

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université 8 Mai 1945 Guelma
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Sciences de la Terre et de l'Univers



Mémoire En Vue de l'Obtention du Diplôme de Master

Domaine : Science de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité/Option : Biologie moléculaires et cellulaire

Département : Biologie

Thème

Extraction des polysaccharides de *Phoenix dactylifera* et synthèse des nanoparticules d'argent

Réalisé par :

- KIRATI CHAYMA

- RAHEM ROUBA

Devant le jury composé de :

Présidente : TABET Mouna

M.C.B Université de Guelma

Examinatrice : HAMI Manel

M.C.A Université de Guelma

Encadrante : DOGHMANE Amina

M.C.B Université de Guelma

Juin 2025

Remerciements

Tout d'abord, nos remerciements les plus sincères s'adressent à *ALLAH*, le tout-puissant, qui a fait de nous ce que nous sommes aujourd'hui et nous a donné le courage et la santé pour achever ce travail.

Nous remercions avec un profond respect *MmeDoghmane Amína*, notre encadrante, pour sa disponibilité, son accompagnement constant, la qualité de son encadrement scientifique ainsi que ses conseils éclairés qui ont guidé chacune des étapes de ce mémoire. Sa rigueur et sa bienveillance ont constitué pour nous un appui précieux.

Nous exprimons également notre reconnaissance à *Madame Tabet Mouna*, Présidente du jury, pour avoir acceptée d'évaluer ce travail, ainsi qu'à *Madame Hamí Manel*, examinatrice, pour l'attention qu'elle a portée à notre mémoire et la pertinence de ses observations.

Nos sincères remerciements s'adressent également à, techniciennes de laboratoire, pour leur assistance technique, leur patience et leur disponibilité exemplaire tout au long de nos travaux pratiques. Leur soutien a été essentiel à la mise en œuvre de nos expérimentations.

Au final, nous remercions toute personne ayant contribué de près ou de loin pour l'aboutissement de ce travail.

Dédicaces

*Avec un énorme plaisir, un cœur ouvert et une immense joie, que je
dédie*

mon travail

A mon cher PAPA,

*L'épaule solide, l'œil attentif compréhensif et la personne la plus digne
de*

mon estime et de mon respect.

A ma chère MAMAN,

*Tu m'as donné la vie, la tendresse et le courage pour réussir. Tout ce
que je*

*peux t'offrir ne pourra exprimer l'amour et la reconnaissance que je te
porte.*

A mon cher frère KHALIL

A mes très belles sœurs MERIEM et ZAHRA

*Et à mes neveux et nièces, éclats de joie JOUJOU, NISOU et
OTHMANE*

Je leur souhaitant tout le succèstout le bonheur

*A mes adorables amies RAHEM ROUBA, SALSABILE,
NADA et INES*

et collègues jamais oubliables

CHAYMA

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à ceux qui ont toujours été ma source de force, d'amour et d'inspiration.

*À mes chers **parents**, pour leur amour infini, leurs sacrifices silencieux et leur présence constante à chaque étape de ma vie.*

*À mes frères bien-aimés, **Kossay et Lyassaa**, pour leur soutien sincère et leur affection discrète mais précieuse.*

*À **mon mari**, pour sa patience, sa compréhension et son accompagnement tout au long de ce parcours.*

*À **ma chère tante**, dont les prières, les mots doux et les encouragements m'ont souvent réconfortée et portée dans les moments de doute.*

*À mes amies les plus proches, mes sœurs de cœur : **Chayma Okbi, Chayma Kirati, Nada, Inès, Asma, Manar et Hadil** . Vous avez embelli mon quotidien, partagé mes joies et soutenu mes peines. Votre amitié est un trésor que je chéris profondément.*

Enfin, à toutes les personnes qui, de près ou de loin, ont cru en moi, m'ont encouragée ou soutenue que ce travail soit le reflet de ma gratitude.

Rouba

Résumé

Les nanoparticules d'argent (AgNPs) font l'objet d'un intérêt scientifique croissant en raison de leurs nombreuses applications potentielles dans le domaine biomédical. La synthèse verte de ces nanoparticules, à partir de composés naturels tels que les polysaccharides, constitue une approche respectueuse de l'environnement, efficace et durable. Cette étude vise à extraire des polysaccharides à partir des noyaux de dattes, à synthétiser des AgNPs de manière verte, et à évaluer leurs propriétés biologiques. L'extraction a été réalisée par voie aqueuse après une étape de délipidation, suivie d'une analyse des sucres totaux et des protéines. Les polysaccharides extraits ont été utilisés comme agents réducteurs et stabilisants pour la synthèse des AgNPs. Les activités biologiques ont été évaluées à l'aide de tests antioxydants (DPPH), antibactériens (contre *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* et *Staphylococcus aureus*) et anti-inflammatoires (stabilisation de la membrane érythrocytaire). Les résultats ont révélé une activité antioxydante remarquable avec un taux d'inhibition des radicaux libres atteignant 99 %, ainsi qu'un effet antibactérien significatif et une activité anti-inflammatoire comparable à celle des médicaments de référence. Les polysaccharides extraits des noyaux de dattes présentent un fort potentiel pour la synthèse verte des AgNPs, avec des applications prometteuses dans les domaines biomédical et pharmaceutique.

Mots clés : Nanoparticules (NPs), AgNPs, Noyaux de dattes, Polysaccharides, Bio-activités

Abstract

Silver nanoparticles (AgNPs) are the subject of growing scientific interest because of their many potential applications in the biomedical field. The green synthesis of these nanoparticles from natural compounds such as polysaccharides is an environmentally friendly, efficient and sustainable approach. This study aims to extract polysaccharides from date seeds and evaluate their biological activities. Extraction was carried out using a hot water method following a defatting step, with subsequent determination of total sugars and proteins. The obtained polysaccharides were used for the green synthesis of silver nanoparticles (AgNPs), serving as both reducing and stabilizing agents. The biological activities of the synthesized AgNPs were assessed through antioxidant (DPPH), antibacterial (*Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*), and anti-inflammatory (red blood cell membrane stabilization) assays. Results revealed a strong antioxidant activity, with up to 99% radical scavenging inhibition. Significant antibacterial effects were observed against all tested strains, along with noteworthy anti-inflammatory properties comparable to standard drugs. These findings highlight the promising multifunctional potential of date seed-derived polysaccharides for biomedical and pharmaceutical applications.

Key words : Nanoparticules (NPs), AgNPs, Date pits, Polysaccharides, Bio-activities

ملخص

جسيمات الفضة النانوية (AgNPs) هي موضوع اهتمام علمي متزايد نظرًا لتعدد تطبيقاتها المحتملة في المجال الطبي الحيوي. إن التصنيع الأخضر أو الحيوي لهذه الجسيمات النانوية انطلاقًا من مركبات طبيعية مثل السكريات المعقدة يُعدّ نهجًا صديقًا للبيئة، فعالًا ومستدامًا. تهدف هذه الدراسة إلى استخلاص السكريات المعقدة من نوى التمر وتقييم فعاليتها البيولوجية. تم تنفيذ الاستخلاص باستخدام طريقة مائية بعد إزالة الدهون، ثم تم تقدير محتوى السكريات الكلية والبروتينات. أُنجزت بعد ذلك عملية التصنيع الحيوي لجسيمات الفضة النانوية (AgNPs) باستعمال المستخلصات السكرية المعقدة كعملية تقليل ودمج بيولوجي. تم تقييم الأنشطة البيولوجية لهذه الجسيمات من خلال اختبارات مضادة للأوكسدة (DPPH)، ومضادة للبكتيريا بثلاث سلالات (*Escherichia coli*، *Pseudomonas aeruginosa*، *Staphylococcus aureus*)، إضافة إلى النشاط المضاد للالتهاب باستعمال تقنية تثبيت أغشية كريات الدم الحمراء. أظهرت النتائج فعالية قوية مضادة للأوكسدة بفضل قدرة AgNPs على تثبيط الجذور الحرة بنسبة قاربت 99% عند أعلى تركيز. كما تم تسجيل نشاط مضاد للبكتيريا واضح ضد السلالات المدروسة، إضافة إلى قدرة مثبطة للالتهاب تُقارب فعالية الأدوية المرجعية. تؤكد هذه النتائج الإمكانات الواعدة للسكريات المعقدة المستخلصة من نوى التمر كمركبات طبيعية متعددة الوظائف يمكن توظيفها في التطبيقات البيوطبية والصيدلانية.

الكلمات المفتاحية: الجسيمات النانوية (NPs)، جسيمات الفضة النانوية (AgNPs)، نوى التمر، السكريات المعقدة، الأنشطة البيولوجية

Liste des figures

Figure 1: Carte de la répartition des zones d'observation et phénico en Algérie.....	4
Figure 2 : Morphologie et anatomie du fruit et de la graine du palmier dattier	6
Figure 3 : Structure du glycogène	11
Figure 4 : Structure moléculaire du motif monomérique de la chitine	11
Figure 5 : Structure chimique de l'alginate	12
Figure 6 : Motif osidique de base des agars colloïdes (1) et des carragenanes (2)	13
Figure 7 Structure de la cellulose	14
Figure 8 : Pépite d'argent	18
Figure 9 : Image de microscopie en champ noir des AgNPs.....	19
Figure 10 : La poudre des noyaux des dattes.....	24
Figure 11 : Les différentes étapes d'extraction des polysaccharides.....	26
Figure 12 : La solution AgNPs.....	29
Figure 13 :L'activité antioxydant	30
Figure 14 :L'activité antibactérienne.....	32
Figure 15 : L'activité anti-inflammatoire.....	33
Figure 16 : Absorbance de la solution des AgNPs par spectrophotomètre.....	35
Figure 17 :Activité antioxydant des AgNPs	37
Figure 18 : Influence des antibiotiques et des AgNPs sur la croissance bactérienne.....	39

Liste des tableaux

Tableau 1 : La composition biochimique des noyaux des dattes.....	7
Tableau 2 : Comparaison entre la synthèse biologique et la synthèse chimique.....	20
Tableau 3 : Applications des nanoparticules d'argent dans des différents secteurs.....	23
Tableau 4 : Les produits chimiques, matériel et les appareils de laboratoire.....	25
Tableau 5 : Les dilutions de la gamme d'étalonnage de glucose.....	27
Tableau 6 : Les dilutions de la gamme d'étalonnage du BSA.....	28
Tableau 7 : Rendement d'extraction.....	34
Tableau 8 : Zones d'inhibitions des nanoparticules d'argent contre diverses bactéries pathogènes.....	40

Liste des abréviations

Ag : L'argent

AgNO₃ : nitrate d'argent

AgNPs : nanoparticules d'argent

AINS : anti-inflammatoires non stéroïdiens

BSA : albumine sérique bovine

CuSO₄ : Sulfate de cuivre

DO : Densité optique

DPPH : diphényle-1-picrylhydrazyle

GAG : Glycosaminoglycanes

GR : Globules Rouges

IC₅₀: La concentration inhibitrice médiane

KI : Potassium

MH : milieu de culture Mueller-Hinton

NaKC₄H₄O₆•4H₂O : tartrate double de sodium et de potassium

NaOH : Sodium Hydroxyde

NPs : nanoparticules

PBS : phosphate-buffered saline

ppm : parts per million

rpm : rotation par minute

Sommaire

Remerciements

Dédicaces

Résumés (français, anglais, arabe)

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Introduction

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre I : Dattes et noyaux de dattes

I-Dattes.....	3
1-Définition et description générale de la datte.....	3
2-Taxonomie.....	3
3-Répartition géographique du palmier dattier en Algérie.....	4
4-Composition biochimique des dattes	4
4-1-Composition biochimique de la partie comestible	4
4-1-1-Eau.....	5
4-1-2-Sucres	5
4-1-3-Lipides.....	5
4-1-4-Les protéines et les acides aminés.....	5
4-1-5-Fibres.....	5
4-1-6-Eléments minéraux.....	5
4-1-7-Les vitamines	5

4-1-8- Les enzymes	5
5-Caractéristiques physicochimiques des dattes	5
5-1-Teneur en eau.....	5
6-2- pH.....	5
5-3- Acidité.....	5
II-Noyaux des dattes	6
1-Définition et description du noyau de datte	6
2- Composition biochimique de la partie non comestible (Noyaux).....	6
3-Transformation et utilisation des noyaux de dattes	7
4-Propriétés antioxydantes et thérapeutiques des noyaux des dattes	8

Chapitre II : Les polysaccharides

1-Généralités.....	9
2-Définition des polysaccharides	9
3-Classification des polysaccharides	10
3-1-Classification selon la structure	10
3-1-1-Homo polysaccharides.....	10
3-1-2-Hétéro polysaccharides	10
3-2-Classification selon l'origine	10
3-2-1-Polysaccharides d'origine animale	10
3-2-1-1- Le Glycogène	11
3-2-1-2-La Chitine	11
3-2-2-Polysaccharides d'origine végétale	12
3-2-2-1- Polysaccharides des végétaux inférieurs	12
3-2-2-2-Polysaccharides produits par les micro-organismes et les champignons.....	13

3-2-2-3-Les Polysaccharides des végétaux supérieurs	13
3-2-2-3-1-Polysaccharides de réserve	13
3-2-2-3-2- Polysaccharides structuraux.....	14
4-Les polysaccharides présents dans les noyaux de dattes.....	15
5-Les activités biologiques des polysaccharides	15
5-1-L'activité antioxydante.....	15
5-2-L'activité anti-inflammatoire	15
5-3-L'activité antibactérienne	16
5-4-L'activité anticancéreuse.....	16
5-5-L'activité immuno-modulatrice.....	16

Chapitre III :Les nanoparticules

1-Généralités sur les nanoparticules.....	17
2-Définition des nanoparticules.....	17
3- Les nanoparticules d'argent.....	17
4- Propriétés des nanoparticules d'argent.....	19
5- La Synthèse biologique des Nanoparticules d'argent.....	19
6-Activités biologiques des nanoparticules d'argent	21
6-1 Activité anti-inflammatoire.....	21
6-2 Activité antioxydante.....	22
6-3 Activité antibactérienne.....	22
7- Applications des nanoparticules d'argent.....	22

PARTIE EXPERIMENTALE

Chapitre IV :Matériel et méthodes

1-Objectif.....	24
-----------------	----

2- Matériel végétal	24
3- Matériels et produits chimiques	24
4- Extraction des polysaccharides hydrosolubles de noyaux de dattes.....	25
4-1-Délipidation	25
4-2-Extraction des polysaccharides.....	25
4-3-Rendement d'extraction.....	26
5-Dosage des sucres totaux.....	27
6-Dosage des protéines.....	27
6-1-Préparation de la solution Biuret.....	27
6-2-Dosage.....	28
7-Synthèse des nanoparticules d'argent AgNPs.....	28
7-1-Caractérisation de la formation des AgNPs.....	29
8-Les activités biologiques.....	29
8-1-L'activité antioxydant.....	29
8-2- L'activité antibactérienne.....	30
8-2-1- Préparation des concentrations d'extrait.....	30
8-2-2- Préparation des suspensions bactériennes.....	30
8-2-3- Ensemencement et antibiogramme	31
8-2-4-Dépôt des disques.....	31
8-2-5-Lecture des résultats.....	31
8-3-L'activité anti-inflammatoire.....	32
 Chapitre V : Résultats et discussion	
1-Rendements de l'extraction.....	34
2-Dosage des sucres.....	34

3-Dosage des protéines.....	35
4-La caractérisation de la synthèse des AgNPs par spectrophotomètre.....	35
5-L'activité antioxydante.....	37
6-L'activité antibactérienne.....	38
7-L'activité anti-inflammatoire.....	41
Conclusion.....	43
Références bibliographique.....	45
Annexes	

INTRODUCTION

Introduction

Les plantes contiennent une grande diversité de composés naturels qui, sont largement reconnues pour leurs propriétés bénéfiques, et constituent une source précieuse de principes actifs efficaces (Lorenzi et Matos, 2000).

Depuis des temps immémoriaux, la datte occupe une place centrale dans l'alimentation, aussi bien pour l'homme notamment avec les variétés molles que pour les animaux, à travers les dattes (Packer, 2001 ; Hurst, 2008). L'Algérie se distingue par une production annuelle de dattes estimée à 789 357 tonnes, ce qui la place au 4^e rang mondial et au 1^{er} rang parmi les pays de l'Union du Maghreb arabe (FAO, 2010 ; FAO, 2012). Ce potentiel remarquable repose sur une riche diversité phœnicicole, avec plus de 13 millions de palmiers dattiers répartis sur le territoire national, représentant environ 940 cultivars différents recensés à ce jour (Hannachi *et al.*, 1998).

De nombreuses études ont été consacrées à l'analyse de la composition chimique des dattes. Par ailleurs, leurs noyaux représentent une ressource valorisable dans divers domaines, notamment l'alimentation animale, la fabrication du pain, l'extraction de molécules bioactives, la production de charbon actif, ainsi que dans les secteurs pharmaceutique, cosmétologique et de la médecine traditionnelle (El gasim *et al.*, 1995 ; Chaira *et al.*, 2007).

Les polysaccharides représentent les macromolécules les plus abondantes sur Terre, y compris dans les milieux marins. Ils constituent des composants structuraux essentiels des parois cellulaires des végétaux et peuvent être impliquées dans des mécanismes de reconnaissance de type végétaux/environnement (Théo *et al.*, 2008). Ils ne sont pas seulement utilisés comme réserves énergétiques par les êtres vivants, ils jouent également un rôle essentiel dans de nombreuses fonctions biologiques. On peut les extraire de divers organismes, notamment les champignons, les algues, les animaux et les plantes supérieures (Yang *et al.*, 2009).

Les nanosciences et les nanotechnologies ont suscité un grand intérêt au cours des dernières années en raison de leur impact potentiel sur de nombreux domaines scientifiques tels que l'énergie, la médecine, l'industrie pharmaceutique, l'électronique, l'aérospatiale, et bien d'autres encore (Iravani, 2014). Le terme "nano" en science fait référence à une échelle extrêmement petite, les nanoparticules métalliques, en particulier, ont des tailles qui varient généralement entre 1 et 100 nanomètres (nm) (Khan *et al.*, 2014).

Parmi les diverses nanoparticules, les nanoparticules d'argent (AgNPs) ont été l'un des objets d'étude les plus populaires au cours des dernières décennies (Yin *et al.*, 2020) en raison de leur potentiel exceptionnel dans de nombreux domaines, notamment la médecine, la santé et l'industrie. Elles sont utilisées pour leur activité antimicrobienne, leur potentiel dans le traitement du cancer, la réparation des plaies et la cicatrisation osseuse, ainsi que dans divers autres domaines (Rostami *et al.*, 2018 ; Partila *et al.*, 2020).

L'objectif de notre travail est l'extraction des polysaccharides hydrosolubles des noyaux de dattes, et l'analyse quantitative des oses totaux et des protéines présents de l'extrait. Ensuite l'extrait polysaccharidique a été utilisé pour la synthèse des nanoparticules d'argent AgNPs et l'évaluation de leurs activités biologiques.

Ce mémoire est structuré en deux parties complémentaires : La partie bibliographique comprend trois chapitres présentant respectivement : les caractéristiques des dattes et de leurs noyaux, les propriétés et rôles des polysaccharides, ainsi qu'un aperçu sur les nanoparticules et leurs applications.

La partie expérimentale se divise en deux chapitres : Le premier chapitre décrit les matériaux, les protocoles d'extraction des polysaccharides, de synthèse des nanoparticules et les méthodes d'analyse utilisées. Le second chapitre regroupe les résultats obtenus, leur interprétation, ainsi que l'évaluation des activités biologiques des extraits et des nanoparticules synthétisées

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre I

Dattes et noyaux de dattes

I-Datte

1-Définition et description générale de la datte

Les dattes (*Phoenix dactylifera.L*), fruit du palmier dattiers constituent l'aliment de base pour les populations du désert (Noui, 2016). Elle est une baie de forme allongée, oblongue ou arrondie. Elle est composée d'une partie comestible dite chair ou pulpe et une partie non comestible et dure de la datte est formée par la graine ou le noyau. (Chniti, 2015). Dépendamment des types botaniques, les dimensions sont très variables, de 2 à 8 cm de longueur, pour un poids de 2 à 8 grammes. Sa couleur va du blanc jaunâtre au noir en passant par les couleurs ambre, rouge, brune plus ou moins foncée (Noui, 2016).

2-Taxonomie

Selon Mallhi et al (2014), la classification du palmier dattier dans le règne végétal est présentée ci-dessous :

Règne : Planta

Sous-règne: Tracheobionta

Division: Magnoliophyta

Classe: Liliopsida

Sous-classe: Arecidae

Ordre: Arecales

Famille: Arecacea

Genre: Phoenix

Espèce :*Phoenix dactylifera L.*

3- Répartition géographique du palmier dattier en Algérie

Le palmier dattier est cultivé dans les régions sahariennes du pays (Figure 1) : Ziban (Biskra), Le Souf (El-Oued), Oued-Righ (M'Ghaïr, Touggourt...), Ouargla, M'Zab (Ghardaïa), Touat (Adrar), Gourrara (Timimoun), Tidikelt (In-Salah), Saoura (Béchar), Hoggar-Tassili (Tamanrasset, Djanet). On trouve également de petites palmeraies dans le sud des Wilayas steppiques (Tébessa, Khenchella, Batna, Djelfa, Laghouat, M'Sila, Naâma, El-Bayedh).(Belguedj, 2014)

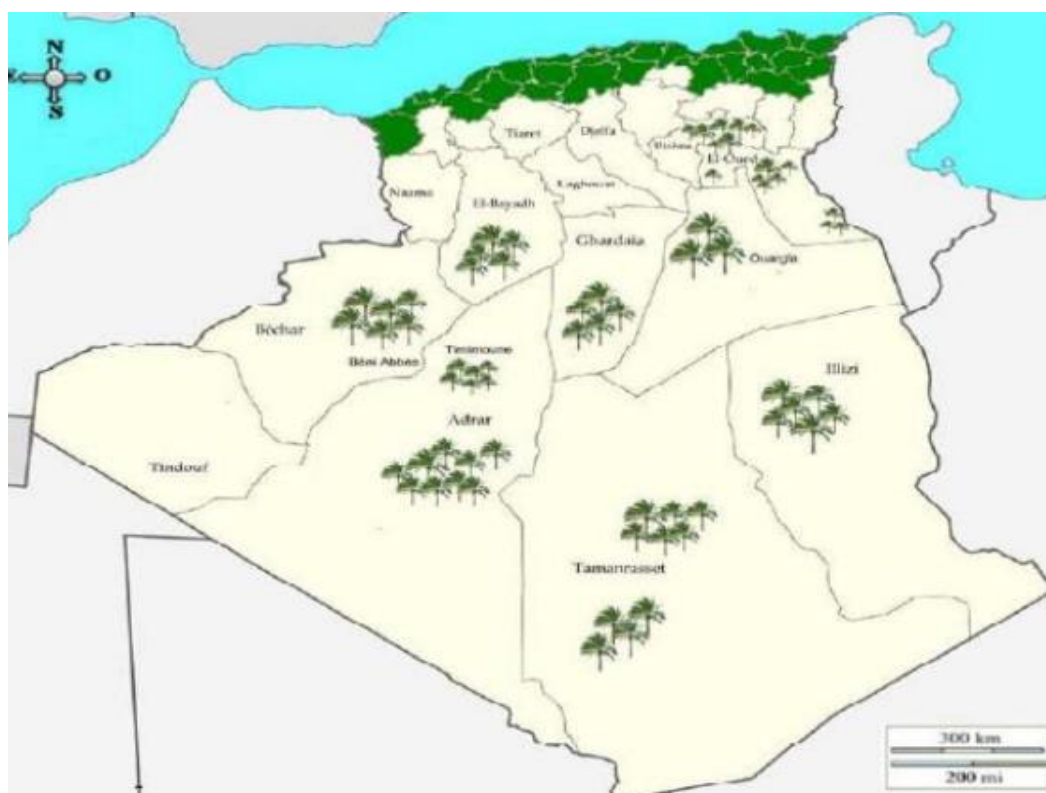


Figure 1: Carte de la répartition des zones d'observation et phoenicol en Algérie (El Barnaoui, 2016)

4-Composition biochimique de dattes

4-1- Composition biochimique de la partie comestible

La majorité des composants essentiels et nécessaires à l'organisme, constituent la chair des datte (Munier, 1973) :

4-1-1- Eau : joue un rôle essentiel dans la composition des dattes. Mais plus le fruit mûrit, plus il perd cette eau (Chahata, 2000).

4-1-2- Sucres : représentent une part importante de la datte : ils comptent pour environ 95 % de son poids sec. Cette teneur peut varier selon plusieurs facteurs, comme le climat, le stade de maturité, le type de datte (ou cultivar) et même la consistance du fruit. (Chahata, 2000).

4-1-3- Lipides : La chair des dattes contient très peu de matières grasses, avec un taux variant entre 0,12 % et 0,72 % (Eman, 2015).

4-1-4- Les protéines et les acides aminés : Les dattes ne sont pas considérées comme une source importante de protéines, leur teneur varie selon les variétés entre 1,72 % et 4,73 % du poids de la pulpe (Eman, 2015).

4-1-5- Fibres : La chair de la datte contient de la lignine, de la cellulose et de l'hémicellulose. (Sayah, 2018).

4-1-6- Eléments minéraux : Les dattes sont considérées comme des fruits particulièrement riches en minéraux (Al Farsi et Lee, 2008).

4-1-7 Les vitamines : Selon Al-Shahib (2003), les dattes sont une bonne source de vitamines, puisqu'elles en contiennent au moins six différentes (exemple la vitamine A et C).

4-1-8- Les enzymes : Les enzymes jouent un rôle essentiel dans les processus de transformation qui accompagnent la maturation des fruits comme l'invertase, cellulase, pectinométhyl estérase...etc. , (Daas, 2009)

5- Caractéristiques physicochimiques des dattes

5-1-Teneur en eau : varie en fonction de la variété, du stade de maturation et des condition climatique. Elle se situe généralement entre 8 et 30% du poids de la chair fraîche (Noui, 2007).

5-2 -pH: est légèrement acide, généralement compris entre 5 et 6. Cette acidité freine la croissance des bactéries (Reynes *et al* ., 1994).

5-3-Acidité : L'acidité de la datte est faible et varie entre 2,02 et 6,3 g d'acide/Kg (Bessas *et al.*, 2008).

II- Noyaux de dattes

Les noyaux de palmier dattier sont généralement considérés comme des déchets par de nombreuses industries de transformation. Dans la plupart des pays producteurs de dattes, ils

sont soit jetés, soit utilisés en petite quantité dans l'alimentation animale. Leur utilisation dans l'alimentation humaine reste très peu étudiée, en dehors de quelques usages traditionnels. (Lecheb, 2010) ; (Boussena, Khali, et Boutakerbet, 2013).

1-Définition et description du noyau de datte

Le noyau de datte, aussi appelé graine, a une forme allongée et une taille qui peut varier selon les variétés, Il présente 7 à 30 % du poids de la datte (Ben djaballah *et al.*, 2010), Est entouré d'un endocarpe parcheminé, lisse. Le noyau constitue d'un albumen de consistance dure et cornée (Figure 2). (Baazize, 2003).

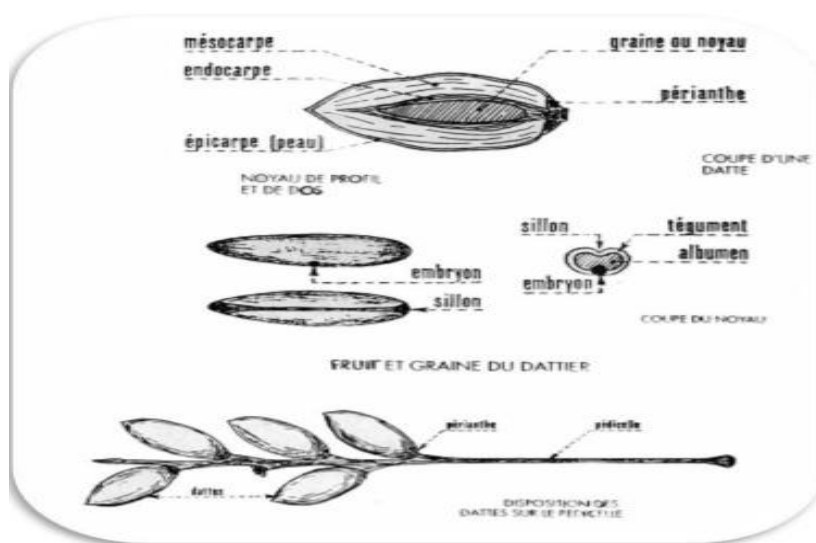


Figure 2 : Morphologie et anatomie du fruit et de la graine du palmier dattier (d'après Lecheb, 2010)

2-Composition biochimique de la partie non comestible (Noyau)

Le noyau de datte est formé d'un albumen blanc, dur et corné, entouré d'une enveloppe riche en cellulose (Munier, 1973). Sa composition chimique est présentée dans le tableau ci-dessous (Tableau 1).

Tableau 1 : La composition biochimique des noyaux des dattes (Chahata, 2000).

Paramètres	Teneur en %
Eau	6,5
Protéines	6,9
Glucides	45
Cendres	2,5
Fibres	13,9
Cellulose	16,20
Lipides	8,49

3-Transformation et utilisation des noyaux de dattes

- **Aliment du bétail**

Les noyaux de dattes constituent des sous-produits intéressants peuvent être utilisées comme aliment du bétail (Chehma *et al.*, 2000)

- **Composition cosmétique**

La présente invention concerne l'utilisation non thérapeutique d'un extrait de noyaux de dattes, intégré dans une composition cosmétique, dans le but de traiter les signes visibles du vieillissement cutané. Cet extrait permet notamment de réduire les rides et ridules, et de lisser la peau (Jauve, 2006).

- **Farine des noyaux de dattes**

Les noyaux de dattes ont été valorisés par leur incorporation dans de la farine de blé tendre commerciale. Après avoir été séchés puis finement broyés, ils ont été ajoutés à la farine à des taux de 5 %, 10 %, 15 % et 20 %.(Khali *et al*, 2015).

4-Propriétés antioxydantes et thérapeutiques de noyaux de dattes

Les noyaux de datte (*Phoenix dactylifera L*) présentent une richesse exceptionnelle en composés bioactifs, notamment les polyphénols, les flavonoïdes et les acides phénoliques, leur conférant un pouvoir antioxydant élevé. Plusieurs études ont démontré que ces composés permettent de piéger les radicaux libres et de réduire le stress oxydatif, un facteur clé dans le

développement de nombreuses maladies chroniques, comme le cancer, les maladies cardiovasculaires et le diabète de type 2 (El-Far *et al.*, 2016 ; Saryono *et al.*, 2019). En plus de leur pouvoir antioxydant, les extraits de noyaux de datte ont démontré Sur le plan thérapeutique des effets anti-inflammatoires, antimicrobiens et hépato protecteurs . Des études in vivo ont montré que l'administration d'extraits de noyaux de datte à des rats exposés à des substances toxiques, comme le tétrachlorure de carbone (CCl₄), entraînait une réduction significative des marqueurs de dommage hépatique (Saryono *et al.*, 2018). Par ailleurs, l'activité antidiabétique potentielle des noyaux de datte a été mise en évidence par Hamad *et al.*, (2015), qui ont observé une amélioration de la tolérance au glucose et une réduction du taux de glycémie chez des rats diabétiques traités avec des extraits de ces noyaux.

Chapitre II

Les polysaccharides

1-Généralité

Les glucides, dont la formule générale est $(CH_2O)_n$, regroupent une vaste famille de composés incluant les sucres simples, les polysaccharides et leurs dérivés. Ils jouent un rôle fondamental dans l'alimentation des êtres vivants, en particulier sous la forme du glucose, un sucre simple essentiel. Ils constituent une source majeure d'énergie et de carbone, nécessaire à la synthèse de biomolécules telles que les protéines, les acides nucléiques, les lipides et d'autres glucides (Sanchez, 2006). Leur polyvalence des polysaccharides est exploitée dans plusieurs domaines industriels, notamment dans l'agroalimentaire où ils servent d'agents gélifiants, épaississants, émulsifiants, stabilisants et texturants. En raison de leur biocompatibilité et de leurs propriétés thérapeutiques, ils sont également utilisés dans les secteurs pharmaceutique et médical (Roger, 2002 ; Jeddou *et al.*, 2016). Les polysaccharides ont démontré diverses activités biologiques, telles qu'immunomodulatrice, antitumorale (Yu *et al.*, 2017), antidiabétique (Zhang *et al.*, 2015), antioxydante, anti-inflammatoire, anticoagulante (Jeddou *et al.*, 2016) et antibactérienne (Zhu *et al.*, 2017).

2-Définition des polysaccharides

Les polysaccharides, également connus sous les noms de polysides ou glucanes, sont des macromolécules formées par l'enchaînement de nombreux monosaccharides unis par des liaisons glycosidiques. Les structures qu'ils forment peuvent être soit linéaires, soit ramifiées, et peuvent contenir de plusieurs dizaines jusqu'à plusieurs milliers d'unités monosaccharidiques (Hames *et al.*, 2006 ; Bruneton, 2009). Les sources de polysaccharides sont multiples : algues, plantes, bactéries, champignons, insectes, crustacés et animaux. Leurs structures peuvent être modifiées grâce aux techniques de génie génétique (Prajapati *et al.*, 2014). Il existe plusieurs critères de classification des polysaccharides, tels que leur structure, leur composition chimique, leur solubilité, leur origine ou encore leurs applications. Du point de vue chimique, ils se répartissent en deux grandes catégories: les polysaccharides homogènes, constitués d'un seul type de monosaccharide, et les polysaccharides hétérogènes, formés de plusieurs types de sucres simples (Luisot, 1983 ; Merghem, 2009).

3-Classification des polysaccharides

3-1- Selon la structure

3-1-1- Homo polysaccharides

Les homo polysaccharides, sont des macromolécules constituées exclusivement d'un seul type de monosaccharide, généralement le glucose. Ces composés, appelés également glucosanes, jouent des rôles essentiels en tant que substances de réserve énergétique (comme l'amidon) ou éléments structuraux (comme la cellulose) dans les organismes vivants. L'enchaînement régulier de résidus glucidiques identiques, conférant à ces polymères une certaine homogénéité chimique et fonctionnelle (Luisot, 1983 ; Voet, 2005).

3-1-2- Hétéro polysaccharides

Les hétéro polysaccharides, ou hétéro glycanes, sont des polymères composés de plusieurs types de monosaccharides. Ces macromolécules peuvent être classées en deux grandes catégories selon leur charge : les hétéro polysaccharides neutres, ces polysaccharides sont couramment présents dans les organes de réserve des plantes supérieures, tels que les graines, les racines et le bois (Lehninger, 1989) ; et les hétéropolysaccharides acides présentent des structures plus complexes et ramifiées avec des chaînes latérales contenant de l'acide uronique et parfois de l'arabinose (Voet, 2005).

3-2- Classification selon l'origine

3-2-1- Polysaccharides d'origine animale

Chez les animaux, les principaux polysaccharides sont le glycogène, la chitine et les glycosaminoglycanes (GAG), qui constituent la partie glucidique des protéoglycanes. Certains, jouent un rôle structural important dans la matrice extracellulaire des tissus conjonctifs. D'autres, tels que l'héparine et l'héparane sulfate, sont impliqués dans les processus de signalisation cellulaire, grâce à leurs propriétés biologiques spécifiques (Delattre, 2005).

3-2-1-1- Le Glycogène

Le glycogène est un polysaccharide de réserve retrouvé chez les animaux et certains microorganismes, servant de source principale de glucose pour les besoins énergétiques et métaboliques. Appelé aussi "amidon animal" (Jérôme *et al.*, 2004), il se compose uniquement d'unités de glucose liées principalement par des liaisons α -(1 $\rightarrow$ 4), avec des ramifications en α -(1 $\rightarrow$ 6)(Figure 3) (Gerald, 1998).

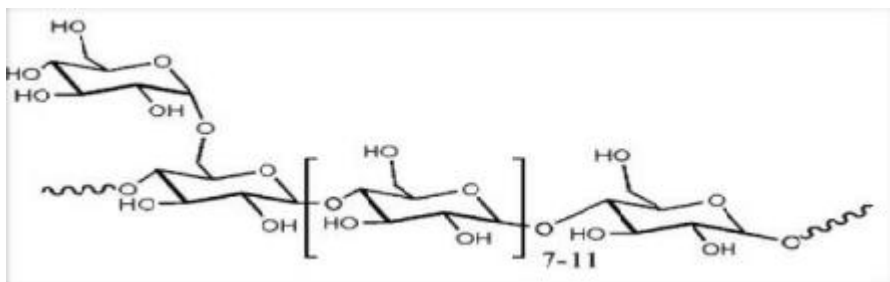


Figure 3 : Structure du glycogène (Pal *et al.*, 2015)

3-2-1-2-La Chitine

La chitine est un polysaccharide naturel retrouvé majoritairement dans l'exosquelette des crustacés tels que les crevettes et les crabes, ainsi que dans la paroi cellulaire des champignons et de certaines algues. Elle est formée de résidus de N-acétyl-D-glucosamine unis par des liaisons β -(1 $\rightarrow$ 4), (Crini *et al.*, 2009). Sa présence massive dans la biomasse naturelle en fait un polysaccharide d'importance comparable à celle de la cellulose (Figure 4).

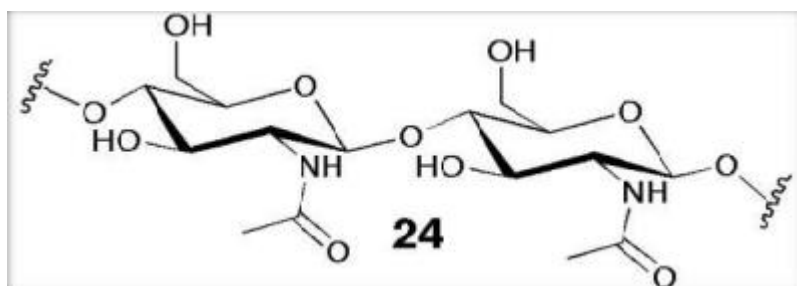


Figure 4 : Structure moléculaire du motif monomérique de la chitine (Yves.,2008)

3-2-2- Polysaccharides d'origine végétale

3-2-2-1-Polysaccharides des végétaux inférieurs

Polysaccharides issus des algues marines, ces composés présentent une grande variété structurale et sont utilisés dans divers domaines (Bruneton, 2009).

L'acide alginique (alginate) :

Est un polysaccharide constitué d'un enchaînement d'acides polyuroniques formés de résidus d'acide D-mannuronique et d'acide L-glucuronique. Il est abondamment retrouvé dans les algues brunes (Phaeophyceae), notamment chez les genres *Laminaria*, *Macrocystis*, *Fucus* et *Ascophyllum* (Pérez, 1997 ; Bardoulat, 2007). Cet acide possède des propriétés gélifiantes très recherchées dans l'industrie agroalimentaire et pharmaceutique(Figure 5).

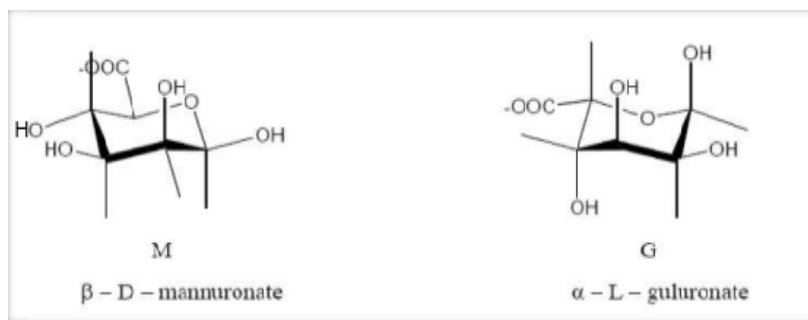


Figure 5 : Structure chimique de l'alginate (Garon-Lardiere .,2004)

Les carraghénanes :

Sont des polysaccharides sulfatés extraits de certaines espèces d'algues rouges appartenant principalement aux familles Gigartinaceae, Solieriaceae, Hypneaceae et Furcellariaceae. Ces algues se distinguent par la présence d'un type particulier d'amidon situé hors des plastes, connu sous le nom 'd'amidon floridé (Bardoulat, 2007 ; Bruneton, 2009).

L'agar-agar :

Est un mélange de polysaccharides issus principalement des algues rouges du genre *Gelidium*. Ce polysaccharide est largement utilisé pour ses propriétés gélifiantes(Figure 6) (Bruneton, 2009).

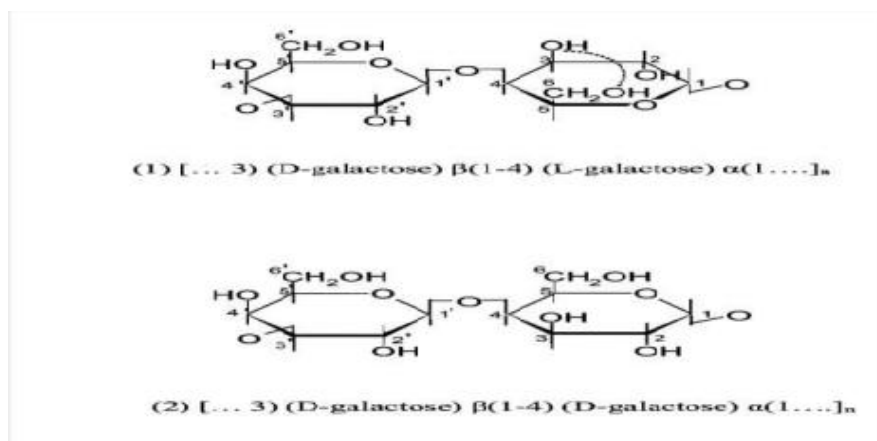


Figure 6 : Motif osidique de base des agarcolloïdes (1) et des carragenanes (2) (Garon-Lardiere., 2004)

3-2-2-2-Polysaccharides produits par les micro-organismes et les champignons

La gomme xanthane :

Est un polysaccharide extracellulaire, produit par la fermentation aérobie de sucres par la bactérie *Xanthomonas campestris*. Cette bactérie se développe naturellement sur certaines plantes de la famille des Brassicaceae et transforme les substrats végétaux en une substance gélatineuse (De Reynal, 2009 ; Bruneton, 2009).

Le lentinane :

Est un polysaccharide homogène extrait du champignon *Lentinus edodes*. Ce champignon, au même titre que *Agaricus bisporus* (champignon de Paris) (Bruneton, 2009 ; Chollet, 2013).

3-2-2-3-Les polysaccharides des végétaux supérieurs

3-2-2-3-1-Polysaccharides de réserve

L'amidon :

Est le principal polysaccharide de réserve chez les plantes. Il est abondant dans les graines de céréales (blé, riz, maïs, orge...), les fruits comme la banane plantain, et dans les organes souterrains tels que les racines tubérisées (pomme de terre, manioc, igname) et les rhizomes (taro) (Bruneton, 2009 ; Sindic, 2010).

Les fructanes :

Sont des polymères de fructose liés principalement par des liaisons $\beta(2\rightarrow1)$ à une molécule de glucose terminale. Ils sont particulièrement présents dans les racines, bulbes, tubercules et rhizomes (Agarwal, 2006).

3-2-2-3-2-Polysaccharides structuraux

La cellulose :

Est le polysaccharide structural le plus répandu dans le règne végétal. Elle forme des microfibrilles déposées dans la paroi cellulaire des plantes supérieures, assurant rigidité et soutien(Figure 7) (Bruneton, 2009 ; Roux *et al.*, 2007).

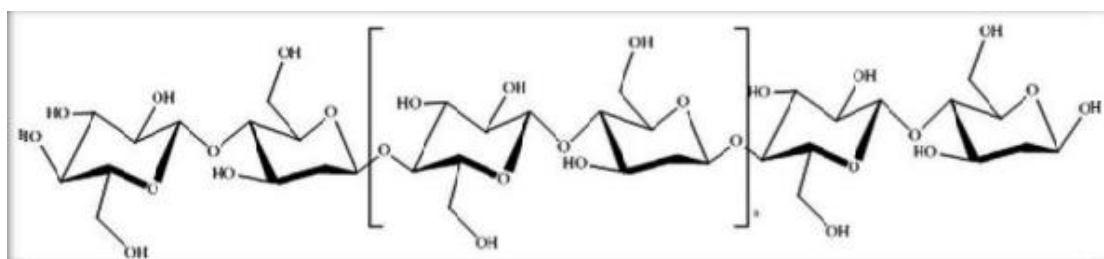


Figure 7: Structure de la cellulose (Yves., 2008)

Les hémicelluloses :

Sont des polysaccharides complexes formés principalement d'acides uroniques et de sucres neutres tels que la xylose, le mannose, l'arabinose, le glucose et le galactose. Elles peuvent être des homopolymères (comme les mannanes, glucanes, xylanes) ou des hétéropolymères (tels que les xyloglucanes, arabinoxylanes, glucuronoxylanes) (Delattre, 2005).

Les pectines :

Sont des macromolécules glucidiques exclusivement végétales, présentes principalement dans la lamelle moyenne des parois cellulaires. Elles sont composées principalement d'acides galacturonique et servent de "ciment biologique", reliant les cellules entre elles. Industriellement, elles sont utilisées comme agents stabilisants, épaississants et gélifiants dans des produits comme les confitures, ainsi que dans l'industrie textile (Bruneton, 2009).

4-Les polysaccharides présents dans les noyaux de dattes

La poudre issue des noyaux de dattes est particulièrement riche en composés chimiques et en polysaccharides, notamment en hémicelluloses et en cellulose et comporte peu de pectines du fait que la quantité des acides uroniques est très faible. L'analyse des extraits hémicellulosiques, réalisée par chromatographie en phase gazeuse selon deux méthodes, réduction/acétylation et méthylglycosides-O-triméthyles (TMS), révèle que le mannose est le sucre dominant, suivi par le galactose et le glucose. Cela montre que le noyau de datte constitue une source non négligeable de mannose. Les glucomannanes et les mannanes sont les hémicelluloses présentes dans le noyau de dattes (Daddi *et al.*, 2018)

5 - Les activités biologiques des polysaccharides

5-1-L'activité antioxydante :

Les antioxydants jouent un rôle clé dans la protection contre le stress oxydatif, un phénomène qui peut endommager les cellules (Ouibrahim, 2015). Certains polysaccharides extraits de *Chenopodium quinoa* ont montré des capacités antioxydantes notables, en neutralisant les radicaux libres comme les polysaccharides extraits de *Chenopodium quinoa* (Hua *et al.*, 2017), les polysaccharides hydrosolubles extraits des fleurs de thé (*Camellia sinensis*) (Quan *et al.*, 2011). Également, Un polysaccharide extrait du fruit du gombo, composé de mannose, galactose, arabinose, xylose, fructose et rhamnose, a présenté une activité antioxydante contre les radicaux DPPH, hydroxyles et superoxydes dans des tests en laboratoire (Wang *et al.*, 2018).

5-2 L'activité anti-inflammatoire

L'inflammation est une réaction biologique du corps qui intervient en réponse à des agressions de nature physique, chimique, biologique (réponse immunitaire) ou infectieuse. Actuellement, le traitement de l'inflammation repose sur l'utilisation d'anti-inflammatoires stéroïdiens (glucocorticoïdes) et non stéroïdiens, tels que l'aspirine. Ces traitements, bien que efficaces, sont souvent associés à des effets indésirables qui limitent leur usage prolongé (Ndiaye *et al.*, 2006). Une étude a mis en évidence les effets et les propriétés anti-inflammatoires et antioxydantes des polysaccharides issus de *Cyclocarya paliurus*. De plus, un polysaccharide extracellulaire produit par des cyanobactéries a montré une activité anti-inflammatoire notable après une application locale sur l'oreille de souris ayant un œdème induit par l'huile de croton. (Gloaguen *et al.*, 2008).

5-3 L'activité antibactérienne

Certains polysaccharides, notamment ceux extraits d'algues ou de champignons, montrent une activité antibactérienne. Ils peuvent inhiber la croissance des bactéries ou renforcer le système immunitaire, ce qui les rend utiles en médecine et en pharmacie (Zhou *et al.*, 2022)

5-4- L'activité anticancéreuse

Le cancer est une maladie complexe et multifactorielle, généralement caractérisée une croissance incontrôlée de cellules transformées (Wang *et al* ; 2014). De nombreuses études ont montré que les polysaccharides peuvent inhiber la croissance tumorale par des mécanismes communs comme la prévention de l'oncogenèse par la consommation orale de préparations actives, une action anticancéreuse directe comme l'induction de l'apoptose (mort programmée) des cellules tumorales, l'activité immunopotentialisation associée à une chimiothérapie et l'inhibition de la métastase tumorale (Zong *et al* ; 2012).

5-5-L'activité immunomodulatrice

Les polysaccharides immunomodulateurs sont des composés capables de stimuler simultanément plusieurs composantes du système immunitaire. Cette action leur confère diverses propriétés thérapeutiques, notamment des effets antitumoraux et anti-inflammatoires (Sanchez ; 2006)

Chapitre III

Les nanoparticules

1- Généralités sur les nanoparticules

Les nanoparticules (NPs) sont, en général, des particules dont le diamètre varie entre 1 et 100 nanomètres ($\leq 0,1 \mu\text{m}$), et leurs propriétés particulières dépendent essentiellement de leur taille (Blanco *et al.*, 2015). Composées de dizaines voire de centaines d'atomes ou de molécules, les nanoparticules peuvent présenter différentes tailles et formes (Lee *et al.*, 2014). Les nanoparticules métalliques — comme celles à base d'or, d'argent, de zinc, de titane, de fer ou de cuivre — suscitent un intérêt croissant en raison de leurs propriétés uniques, notamment catalytiques, électroniques, magnétiques, chimiques, photoélectrochimiques et optiques (Hulkoti *et al.*, 2014). Ces caractéristiques leur permettent d'être utilisées dans de nombreux domaines, tels que la biomédecine, la pharmacie, la catalyse, la délivrance ciblée de médicaments ou encore comme agents antimicrobiens (Ahmed *et al.*, 2016).

2- Définition des nanoparticules

Les NPs ne sont pas de simples molécules, elles sont structurées en trois couches distinctes :

- **La couche superficielle**, qui peut être modifiée avec divers composés comme de petites molécules, des ions métalliques, des tensioactifs ou encore des polymères.
- **La couche de coque**, composée d'un matériau différent de celui du noyau, avec des caractéristiques chimiques spécifiques.
- **Le noyau**, qui constitue la partie centrale de la nanoparticule et représente généralement son cœur fonctionnel (Khan *et al.*, 2017).

3- Les nanoparticules d'argent

Les nanoparticules d'argent (AgNPs), ou nano-argent, sont de très petites particules mesurant entre 20 et 40 nanomètres. Elles sont composées d'environ 80 % d'atomes d'argent et de 20 % d'ions argent. Aujourd'hui, elles figurent parmi les nanoparticules les plus produites et les plus libérées dans l'environnement. Très appréciées dans les secteurs pharmaceutique et agroalimentaire, les nanoparticules d'argent sont principalement utilisées pour leurs propriétés antimicrobiennes puissantes. Cependant, leur usage reste sujet à controverse en raison des incertitudes liées à leurs effets potentiels sur la santé humaine et l'environnement (Hemmerlin, 2014).

- **Présentation générale de l'argent**

L'argent est un élément chimique avec le symbole Ag de couleur gris blanc (Chauvel,2018).C'est un métal malléable, ductile et précieux qui a été connu depuis des temps anciens et est situé dans le groupe 11 (Ib) et la période 5 du tableau périodique. L'argent est largement distribué dans la nature. Mais son abondance dans la croûte terrestre est très faible (0.05 ppm) par rapport aux autres métaux(Figure 8) (Sivaguru,2018).



Figure 8 : Pépite d'argent (Britannica,2021)

- **Propriétés optiques**

Les AgNPs sont particulièrement efficaces pour absorber et diffuser la lumière. Contrairement à la plupart des colorants et pigments classiques, leur couleur varie en fonction de leur taille et de leur forme(Figure 9)(Yusuf, 2019).

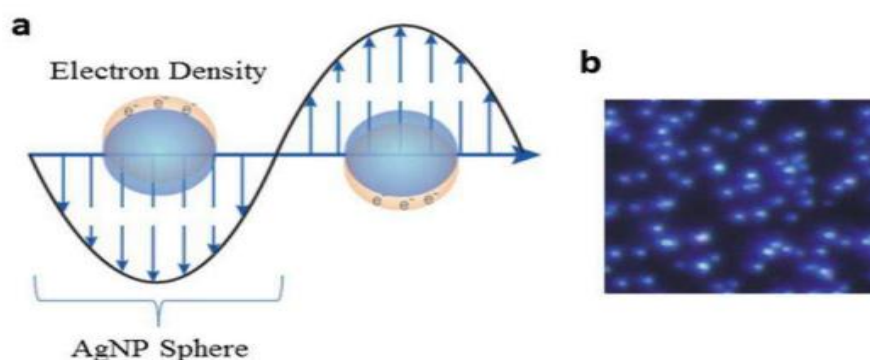


Figure 9: a) Résonance plasmonique de surface (SPR) pour les AgNPs à une longueur d'onde spécifique ; b) Image de microscopie en champ noir des AgNPs

(Yusuf, 2019).

- **Propriétés thermiques**

L'une des propriétés remarquables des nanoparticules métalliques est leur faible température de fusion, un phénomène lié à leur très petite taille, connu sous le nom d'effet de taille thermodynamique. (Syafiuddin *et al.*, 2017)

- **Propriétés catalytiques**

Les AgNPs ont montré une grande efficacité en tant qu'agents catalytiques, notamment pour la réduction de plusieurs colorants tels que le bleu de méthylène, le jaune-12, le 4-nitrophénol, le rose Bengale, l'éosine (Syafiuddin *et al.*, 2017)

5- La synthèse biologique des Nanoparticules d'argent

La synthèse verte des nanoparticules s'impose progressivement comme un domaine clé de la nanotechnologie. Elle repose sur l'utilisation d'entités biologiques pour produire des nanoparticules de manière respectueuse de l'environnement (Prateek *et al.*, 2017). Dans ce processus, la paroi cellulaire, chargée négativement, interagit de façon électrostatique avec les ions métalliques positifs, permettant leur réduction biologique en nanoparticules (Tran *et al.*, 2013). Cette méthode peut être vue comme une approche respectueuse de l'environnement, mais aussi comme une technique à faible coût et à haut rendement, non toxique (Soliman *et al.*, 2018). Elle est simple, fiable (Rajeshkumar et Bharath, 2017), et permet d'obtenir des nanoparticules avec une densité élevée, une grande stabilité et une solubilité immédiate dans l'eau (Zhang *et al.*, 2016). En comparaison avec les méthodes de synthèse chimique et physique, qui présentent une faible biocompatibilité et des risques biologiques potentiels, la méthode verte consomme moins d'énergie, ne nécessite pas de pression élevée, est moins coûteuse et offre un meilleur rendement (Tableau 2)(Mohamed *et al.*, 2019).

Tableau 2: Comparaison entre la synthèse biologique et la synthèse chimique (Muhammad *et al.*, 2016).

Synthèses des nanoparticules		
Méthodes vertes	Méthodes chimiques	Méthodes physiques
-Utiliser des plants et leurs extraits -Utiliser des bactéries -utiliser de la levure -Utiliser des champignons -Utiliser des micro-organismes	-Photochimique -Electrochimique -Reduction chimique -Four micro-onde -Pyrolyse	-Evaporation-condensation -Ablation laser pulse -phase vapeur et gaz -Lithographie -Fraisage à billes
Non toxique	Toxique	

Parmi les agents réducteurs et/ou stabilisants utilisés dans la production de nanoparticules d'argent par synthèse verte, on retrouve :

- **Les plantes**

Les plantes représentent une méthode particulièrement prometteuse pour la synthèse rapide des nanoparticules d'argent, grâce à la richesse en métabolites bioactifs. Ces composés tels que les polyphénols, les flavonoïdes, les terpénoïdes, les acides aminés, les protéines et les enzymes jouent un rôle clé dans le processus, en agissant comme agents réducteurs ou stabilisants (Chauvel, 2018). Diverses parties de la plante, notamment les racines, les tiges, les graines et les feuilles sont principalement utilisées pour la synthèse des NPs. Le point intéressant est c'est la présence d'agents bioactifs spécifiques dans chacune de ces parties (Muhammad *et al.*, 2016).

- **Les bactéries**

L'utilisation des bactéries dans la synthèse des nanoparticules connaît un intérêt croissant, en raison de leur facilité de manipulation, de leur succès grandissant, et de la possibilité de les modifier génétiquement. Les nanoparticules d'argent (AgNPs) ont ainsi été produites à l'aide de bactéries à Gram positif comme à Gram négatif. Il est important de noter que certaines bactéries sont capables de générer ces nanoparticules à l'intérieur même de leurs cellules

(synthèse intracellulaire), tandis que d'autres les produisent à l'extérieur, dans leur environnement (synthèse extracellulaire). (Chauvel, 2018).

- **Les polysaccharides**

Dans cette méthode, les AgNPs sont synthétisées en utilisant de l'eau comme solvant écologique, ainsi que des polysaccharides jouant à la fois le rôle d'agents réducteurs et de stabilisants. En présence de nitrate d'argent (AgNO_3), ce procédé permet d'obtenir des nanoparticules d'une taille allant de 10 à 34 nm. Ces AgNPs se montrent stables dans une solution aqueuse à 25 °C pendant environ trois mois (Chauvel, 2018).

6- Activités biologiques des nanoparticules d'argent

Les AgNPs ont suscité un vif intérêt parmi les chercheurs en raison de leur capacité exceptionnelle à lutter contre un large éventail de micro-organismes pathogènes (Rajeshkumar et Bharath, 2017).

6-1 Activité anti-inflammatoire

Des études ont montré que l'exposition aux NPs stimule la sécrétion de diverses cytokines et chimiokines par les cellules épithéliales, entraînant ainsi l'infiltration de macrophages dans les zones touchées. Les médiateurs de l'inflammation sont donc activés, et la production de cytokines inflammatoires augmente, favorisant leur afflux depuis le système circulatoire vers le site de l'inflammation (Keywan *et al.*, 2019).

6-2 Activités antioxydantes

Les antioxydants sont des substances, naturelles ou synthétiques, capables de prévenir ou de ralentir les dommages cellulaires causés par les oxydants, comme les radicaux libres (Bedlovičová *et al.*, 2020). D'après une étude menée par (Keshari *et al.*, 2020), les AgNPs présentent une activité antioxydante notable, attribuée à la présence de groupes fonctionnels à leur surface ainsi qu'à leur très petite taille.

6-3 Activité antibactérienne

Les AgNPs se sont révélées être un agent biocide très efficace, capable d'agir contre un large éventail de bactéries, aussi bien Gram négatif que Gram positif. Parmi les bactéries ciblées, on retrouve notamment *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis*, *Streptococcus mutans* et *Bacillus subtilis* (Zhang *et al.*, 2016). Le fort rapport surface/volume

des AgNPs améliore leur interaction avec les micro-organismes, ce qui favorise la libération des ions argent et renforce leur efficacité biocide (Keywan *et al.*, 2019). Par ailleurs, les AgNPs de plus petite taille ont une capacité accrue à traverser les membranes cellulaires et à pénétrer à l'intérieur des cellules. Il est important de noter que la concentration d'AgNPs nécessaire pour inhiber la croissance bactérienne varie selon le type de bactérie (Carolina *et al.*, 2014).

7- Applications des nanoparticules d'argent

Les prévisions indiquent que l'industrie des nanotechnologies continuera de croître rapidement, avec une attention particulière portée à la production d'AgNPs. De nombreuses études montrent que ces nanoparticules possèdent une valeur commerciale plus élevée que d'autres types de nanoparticules, et qu'elles sont plus fréquemment mises en avant dans les produits de consommation (Tableau 3), (Calderón-Jiménez *et al.*, 2017).

Tableau 3: Applications des nanoparticules d'argent dans des différents secteurs (Verma *et al.*, 2019)

Domaine	Application des AgNPs
Applications optiques	• Les cellules solaires • L'imagerie médicale • Les limiteurs optiques • Les dispositifs plasmoniques (Nuranietet <i>et al.</i>, 2015)
Applications pharmacologiques	• Activité antimicrobienne • Activité larvicide • Propriété de cicatrisation des plaie
Applications biomédicales	• Réalisation antibactérienne • Réalisation antifongique • Réalisation antivirale • Réalisation anti-inflammatoire • Activité anti-angiogénique • Exploit anticancéreux
Applications textiles	• Textile bloquant les rayons UV

	• Textiles et dispositifs médicaux
Industries alimentaires	• Nanotechnologie et emballage alimentaire • Transformation alimentaire
Traitement environnemental	• Désinfection de l'air • Désinfection de l'eau ➤ Désinfection de l'eau potable ➤ Désinfection des eaux souterraines et des eaux usées biologiques

PARTIE EXPERIMENTALE

Chapitre IV
Matériels et méthodes

Matériel et méthodes**1- Objectif**

Cette étude vise en premier lieu à extraire les polysaccharides hydrosolubles des noyaux de dattes, et l'analyse quantitative des oses totaux et des protéines présents de l'extrait. Ensuite l'extrait polysaccharidique a été utilisé pour la synthèse des nanoparticules d'argent AgNPs et l'évaluation de leurs activités biologiques.

Le travail a été réalisé au niveau des laboratoire d'Immunologie, de Microbiologie et de l'animalerie du département de Biologie, Faculté Sciences de la Nature et la Vie et Sciences de la Terre et l'Univers à l'Université de 8 Mai 1945 Guelma.

2- Matériel végétal :

Le matériel biologique utilisé dans cette étude est les noyaux des dattes du palmier dattier issus du cultivar Ghars qui ont été lavés, puis séchés à l'air libre à l'abri du soleil et encore séchés à l'étuve à 37°C pour éliminer toute trace d'humidité et enfin broyer pour obtenir une poudre (Figure 10).



Figure 10 : la poudre des noyaux de dattes(photo original)

3- Matériels et produits chimiques :

Le tableau suivant (Tableau 4) représente les produits chimiques, le matériel et les appareils utiliser :

Tableau 4 : Les produits chimiques, matériel et les appareils de laboratoire

Matériels de laboratoire	Produits chimique	Les appareilles scientifique
• Spatule • Entonnoir • Becher • Papier filtre • Pipette • Boîtes de pétrie • Erlenmeyers stériles • Pince • Les tubes • Papiers whatman • Perforeuse a papier • Les disques des antibiotiques • Pipette graduée stérile	• L'eau distillée • L'hexane • L'acétone • L'éthanol • Phénol • L'acide sulfurique • Sulfate de cuivre • Sodium • Potassium • Nitrate d'argent • DPPH • Méthanol • Eau physiologique	• Balance électrique • Agitateur • L'étuve • Centrifugeuse • Spectrophotomètre • Soxhlet • Bain marie • Vortex • Bec bunsen • Four pasteur

4- Extraction des polysaccharides hydrosolubles des noyaux des dattes :

4-1- Délipidation :

L'extraction des lipides présents dans les noyaux a été réalisé par l'appareil soxhlet. 100g de poudre ont été extraits avec 800 ml d'hexane, chauffé à 60°C (Dharhri *et al.*, 2023). Le solvant s'évapore, se condense et puis se déverse dans la chambre d'extraction pour solubiliser les lipides contenus dans la poudre avant de revenir au ballon. Ce cycle est répété plusieurs fois pendant 6h jusqu'à l'extraction complète des lipides. La poudre dégraissée a ensuite été rincée 03 fois à l'acétone pour éliminer les traces d'hexane, puis laissée sécher à l'air libre.

4-2-Extraction des polysaccharides :

L'extraction a été réalisée selon la méthode de Dhahri *et al.*, (2023). La poudre dégraissée a été macérée avec 500ml d'eau distillée à 70°C pendant 2h, sous agitation douce et constante. La macération est répétée 02 fois. Après filtration à l'aide de papier whatman, les deux filtrats ont été mélangés et centrifugés à 5000 rpm pendant 15 minutes pour éliminer les impuretés. Pour la précipitation des polysaccharides, trois volumes d'éthanol glacé 95% a été ajouté à un volume de surnageant. Les tubes ont été agités délicatement puis ont été laissés au repos pendant 12-24h à 4°C. Les tubes sont ensuite centrifugés à 5000 rpm pendant 10 min pour bien précipiter les polysaccharides. Le culot (contenant des polysaccharides) a été lavé 3 fois avec l'cétone, puis recentrifugé à 3000 rpm pendant 10 minutes. Le culot a ensuite été

recupéré et séché à l'étuve à température inférieure à 30°C pendant 12h. La poudre obtenue représente l'extrait brut de polysaccharides hydrosolubles issus des noyaux de dattes (Figure 11).



Figure 11 : les différentes étapes d'extraction des polysaccharides (photo original)

4-3-Rendement d'extraction : il est défini comme étant le rapport entre la masse de l'extrait brut obtenu et la masse du matériel végétal traité (noyaux de dattes). Ce rendement est calculé par la formule suivante

$$\% = \frac{\text{Poids de l'extrait de polysaccharides (g)}}{\text{Poids de la poudre seche de noyaux de datte (g)}} * 100$$

5-Dosage des sucres totaux :

La teneur en oses totaux a été déterminée selon la méthode de Dubois *et al.* (1956). Pour cela, 1 ml de la solution de l'extrait de polysaccharides (à une concentration de 1 mg/ml) a été mélangé avec 1 ml de solution de phénol à 5 %. Ensuite, 5 ml d'acide sulfurique concentré ont été ajoutés au mélange réactionnel. Après agitation au vortex, les tubes ont été incubés pendant 5 minutes dans un bain-marie à 90 °C, puis laissés à reposer à température ambiante, à l'obscurité, pendant 30 minutes. L'absorbance a été mesurée à 490 nm à l'aide d'un spectrophotomètre.

Une solution mère de glucose à une concentration de 0,1 mg/ml a été utilisée pour préparer une gamme d'étalonnage à différentes concentrations (Tableau 5). Cette gamme a servi à établir la courbe d'étalonnage permettant de déterminer la teneur en oses totaux, exprimée en mg équivalent glucose par mg d'extrait (**Voir annexes**).

Tableau 5 : Les dilutions de la gamme d'étalonnage de glucose

Concentration de glucose mg/ml	0,02	0,04	0,06	0,08	0,1
Volume prélevé de la solution mère de glucose (µl)	200	400	600	800	1000
Eau distillée (µl)	800	600	400	200	0

6-Dosage des protéines :**6-1- Préparation de la solution Biuret :**

La solution a été préparée en dissolvant 1,5 g de sulfate de cuivre (CuSO_4) ainsi que 6 g de tartrate double de sodium et de potassium ($\text{NaKC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) dans 500 ml d'eau distillée. Ensuite, 1 g d'iodure de potassium (KI) a été ajouté, suivi de 300 ml de soude (NaOH) à 10 %. Le volume final a été ajusté à 1 litre avec de l'eau distillée.

6-2- Dosage :

Un volume de 1 ml de l'extrait de polysaccharides des noyaux de dattes a été prélevé, auquel 2 ml de la solution de Biuret ont été ajoutés. Le mélange a été incubé pendant 30 minutes à l'obscurité à température ambiante. L'absorbance a ensuite été mesurée à 550 nm à l'aide d'un spectrophotomètre (Baudet et Giddey, 1948). Le même protocole a été appliqué à des solutions de BSA (albumine sérique bovine) de concentrations connues, préparées à partir d'une solution mère de 10 mg/ml (Tableau 6) :

Tableau 6 : Les dilutions de la gamme d'étalonnage du BSA

Concentration BSA (mg/ml)	0	2	4	6	8	10
Volume prélevé de la solution mère BSA (µl)	0	200	400	600	800	1000
Volume d'eau distillée ajoutée (µl)	1	800	600	400	200	0

Ces dilutions ont servi à établir une courbe d'étalonnage permettant de déterminer la teneur en protéines totales des échantillons, exprimée en mg équivalent BSA par mg d'extrait (**Voir annexes**).

7-Synthèse des nanoparticules d'argent AgNPs :

Les solutions ont été préparées dans un premier temps. Une solution de nitrate d'argent (AgNO_3) à 10 mM a été obtenue par dissolution de 0,17 g dans 100 ml d'eau distillée. Parallèlement, 50 mg de l'extrait polysaccharidique des noyaux de dattes ont été dissous dans 100 ml d'eau distillée. La synthèse des AgNPs a été réalisée en mélangeant les deux solutions sous agitation à 70 °C, avec un ajustement du pH à 9. Après 2 heures d'agitation, la solution a été incubée à température ambiante et à l'abri de la lumière pendant 24 heures (El-Sheekh *et al.*, 2022).

7-1- Caractérisation de la formation des AgNPs

La formation des AgNPs a été indiquée visuellement par un changement de couleur du mélange, passant du transparent à un brun rougeâtre (Figure 12). Cette formation a ensuite été confirmée par spectrophotométrie UV-Visible, en mesurant l'absorbance dans la plage de 300 à 500 nm.

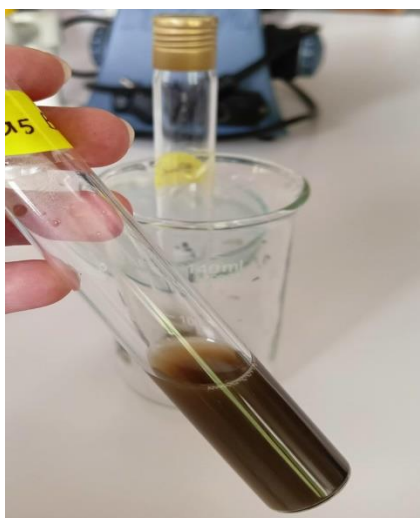


Figure 12 : La solution d'AgNPs (photo original)

8-Les activités biologiques

8-1-L'activité antioxydante

La méthode DPPH repose sur la réduction du radical libre stable 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyle (DPPH•) par les antioxydants. En présence de composés antioxydants (les AgNPs dans notre étude), la couleur violette du DPPH diminue en absorbance à 517 nm, indiquant sa réduction par l'antioxydant utilisé (Brand-Williams *et al.*, 1995). Dans le cadre de l'évaluation de l'activité antioxydant, des dilutions ont été préparées à partir de la solution mère des AgNPs afin d'obtenir différentes concentrations filles (dilution : 1/2, 1/4, 1/8, 1/16 et 1/32). Pour chaque dilution, 200 µl ont été prélevés, puis 800 µl de la solution de DPPH ont été ajoutés. Le mélange a été agité, puis incubé à l'obscurité pendant 30 minutes. Un changement de couleur du violet au jaune a été observé, traduisant une activité antioxydant liée à la réduction du radical DPPH• par les AgNPs (Figure 13). L'absorbance a ensuite été mesurée à 570 nm à l'aide d'un spectrophotomètre (Dhahri *et al.*, 2023).



Figure 13 : L'activité antioxydante (photo original)

Le même protocole a été appliqué au standard, l'acide ascorbique, à différentes concentrations (7,81 ; 15,62 ; 31,25 ; 62,5 ; 125 ; 250 µg/ml), afin de servir de référence positive et de permettre la comparaison de l'activité antioxydant des AgNPs avec celle d'un antioxydant reconnu.

Le pourcentage d'inhibition % a été calculé comme suit :

$$\frac{(\text{DO de control} - \text{DO de echantillon})}{\text{DO de controle}} * 100$$

Où le contrôle : solution de DPPH

8-2-L'activité antibactérienne :

La méthode de diffusion sur disque est une technique couramment utilisée pour évaluer l'efficacité antimicrobienne d'un extrait. Elle consiste à déposer un extrait ou un antibiotique sur un disque de papier placé sur une géloseensemencée par une bactérie. Après incubation, la formation d'un halo d'inhibition autour du disque indique l'activité antibactérienne (Figure 14) (Bauer *et al.*, 1966)

8-2-1-Préparation des concentrations d'extrait :

Des dilutions ont été préparées à partir de la solution mère des AgNPs pour obtenir des solutions filles de concentration : 100 %, 75 %, 50 % et 25 %.

8-2-2-Préparation des suspensions bactériennes :

A partir des boîtesensemencées de chaque souche testée (*Escherichia coli* (ATCC25922), *Pseudomonas aeruginosa* (ATCC25959) et *Staphylococcus aureus* (ATCC25923)), 3 colonies de chaque boîte ont été prélevées à l'aide d'une anse de platine stérile et au près du bec

bunsen. Les colonies prélevées ont été introduites dans des tubes contenant 5 ml d'eau physiologique. Après homogénéisation, les suspensions bactériennes sont prêtes à utiliser dans 15min.

8-2-3- Ensemencement et antibiogramme (milieu de culture Mueller-Hinton, MH) :

L'ensemencement des 3 souches a été réaliser sur un milieu gélosé MH par des stries uniformes sur toute la boîte de pétri à l'aide d'un écouvillon trempé dans la suspension bactérienne. Pour chaque souche, nous avons réalisé deux essais.

8-2-4-Dépôt des disques :

Après imprégnation des disques avec 40 µl de chaque dilution de l'extrait AgNPs, 04 disque (25%, 50%, 75% et 100%) ont été déposer sur la boîte de pétri de chaque souche bactérienne à l'aide de pince stérile (30mm d'espace entre les disques). Des disques de contrôle (antibiotiques) ont été utilisé et déposer dans des boîtes de pétri ensemencés par les 03 souche bactérienne : la gentamicine et la rifampicine ont été utilisé comme contrôle pour *Escherichia coli* et *Pseudomonas aeruginosa* ; la céfoxitine et la rifampicine ont été utilisés pour *Staphylococcus aureus*. Les boîtes de pétri ont été incubés à 37°C pendant 24h.

8-2-5- Lecture des résultats :

L'activité antibactérienne est évaluée en mesurant le diamètre des zones claires (zones d'inhibition) formées autour des puits, en incluant le diamètre du puits lui-même après 24h.



Figure 14 : L'activité antibactérienne (photo original)

8-3-L'activité anti-inflammatoire :

L'activité anti-inflammatoire peut être évaluée par la méthode de stabilisation des membranes des globules rouges (GR), une méthode simple et fiable qui repose sur la capacité d'un extrait à prévenir la lyse des GR en condition de stress osmotique (Shinde *et al.*, 1999).

Pour cela, Quatre solutions ont été préparées :

- PBS (phosphate-buffered saline), pH 7,4
- Solution d'hyposulfite de sodium à 0,5 %
- Les solution filles (1/2, 1/4, 1/8, 1/16, et 1/32) à partir de la solution des AgNPs.
- Diclofénac sodique à 1 mg/ml (utilisé comme contrôle positif)

Préparation de la suspension des GR : 5 ml de sang hépariné ont été lavés trois fois avec 10 ml de PBS et centrifugé à 3000 rpm pendant 10 minutes. Le culot des GR final a été dilué à 10 % par la solution de PBS.

Dosage : Dans chaque tube de test, 0,5 ml de suspension de globules rouges, 0,5 ml de solution d'hyposulfite et 0,5 ml de l'extrait des AgNPs de différentes concentrations ont été ajoutés (ou du contrôle positif le diclofénac de sodium)(Figure 15).

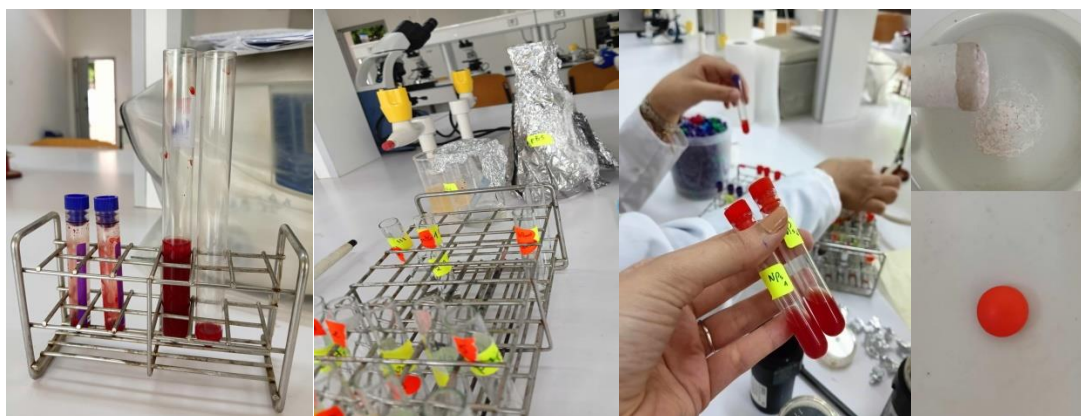


Figure 15 : L'activité anti-inflammatoire (photo original)

Les tubes ont été incubés à 37°C pendant 30 minutes, puis centrifugés à 2500 rpm pendant 5 minutes. L'absorbance des surnageants a été mesurée à 540 nm à l'aide d'un spectrophotomètre. La stabilisation de la membrane cellulaire est considérée comme un indicateur de l'activité anti-inflammatoire de l'extrait, car elle reflète sa capacité à inhiber la lyse des GR. Le pourcentage d'inhibition de l'inflammation est calculé par la formule suivante :

$$\% \text{ d'inhibition} = \frac{\text{DO de controle} - \text{DO echantillon}}{\text{DO de controle}} * 100$$

Où : contrôle : contient la solution des Globules rouge + l'hyposulfite de sodium

Chapitre V

Résultats et discussion

Résultat et Discussion

1-Rendements de l'extraction :

Le rendement de l'extraits des polysaccharides par rapport à la matière sèche des noyaux de dattes est de 0,57% dans la fraction hydrosoluble (Tableau 7). Cette valeur est plus faible que les polysaccharides hydrosolubles de Mesh-degla 2,26%, Deglet-nour 0,7%, Ghars 0,87% (Belabel *et al.*, 2021 ; Berretima *et al.*, 2021) et de Ajwa 1,5% et 1,03% extraits par la méthode d'extraction à l'eau chaude et l'extraction assistée par ultrasons respectivement (Dhahri *et al.*, 2023).

Cela peut s'expliquer par la variété génétique entre les variétés de dattes, chaque cultivar a une composition chimique différente qui peut naturellement contenir moins ou plus de polysaccharides dans les noyaux.

En effet, Al-Farsi et Lee (2008) ont montré que les différences variétales impactent significativement la teneur en fibres, polyphénols et glucides complexes. Certains cultivars contiennent une plus grande proportion de polysaccharides insolubles ou fortement liés à la matrice lignocellulosique, ce qui réduit leur extraction en phase aqueuse.

Tableau 7 : Rendement d'extraction

	Rendement d'extraction %	Sucres totaux	Protéines totales %
Extrait polysaccharidique de noyaux de dattes	0,57	19	8,2

2-Dosage des sucres :

La teneur en oses totaux mesurée dans l'extrait polysaccharidique obtenu à partir des noyaux de dattes est de 0,19 mg équivalent glucose/mg d'extrait, ce qui représente 19 % de l'extrait polysaccharidique. Cette valeur est modérée et reste toutefois suffisante pour suggérer une présence significative de polysaccharides dans l'extrait. 58% des sucres ont été représenté dans le travail de Marzouk et al, (2017) ce qui est plus élevé par rapport à notre étude.

De même, une étude a montré la présence de 32 à 34 % de sucres de l'extrait de polysaccharides des noyaux, contenant principalement l'arabinose (5,05%), le xylose (5,01%), le glucose (2,57%), le mannose (1,13%) et le galactose (0,95M), (Dhahri *et al.*,

2023). Noorbakhsh et Khorasgani, (2022) ont révélé un taux de 4,81% des sucres totaux dans les noyaux de dattes qui est en harmonie avec notre étude. Cela confirme la variation des paramètres selon la richesse de chaque variété et cultivar.

3-Dosage des protéines

Les résultats obtenus montrent que la teneur en protéines des dattes est de 0,082 mg équivalent BSA/mg d'extrait qui correspond à 8,2% de l'extrait des polysaccharides. Cette teneur en protéines est cohérente avec ce que l'on observe généralement dans des extraits bruts de polysaccharides végétaux.

Des études similaires ont indiqué que l'extrait de polysaccharides des noyaux de dattes représentent un taux de protéines de 6,2% par rapport à l'extrait (Noorbakhsh et Khorasgani, 2022). Al-Farsi *et al.*, (2005) ont montré que ces noyaux contiennent des protéines brutes en proportion faible de 5 à 7 % de la matière sèche, ce qui peut expliquer la présence modérée de protéines résiduelles dans les extraits polysaccharidiques.

4-La caractérisation de la synthèse des AgNPs par spectrophotomètre

Dans le cadre de la caractérisation des nanoparticules d'argent (AgNPs), la spectroscopie UV-Vis a été utilisée pour confirmer leur formation.

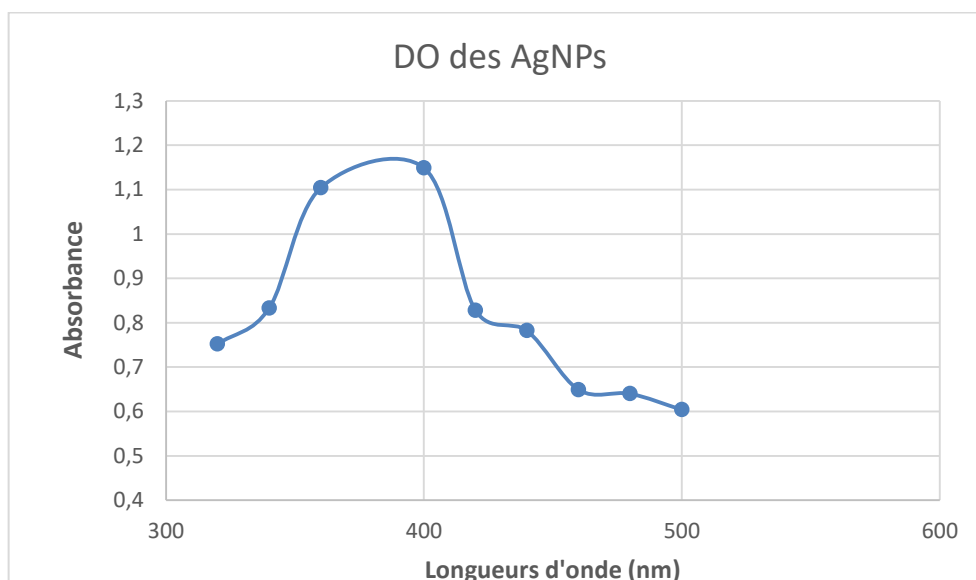


Figure 16 : Absorbance de la solution des AgNPs par spectrophotomètre

Le spectre d'absorbance des AgNPs biosynthétisées révèle un pic d'absorbance caractéristique situé entre 360 nm et 410 nm, avec un maximum aux alentours de 390

nm(Figure 16). Ce pic est typique de la résonance plasmon de surface (SPR) des AgNPs, phénomène optique résultant de l'oscillation collective des électrons libres à la surface des nanoparticules lorsqu'ils sont excités par la lumière (Elbagory *et al.*, 2022).

Ce résultat confirme la formation effective des AgNPs dans le milieu réactionnel grâce au pouvoir de réduction de la solution des polysaccharides. L'intensité élevée de l'absorbance (atteignant environ 1,15) reflète une concentration notable de nanoparticules biosynthétisées, qui est indiqué également par l'intensité de couleur de la solution. De plus, la forme relativement symétrique du pic suggère une distribution de taille assez homogène.

Ce résultat est en accord avec plusieurs études antérieures. Par exemple, dans l'étude de Elbagory *et al.*, (2022), un pic SPR net à 419 nm a été observé lors de la synthèse verte des AgNPs avec l'extrait de *Moringa oleifera*. De même, Ahmed *et al.*, (2016) ont obtenu un pic d'absorption à 420 nm lors de la synthèse de nanoparticules d'argent à l'aide de l'extrait d'*Azadirachta indica*, confirmant la validité de la méthode utilisée. Sharma *et al.* (2021) ont rapporté un pic à 422 nm après l'utilisation d'un extrait de *Ocimum sanctum*, notant que ce pic net et symétrique était indicateur de la formation efficace de nanoparticules et de leur dispersion homogène dans le milieu réactionnel.

Ces trois études démontrent que la plage de 400 à 450 nm est typique pour les AgNPs de forme sphérique et de petite taille, ce qui renforce la validité de notre observation. Ainsi, nos résultats suggèrent que la synthèse réalisée a permis d'obtenir des nanoparticules nanométriques, stables, bien formées et bien dispersées, conformément aux données de la littérature scientifique.

5-L'activité antioxydante :

L'oxydation est une réaction chimique qui génère des radicaux libres (pro-oxydants). A leur tour, ils commencent une chaîne de réaction dans la cellule qui peuvent l'endommager ou perturber sa physiologie. Les antioxydants sont les molécules responsables de la défense de l'organisme et qui mettent fin à ces réactions oxydatives en éliminant les radicaux libre ou les pro-oxydants (Moharram et Youssef, 2014). Le DPPH a été largement utilisé comme radical libre pour évaluer la réduction des substances dans divers aliments et estimer les activités de piégeage des radicaux libres des antioxydants (Marzouk *et al.*, 2017).

La figure 17 représente l'évaluation de l'activité antioxydante des AgNPs par le radical DPPH. Les valeurs de l'activité sont exprimées en pourcentage % qui représente le taux de l'inhibition des radicaux libres.

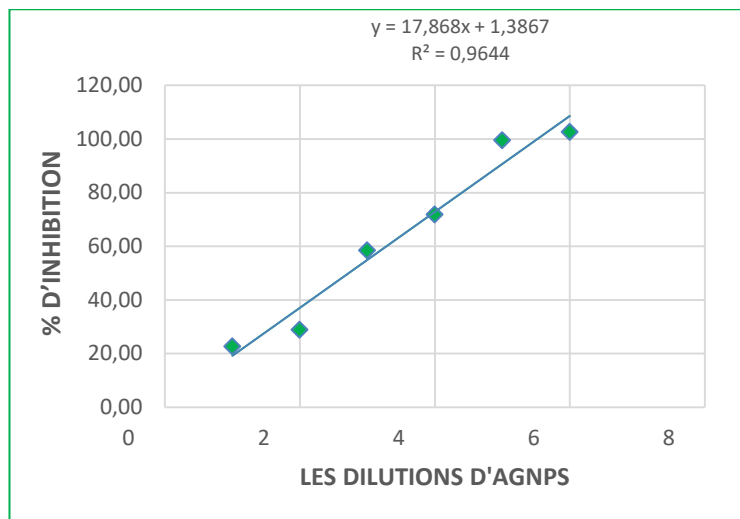


Figure 17 : Activité antioxydante des AgNPs

Les résultats de notre étude montrent que cette activité antiradicalaire augmente globalement avec la concentration indiquée par l'augmentation de l'inhibition, où nous avons observé une inhibition de 22% à la dilution 1/32ème, 28% à la dilution 1/16, 58% à la dilution 1/8, 71% à la dilution 1/4, atteignant un maximum de 99% à la dilution 1/2. Cette tendance concorde avec l'étude de BarathMani Kanth *et al.*, (2011), qui ont observé une efficacité antioxydante maximale à une concentration intermédiaire.

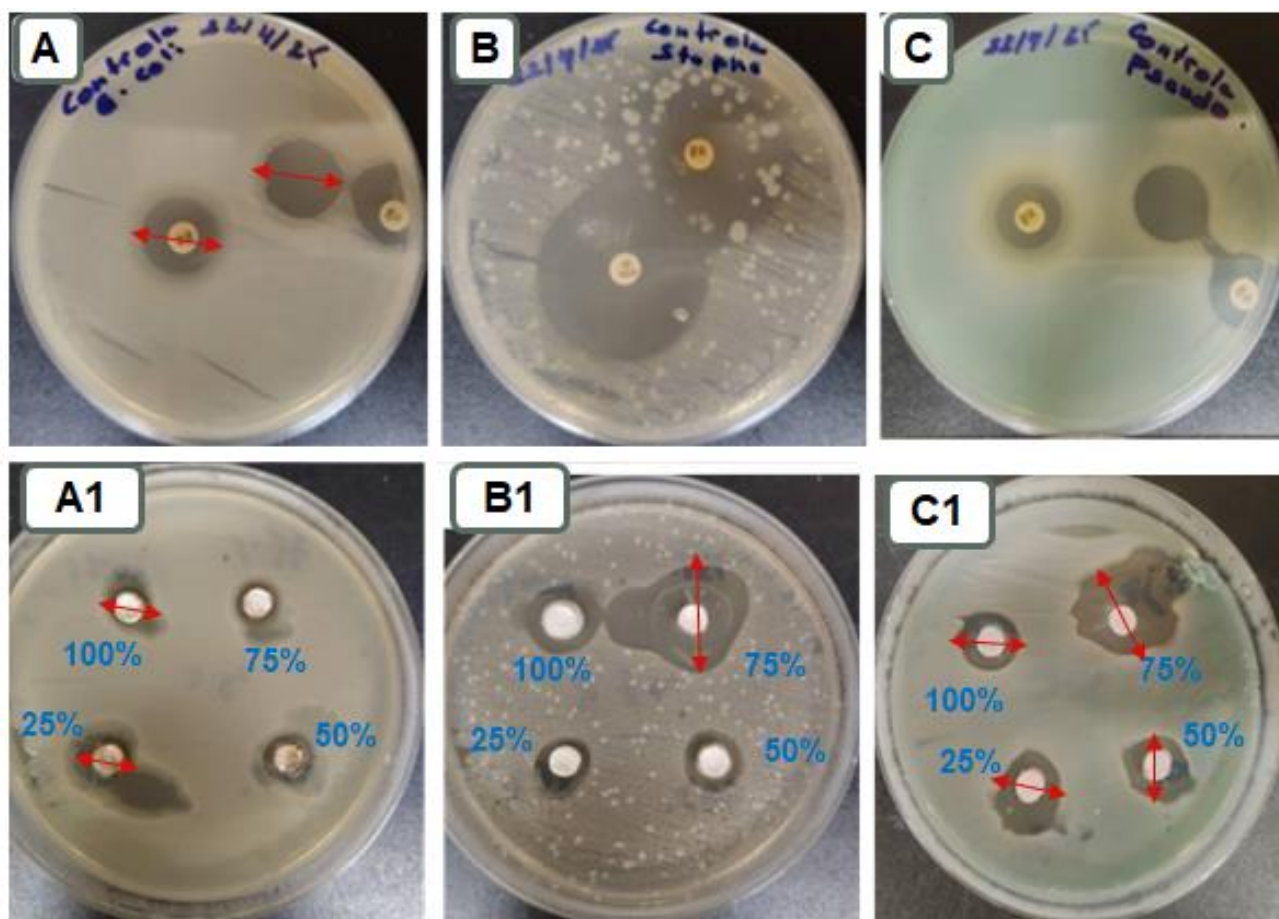
Azzez *et al.*, (2017) approuvent que l'augmentation de l'inhibition du DPPH est dépendante de la concentration des AgNPs, ce qui concorde avec nos résultats. Cette puissante activité antioxydante contre le DPPH est dû à l'activité des polysaccharides de noyaux de dattes qui participent comme agent réducteur des ions de l'argent et ainsi comme agent stabilisant des nanoparticules qui leur offre cette activité antioxydante.

Dhahri *et al.*, (2023) Confirment que les polysaccharides ont une activité antioxydante puissante contre les radicaux libres conférant une activité antioxydante marquante aux AgNPs. Marzouk *et al.*, (2017) prouvent que l'activité antioxydante des polysaccharides augmente avec l'augmentation de la concentration ce qui explique l'augmentation de l'inhibition de DPPH avec l'augmentation de la concentration des AgNPs dans notre étude.

De ce fait, nos résultats renforcent l'idée que la marquante activité antioxydante des AgNPs biosynthétisées dépend fortement des composés bioactifs présents à leur surface (les polysaccharides de noyaux de dattes dans notre cas) pour les stabiliser et ainsi pour leur offrir une certaine bio-activité antioxydante.

6-L'activité antibactérienne

Les nanoparticules d'argent (AgNPs) ont démontré une certaine activité antibactérienne, comme en témoignent les résultats observés sur les boîtes de Pétri lors du test des disques (Figure 18) en comparant avec l'essai contrôle en présence de l'antibiotique (Gentamicine, Rifampicine, Céfoxitine). La taille moyenne de la zone d'inhibition mesurée pour toutes les souches est présentée dans le tableau 8. Le diamètre de la zone d'inhibition reflète la sensibilité du micro-organisme testé. Une zone plus large indique une sensibilité accrue, tandis qu'une zone plus petite suggère une résistance, comme l'ont observé (Gajbhiye *et al.*,



2009).

Figure 18 : Influence des antibiotiques et des AgNPs sur la croissance bactérienne.

(A) Effet de la gentamicine et la rifampicine sur la croissance de *E. coli*. (B) : Effet de la céfoxitine et la rifampicine sur la croissance de *S.aureus*(C) : Effet de la gentamicine et la rifampicine sur la croissance de *Pseudomonas aeruginosa*. (A1) : Effet des AgNPs sur la croissance de *E.coli*. (B1) : Effet des AgNPs sur la croissance de *S.aureus*(C1) : Effet des AgNPs sur la croissance de *Pseudomonas aeruginosa*.

Nous avons observé que, chez *Escherichia coli*, l'activité antibactérienne est plus élevée à la concentration 25 % (8,2 mm) par rapport à celles de 50, 75 et 100 % (7mm) qui signifie une sensibilité faible à modérée de la souche. Chez *Staphylococcus aureus*, nous avons constaté une sensibilité de la souche avec une valeur minimale d'inhibition (8 mm) à 25% et 50% et une valeur maximale de 18 mm à la concentration 75% ce qui montre une activité inhibitrice marquante des AgNPs contre cette souche. Tandis que, chez *Pseudomonas aeruginosa*, la valeur maximale d'inhibition est 16 mm à une concentration de 75%, une inhibition modérée à 25% et 50% avec 10 mm de diamètre, ainsi qu'une valeur minimale de 9 mm à la concentration 100% ce qui peut prouver une sensibilité significative de la souche aux AgNPs.

En comparaison avec les antibiotiques utilisés (Gentamicine, Rifampicine et la Céfotaxime), les trois souches bactériennes ont montré une sensibilité très significative à ces antibiotiques.

Tableau 8 : Zone d'inhibition des nanoparticules d'argent contre diverses bactéries pathogènes.

La souche	Zone inhibition			
	25%	50%	75%	100%
<i>E. coli</i>	8,2 ±1 mm	7 ±1 mm	7 ±1 mm	7 ±1 mm
<i>S. aureus</i>	8 ±1 mm	8 ±1 mm	18 mm	10 ±1 mm
<i>P. aeruginosa</i>	10 ±1 mm	10 ±1 mm	16 ±1 mm	9 ±1 mm

Les résultats ont montré que *Pseudomonas aeruginosa* et *Staphylococcus aureus* sont les souches les plus sensibles alors que *Escherichia coli* la souche la moins sensible (résistante). Les résultats présentés par Saleh H. Selman ont montré une activité antibactérienne des AgNPs contre les trois bactéries utilisées. Les AgNPs ont présenté la plus grande efficacité contre *S. epidermidis* et la plus faible contre *E. coli* (Saleh H. Selman, 2020). Une activité antibactérienne similaire des AgNPs a été rapportée contre *Bacillus subtilis*, *Bacillus cereus*,

Staphylococcus aureus, *Enterococcus faecalis*, *Salmonella typhi*, *Shigella sp*, *E coli*, *Pseudomonas aeruginosa* et *Acinetobacter baumannii* (Tarad *et al.*, 2016).

Les nanoparticules d'argent biosynthétisées à partir de noyaux de dattes Ajwa (Aw–AgNPs) ont montré une activité antibactérienne, elles induisent des zones d'inhibition de 18 mm, 17 mm et 20 mm, ce qui démontre leur efficacité comparable à celle de la pénicilline. L'activité était plus marquée contre les bactéries à Gram négatif, telles que *E. coli* et *P. aeruginosa*, que contre les bactéries à Gram positif comme *S. aureus*. Ces résultats confirment le potentiel des Aw–AgNPs comme agents antibactériens puissants d'origine naturelle (khaled S. Allemailem *et al.*, 2022). Cette efficacité des AgNPs synthétisées par les polysaccharides de noyaux de dattes peut s'expliquer par l'efficacité de ces composés qui agissent comme agents réducteurs et stabilisants lors de la synthèse des AgNPs, influençant leur taille, leur forme et leur stabilité.

L'étude de Aldayel *et al.*, (2021) a révélé que les AgNPs synthétisées à partir d'extraits de noyaux de dattes présentaient des zones d'inhibition allant de 10 à 18 mm contre diverses souches bactériennes, indiquant une activité antibactérienne significative.

Par ailleurs, les AgNPs exercent leur effet antibactérien par plusieurs mécanismes notamment la libération d'ions argent (Ag^+) qui interagissent avec les protéines et les enzymes bactériennes, altérant leurs fonctions vitales. Ainsi, leur taille leur permet de pénétrer efficacement les parois cellulaires bactériennes, perturbant la perméabilité de la membrane bactérienne, provoquant des fuites de contenu cellulaire entraînant la mort cellulaire (Rodrigues *et al.*, 2024). Ces mécanismes combinés avec le potentiel des réducteurs naturels (cas des polysaccharides de noyaux de dattes) confèrent aux AgNPs une efficacité contre des bactéries.

7-L'activité anti-inflammatoire

Ce travail a permis de mettre en évidence l'activité anti-inflammatoire et stabilisation des membranes des globules rouges par AgNPs synthétisées par les polysaccharides de noyaux de dattes. L'évaluation de l'activité anti-inflammatoire a révélé que les AgNPs à une dilution 1/8 ont induit une inhibition de 59,21 % de l'hémolyse des globules rouges, indiquant un effet stabilisateur des membranes cellulaires.

En comparaison, le diclofénac, utilisé comme référence, a présenté une IC₅₀ de 817,65 µg/ml, correspondant à une inhibition de 50 %. Cet effet stabilisateur significatif de la membrane des GR est une indication indirecte d'un potentiel anti-inflammatoire.

L'activité anti-inflammatoire des nanoparticules AgNPs synthétisées par la méthode du polyol a été évaluée dans l'étude de Ahmad *et al.*, (2023). Les AgNPs ont montré un taux d'inhibition de l'hémolyse allant de 36,6 % à 61,2 % pour des concentrations de 20 à 80 µg/ml. En comparaison, le diclofénac sodique a présenté une inhibition supérieure, allant de 47,4 % à 72,1 % aux mêmes concentrations. Ces résultats indiquent que les AgNPs possèdent une activité notable, bien qu'inférieure à celle du diclofénac à dose égale. Toutefois, dans notre étude, une dilution 1/8 a permis d'atteindre un taux d'inhibition de 59,21 %, ce qui montre un potentiel prometteur.

Veerasamy *et al.*, (2011) ont confirmé que les AgNPs synthétisées à partir d'extraits végétaux démontrent une capacité à inhiber la dénaturation des protéines, un autre indicateur du potentiel anti-inflammatoire.

L'efficacité des AgNPs peut être attribuée à leurs propriétés antioxydantes, à leur surface réactive et à leur capacité à interagir efficacement avec les membranes cellulaires (Govindappa *et al.*, 2018). De plus, leur petite taille favorise leur pénétration et leur activité biologique. Ces résultats confirment que les AgNPs pourraient constituer une alternative naturelle et efficace aux AINS conventionnels, avec potentiellement moins d'effets secondaires.

Conclusion

Les nanoparticules d'argent d'origine naturelle sont de plus en plus recherchées pour leur bonne compatibilité biologique, leur faible toxicité et leurs effets antimicrobiens, antioxydants et anticancéreux, ce qui les rend utiles en médecine et pharmacie. L'objectif principal de notre étude était d'extraire des polysaccharides à partir des noyaux de dattes et d'évaluer leur potentiel dans la synthèse verte AgNPs.

Au terme de ce travail, nous avons réussi à extraire des polysaccharides à partir des noyaux de dattes. Ces polysaccharides ont ensuite contribué à la synthèse verte des AgNPs avec leur puissant rôle réducteur et stabilisant.

Les analyses biologiques ont révélé une activité antioxydante significative des AgNPs, avec un taux d'inhibition des radicaux libres atteignant 99 %. Par ailleurs, une efficacité antibactérienne notable a été observée contre des souches pathogènes telles que *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* et *Staphylococcus aureus*. L'effet anti-inflammatoire, évalué par la stabilisation des membranes érythrocytaires, a également montré des résultats prometteurs comparés au témoin, suggérant une synergie entre les nanoparticules et les polysaccharides de noyaux de dattes.

Les résultats obtenus suggèrent que les polysaccharides extraits des noyaux de dattes peuvent servir de précurseurs naturels pour la fabrication de nanomatériaux bioactifs, ouvrant ainsi la voie à des applications potentielles dans les domaines biomédical et pharmaceutique. Ils mettent également en évidence la possibilité de valoriser des sous-produits agro-industriels, contribuant à une approche plus durable et éco-responsable.

Pour approfondir ces travaux, il serait pertinent de :

- Faire une optimisation de la biosynthèse des AgNPs pour obtenir un meilleur rendement, taille des NPs contrôlée et des bio-activités plus efficaces.
- Mener des études complémentaires visant à élucider les mécanismes d'action des AgNPs au niveau cellulaire et moléculaire.
- Réaliser des essais *in vivo* pourraient être envisagés pour évaluer l'efficacité et la sécurité de ces nanoparticules.
- Explorer d'autres sources végétales pour l'extraction de polysaccharides pourrait diversifier les applications et renforcer la viabilité économique de cette approche.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- Ahmed, S., Ahmad, M., Swami, B. L., & Ikram, S. (2016). A review on plants extract mediated synthesis of silver nanoparticles for antimicrobial applications: A green expertise. *Journal of Advanced Research*, 7(1), 17–28.
- Elbagory, A. M., Cupido, C. N., Meyer, M., & Hussein, A. A. (2022). Green synthesis of silver nanoparticles using *Moringa oleifera* and their antimicrobial activity. *Dose-Response*, 20(1), 1–11.
- El-Far, A. H., Shaheen, H. M., Abdel-Daim, M. M., & Al Jaouni, S. (2016). Dietary Supplementation of Phoenix dactylifera Seeds Enhances Performance, Immune Response, and Antioxidant Status in Broilers. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2016, 5454963.
- Iravani, S.,(2014).Bacteria in Nanoparticle Synthesis: Current Status and Future Prospects.*International Scholarly Research Notices*, pp.1-18.
- Khan A., Rashid R., Murtaza G., and Zahra A (2014). A gold nanoparticles : synthesis and applications in drug delivery. *Trop. J. Pharm. Res.*, 13 (7) 1169-1177.
- Lee S H., Rho W. Y., Park S. J., Kim J., Kwon O. S., and Jun B. H (2018). Multifunctional self-assembled monolayers via microcontact printing and degas-driven flow guided patterning. *Sci. Rep.*,; 8 (1) 16763.
- M. Chauvel Romain, (2018). « Application des nanoparticules d'argent en thérapeutique », Université Claude Bernard - Lyon 1, thèse de doctorat, p: 31.
- Mallhi T. H., Qadir M. I., Ali M., Ahmad B., Khan Y. H., Rehman A. U., (2014). Ajwa Date (*Phoenix dactylifera*): An Emerging Plant in Pharmacological Research. *Pakistan. Journal of pharmaceutical sciences*, vol.17(3): 607-616.
- Noui, Y. (2007). Caractérisation physico-chimique comparative des deux tissus constitutifs de la pulpe de datte Mech-Degla. Mémoire de Magister en génie alimentaire, Université deBoumerdès.33pages.
- Sharma, G., Kumar, D., & Kumar, S. (2021). Green synthesis of silver nanoparticles using *Ocimum sanctum* leaf extract and screening its antimicrobial activity. *Materials Today: Proceedings*, 46, 5520–5525.

Références bibliographiques

- Yves R ;(2008). biopolymères dynamiques :oligo et polysaccharides thèse de doctort. Université louis pasteur de stars bourg.
- Agarwal, P. (2006). Fructans and stress tolerance in plants. *Environmental Botany*, 57(3), 250–256.
- Ahmad, I., Khan, M. N., Hayat, K., Ahmad, T., Shams, D. F., Khan, W., ... & Shah, S. K. (2024). Investigating the antibacterial and anti-inflammatory potential of polyol-synthesized silver nanoparticles. *ACS omega*, 9(11), 13208-13216.
- Ahmed, S., & Ikram, S. (2016). Biosynthesis of gold nanoparticles: a green approach. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 161, 141-153.
- Aldayel, F. M., Alsobeg, M. S., & Khalifa, A. (2021). In vitro antibacterial activities of silver nanoparticles synthesised using the seed extracts of three varieties of *Phoenix dactylifera*. *Brazilian Journal of Biology*, 82, e242301.
- Al-Farsi M., LEE C. Y., (2008). Nutritional and functional properties of dates: a review. *Critical reviews in food science and nutrition*, (48): 877-887.
- Al-Farsi, M. A., Alasalvar, C., Morris, A., Baron, M., & Shahidi, F. (2005). Comparison of antioxidant activity, anthocyanins, carotenoids, and phenolics of three native fresh and sun-dried date (*Phoenix dactylifera* L.) varieties grown in Oman. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(19), 7592–7599.)
- Allemailem K S, Khadri H, Azam M, Khan M A, Rahmani A H, Alrumaihi F, Khateef R, Ansari M A, Alatawi E A, Alsugoor M H, Almansour N M, Alhatlani B Y et Almatroudi A. (2022). Ajwa-Dates (phoenix dactylifera)-Mediated Synthesis of Silver Nanoparticles and Their Anti-Bacterial, Anti-Biofilm, and Cytotoxic Potential.12(9),4537.
- Al-Shahib, W., & Marshall, R. J. (2003). The fruit of the date palm: its possible use as the best food for the future? *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 54(4), 247–259.)
- Al-shahib, W., Richard, J., Marshall. (2003). The fruit of the date palm: its possible use as the best food for the future. *journal International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 4(54),247-259.
- Azeez, L., Lateef, A., & Adebisi, S. A. (2017). Silver nanoparticles (AgNPs) biosynthesized using pod extract of *Cola nitida* enhances antioxidant activity and phytochemical composition of *Amaranthus caudatus* Linn. *Applied Nanoscience*, 7, 59-66.
- Azeez, L., Lateef, A., & Adebisi, S. A. (2017). Silver nanoparticles (AgNPs) biosynthesized using pod extract of *Cola nitida* enhances antioxidant activity and phytochemical composition of *Amaranthus caudatus* Linn. *Applied Nanoscience*, 7, 59-66.

Références bibliographiques

- BarathMani Kanth, S. Et al. (2011). Toxicology Letters, 201(2), 142–149.
<https://doi.org/10.1016/j.toxlet.2010.12.010>
- Bardoulat, I. (2007). Polysaccharides marins: extraction et applications. Thèse, Université de Bretagne.
- Baudet, P., & Giddey, C. (1948). Le dosage colorimétrique (reaction du biuret) de l'azote protéique. Helvetica Chimica Acta, 31(6), 1879-1884.
- Bauer, A. W., Kirby, W. M., Sherris, J. C., & Turck, M. (1966). Antibiotic susceptibility testing by a standardized single disk method. American journal of clinical pathology, 45(4), 493–496.
- Bazize H., (2003). Contraintes biotique et abiotique de la culture du palmier dattier (Phoenix dactylifera L.) .Exemple relatif aux pays du Maghreb, Italie, 4-5 Décembre 2003.
- Bedlovičová, Z., Strapáč, I., Baláž, M., & Salayová, A. (2020). A brief overview on antioxidant activity determination of silver nanoparticles. Molecules, 25(14), 3191.
- Ben Djallah A .E ., Henni S et Nasri N.E.(2010). Valorisation des dattes pate –farine –confiture. Diplôme d'ingénieur d'état en biologie, université Mohamed kheider Biskra, 17-62.
- Bessas A., Benmoussa L et Kerarma M. (2008). Dosage biochimique des polyphénols dans les dattes et le miel récoltés dans le sud Algérienne. Thèse d'ingénieur d'état en biologie contrôle de qualité et analyse.
- BJelgued, N. (2014). Préparations alimentaires à base de dattes en Algérie : Description et diagrammes de fabrication. Constantine: (I.N.A.T.A.A.).
- Blanco, E., Shen, H., & Ferrari, M. (2015). Principles of nanoparticle design for overcoming biological barriers to drug delivery. Nature biotechnology, 33(9), 941 951. -Hulkoti, N. I., & Taranath, T. C. (2014). Biosynthesis of nanoparticles using microbes—a review. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces, 121, 474-483.
- Boussena, Z., Khali, M., et Toutakerbet, L. (2013). Effet de l'incorporation de noyaux de dattes sur les caractéristiques technologiques et fonctionnelles de la farine de blé tendre. Dans M. KHALI. Algérie.
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M.E., & Berset, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. LWT - Food Science and Technology, 28(1), 25–30.
- Britannica, The Editors of Encyclopaedia. "Silver". Encyclopedia Britannica, 13 May. 2020, <https://www.britannica.com/science/silver>. Accessed 17 April 2021.

Références bibliographiques

- Bruneton, J. (2009). Pharmacognosie: phytochimie, plantes médicinales. Tec & Doc Lavoisier.
- Calderón-Jiménez, B., Johnson, M.E., Montoro Bustos, A.R., Murphy, K.E., Winchester, M.R. and Vega Baudrit, J.R., (2017). Silver nanoparticles: technological advances, societal impacts, and metrological challenges. *Frontiers in chemistry*, 5, p.6.
- Verma, P. and Maheshwari, S.K., (2019). Applications of Silver nanoparticles in diverse sectors. *International Journal of Nano Dimension*, 10(1), pp.18-36.
- Carolina D.S., Marcelo S., Avinach P., et al., (2014). Silver Nanoparticles: Therapeutical Uses, Toxicity, and Safety Issues. *Journal of pharmaceutical sciences*.
- Chaira, N., Ferchichi, A., Mrabet, A., Sghairoun, M. (2007). Chemical Composition of the flesh and the pit of date palm fruit and radical scavenging activity of their extracts. *Pak J Biol Sci*, 10(13), 2202-2207.
- Chauvel R., (2018). Application des nanoparticules d'argent en thérapeutique. Thèse de doctorat en pharmacie. Faculté de pharmacie université claud bernard lyon 1, 105p
- Chehma A, Longo HF et Siboukeur A. (2000). Estimation du tonnage et valeur alimentaire des sous-produits du palmier dattier chez les ovins. *Recherche Agronomique*, (7) p 7-15.
- Chniti, S. (2015). Optimisation de la bioproduction d'éthanol par valorisation des refus de l'industrie de conditionnement des dattes. Université Rennes 1
- Chollet, J. (2013). Les polysaccharides fongiques et leurs propriétés médicinales. *Médecines Complémentaires*, 2(1), 25–34.
- Crini, G., et al. (2009). La chitine et la chitosane: propriétés et applications. Lavoisier.
- Daas Amiour S., (2009). Etude quantitative des composés phénoliques des extraits de trois variétés de dattes (*Phoenix dactylifera* L.) et évaluation in vitro de leur activité biologique. Mémoire de Magister en biochimie appliquée, Université El-Hadj Lakhdar-Batna, 159 p.
- Daddi O L, Djejlali N, Chambat G, Rinaudo M. (2018). Extraction de Polysaccharides Pariétaux des Noyaux de Dattes Variété Ghars. Laboratoire de Traitement et Mise en Forme des polymères Fibreux Université M'Hamed Bougara, Boumerdes, Algérie. Centre de recherche sur les macromolécules végétales (CERMAV) . Université Joseph Fourier, Grenoble
- De Reynal, L. (2009). La gomme xanthane: production et applications. INRA Publications.
- Delattre, C. (2005). Les glycosaminoglycanes et leurs applications biomédicales. *Revue Biochimie*, 87(3), 456–467.

Références bibliographiques

- Dhahri, M., Sioud, S., Alsuhaymi, S., Almulhim, F., Haneef, A., Saoudi, A., ... & Emwas, A. H. M. (2023). Extraction, characterization, and antioxidant activity of polysaccharides from ajwa seed and flesh. *Separations*, 10(2), 103.
- El barnaoui, O. (2016). *Journal Algérien des Régions Arides (JARA)*. CRSTRA, 84.
- El-Gasim, E. A.; Al-Yousef, Y. A.; Humeida, A. M.(1995).Possible hormonal activity of date pits and flesh fed to meat animals. *Food Chem*, 52(2), 149-152.
- El-Sheekh, M. M., Deyab, M. A., Hassan, N. I., & Abu Ahmed, S. E. (2022). Green biosynthesis of silver nanoparticles using sodium alginate extracted from *Sargassum latifolium* and their antibacterial activity. *Rendiconti Lincei. Scienze Fisiche e Naturali*, 33(4), 867-878.
- Eman, A. R. A. (2014). Nutritional composition of fruit of 10 date palm (*Phoenix dactylifera* L.) cultivars grown in Saudi Arabia. *Journal of Taibah University for Science*,9(1), 75-79.
- Food and Agriculture Organization (FAO) (2010- 2015).Socio-economic Analysis and Policy Implications of the Roles of Agriculture in Developing Countries.Summary Report, Roles of Agriculture Project, FAO, Rome, Italy
- Garon –Lardiere S ; (2004). Etude structural des polysaccharides pariétaux de l’algue Rouge *Asparagopisarmata* (bonnemaïsonals) thèse de doctort en biochimie, université de Bretagne occidentale:46-47.
- Gerald, K. (1998). Structure and function of glycogen. *Annual Review of Biochemistry*, 67, 293–308.
- Gloaguen, V., et al. (2008). Activité anti-inflammatoire des polysaccharides cyanobactériens. *Journal of Applied Phycology*, 20(5), 451–457.
- Govindappa, M., Hemashekhar, B., Arthikala, M. K., Rai, V. R., & Ramachandra, Y. L. (2018). Characterization, antibacterial, antioxidant, antidiabetic, anti-inflammatory and antityrosinase activity of green synthesized silver nanoparticles using *Calophyllum tomentosum* leaves extract. *Results in Physics*, 9, 400-408.
- Hamad, I., AbdElgawad, H., Al Jaouni, S., Zinta, G., Asard, H., & Hegab, M. M. (2015). Metabolic analysis of various date palm fruit (*Phoenix dactylifera* L.) cultivars from Saudi Arabia to assess their nutritional quality. *Molecules*, 20(8), 13620–13641.
- Hames, B.D., et al. (2006). *Biochemistry*. Garland Science.
- Hemmerlin, M., (2014). Toxicité de deux types de nanoparticules d'argent sur la cyanobactérie modèle: *Synechococcus elongatus* PCC 7942 (Doctoral dissertation, Université de Lorraine)

Références bibliographiques

- Hnnachi.(1998). Inventaire varietal de palmeraie algérienne,Ed. Anep,225 p
- Hua, Y., et al. (2017). Antioxidant activity of polysaccharides from *Chenopodium quinoa*. *Food Chemistry*, 234, 346–356.
- Hurst W J. (2008). *Methods of analysis for functional food*. 2nd edition. CRC Press. Taylor and Francis. London. p 548 .
- Iravani, S., (2011). Green synthesis of metal nanoparticles using plants. *Green Chemistry*, 13(10), pp.2638-2650.
- Jauve. (2006). Fascicule de brevet européen. EP 1 414-404 B1 .
- Jeddou, K., et al. (2016). Biological activities of natural polysaccharides. *Carbohydrate Polymers*, 147, 1–13.
- Jérôme, C., et al. (2004). Le glycogène: biosynthèse et rôle. *Biologie Aujourd'hui*, 198(3), 145–153.
- Jouanneau, F. (2010). Les carraghénanes: structure et propriétés. *Revue de Biotechnologie*.
- Keshari, A. K., Srivastava, R., Singh, P., Yadav, V. B., & Nath, G. (2020). Antioxidant and antibacterial activity of silver nanoparticles synthesized by *Cestrum nocturnum*. *Journal of Ayurveda and integrative medicine*, 11(1), 37-44.
- Lee, S. H., Salunke, B. K., & Kim, B. S. (2014). Sucrose density gradient centrifugation separation of gold and silver nanoparticles synthesized using *Magnolia kobus* plant leaf extracts. *Biotechnology and bioprocess engineering*, 19(1), 169-174
- Keywan M., Najaf M., Samadian H., et al., (2019). Redox interactions and genotoxicity of metal-based nanoparticles: A comprehensive review. *Journal of Chemico-Biological Interactions*. ; 312.
- Khali, M., & al. (2015). Effet de l'incorporation de noyaux de dattes sur les caractéristiques technologiques et fonctionnelles de la farine de blé tendre. *Revue « nature & technologie »*. B-sciences agronomiques et biologiques, n° 12, 16-26.
- Lecheb, F. (2010).Extraction et caractéristique physico-chimique et biologie de la matière grasse du noyau des dattes : essai d'incorporation dans une crème cosmétique de soin. Mémoire de magister, Université M'Hamed Bougara Boumerdes, 114p.
- Lee S H., and Jun B. H (2019). Silver nanoparticles: synthesis and application for nanomedicine. *Int. J. Mol. Sci.*; 20 (4) 865.

Références bibliographiques

- Yin, I. X., Zhang, J., Zhao, I. S., Mei, M. L., Li, Q., & Chu, C. H., (2020). The Antibacterial Mechanism of Silver Nanoparticles and Its Application in Dentistry. *International Journal of Nanomedicine*, 15, pp.2555-2562
- Lehninger, A.L. (1989). *Principles of Biochemistry*. Worth Publishers.
- Lorenzi, H., Matos, F. J. A.(2000). *Plantas Medicinais no Brasil: Nativas e Exóticas*. Instituto Plantarum de Estudos da Flora: São Paulo, Brasil.
- Luisot, P. (1983). *Biochimie structurale et fonctionnelle des glucides*. Dunod.
- Marzouk, W., Chaouch, M., Hafsa, J., LeCerf, D., & Majdoub, H. (2017). Antioxidant and antiglycated activities of polysaccharides from Tunisian date seeds (*Phoenix dactylifera* L.). *J. Tunis. Chem. Soc*, 19, 124-130.
- Merghem, R. (2009). *Polysaccharides végétaux: structure, extraction et propriétés biologiques*. Thèse de doctorat.
- Mohamed H.E.A., Shakeeb A., Ali T., et al., (2019). Biosynthesis of Silver Nanoparticles from Hyphaene Thebaica Fruits and Their (in Vitro) Pharmacognostic Potentiel. *Materials Research Express*. ; 6 (10) .
- Moharram, H. A., & Youssef, M. M. (2014). Methods for determining the antioxidant activity: a review. *Alexandria Journal of Food Science and Technology*, 11(1), 31-42.
- Muhammad R., Sadaf I., Rafique M., et al., (2016). A Review on Green Synthesis of Silver Nanoparticles and Their Applications. *Artificial Cells, Nanomedicine, and Biotechnology An International Journal*. ; 45(7) : 1272–1291.
- Munier P., (1973). *Le palmier dattier. Technique agricole et production tropicale*. Ed. Larousse, Paris, 221p.
- Ndiaye, M., et al. (2006). Les anti-inflammatoires: mécanismes et limites. *Revue Francophone de Pharmacologie*, 14(4), 233–240.
- Noorbakhsh, H., & Khorasgani, M. R. (2022). Date (*Phoenix dactylifera* L.) polysaccharides: prebiotic potential & health properties, a Clinical Trial.
- Noui, Y. M. (2016). *Fabrication et caractérisation des produits alimentaires élaborés a base de dattes (phoenix dactyléfira-L)*. Batna: Université de Batna L'hadj Lakhdar

Références bibliographiques

- Nurani, S.J., Saha, C.K., Khan, M.A.R. and Sunny, S.M.H., (2015). Silver nanoparticles synthesis, properties, applications and future perspectives: A short review. *Journal of Electrical and Electronics Engineering*, 10(6), pp.117-126
- Ouibrahim, L. (2015). Stress oxydatif et antioxydants naturels. *Revue Algérienne de Nutrition*, 8(2), 41–49.
- Packer L. (2001). Flavonoïds and other polyphénols. Ed Academic press, California.483p.
- Pal A., Das D., Kumar Sarkar A., Ghorai S., DAS R. and Pal S(2015). Synthesis of glycogen and poly (acrylic acid)-based graft copolymers via ATRP and its application for selective removal of Pb²⁺ ions from aqueous solution. *European Polymer Journal*, vol. 66: 33-46.
- Partila, A.M. and El-Hadedy, D.E., (2020). Effect of green silver nanoparticles embedded in irradiated sodium alginate/poly acrylamide on removal of dye wastes. *Journal of Radiation Research and Applied Sciences*, 13(1), pp.586-593
- Pérez, J. (1997). L'acide alginique: structure et fonctions. *Oceanologia*, 5, 200–212.
- Prateek M., Ramateke S., Jain N.K., (2017). Pharmaceutical aspects of silver nanoparticles. *Artificial cells nanomedicine and biotechnology journal*.
- Quan, W., et al. (2011). Antioxidant activity of tea flower polysaccharides. *International Journal of Molecular Sciences*, 12(5), 3646–3656.
- Rajeshkumar S., Bharath L.V., (2017). Mechanism of plant-mediated synthesis of silver nanoparticles – A review on biomolecules involved, characterisation and antibacterial activity. *Chemico-Biological Interactions Journal*.
- Reynes, M., Bouabidi H, et Rouissi M B., (1995). Caractérisation des principales variétés de dattes cultivées dans la région du Djérid en Tunisie.Fruit, vol 49, n°4
- Robyt, J.F. (1998). *Essentials of Carbohydrate Chemistry*. Springer.
- Rodrigues, A. S., Batista, J. G., Rodrigues, M. Á., Thipe, V. C., Minarini, L. A., Lopes, P. S., & Lugão, A. B. (2024). Advances in silver nanoparticles: a comprehensive review on their potential as antimicrobial agents and their mechanisms of action elucidated by proteomics. *Frontiers in Microbiology*, 15, 1440065.
- Roger, P. (2002). *Les polysaccharides alimentaires: propriétés et utilisations*. Éditions Lavoisier.

Références bibliographiques

- Rostami Charati, F., Asadi, S., Akbari, R., Razavi, S A., 2018. Green synthesis of silver nanoparticles using *Taxus baccata* Leaves extract and identify its specifications. *Journal of Materials and Environmental Sciences*, 9(10), pp.2798-2803
- Roux, D., et al. (2007). Propriétés gélifiantes de l'agar-agar. *Revue des Produits Naturels*.
- Saleh, H Salmen.(2020). Biosynthesis of Silver Nanoparticles from Date Seeds Extract and Evaluation of Antibacterial Activity Against Pathogenic Bacteria. *Oriental journal of Chemistry An International Research Journal of Pure &Applied Chemistry*,(36) .
- Sanchez M P .(2006). Polysaccharides ayant une activité immunomodulatrice chez les champignons indigènes du Québec. Thèse de doctorat de l'Université Laval de Québec : 11-12.
- Saryono, S., Rahmawati, E., & Widyawati, S. (2018). Anti-inflammatory effect of date seeds (*Phoenix dactylifera* L) on carrageenan-induced edema in rats. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*, 17(12), 2455–2461.
- Saryono, S., Rahmawati, E., Supriadi, S., & Asmara, A. Y. (2019). Date seeds (*Phoenix dactylifera* L.) consumption as anti-inflammatory and immunostimulant: a systematic review. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 250(1), 012038.
- Sayah Z., (2018). Caractéristiques physico-chimiques et biochimiques et activités biologiques de quelques dattes sèches, molles et demi-molles de la cuvette de Ouargla au stade Routab et Tmar. Thèse de doctorat en sciences de Biochimie et Analyse des Bioproduits. Université de KasdiMerbah, Ouargla, Pp 14-28.
- Sayah Z.,Ould el Hadj M. D., Idder T., Chaouche S., Kemassi H., (2021). Contribution to the study of therapeutic virtues of the local date extracts from the oasis of Ouargla (Northern East Algerian Sahara). *Int. J. Biosci*, vol. 18 (5), 124-133.
- Sharma, D., Sabela, M. I., Kanchi, S., Bisetty, K., Skelton, A. A., and Honarparvar, B., (2018). Green synthesis, characterization and electrochemical sensing of silymarin by ZnO nanoparticles: Experimental and DFT studies. *Journal of Electroanalytical Chemistry*, 808, pp.160-172.
- Shinde, U. A., Phadke, A. S., Nair, A. M., Mungantiwar, A. A., Dikshit, V. J., & Saraf, M. N. (1999). Membrane stabilizing activity — a possible mechanism of action for the anti-inflammatory activity of *Cedrus deodara* wood oil. *Fitoterapia*, 70(3), 251–257.
- Sindic, M. (2010). L'amidon végétal: caractéristiques et utilisation. *Cahiers de l'INRA*, 24(2), 65–78.

Références bibliographiques

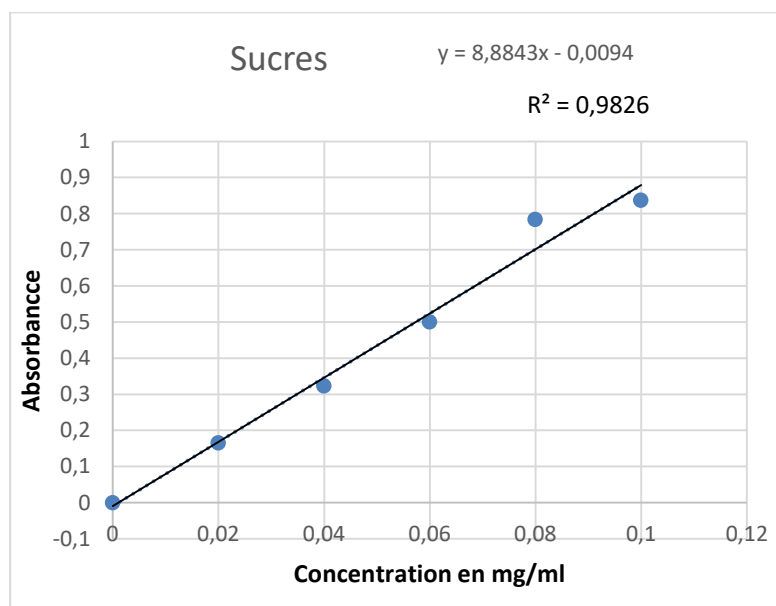
- Sivaguru, P., & Bi, X., (2018). Introduction to Silver Chemistry. Silver Catalysis in Organic Synthesis, pp.132.
- Soliman H., Elsayed A., et al., (2018). Antimicrobial activity of silver nanoparticles biosynthesised by *Rhodotorula* sp. strain ATL72. Egyptian Journal of Basic and Applied.
- Syafiuddin, A., Salim, M.R., Beng Hong Kueh, A., Hadibarata, T. and Nur, H., (2017). A review of silver nanoparticles: research trends, global consumption, synthesis, properties, and future challenges. Journal of the Chinese Chemical Society, 64(7), pp.732-756
- Tarad A A, Sulaiman A A, Saleh H S et Milton W. (2016). Bactericidal activity of biosynthesised silver nanoparticles against human pathogenic bacteria. Biotechnology & Biotechnological Equipment, (31), 411-417
- Théo Efstathiou, Christian Nio (2008). Article Analyse des polysaccharides : 3326.
- Tran Q., Nguyen V., et al., (2013). Silver nanoparticles: synthesis, properties, toxicology, applications and perspectives. doi.org/doi:10.1088/2043-6262/4/3/033001. Adv. Nat. Sci. : Nanosci. Nanotechnol journal. ;033001 :20.
- Veerasamy, R., Xin, T. F., Gunasagaran, S., Xiang, T. F. W., Yang, E. F. C., Jeyakumar, N., & Dhanaraj, S. A. (2011). Biosynthesis of silver nanoparticles using mangosteen leaf extract and evaluation of their antimicrobial activities. Journal of Saudi Chemical Society, 15(2), 113–120.
- Voet, D., & Voet, J.G. (2005). Biochemistry. Wiley.
- Wang D, Sun S. Q, Wu W.Z, Yang S.L, et Tan J.M,(2014). Characterization of a water soluble polysaccharide from *Boletus edulis* and its antitumor and immunomodulatory activities on renal cancer in mice. Carbohydrate Polymers vol (105):127-134
- Wang, X., et al. (2018). Antioxidant activities of okra polysaccharides. Carbohydrate Polymers, 198, 304–311.
- Yahiaoui K., (1998). Caractérisation physico-chimique et évolution du brunissement de la datte « D-N » au cours de la maturation. Mémoire de Magister, I.N.A. El-Harrach Alger, 66p.
- Yang L, Zhang L.M ,(2009). Chemical structural and chain conformational characterization of some bioactive polysaccharides isolated from natural sources. Carbohydrate Polymers, vol. (76): 349–361.
- Yu, Y., et al. (2017). Anti-tumor activity of polysaccharides: mechanisms and applications. International Journal of Biological Macromolecules, 104, 1202–1211.

Références bibliographiques

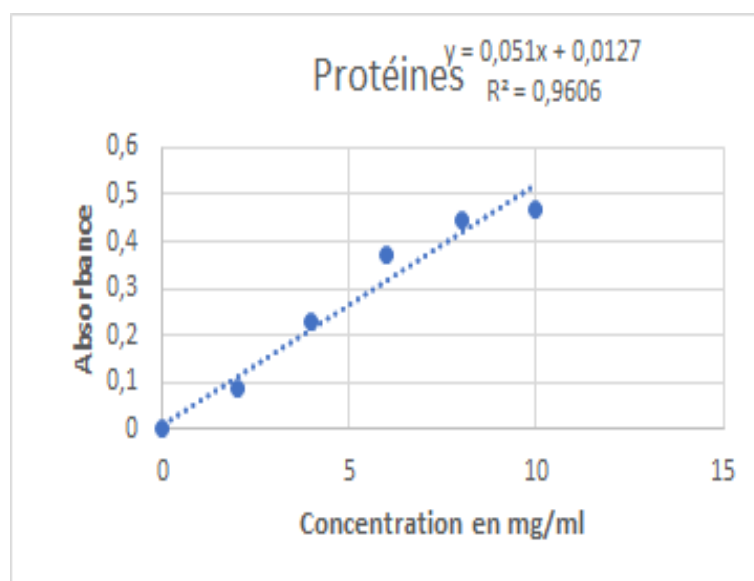
- Yusuf, M., (2019). Silver Nanoparticles: Synthesis and Applications. Handbook of Ecomaterials, pp.2343-2356.
- Zhang X., Liu Z., Shen W., et al., (2016). Silver Nanoparticles: Synthesis, Characterization, Properties, Applications, and Therapeutic Approaches. Int. J. Mol. Sci. ; 17 : 1534
- Zhang, T., et al. (2015). Antidiabetic effect of natural polysaccharides. Food Research International, 76, 211–217.
- Zhou, Y., et al. (2022). Antibacterial effect of marine polysaccharides. Marine Drugs, 20(2), 147.
- Zhu, Q., et al. (2017). Antibacterial effects of natural polysaccharides. Carbohydrate Polymers, 178, 200–210.
- Zong A, Cao H, et Wang F (2012). Anticancer polysaccharides from natural resources: A review of recent research. Carbohydrate Polymères, vol (90): 1395-1410.

موسوعة النخيل و التمور دار الطالئع مصر: 392-81 شحاتة أحمد عبد الفتاح 3

Annexes



Courbe d'étalonnage du glucose



Courbe d'étalonnage du BSA