). *Scorpion*. Britannica.
 25. FILAB. (2024). *Laboratoire d'analyse par Microscopie Électronique à Balayage (MEB-EDX)*. FILAB. <https://filab.fr/nos-moyens-techniques/laboratoire-d-analyses-par-microscopie-electronique-a-balayage-meb-edx/>
 26. Filippi, D. (2007). *Dictionnaire de la cosmétique*. Infolio edition.
 27. Gad, N. H., El-Helaly, A., & Abdel-Moneim, A. (2021). Bioactive peptides from scorpion venom: A review of their biological activities. *Toxins*, 13(10), 703. <https://doi.org/10.3390/toxins13100703>
 28. Gajdosechova, Z., Solovyev, N., & Schomburg, L. (2018). Selenoproteins in brain development and function. *Frontiers in Neuroscience*, 12, 1–14. <https://doi.org/10.3389/fnins.2018.00322>
 29. Ghosh, A., Roy, R., Nandi, M., & Mukhopadhyay, A. (2019). Scorpion Venom–Toxins that Aid in Drug Development: A Review. *International Journal of Peptide Research and Therapeutics*, 25(1), 27–37. <https://doi.org/10.1007/s10989-018-9721-x>
 30. Goodhead, L. K., et MacMillan, F. M. (2017). Measuring osmosis et hemolysis of red blood cells. *Advances in Physiology Education*, 41(2), 298-305.
 31. Grassé, P. (1949). *Traité Zoologie, Ordre des scorpions*. Edit Muséum National d'Historique Naturelle. Paris, tome 6, 386-436.
 32. Gueboudji, Z., Addad, D., Kadi, K., Nagaz, K., Secrafi, M., Yahya, L. B., Lachehib, B., et Abdelmalek, A. (2022). Biological activities et phenolic compounds of olive oil mill wastewater from Abani, endemic Algerian variety. *Scientific Reports*, 12(1), 6042.
 33. Guyot, H., Lehr-Drylewicz, A.-M., Marret, H., Simon, E., & Wagner-Ballon, J. (2020). *120 questions en gynécologie-obstétrique* (3e éd.). Elsevier-Masson. ISBN: 978-2-294-72491-6.

34. Hadrup, S. L., & Ravn-Haren, G. (2021). Hadrurid scorpion toxins: Evolutionary conservation and selective pressures. *Toxins*, *11*(11), 637.
35. Hadrup, N., & Ravn-Haren, G. (2021). Absorption, distribution, metabolism and excretion (ADME) of oral selenium from organic and inorganic sources: A review. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, *67*, 126801.
36. Hadrupa, I., et al. (2020). Environmental Selenium Research: From Microscopic Processes to Global Understanding. *Environmental Science & Technology*. <https://doi.org/10.1021/es203434d>
37. Hamza, K. M., et Abdeen, A. H. (2015). Prothrombin Time (PT) et Activated Partial Thromblastin Time (APTT) In Sudanese Diabetic Patients–Khartoum State.
38. He, Z. L., Yang, X. E., & Stoffella, P. J. (2005). Trace elements in agroecosystems and impacts on the environment. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, *19*, 125-140.
39. Henglein, A. (1989). Small-particle research: Physicochemical properties of extremely small colloidal metal and semiconductor particles. *Chemical Reviews*, *89*(8), 1861–1873. <https://doi.org/10.1021/cr00098a010>
40. <http://www.cnrtl.fr/etymologie/cosmetique>. (n.d.). *cnrtl.fr*. Retrieved from <http://www.cnrtl.fr/etymologie/cosmetique>
41. Hu, E., & Shaw, D. (1999). Synthesis and Assembly. In R. Siegel, E. Hu, & M. Roco (Eds.), *Nanostructure Science and Technology: R&D Status and Trends in Nanoparticles, Nanostructured Materials and Nanodevices* (pp. 15-33). Springer-Science+Business Media.
42. Ifijen, I. H., Maliki, M., & Anegebe, B. (2022). Synthesis, photocatalytic degradation and antibacterial properties of selenium or silver doped zinc oxide nanoparticles: A detailed review. *OpenNano*, *8*, 100082.
43. Karthik, G., Angappan, M., Kumar, A. V., & Natarajapillai, S. (2013). Using albumin denaturation inhibition method to determine the anti-inflammatory activity of phenolic compounds in some locally available fruit juices. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, *5*(4), 156–158.
44. Kastner, M. A. (1993). Artificial Atoms. *Physics Today*, *46*(1), 24–31. <https://doi.org/10.1063/1.881393>
45. Kazemi, M., Akbari, A., Zarrinfar, H., Soleimanpour, S., Sabouri, Z., Khatami, M., & Darroudi, M. (2020). Evaluation of antifungal and photocatalytic activities of gelatin-stabilized selenium oxide nanoparticles. *Journal of Inorganic and Organometallic Polymers and Materials*, *30*, 3036-3044.
46. Kenza. Kadi, R. Mrah, S. Hamli, S. Lekmine, D. Dib, D. Addad, S Boukeria, Z. Gueboudji, I. Hafsaoui. (2020). EVALUATION OF THE ANTICOAGULANT ACTIVITY OF MARGINS FROM OLIVES EXTRACTION IN THE KHENCHELA REGION. *Journal of Fundamental and Applied Sciences*, *12*(2), 634-649.
47. Khan, A. U., Yuan, Q., Wei, Y., Tahir, K., Khan, S. U., Ahmad, A., Khan, S., Nazir, S., et Khan, F. U. (2016). Ultra-efficient photocatalytic deprivation of methylene blue et biological activities of biogenic silver nanoparticles. *Journal of Photochemistry et Photobiology B: Biology*, *159*, 49-58.
48. Khan, F. U., Khan, Z. U. H., Ma, J., Khan, A. U., Sohail, M., Chen, Y., Yang, Y., & Pan, X. (2021). An Astragalus membranaceus based eco-friendly biomimetic synthesis approach of ZnO nanoflowers with an excellent antibacterial, antioxidant and electrochemical sensing effect. *Materials Science and Engineering: C*, *118*, 111432. <https://doi.org/10.1016/j.msec.2020.111432>

49. KHENTOUL, M. (2016). *Étude Numérique de la Convection Mixte dans un Canal Horizontal Contenant des Ailettes*. (Doctoral dissertation, Frères Mentouri – Constantine, Algeria).
50. Koh, C. Y., & Kini, R. M. (2016). From snake venom toxins to therapeutics—Cardiovascular examples. *Toxins*, 3(1), 194-221. <https://doi.org/10.3390/toxins3010194>
51. Kraepelin, E. (1902). *Psychiatrie: Ein Lehrbuch für Studierende und Ärzte*. J. A. Barth.
52. Kulkarni, S. (2015). *Nanotechnology: Principles and Practices*. Capital Publishing Company.
53. Kumar, P., Singh, P., & Kumar, A. (2018). Enhancement of biological activities of doped ZnO nanoparticles. *Materials Science and Engineering: C*, 88, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.msec.2018.02.025>
54. Daragnes, L. (2018). *Les nanoparticules de dioxyde de titane, leur place dans l'industrie cosmétique et ses dangers*. (Unpublished manuscript).
55. Li, X., Jiang, S., & Huang, J. (2019). Protective effects of scorpion peptides on erythrocyte membrane against oxidative damage. *Journal of Ethnopharmacology*, 236, 267-275. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2019.02.020>
56. Lu, Y., Emanetoglu, N. W., & Chen, Y. (2006). ZnO Piezoelectric Devices. In C. Jagadish & S. Pearton (Eds.), *Zinc Oxide Bulk, Thin Films and Nanostructures* (pp. 443–489). Elsevier Science Ltd. <https://doi.org/10.1016/B978-008044722-3/50013-0>
57. Malisa, E. P. (2001). The behaviour of selenium in geological processes. *Environmental Geochemistry and Health*, 23, 137-158.
58. Mellinas, C., Jiménez, A., & Garrigós, M. D. C. (2019). Microwave-assisted green synthesis and antioxidant activity of selenium nanoparticles using Theobroma cacao L. bean shell extract. *Molecules*, 24(22), 4048.
59. Millot, J., & Paulian, R. (1943). Les scorpions de l'Algérie. *Archives de l'Institut Pasteur d'Algérie*, 21(1), 1–24.
60. Millot, J., & Vachon, M. (1949). *Traité Zoologie, Ordre des scorpions*. Edit Muséum National d'Historique Naturelle, Paris, tome 6, 386-436.
61. Mohamed Hassan Osman Ebar, Alia bushraosman Mohamed, Remaz Ahmed Alamen Mohamed Abdalla, Maye M. Merghani, & NihadElsadigBabiker. (2022). Measurement of Prothrombin Time (PT) and Activated Partial Thromboplastin Time (APTT), Fibrinogen Level, D-Dimer in Sudanese Infants and Children with Sepsis Khartoum State. *International Journal of Medical Science and Clinical Invention*, 9(8), 6217-6222.
62. Mohamed, A. A., Abdelaziz, S., & El-Sayed, M. (2020). Antioxidant and membrane stabilizing activities of natural products: An overview. *Pharmaceutical Biology*, 58(1), 9-22. <https://doi.org/10.1080/13880209.2020.1719497>
63. Mosquera, E., Carvajal, N., Morel, M., & Marín, C. (2017). Fabrication of ZnSe nanoparticles: Structural, optical and Raman Studies. *Journal of Luminescence*, 192, 814–817. <https://doi.org/10.1016/j.jlumin.2017.08.017>
64. Munteanu, I. G., et Apetrei, C. (2021). Analytical methods used in determining antioxidant activity: A review. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(7), 3380.
65. Murray, R. K., Granner, D. K., Mayes, P. A., & Rodwell, V. W. (2000). *Harper's Biochemistry*. McGrawHill.
66. Nabavi, F. S., Nabavi, M. S., Hellio, C., Alinezh, H., Zare, M., Azimi, R., & Baharfar, R. (2012). Antioxidant and antihemolytic activities of methanol extract of Hyssopus angustifolius. *Journal of Applied Botany and Food Quality*, 85, 198-201.

67. Nasab, N. K., Sabouri, Z., Ghazal, S., et Darroudi, M. (2020). Green-based synthesis of mixed-phase silver nanoparticles as an effective photocatalyst et investigation of their antibacterial properties. *Journal of Molecular Structure*, 1203, 127411.
68. Nayak, V., Singh, K. R., Singh, A. K., & Singh, R. P. (2021). Potentialities of selenium nanoparticles in biomedical science. *New Journal of Chemistry*, 45(6), 2849-2878.
69. Okoko, T., Ere, D. (2012). Reduction of hydrogen peroxide–induced erythrocyte damage by Carica papaya leaf extract. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 2(6), 449-453.
70. Ophélie, Z. (2008). *Etudes des interactions physicochimiques et biologiques entre des nanoparticules manufacturées et des bactéries de l'environnement*. (Doctoral dissertation, Paris VI - Pierre et Marie Curie).
71. Oyaizu, M. (1986). Studies on products of browning reaction Antioxidative activities of products of browning reaction prepared from glucosamine. *Japanese Journal of Nutrition*, 44, 307–315.
72. Patra, J. K., Das, G., Fraceto, L. F., et al. (2018). Nano based drug delivery systems: recent developments and future prospects. *Journal of Nanobiotechnology*, 16(1), 71. <https://doi.org/10.1186/s12951-018-0392-8>
73. Peng, Q., & Qin, Y. (2011). ZnO Nanowires and their Application for Solar Cells. In *Nanowires-Implementations & Applications* (pp. 157-178). InTech.
74. Petroff, P. M. (2003). Epitaxial growth and electronic structure of self-assembled quantum dots. *Nano Science and Technology: Nov. Structured Phenomena*, 25, 61–71. <https://doi.org/10.1201/9780203390283>
75. Pierre, A. I. M. Petroff, Axel Lorke. (1999). *Epitaxially Self-Assembled Quantum Dots* (pp. 62–94).
76. Polis, G. A. (1990). *The biology of scorpions*.
77. Pramila Khandel, Ravi Kumar Yadaw, Deepak Kumar Soni, Leeladhar Kanwar, Sushil Kumar Shahi. (2018). Biogenesis of metal nanoparticles and their pharmacological applications: present status and application prospects. *Journal of Nanostructure in Chemistry*, 8, 217–254.
78. Radmanesh, M. (1990). Clinical study of Hemiscorpius lepturus in Iran. *The Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 93, 327–332.
79. Raghunath, A., & Perumal, E. (2017). Metal oxide nanoparticles as antimicrobial agents: A promise for the future. *International Journal of Antimicrobial Agents*, 49(2), 137-152. <https://doi.org/10.1016/j.ijantimicag.2016.08.015>
80. Rajeshwari, C. U., Shobha, R. I., & Andalle, B. (2012). Anti-hemolytic activity of various fraction of methanolic extract of coriander (*Coriandrum sativum* L.) leaves and seeds: A comparative study. *Pakistan Journal of Food Science*, 22(1), 1-6.
81. Romulo, A. (2020). The principle of some in vitro antioxidant activity methods. *IOP Conference Series: Earth et Environmental Science*.
82. Sadeer, N., Montesano, D., Albrizio, S., Zengin, G., et Mahomoodally, F. (2020). The Versatility of Antioxidant Assays in Food Science et Safety-Chemistry, Applications, Strengths, et Limitations. *Antioxidants*, 9, 709. <https://doi.org/10.3390/antiox9080709>
83. Saleem, I., Rana, N. F., Tanweer, T., Arif, W., Shafique, I., Alotaibi, A. S., Almukhlifi, H. A., Alshareef, S. A., & Mena, F. (2022). Effectiveness of Se/ZnO NPs in Enhancing the Antibacterial Activity of Resin-Based Dental Composites. *Materials (Basel, Switzerland)*, 15(21), 7827. <https://doi.org/10.3390/ma15217827>
84. Saradha, M., Paulsamy, S., & Vinitha, R. (2013). Antioxidant and antihemolytic activity of endangered plant species, Hildegardia populifolia and Nigella sativa. *Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*, 6(5), 135-137.

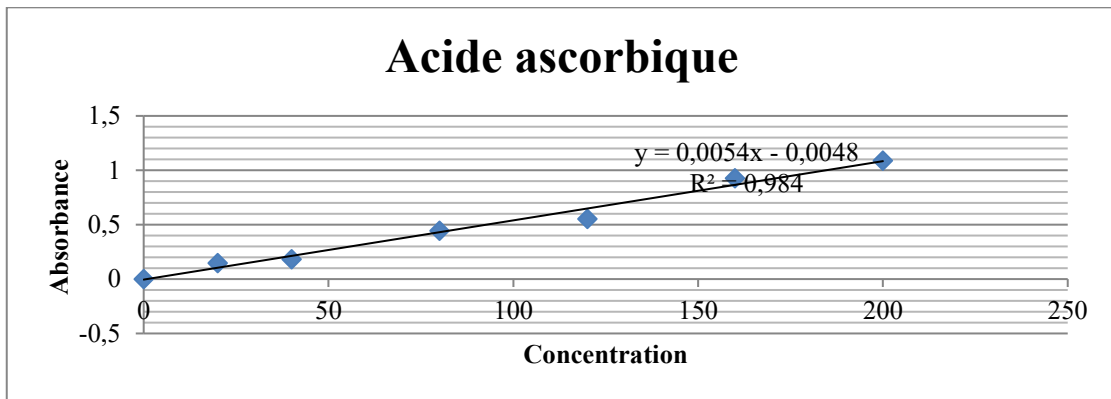
85. Satpathy, S., Panigrahi, L. L., Samal, P., Sahoo, K. K., & Arakha, M. (2024). Biogenic synthesis of selenium nanoparticles from *Nyctanthes arbor-tristis* L. and evaluation of their antimicrobial, antioxidant and photocatalytic efficacy. *Heliyon*, *10*(12).
86. Sergent, E. (1946). Sérothérapie antiscorpionique (Neuvième note): Observations médicales récentes. *Archives de l'Institut Pasteur d'Algérie*, *45*, 115–120.
87. Shah, C. P., Singh, K. K., Kumar, M., & Bajaj, P. N. (2010). Vinyl monomers-induced synthesis of polyvinyl alcohol-stabilized selenium nanoparticles. *Materials Research Bulletin*, *45*, 56–62.
88. Shahidi, F., et Zhong, Y. (2015). Measurement of antioxidant activity. *Journal of Functional Foods*, *18*, 757-781.
89. Sharma, N., Kaur, M., & Singh, B. (2015). Antioxidant and membrane stabilizing activities of Terminalia arjuna bark extract. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, *7*(2), 387-390.
90. Shin, D. H., Kim, B. H., Lee, D. W., & Kim, H. K. (2008). Structural and mechanical properties of nanocrystalline Fe–Cu alloys prepared by mechanical alloying. *Materials Science and Engineering: A*, *474*(1–2), 256–263. <https://doi.org/10.1016/j.msea.2007.05.110>
91. Sirelkhatim, A., Mahmud, S., Seeni, A., et al. (2015). Review on zinc oxide nanoparticles: Antibacterial activity and toxicity mechanism. *Nano-Micro Letters*, *7*(3), 219-242. <https://doi.org/10.1007/s40820-015-0040-x>
92. Song, J., Liu, Z., Zhang, Y., & Zhang, J. (2018). Hadrurid scorpion toxins: Evolutionary conservation and selective pressures. *Toxins*, *11*(11), 637. (Duplicate of Hadrup, S. L., & Ravn-Haren, G. (2021) with different authors).
93. Steinbrenner, H., & Sies, H. (2013). Selenium homeostasis and antioxidant selenoproteins in brain: implications for disorders in the central nervous system. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, *536*(2), 152-157.
94. Sugahara, S., Ueda, Y., Fukuhara, K., Kamamuta, Y., Matsuda, Y., Murata, T., Kuroda, Y., Kabata, K., Ono, M., et Igoshi, K. (2015). Antioxidant effects of herbal tea leaves from yacon (*Smallanthus sonchifolius*) on multiple free radical et reducing power assays, especially on different superoxide anion radical generation systems. *Journal of Food Science*, *80*(11), C2420-C2429.
95. Tatangelo, A. (n.d.). *Optimisation de la précipitation des métaux lourds en mélange et valorisation des boues d'hydroxydes: application aux effluents de traitement de surfaces*. (Unpublished manuscript).
96. TEBANI, M. (2014). *L'apport du sélénium et de la vitamine E dans la toxicité du nickel chez le rat Wistar Albinos*. (Doctoral dissertation, Badji Mokhtar University).
97. Thomas, D. G. (1960). The exciton spectrum of zinc oxide. *Journal of Physics and Chemistry of Solids*, *15*, 86–96. [https://doi.org/10.1016/0022-3697\(60\)90104-9](https://doi.org/10.1016/0022-3697(60)90104-9)
98. Tinggi, U. (2008). Selenium: its role as antioxidant in human health. *Environmental Health and Preventive Medicine*, *13*(2), 102-108.
99. Traber, M. G., & Atkinson, J. (2007). Vitamin E, antioxidant and nothing more. *Free Radical Biology and Medicine*, *43*(1), 4-15. <https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2007.03.024>
100. Triunfo, M., Tafi, E., Guarnieri, A., Scieuzo, C., Hahn, T., Zibek, S., Salvia, R., & Falabella, P. (2021). Insect Chitin-Based Nanomaterials for Innovative Cosmetics and Cosmeceuticals. *Cosmetics*, *8*(2), 40. <https://doi.org/10.3390/cosmetics8020040>
101. Vachon, M. (1952). *Etude sur les scorpions*. Institut Pasteur d'Algérie.
102. Vahdati, M., & Tohidi Moghadam, T. (2020). Synthesis and Characterization of Selenium Nanoparticles-Lysozyme Nanohybrid System with Synergistic Antibacterial Properties. *Scientific Reports*, *10*, 510. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-57333-7>

103. Vijayaraghavan, M., Sengupta, P., Sumantran, V., Suganya, N., et Chatterjee, S. (2020). Induced Stress on Red Blood Cell Promotes Red Blood Cell-Endothelial Adhesion. *Cell et Tissue Biology*, 14, 448-457.
104. Wallraff, G. M., & Hinsberg, W. D. (1999). Lithographic Imaging Techniques for the Formation of Nanoscopic Features. *Chemical Reviews*, 99(7), 1801–1821. <https://doi.org/10.1021/cr980003i>
105. Warburg, M. R., & Polis, G. A. (n.d.). Behavioural responses, rhythms. And activity patterns. In *The Biology of Scorpions* (pp. 224-246).
106. Wasser, S. P. (2014). Medicinal mushroom science: Current perspectives, advances, evidences, and challenges. *Biomedical Journal*, 37(6), 345-356. <https://doi.org/10.1016/j.bj.2014.06.001>
107. Weldegebrerial, G. K., et Sibhatu, A. K. (2021). Photocatalytic activity of biosynthesized α -Fe₂O₃ nanoparticles for the degradation of methylene blue et methyl orange dyes. *Optik*, 241, 167226.
108. Xiao, F., Xu, T., Lu, B., et Liu, R. (2020). Guidelines for antioxidant assays for food components. *Food Frontiers*, 1(1), 60-69.
109. Yang, F., Tang, Q., Zhong, X., Bai, Y., Chen, T., Zhang, Y., Li, Y., & Zheng, W. (2012). Surface decoration by Spirulina polysaccharide enhances the cellular uptake and anticancer efficacy of selenium nanoparticles. *International Journal of Nanomedicine*, 7, 835–844.
110. Zekri, W., Moussi, A., Sadine, S. E., & Sarhan, M. (2022). Buthus Leach, 1815 (Scorpiones: Buthidae): Taxonomic status of species in Algeria with their morphological and molecular study in Aures region. *Serket*, 18(3), 400–415.
111. Zhao, Y., Sun, X., & Zhang, S. (2020). Selenium nanoparticles as an efficient antioxidant and anti-inflammatory agent: A review. *Nanomaterials*, 10(7), 1384. <https://doi.org/10.3390/nano10071384>

Annexes

Annexe 01°:

Figure 01 : Gamme d'étalonnage de pouvoir reducteur de fer d'acide ascorbique



Annexe 02°:

Figure 02: Activités photo catalytique dans laboratoire de l'université d'EL OUED



Annexe03°

Figure03: Résultats du test de anticoagulant (TP;TcK) effectuer au niveau de laboratoire Ibnrochd

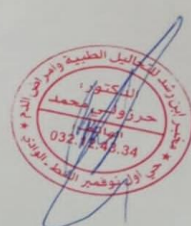
Teste Anticoagulant

-Le taux de Prothrombine (TP) :

Échantillons	-1-	-2-	-3-	-4-
Extrait	Tp : 76,7 Inr :1,25	Tp :94,5 Inr :1,05	Tp :100 Inr 1	Tp :100 Inr :1
Zno	Tp :79,6 Inr :1,21	Tp :100 Inr :1	Tp :100 Inr :1	Tp :100 Inr :1
Se	Tp : 79,6 Inr : 1,21	Tp :95,8 Inr :1,04	Tp :82,7 Inr :1,18	Tp :94,5 Inr :1,05
Dopage	Tp :100 Inr :1	Tp :79,6 Inr :1,21	Tp :74,9 Inr :1,21	Tp :95,8 Inr :1,04
Témoin	Tp :100 Inr :1			

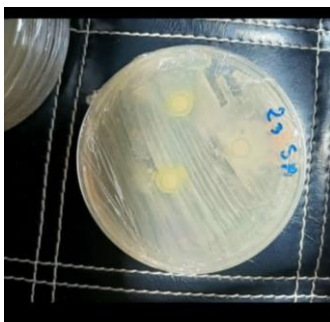
-Temps de céphaline activée-TCK :

Échantillons	-1-	-2-	-3-	-4-
Extrait	41,6	33	31,9	32,5
Zno	42,7	40,8	34,2	32,7
Se	36,9	32,2	31,2	30,9
Dopage	23,2	41,6	31,3	30,1
Témoin	36,2			



Annexe 04 :

Figure 04: Activité antibactérienne dans laboratoire de l'université d'EL OUED



Annexe 05° :

Figure 05: Photos de les souris avant et après l'application de la crème détatouage



