



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي



Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة محمد البشير الإبراهيمي برج بوعريريج

Université Mohammed El Bachir El Ibrahimi B.B.A

كلية علوم الطبيعة والحياة وعلوم الأرض والكون

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre et de l'Univers

قسم العلوم البيولوجية

Département des Sciences Biologiques

Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de Master
Domaine des Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité : Biochimie

Intitulé :

**Evaluation de l'activité antioxydante et antimicrobienne
de l'extrait brut des noyaux de datte Ajwa**

Présenté par :

DJATIT Nada

Soutenu le 10 / 06/ 2025, devant le jury :

Présidente :	Mme. BOUMAIZA Souad	MAA (Université de Bordj Bou Arreridj)
Encadrante :	Mme. FATMI Widad	MCA (Université de Bordj Bou Arreridj)
Examineur :	M. BELLIK Yuva	Pr. (Université de Bordj Bou Arreridj)

Année universitaire : 2024/2025

Remerciements

Je rends d'abord grâce à Dieu le Tout-Puissant, pour la volonté, la santé, le courage et la patience qu'Il m'a accordés tout au long de ces années.

الحمد لله الذي وفقني وأعانني، وسدد خطاي، وبلغني هذا المجهود بفضلته وكرمه

J'exprime ma profonde gratitude à **Madame BOUMAIZA Souad**, qui m'a fait l'honneur de présider le jury de ce mémoire. Je le remercie sincèrement pour le temps et l'attention qu'elle a bien voulu consacrer à mon travail.

Mes remerciements les plus sincères vont à mon encadrante, **Madame FATMI Widad**, pour son accompagnement, sa disponibilité, ses conseils judicieux et son soutien constant. Son encadrement scientifique et humain a été d'un apport inestimable tout au long de la réalisation de ce mémoire.

Je remercie également **Monsieur BELLIK Yuva**, qui a accepté d'évaluer ce travail. Je lui suis reconnaissante pour son intérêt, sa bienveillance et le temps qu'il a consacré à cette évaluation.

Je tiens à remercier **Monsieur MEKHOUKH Nasreddine** pour sa précieuse contribution, ses orientations pertinentes, ses encouragements, ainsi que pour sa patience tout au long de mes travaux.

Ma reconnaissance va également à **Djmouri Setti Sabrina**, pour son aide, son soutien, sa disponibilité et son engagement, qui m'ont beaucoup apporté dans l'avancement de ce travail.

Je remercie chaleureusement les ingénieures et ingénieurs du laboratoire de microbiologie pour leur aide technique, leur collaboration et leur accueil.

Je tiens aussi à exprimer ma gratitude à **Madame SOUAGUI Yasmîna**, pour son appui, sa gentillesse et l'intérêt qu'elle a porté à mon travail.

Enfin, un grand merci à toutes les personnes, de près ou de loin, qui ont contribué à la réalisation de ce mémoire. Que chacun trouve ici l'expression de ma sincère gratitude.

Dédicaces

À mes chers parents,

Qui m'ont entourée de leur amour, de leurs prières et de leurs sacrifices inestimables.

À vous, je dédie ce modeste travail, fruit de votre soutien indéfectible, de votre patience et de vos encouragements constants.

Rien de tout cela n'aurait été possible sans vous.

Que Dieu vous protège et vous comble de Sa miséricorde.

À mes frères **Bachir** et **Redha**,

Merci pour votre présence rassurante, vos mots réconfortants et votre soutien à chaque étape.

Vous êtes pour moi une vraie source de force.

À ma sœur **Halima**,

Mon exemple de douceur, de patience et de bienveillance. Merci pour ton amour, ton écoute et ta confiance qui m'ont tant soutenue.

À ma chère tante **Mebaraka**,

Qui a toujours été à mes côtés avec son cœur généreux, son amour sincère et ses prières précieuses. Merci pour ta présence bienveillante.

À mes amies **Leila**, **Rima**, **MeriemChahinez** et **Loubna**,

Pour vos encouragements, votre amitié sincère et les moments de complicité qui ont illuminé ce parcours. Merci d'avoir été là, chacune à votre manière, avec vos mots, vos sourires et votre précieuse présence.

À vous, ma famille bien-aimée,

Je vous dédie ce mémoire avec tout mon amour, ma gratitude et mon profond respect.

Table de matières

Remerciements

Dédicaces

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des abréviations

Introduction	1
Matériel et Méthodes.....	4
1.Matériel.....	4
1.1 MATERIEL VEGETAL.....	4
1.1.1 Classification taxonomique de <i>phoenix dactylifera</i> L. "ajwa" :.....	4
1.1.2 Description botanique de palmier dattier	5
1.1.3 ajwa	5
1.2 SOUCHES BACTERIENNES UTILISEES	6
2.Méthodes	8
2.1 PRÉPARATION DE LA POUDRE VÉGÉTALE.....	8
2.2 ANALYSE PHYSICO-CHIMIQUE	8
2.2.1 Détermination du taux d'humidité résiduelle.....	8
2.2.2 Détermination du taux de cendres.....	9
2.3 ANALYSE PHYTOCHIMIQUE QUANTITATIVE	10
2.3.1 Préparation de l'extrait brut	10
2.3.2 Dosage des polyphénols totaux.....	12
2.3.3 Dosage des flavonoïdes.....	13
2.4 EVALUATION DE L'ACTIVITE ANTIOXYDANTE IN-VITRO	14
2.4.1 Capacité antioxydante totale (CAT)	14
2.4.2 Piégeage du radical DPPH	15
2.4.3 Pouvoir réducteur	16
2.5 EVALUATION DE L'ACTIVITE ANTIBACTERIENNE.....	16
Analyse statistique des résultats.....	17
Résultats et discussion	18
1.Analyse physico-chimique.....	18
1.1 TAUX D'HUMIDITE	18
1.2 DETERMINATION DU TAUX DE CENDRE.....	19
2.Etude phytochimique	19
2.1 RENDEMENT D'EXTRACTION	19
2.2 TENEUR EN POLYPHENOLS TOTAUX ET EN FLAVONOÏDES	21
3.Activité antioxydante <i>in-vitro</i>	22

3.1	CAPACITE ANTIOXYDANTE TOTALE (CAT).....	22
3.2	PIEGEAGE DU RADIAL LIBRE DPPH.....	23
3.3	POUVOIR REDUCTEUR	24
4.	Activité antibactérienne	25
4.1	ACTIVITE CONTRE LES BACTERIES GRAM NEGATIVES.....	26
4.2	ACTIVITE CONTRE LES BACTERIES GRAM POSITIVES.....	27
	Conclusion et perspectives	29
	Références bibliographiques	
	Annexes	
	Résumées	

Liste des tableaux

Tableau I : Rendement, aspect et couleur de l'extrait brut des noyaux de <i>phoenix dactylifera</i> "ajwa"	20
Tableau II : Teneur en polyphénols et en flavonoïdes de l'extrait brut de <i>phoenix dactylifera</i> "ajwa "	21
Tableau III : Diamètres des zones d'inhibition	26

Liste des figures

Figure 1. Palmier dattier (<i>Phoenix dactylifera</i> L.).....	4
Figure 2. Morphologie du fruit et de la graine du dattier	5
Figure 3. Photographie des dattes de la variété ajwa.....	6
Figure 4. Séchage des noyaux des dattes de la variété ajwa.....	8
Figure 5. Poudre des noyaux des dattes de la variété ajwa.....	8
Figure 6. Schéma du protocole d'extraction.....	11
Figure 7. Structure chimique de base des flavonoïdes	13
Figure 8. Réaction de réduction du radical DPPH	15
Figure 9. Taux d'humidité résiduelle des noyaux de <i>phoenix dactylifera</i>	18
Figure 10. Taux de cendre des noyaux de <i>phoenix dactylifera</i>	19
Figure 11. Extraits bruts des noyaux de <i>phoenix dactylifera</i>	20
Figure 12. Capacité antioxydante totale de l'extrait des noyaux de <i>phoenix dactylifera</i>	22
Figure 13. Activité scavenger de l'extrait hydrométhanolique de <i>phoenix dactylifera</i> à l'égard du radical DPPH.	24
Figure 14. Pouvoir réducteur du fer ferrique de l'extrait hydrométhanolique des noyaux de <i>phoenix dactylifera</i>	24
Figure 15. Activité antibactérienne de l'extrait de <i>phoenix dactylifera</i> sur les souches bactériennes à Gram négative.....	26
Figure 16. Activité antibactérienne de l'extrait de <i>phoenix dactylifera</i> sur les souches bactériennes à Gram positive.....	27

Liste des abréviations

AlCl₃ : Trichlorure d'aluminium

CAT : Capacité antioxydante totale

DMF : Diméthylformamide

DPPH• : 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyle

EC₅₀ : Concentration efficace à 50%

Fe²⁺ : Ions ferreux

Fe³⁺ : Ions ferriques

FeCl₃ : Chlorure ferrique

GN : Gélose nutritive

H₃PMO₁₂O₄₀ : Acide phosphomolybdique

H₃PW₁₂O₄₀ : Acide phosphotungstique

IC₅₀ : Concentration inhibitrice à 50%

K₃Fe(CN)₆ : ferricyanure de potassium

Na₂CO₃ : Carbonate de sodium

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

ROS : Espèces réactives de l'oxygène

TCA : Acide trichloroacétique

Introduction

Introduction

Depuis les civilisations les plus anciennes, les plantes ont joué un rôle fondamental dans la survie et le bien-être de l'humanité. Elles constituent une source inestimable de nutriments, de molécules bioactives et de remèdes naturels contre diverses affections (**Sasidharan et al., 2011**). Selon l'Organisation Mondiale de la Santé, près de 80 % de la population mondiale dépend encore de la médecine traditionnelle à base de plantes pour ses soins de santé primaires (**OMS, 2023**). Cette dépendance témoigne non seulement de leur efficacité empirique, mais également du potentiel thérapeutique, encore largement inexploré, qu'elles renferment.

Le palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) est une espèce fruitière cultivée depuis des millénaires dans les régions arides et semi-arides, notamment au Moyen-Orient et en Afrique du Nord. Il appartient à la famille des Arecaceae et se distingue par sa remarquable capacité d'adaptation aux conditions climatiques extrêmes, tout en produisant un fruit hautement nutritif ; la datt. Ce fruit constitue une source énergétique importante, riche en glucides, fibres alimentaires, minéraux, vitamines et composés bioactifs. Il présente également des propriétés fonctionnelles et médicinales qui suscitent un intérêt croissant dans la recherche scientifique (**Al-Farsi et al., 2008 ; Baliga et al., 2011**).

Parmi les nombreuses variétés de dattes, la variété "Ajwa", originaire principalement de Médine, en Arabie Saoudite, est particulièrement réputée pour ses valeurs nutritionnelles et ses vertus thérapeutiques. Elle est souvent mentionnée dans la littérature islamique pour ses effets protecteurs contre diverses affections. (**Ali et al., 2020**).

Phoenix dactylifera "Ajwa" se distingue par sa richesse en sucres simples (glucose, fructose), fibres alimentaires, minéraux essentiels (potassium, magnésium, fer) ainsi qu'en composés bioactifs tels que les phénols, les flavonoïdes et les antioxydants naturels. Ces constituants sont à l'origine de ses nombreuses propriétés biologiques, notamment anti-inflammatoires, antimicrobiennes, antioxydantes et potentiellement anticancéreuses (**Vayalil, 2012 ; Rahmani et al., 2014**). De telles caractéristiques suscitent un intérêt croissant dans les domaines de la pharmacologie et de l'industrie agroalimentaire, en vue du développement de produits naturels à visée thérapeutique ou fonctionnelle.

Les noyaux de dattes Ajwa présentent une valeur nutritive supérieure à celle de la chair. Ils constituent une source remarquable de fibres alimentaires totales, solubles et insolubles, ainsi que de sucres, de lipides et minéraux, notamment le fer. Ils sont également particulièrement riches en composés phénoliques et en flavonoïdes, ce qui leur confère des propriétés antioxydantes et antiradicalaires significatives. Ces propriétés permettent de protéger l'organisme contre les dommages induits par le stress oxydatif et contribuent à la prévention de l'hépatotoxicité ainsi que de certains cancers humains (**Habib et al., 2014 ; Assirey, 2015 ; Boussena, 2016 ; Khalid et al., 2016 ; Djaoudene et al., 2019**).

Cette variété suscite un intérêt croissant en raison de ses effets protecteurs contre le stress oxydatif, un phénomène biologique résultant d'un déséquilibre entre la production d'espèces réactives de l'oxygène (ROS) et les mécanismes de défense antioxydants de l'organisme. Ce déséquilibre engendre des dommages cellulaires affectant les lipides, les protéines, les glucides ainsi que l'ADN, et il est impliqué dans le développement de nombreuses pathologies chroniques, telles que le cancer, les maladies cardiovasculaires, le diabète ou encore les affections neurodégénératives (**Valko et al., 2007 ; Lobo et al., 2010**). Dans ce contexte, l'intérêt pour les antioxydants naturels d'origine végétale s'est considérablement accru, en particulier pour ceux présents dans les dattes Ajwa, qui ont démontré une capacité remarquable à neutraliser les radicaux libres et à limiter les dommages oxydatifs (**Al-Farsi et al., 2005 ; Vayalil, 2012**).

Parallèlement, les infections bactériennes, causées par divers micro-organismes pathogènes, figurent parmi les maladies les plus graves et les plus répandues à l'échelle mondiale. Bien que de nombreux antibiotiques aient été développés pour les traiter, leur usage excessif et inapproprié a favorisé l'émergence de bactéries multirésistantes. Un antibiotique est une substance d'origine naturelle (produite par des bactéries ou des champignons) ou synthétique, capable d'inhiber la croissance ou de détruire les micro-organismes (**Yala et al., 2001**). De ce fait, la prise en charge des infections bactériennes devient de plus en plus complexe, posant un défi majeur en santé publique mondiale.

Face à cette problématique, la recherche s'oriente vers des alternatives antimicrobiennes d'origine naturelle. De nombreux extraits végétaux ont montré une capacité à inhiber la croissance de micro-organismes pathogènes, grâce à la présence de composés bioactifs tels que les

polyphénols, les flavonoïdes et les tanins, qui agissent notamment en perturbant les membranes cellulaires ou en inhibant certaines enzymes (Cowan, 1999).

Des études ont notamment mis en évidence l'efficacité des extraits de dattes, en particulier ceux de la variété Ajwa, contre des bactéries telles que *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* et *Pseudomonas aeruginosa*, suggérant leur potentiel en tant qu'agents thérapeutiques ou conservateurs naturels (Al-Zoreky, 2009 ; Rahmani et al., 2014). Ces observations renforcent l'hypothèse selon laquelle *Phoenix dactylifera* "Ajwa" pourrait jouer un rôle prometteur dans la lutte contre le stress oxydatif et les infections bactériennes.

Le présent travail s'intéresse à l'étude des propriétés physico-chimiques et phytochimiques, ainsi qu'à l'évaluation des activités antioxydante et antibactérienne de l'extrait méthanolique des noyaux des dattes Ajwa. La première partie de ce mémoire constitue une introduction, qui présente une synthèse bibliographique portant sur *Phoenix dactylifera* "Ajwa", le stress oxydatif et les infections bactériennes. La seconde partie, expérimentale, est répartie en deux chapitres.

Le premier chapitre décrit le matériel utilisé et les méthodes mises en œuvre, à savoir :

- L'étude physico-chimique des noyaux des dattes "Ajwa" (taux d'humidité résiduelle, teneur en cendres) ;
- L'analyse phytochimique de l'extrait méthanolique (teneurs en polyphénols totaux et en flavonoïdes) ;
- L'évaluation des propriétés antioxydantes *in vitro*, à travers le test de piégeage du radical DPPH, le test de pouvoir ferrique, ainsi que la mesure de la capacité antioxydante totale ;
- L'évaluation des propriétés antibactériennes, par la méthode des puits de diffusion sur gélose.

Le deuxième chapitre présente l'ensemble des résultats obtenus, accompagnés de leur analyse et discussion. Enfin, ce travail est conclu par une synthèse générale des observations et par des perspectives pour des recherches futures.

Matériel et Méthodes

1 Matériel

1.1 Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé dans cette étude est constitué de noyaux de dattes de la variété Ajwa (*Phoenix dactylifera* L.), collectés dans la région d'Al-Madinah, en Arabie Saoudite. L'échantillon a été acquis le 23 novembre 2024 auprès d'un producteur local spécialisé dans la culture traditionnelle de cette variété. Les fruits sélectionnés étaient à un stade de maturité avancé (tamr), présentaient une couleur noire uniforme, ne montraient aucun signe de détérioration, et ont été conservés à température ambiante dans des emballages hermétiques jusqu'à leur utilisation en laboratoire.

1.1.1 Classification taxonomique de *Phoenix dactylifera* L. "Ajwa "

Le palmier dattier est scientifiquement nommé *Phoenix dactylifera* L. ; le nom *Phoenix* dérive du terme utilisé par les Phéniciens pour désigner le dattier, tandis que *dactylifera* vient du grec *dactylos*, signifiant « doigt », en référence à la forme caractéristique du fruit (**figure 1**) (**Djerbi, 1994**). La classification taxonomique du palmier dattier, selon **Munier (1973)** est comme suit :

Embranchement : Phanérogames

Sous-embranchement : Angiospermes

Classe : Monocotylédones

Famille : Arecaceae

Sous-famille : Coryphoideae

Genre : *Phoenix*

Espèce : *Phoenix dactylifera* L.



Figure 1. Palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.)

<https://nadaty.com/blog/detail/les-palmeraies-darabie.html>

1.1.2 Description botanique du palmier dattier

Le palmier dattier (*P. dactylifera* L.) présente un système racinaire fasciculé, composé de racines respiratoires, nutritives et profondes pouvant atteindre 20 m. Le stipe, de diamètre variable, est formé de vaisseaux dispersés dans un parenchyme fibreux. Les feuilles pennées, appelées palmes ou djerids, sont insérées en hélice via une gaine pétiolaire (*cornaf*). Espèce dioïque, la différenciation florale débute précocement et la floraison permettant l'identification du sexe intervient vers 6 à 8 ans (Daher, 2010 ; Aberlenc-Bertossi, 2012).

La datte, fruit du palmier dattier, est une baie contenant un noyau unique entouré de pulpe. De forme variable, elle possède une chair comestible composée de trois couches : péricarpe, mésocarpe et endocarpe (figure 2) (Ait Hamouda, 2013).

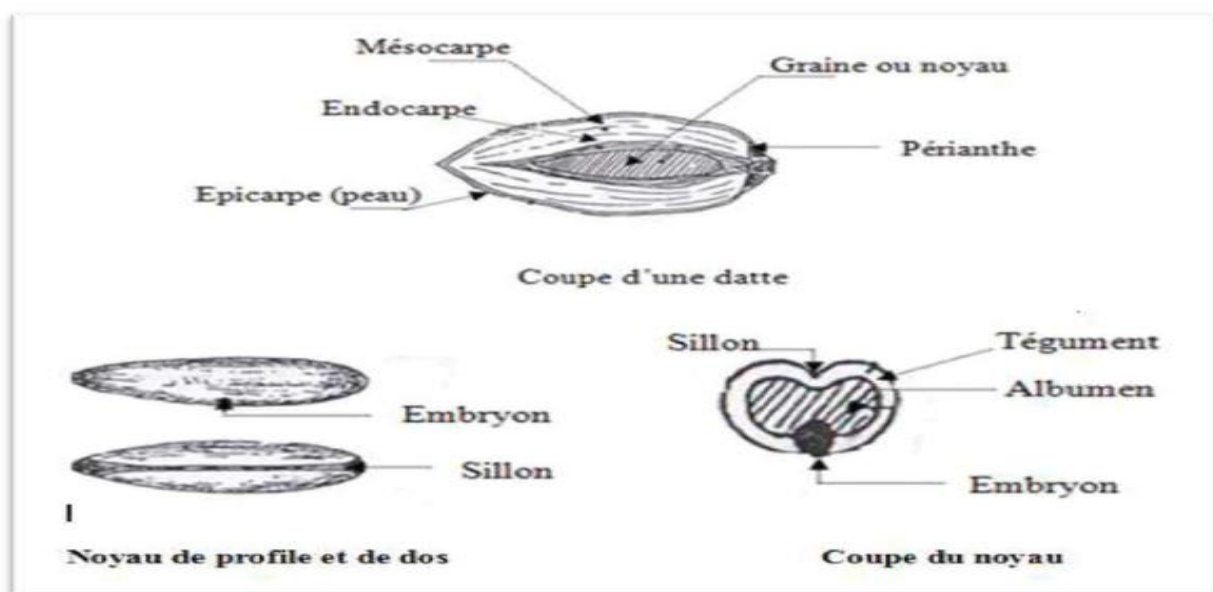


Figure 2. Morphologie du fruit et de la graine du dattier (Munier, 1973)

1.1.3 Ajwa

Les dattes Ajwa sont des fruits doux et secs, cultivés exclusivement dans la région d'Al Madinah Al Munawarah, à l'ouest de l'Arabie Saoudite. Elles ont une forme ovale allongée, avec une taille variante entre 2 et 3 cm. Leur couleur est rouge foncé au stade *rutab* et puis devient brun foncé et ridée au stade *tamar* (figure 3) (Khalid et al., 2017)



Figure 3. Photographie des dattes de la variété ajwa (original).

1.2 Souches bactériennes utilisées

Cinq souches bactériennes de référence ont été utilisées pour évaluer l'activité antimicrobienne de l'extrait testé :

Escherichia coli : est une bactérie Gram-négative que l'on trouve naturellement dans le tube digestif de l'être humain, où elle joue souvent un rôle bénéfique. Cependant, certaines souches peuvent devenir pathogènes et être à l'origine d'infections intestinales ou urinaires, selon leur profil génétique (Tenaillon et al., 2010).

Bacillus cereus : *Bacillus* est un genre de bactéries en forme de bâtonnets, Gram-positives, capables de former des endospores très résistantes. Certaines espèces, comme *Bacillus cereus*, peuvent provoquer des infections alimentaires ou opportunistes chez l'humain (Bottone, 2010).

Staphylococcus aureus : *Staphylococcus* est un genre de bactéries en forme de cocci, Gram-positives, souvent présentes sur la peau et les muqueuses. Certaines espèces, comme *Staphylococcus aureus*, peuvent devenir pathogènes et causer des infections variées allant des simples abcès cutanés à des pathologies plus graves comme des pneumonies ou des septicémies (Tong et al., 2015).

Pseudomonas aeruginosa : Les bactéries du genre *Pseudomonas* sont Gram-négatives et largement présentes dans l'environnement. Parmi elles, *Pseudomonas aeruginosa* est bien connue

pour ses capacités d'adaptation et sa résistance aux antibiotiques. Cette espèce opportuniste peut provoquer des infections sévères, notamment chez les patients immunodéprimés ou hospitalisés (Moradali et *al.*, 2017).

Les souches ont été fournies par le laboratoire de microbiologie de la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre et de l'Univers, Université Mohammed El Bachir El Ibrahimi de Bordj Bou Arréridj. Elles ont été conservées à 4 °C sur gélose nutritive inclinée jusqu'à leur utilisation. Avant chaque essai, une réactivation a été effectuée dans un bouillon nutritif, suivie d'une incubation à 37 °C pendant 24 heures.

2 Méthodes

L'ensemble des expériences a été mené dans les laboratoires de biochimie et de microbiologie de la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre et de l'Univers à l'Université Mohammed Elbachir Elibrahimi-Bordj Bou Arréridj.

2.1 Préparation de la poudre végétale

Après leur acquisition, les noyaux de dattes Ajwa ont été soigneusement débarrassés de la pulpe résiduelle, puis soumis à un séchage à l'air libre pendant 15 jours, dans des conditions contrôlées (à l'abri de la lumière directe et de l'humidité) afin de prévenir toute altération physico-chimique. Une fois totalement déshydratés, les noyaux ont été broyés à l'aide d'un broyeur électrique de type PROMANN ELECTRO, jusqu'à l'obtention d'une poudre homogène de granulométrie fine. La poudre obtenue a été conservée dans des flacons en polyéthylène hermétiquement scellés, à température ambiante, dans un environnement sombre et sec, en vue de son utilisation ultérieure pour les analyses physico-chimiques et biologiques (**figure4, 5**).

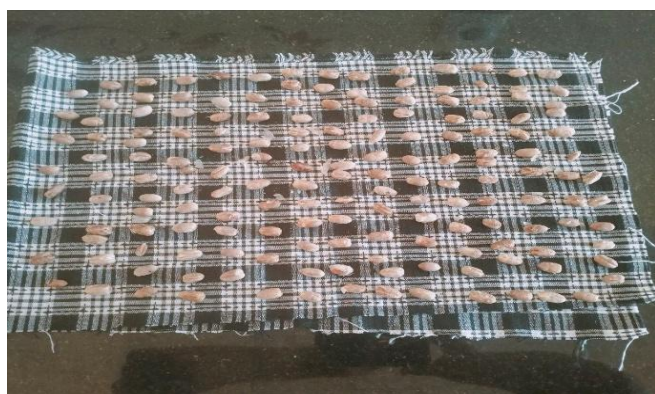


Figure 4. Séchage des noyaux des dattes ajwa



Figure 5. Poudre des noyaux de dattes de la variété ajwa

2.2 Analyse physico-chimique

2.2.1 Détermination du taux d'humidité résiduelle

La détermination de la teneur en matière sèche d'un produit nécessite l'élimination complète de l'eau qu'il contient, qu'ils soient naturellement présents ou résultant de la dégradation thermique de substances sensibles (**Fatianoff et Gouet,1969**).

L'humidité résiduelle de la poudre a été évaluée selon la méthode de séchage à l'étuve, décrite par **O'Kelly (2004)**. Environ un gramme de poudre a été placé dans un creuset préalablement pesé,

puis introduit dans une étuve Memmert à 105 °C pendant 24 heures. Après refroidissement dans un dessiccateur contenant un agent déshydratant, le creuset a été de nouveau pesé. Le taux d'humidité a été calculé selon la formule suivante:

$$\text{Humidité (\%)} = (M - M' / M) \times 100$$

M : masse de l'échantillon avant séchage

M' : masse de l'échantillon après séchage, calculée en faisant la différence entre la masse du creuset avec l'échantillon et celle du creuset vide

2.2.2 Détermination du taux de cendres

La teneur en cendres de la poudre des noyaux a été déterminée par minéralisation à sec, selon la méthode décrite par **Ekissi et al. (2020)**. Pour cela, un gramme de poudre a été placé dans un creuset en porcelaine préalablement pesé, puis introduit dans un four à moufle de type Memmert, chauffé à 550 °C pendant 6 heures. À la fin de l'incinération, le creuset contenant les cendres blanches représentant exclusivement la fraction minérale de l'échantillon a été retiré du four, refroidi dans un dessiccateur, puis pesé.

Le taux de cendres a ensuite été calculé selon l'équation suivante :

$$\text{Taux de cendres (\%)} = (M - M' / E) \times 100$$

M : masse finale (creuset + cendres)

M' : masse du creuset vide

E : masse de l'échantillon utilisé

2.3 Analyse phytochimique quantitative

2.3.1 Préparation de l'extrait brut

La macération consiste à immerger la matière végétale broyée dans un mélange hydro-alcoolique afin d'en extraire les composés bioactifs, notamment les composés phénoliques (**Hamia et al., 2014**).

L'extrait hydrométhanolique des noyaux de *Phoenix dactylifera* a été préparé par macération selon la méthode décrite par **Sultana et al. (2009)**, avec quelques adaptations. Cinq grammes de poudre ont été macérés dans 75 ml d'un mélange méthanol/eau distillée (70/30 %, v/v) pendant 1 heure 30 minutes, à température ambiante et à l'abri de la lumière. Après filtration, l'extrait obtenu a été concentré par évaporation à 40 °C dans une étuve (**figure 6**).

Le rendement d'extraction a été calculé en pourcentage à partir du rapport entre la masse d'extrait sec obtenue après évaporation et la masse initiale de matière végétale sèche, selon la formule suivante :

$$R (\%) = (M_{\text{ext}} / M_{\text{éch}}) \times 100$$

Où :

R : rendement d'extraction en pourcentage (%)

M_{ext} : masse de l'extrait obtenu après évaporation du solvant (en grammes)

M_{éch} : masse sèche de l'échantillon végétal (en

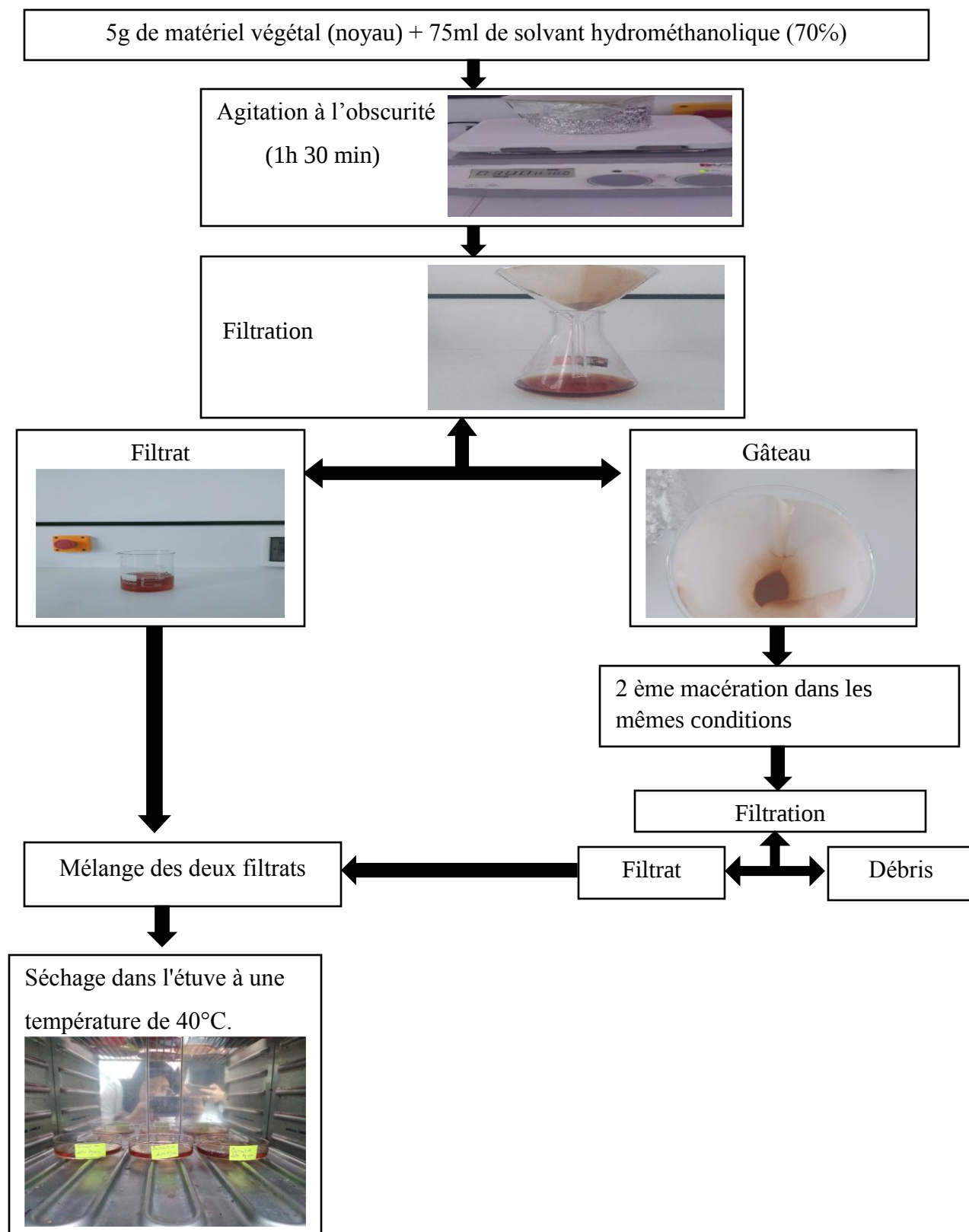


Figure 6. Schéma du protocole d'extraction

2.3.2 Dosage des polyphénols totaux

Les polyphénols sont des composés issus du métabolisme secondaire des plantes et représentent le groupe de métabolites le plus vaste et le plus répandu dans le règne végétal. Plus de 8000 structures phénoliques ont été identifiées (**Martin et Andriantsitohaina, 2002**). Ces composés se caractérisent par la présence d'au moins un noyau phénolique (cycle aromatique à six carbones) portant un ou plusieurs groupes hydroxyles ($-OH$), libres ou engagés dans des liaisons de type éther, ester ou hétéroside (**Balasundram et al., 2006**).

Principe

La teneur en composés phénoliques des noyaux de *Phoenix dactylifera*. "Ajwa" a été évaluée selon la méthode de Folin-Ciocalteu, décrite par **Singleton et Rossi (1965)**, avec quelques modifications. Le réactif utilisé est un mélange d'acide phosphotungstique ($H_3PW_{12}O_{40}$) et d'acide phosphomolybdique ($H_3PMo_{12}O_{40}$), de couleur initialement jaune. Le principe repose sur l'oxydation des composés phénoliques par ce réactif, ce qui provoque la formation d'un complexe coloré bleu, constitué d'oxydes de tungstène et de molybdène. L'intensité de cette coloration est directement liée à la concentration en polyphénols présents dans l'extrait végétal.

Mode opératoire

Un volume de 200 μ l de l'extrait ont été mélangé à 1 ml de réactif de Folin-Ciocalteu préalablement dilué au dixième. Ensuite, 800 μ l d'une solution de carbonate de sodium (Na_2CO_3) à 7,5 % ont été ajoutés au mélange. Après une incubation de 30 minutes à l'obscurité, l'absorbance a été mesurée à une longueur d'onde de 765 nm.

La concentration en polyphénols totaux a été déterminée à partir d'une droite de régression établie avec une gamme étalon d'acide gallique (annexe 1). Les résultats sont exprimés en milligrammes équivalent d'acide gallique par gramme d'extrait sec (mg EAG/g ES).

2.3.3 Dosage des flavonoïdes

Les flavonoïdes constituent une sous-classe majeure des composés phénoliques naturels. Ces composés sont présents dans presque tous les organes végétaux, où ils jouent notamment un rôle pigmentaire. (Di Carlo *et al.*, 1999).

Sur le plan chimique, les flavonoïdes possèdent une structure de base appelée benzo- γ -pyrone, composée de deux cycles benzéniques (A et B) reliés par une chaîne de trois atomes de carbone formant un troisième cycle oxygéné, appelé cycle C (figure7) (Karabin *et al.*, 2015).

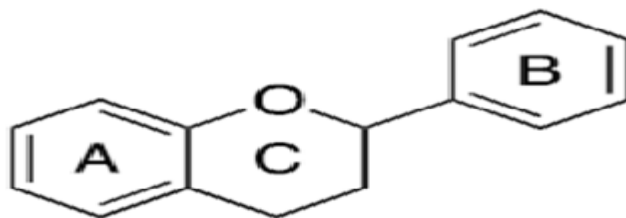


Figure 7. Structure chimique de base des flavonoïdes (Thomas, 2016).

Principe

La quantification des flavonoïdes totaux a été réalisée selon la méthode au trichlorure d'aluminium (AlCl_3), décrite par Jain *et al.* (2011). Elle repose sur la capacité des flavonoïdes à former des complexes stables avec les ions Al^{3+} , conférant une coloration jaunâtre à la solution.

Mode opératoire

Un volume de 1 ml d'extrait ou de standard (préparée dans le méthanol) est mélangé avec 1 ml de solution de trichlorure d'aluminium (AlCl_3 à 2 %, également dans le méthanol). Après incubation pendant une heure à température ambiante, l'absorbance est mesurée à 430 nm. La concentration en flavonoïdes est déterminée à partir d'une courbe d'étalonnage établie avec la quercétine (annexe 2) et les résultats sont exprimés en milligrammes équivalents de quercétine par milligramme d'extrait sec (mg EQ/g ES).

2.4 Evaluation de l'activité antioxydante *in-vitro*

Dans cette étude, l'activité antioxydante *in vitro* de l'extrait hydrométhanolique des noyaux de *Phoenix dactylifera* a été évaluée à l'aide de différentes méthodes chimiques, incluant la mesure de la capacité antioxydante totale (CAT), le test de piégeage du radical libre DPPH• et le test du pouvoir réducteur.

2.4.1 Capacité antioxydante totale (CAT)

Principe

La méthode utilisée est celle du phosphomolybdène, décrite par **Prieto et al. (1999)**. Elle repose sur la réduction des ions molybdate Mo(VI) en Mo(V) par les antioxydants présents dans l'extrait. Cette réaction conduit à la formation d'un complexe vert avec le phosphate, dont l'intensité colorimétrique est proportionnelle à la capacité antioxydante de l'échantillon.

Mode opératoire

Un volume de 0,3 ml d'extrait dilué a été mélangé à 3 ml d'une solution réactive composée d'acide sulfurique (0,6 M), de phosphate de sodium (28 mM) et de molybdate d'ammonium (4 mM). Le mélange a été incubé dans des tubes hermétiques au bain-marie à 95 °C pendant 90 minutes. Après refroidissement à température ambiante, l'absorbance a été mesurée à 695 nm. Un témoin blanc a été préparé avec 0,3 ml de méthanol à la place de l'extrait.

Une courbe d'étalonnage a été établie avec l'acide ascorbique comme standard (annexe 3). Les résultats sont exprimés en milligrammes équivalents d'acide ascorbique par gramme d'extrait sec (mg EAA/g ES).

2.4.2 Piégeage du radical DPPH

Principe

La capacité antiradicalaire a été évaluée selon la méthode de **Blois (1958)**, utilisant le radical libre stable DPPH• (2,2-diphényl-1-picrylhydrazyle). Les antioxydants présents dans l'extrait réduisent le DPPH•, entraînant une décoloration progressive de la solution (du violet au jaune), mesurable par spectrophotométrie (**figure 8**) (**Habibou et al., 2019**).

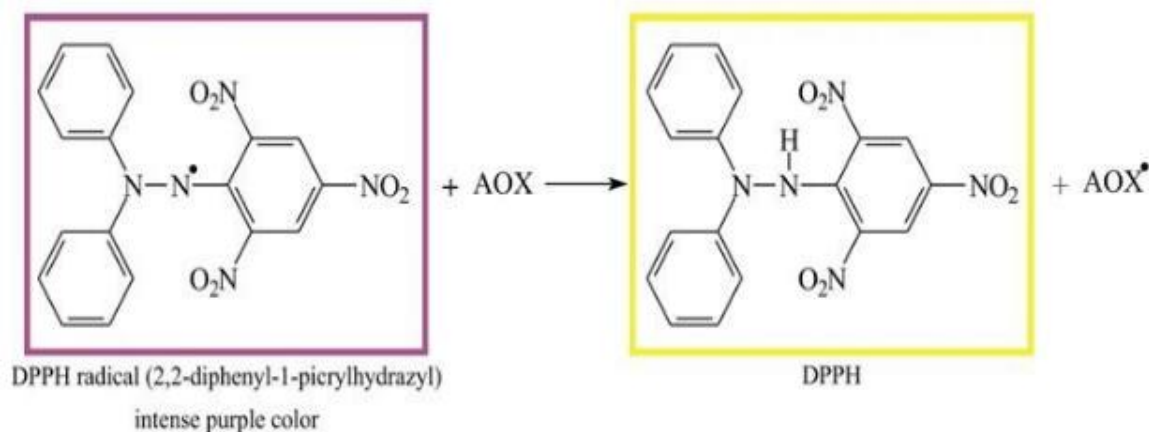


Figure 8. Réaction de réduction du radical DPPH• (**Becker et al., 2019**).

Mode opératoire

Une solution de DPPH• a été préparée dans 20 ml de méthanol absolu et ajustée à une absorbance initiale de $0,98 \pm 0,02$ à 517 nm. Ensuite, 400 µl d'extrait, à différentes concentrations, ont été mélangés à 1,6 ml de la solution de DPPH•. Le mélange a été incubé dans l'obscurité à température ambiante pendant 30 minutes. L'absorbance a été mesurée à 517 nm. La vitamine C a été utilisée comme standard de référence.

Le pourcentage d'inhibition du radical DPPH• a été calculé à l'aide de la formule suivante :

$$\% \text{ de l'activité scavenger du radical DPPH} \bullet = \frac{Ac - Ae}{Ac} \times 100$$

Ac : Absorbance du contrôle.

Ae : Absorbance d'échantillon.

2.4.3 Pouvoir réducteur

Principe

Le test pouvoir réducteur évalue la capacité des antioxydants à réduire les ions ferriques Fe^{3+} du complexe ferricyanure ($\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$) en ions ferreux Fe^{2+} (Oyaizu, 1986). Cette réduction conduit à la formation d'un complexe coloré dont l'intensité, mesurée à 700 nm, est proportionnelle au pouvoir réducteur de l'échantillon.

Mode opératoire

Un volume de 200 μl d'extrait à différentes concentrations a été mélangé à 500 μl de tampon phosphate (0,2 M, pH 6,6) et 2,5 ml de solution de ferricyanure de potassium (1 %). Le mélange a été incubé à 50 °C pendant 20 minutes, puis 2,5 ml d'acide trichloroacétique (TCA à 10 %) ont été ajoutés. Après centrifugation, 500 μl de la phase surnageante ont été prélevés, dilués avec 2,5 ml d'eau distillée et mélangés à 0,5 ml de chlorure ferrique (FeCl_3 à 0,1 %). L'absorbance a été mesurée à 700 nm. Un blanc a été préparé en remplaçant l'extrait par le solvant. L'acide ascorbique a été utilisé comme standard de référence (annexe 4). L'activité antioxydante, exprimée à travers le pouvoir réducteur.

2.5 Evaluation de l'activité antibactérienne

Principe

La méthode de diffusion en puits sur gélose est une technique classiquement utilisée pour évaluer l'activité antimicrobienne de substances naturelles. Elle consiste à déposer l'extrait à tester dans un petit puits creusé dans une gélose préalablementensemencée avec la souche microbienne cible. Si l'extrait possède une activité antimicrobienne, il diffuse dans le milieu et inhibe la croissance des micro-organismes autour du puits, formant ainsi une zone d'inhibition claire dont la taille reflète l'efficacité de l'extrait (Valgas et al., 2007 ; Balouiri et al., 2016).

Mode opératoire

L'activité antimicrobienne de l'extrait méthanolique des noyaux de *Phoenix dactylifera*. "Ajwa" a été évaluée selon la méthode des puits par diffusion sur gélose nutritive (GN). Quatre souches bactériennes de référence ont été utilisées : *Bacillus cereus* ATCC 6633, *Escherichia coli* ATCC 25922, *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 et *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853. La

viabilité des souches a d'abord été vérifiée par incubation sur GN à 37 °C pendant 18 à 24 heures. Une colonie isolée de chaque souche a été prélevée et suspendue dans de l'eau physiologique stérile, jusqu'à obtention d'une suspension ajustée à une absorbance comprise entre 0,08 et 0,1 à 625 nm, équivalente à environ 10^8 UFC/ml, selon la norme de 0,5 McFarland.

L'ensemencement des boîtes de GN a été réalisé par écouvillonnage stérile, répartissant uniformément la suspension bactérienne sur toute la surface du milieu. Des puits de 6 mm de diamètre ont été effectués à l'aide d'une pipette de Pasteur stérile, chaque puit a été rempli avec 50 µl de l'extrait méthanolique, à des concentrations décroissantes : 128, 64, 32, 16 et 8 mg/ml, en utilisant le diméthylformamide (DMF) comme solvant. Les boîtes ont été placées 4 °C pendant 2 heures afin de favoriser la diffusion de l'extrait dans la gélose, puis incubées à 37 °C pendant 24 heures. Les diamètres des zones d'inhibition ont été mesurées en millimètres à l'aide d'une règle graduée pour estimer l'efficacité antimicrobienne de l'extrait. Cette méthode est reconnue comme un outil fiable pour le criblage initial d'agents antimicrobiens d'origine naturelle.

Analyse statistique des résultats

Les résultats sont présentés en moyenne $\pm$ erreur standard (SE). Les analyses statistiques ont été réalisées à l'aide du logiciel SPSS (version 19). Les comparaisons statistiques ont été effectuées à l'aide du test T de Student. Les graphiques ont été réalisés à l'aide du logiciel Excel (version 2017). Les différences ont été considérées comme statistiquement significatives pour des valeurs de $p < 0.05$

Résultats et discussion

1 Analyse physico-chimique

1.1 Taux d'humidité

L'humidité est un facteur critique dans l'évaluation de la qualité et de la stabilité des produits végétaux secs. Dans cette étude, la teneur en humidité, mesurée à 2 % est particulièrement faible (**figure 9**), ce qui réduit le risque de développement microbien. Cette valeur est conforme aux résultats rapportés par **Habib et Ibrahim (2009)** pour des noyaux de dattes bien séchés, dont l'humidité varie entre 1,5 % et 2,2 %, et s'inscrit dans la norme internationale fixant un seuil maximal de 12 % pour ce type de produits, ce qui garantit une bonne stabilité et une conservation prolongée (**FAO, 1995**). Cette faible teneur en eau s'explique également par la nature du matériel analysé, à savoir des noyaux durs, peu susceptibles de retenir l'humidité.

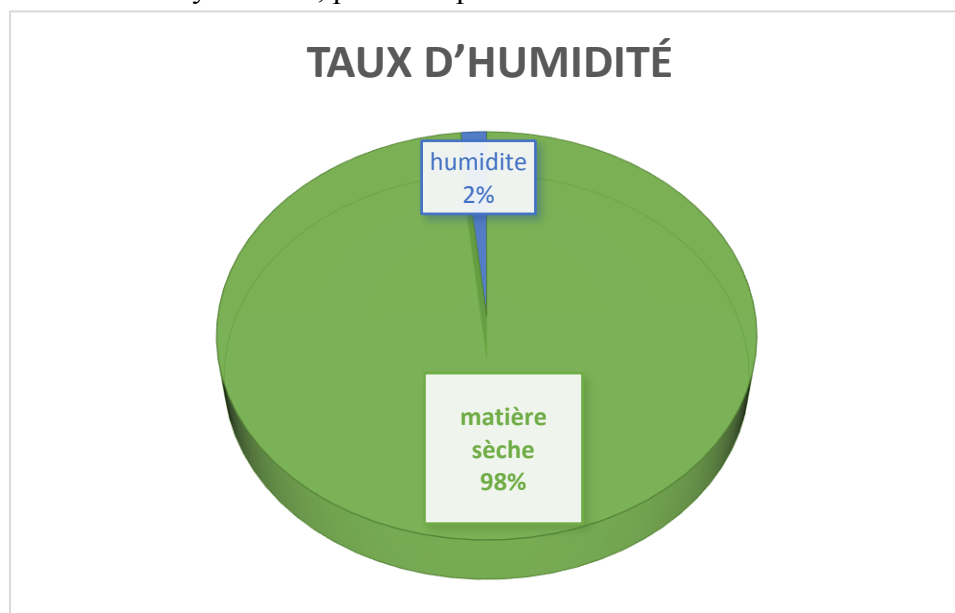


Figure 9. Taux d'humidité résiduelle des noyaux de *phenix dactylifera*

Par ailleurs, le taux d'humidité d'une poudre végétale dépend de divers facteurs, notamment de la nature, la partie de la plante, des conditions de récolte et de conservation, ainsi que de l'environnement de stockage (**Brossa et al., 2015**).

1.2 Détermination du taux de cendre

Dans la présente étude, la teneur en cendres, représentant la fraction minérale totale résiduelle après incinération de la matière organique, a été de 1 % (**figure 10**).

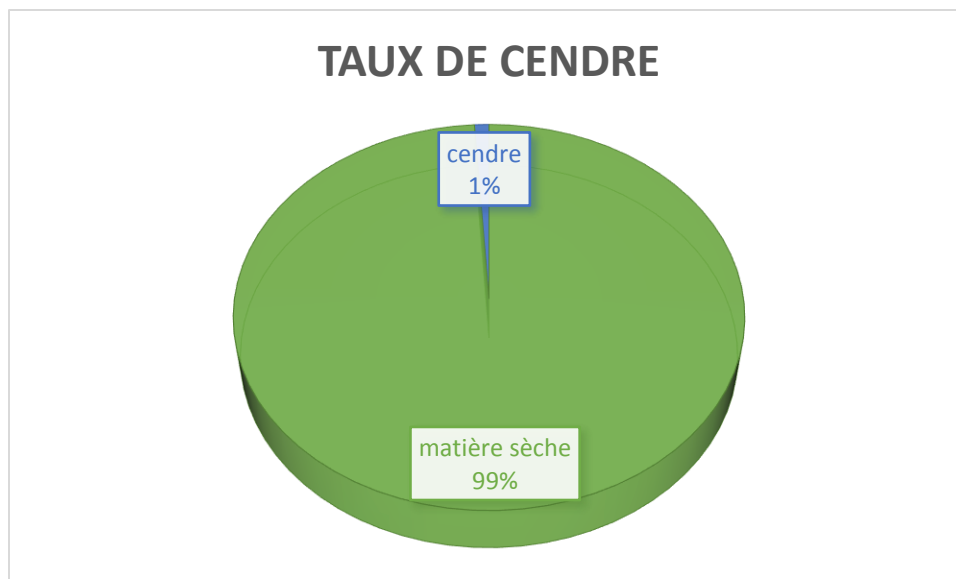


Figure 10. Taux de cendre des noyaux de *Phoenix dactylifera*

Cette valeur s'inscrit dans l'intervalle des teneurs en cendres rapportées dans la littérature scientifique pour les noyaux de diverses variétés de dattes.

La teneur en cendre peut être attribuée à des différences dans les conditions de culture, de récolte et ainsi que de traitement post-récolte. La valeur obtenue dans cette étude suggère une composition minérale équilibrée, caractéristique des noyaux de dattes bien séchés et correctement conservés.

2 Etude phytochimique

2.1 Rendement d'extraction

L'extraction par macération des noyaux broyés de *Phoenix dactylifera* dans du méthanol à 70 % a permis d'obtenir un résidu brut de couleur brun brillant, à l'aspect cristallin (**figure 11, tableau I**).



Figure 11. Extraits bruts des noyaux de *phoenix dactylifera*

Le rendement d'extraction obtenu à partir des noyaux de dattes Ajwa s'élève à 10,8 %, une valeur jugée satisfaisante au regard des résultats publiés. En effet, ce rendement dépasse ceux rapportés par **Mathew et al. (2014)**, estimés entre 6 et 9 %. Cette performance peut être attribuée à la richesse des noyaux d'Ajwa en composés solubles, ainsi qu'à l'optimisation des conditions d'extraction. Malgré sa simplicité, la macération s'avère être une méthode d'extraction efficace, en particulier pour préserver les composés thermosensibles, comme l'ont montré **Sultana et al. (2009)**.

Tableau I : Rendement, aspect et couleur d'extrait des noyaux de *phoenix dactylifera*

Résidu	Quantité	Rendement	Aspect	Couleur
Extrait brut de noyau <i>Phoenix dactylifera</i>	5 g	10,8 %	Brillant avec un aspect cristallin.	Brun

Il convient de souligner que le rendement d'extraction peut varier en fonction de plusieurs facteurs, notamment la méthode employée, les caractéristiques génétiques de la plante, son origine géographique, ainsi que les conditions de récolte, de séchage et de stockage de la matière végétale (**Falleh et al., 2008 ; Tamert et al., 2017**).

2.2 Teneur en polyphénols totaux et en flavonoïdes

La teneur totale en polyphénols et en flavonoïdes de l'extrait de *Phoenix dactylifera* "Ajwa" a été quantifiée selon des méthodes colorimétriques standards, Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau suivant.

Tableau II : Teneur en polyphénols et en flavonoïdes de l'extrait *Phoenix dactylifera* "Ajwa"

Molécule bioactive	Méthode	Teneur
Polyphénols (mg EAG/g ES)	Singleton et Rossi (1965)	762± 9.8
Flavonoïdes (mg EQ/g ES)	Jain et al. (2011)	32± 11.3

L'analyse phytochimique de l'extrait des noyaux de *Phoenix dactylifera* "Ajwa" a révélé une teneur totale en polyphénols de 762± 9.8 mg EAG/g d'extrait sec. Cette concentration relativement élevée témoigne d'une richesse notable en composés phénoliques. Les résultats obtenus sont nettement supérieurs à ceux rapportés par **Khalid et al., (2017)**, qui ont mesuré une teneur en polyphénols totaux de 245 à 455mg /100g chez la variété Ajwa, ce qui confirme que la variété Ajwa se distingue par une richesse exceptionnelle en composés phénoliques.

La teneur en flavonoïdes de l'extrait des noyaux Ajwa a été quantifiée à 32± 11.3 mg EQ/g d'extrait sec, Cette valeur dépasse la plage de concentrations rapportées par **Biglari et al. (2008)**, qui variaient entre 6,1 ± 0,5 et 24,8 ± 1,2 mg EQ/g en fonction des variétés et des solvants utilisés.

3 Activité antioxydante *in-vitro*

3.1 Capacité antioxydante totale (CAT)

À partir de l'équation de la courbe d'étalonnage de l'acide gallique, la capacité antioxydante totale de l'extrait méthanolique des noyaux de *Phoenix dactylifera* a été de l'ordre de $295 \pm 1,58$ mg équivalent acide gallique (EAG) par gramme d'extrait sec (**figure 12**).

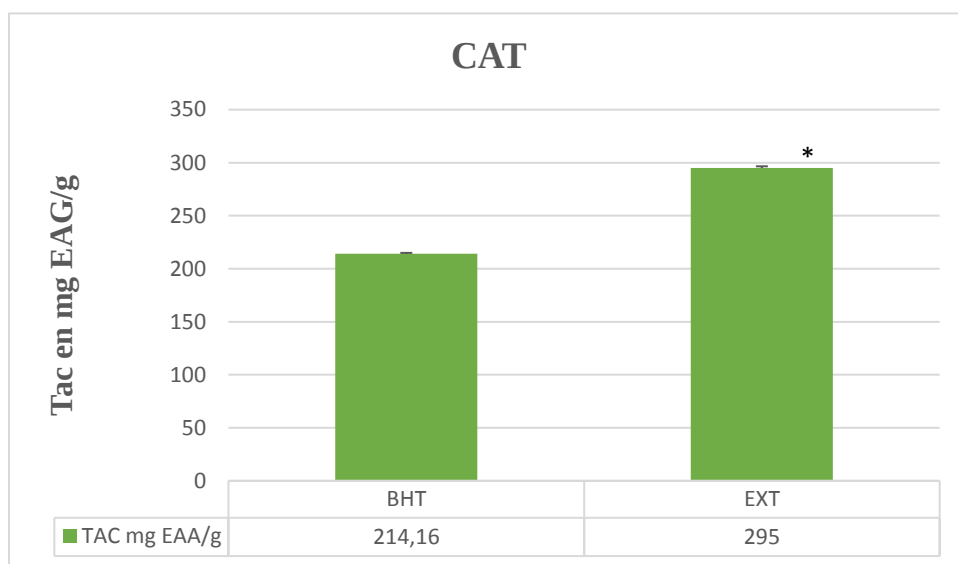


Figure 12. Capacité antioxydante totale d'extrait des noyaux de *phoenix dactylifera*

(*) Différence significative par rapport au BHT ($p < 0.05$).

Cette mesure, réalisée selon la méthode décrite par **Prieto et al. (1999)**, s'est avérée nettement supérieure à celle obtenue pour le standard BHT, qui présente une activité antioxydante de $214,16 \pm 0,77$ mg EAG/g. Cette performance témoigne de la capacité de l'extrait à réduire le complexe phosphomolybdène et souligne son fort pouvoir antioxydant.

En comparaison, **Al-Farsi et al. (2005)** ont rapporté une capacité antioxydante totale comprise entre 73 ± 5 et 164 ± 10 mg AAE/100 g de matière sèche pour des extraits de dattes omanaises. Ces valeurs demeurent nettement inférieures à celle obtenue dans la présente étude.

L'activité antioxydante totale observée dans cet extrait semble résulter à la fois de sa richesse en composés phénoliques, en particulier les flavonoïdes, et des caractéristiques structurales des molécules bioactives impliquées dans les mécanismes de neutralisation des espèces réactives de l'oxygène (**Rice-Evans et al., 1996**).

3.2 Piégeage du radical libre DPPH

L'activité de piégeage de radical libre DPPH est évaluée à partir de la valeur de l'IC₅₀, qui correspond à la concentration d'extrait nécessaire pour inhiber 50 % de radical DPPH dans le milieu réactionnel. Une faible valeur d'IC₅₀ traduit une forte capacité antioxydante de l'extrait, reflétant une grande efficacité dans la neutralisation des radicaux libres (François, 2010).

Les résultats présentés dans la figure 13 indiquent que l'extrait méthanolique des noyaux de *phoenix dactylifera* exerce une activité antiradicalaire notable, avec une IC₅₀ de 1,514± 0,21 mg/ml

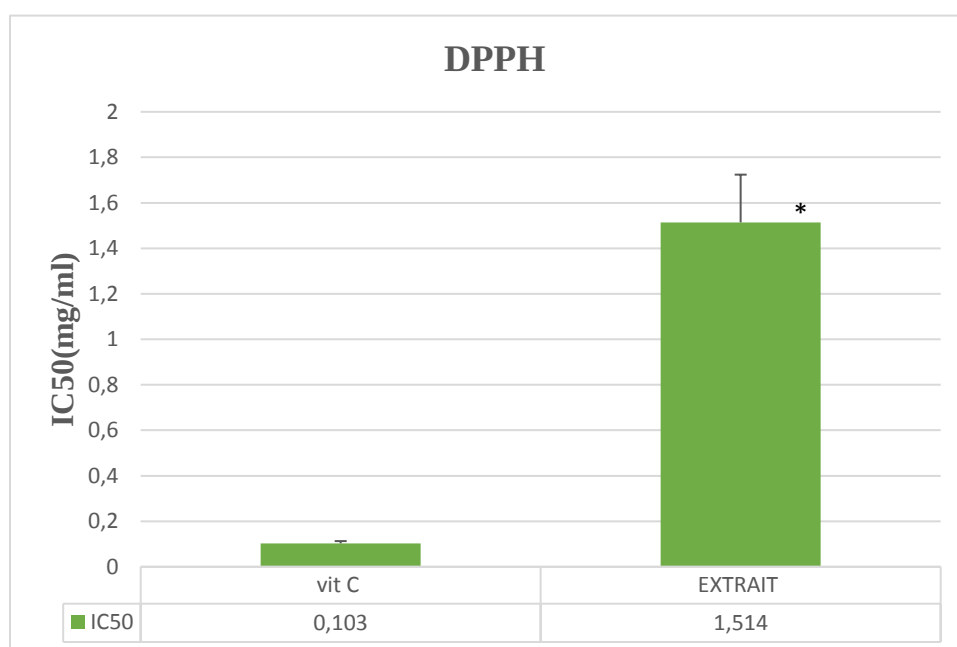


Figure 13. Activité scavenger de l'extrait hydrométhanolique de *phoenix dactylifera* à l'égard du radical DPPH.

(*) Différence très hautement significative par rapport à la vitamine C ($p < 0.001$).

Bien que cette valeur soit inférieure à celle de la vitamine C, utilisée comme référence ($IC_{50} = 0,103 \pm 0,01$ mg/ml), elle reste comparable à celles rapportées par **Mansouri et al. (2005)** qui ont trouvé des IC_{50} comprises entre $1,2 \pm 0,1$ à $2,1 \pm 0,2$ mg/ml pour les extraits de dattes provenant de variétés algériennes.

Les variations observées dans la capacité de piégeage des radicaux libres peuvent s'expliquer par la diversité des composés polyphénoliques présents dans les extraits. Ces substances, caractérisées par des structures chimiques et des polarités hétérogènes, présentent des profils de solubilité distincts selon le type de solvant employé, comme l'ont souligné **Yakoub et al. (2018)**.

3.3 Pouvoir réducteur du fer

Le pouvoir réducteur du fer a été évalué à travers la concentration efficace 50 (CE_{50}), définie comme la concentration d'une substance nécessaire pour induire un effet réducteur de 50 % dans des conditions expérimentales spécifiques (**Karl et al., 2010**).

L'analyse cinétique de cette activité (Annexe 6) montre que le pouvoir réducteur de l'extrait augmente proportionnellement à sa concentration, traduisant une relation dose-dépendante caractéristique d'un effet antioxydant croissant.

L'extrait méthanolique des noyaux de *Phoenix dactylifera* présente un pouvoir réducteur notable, avec une CE_{50} de $1,316 \pm 0,09$ mg/ml (**figure 14**).

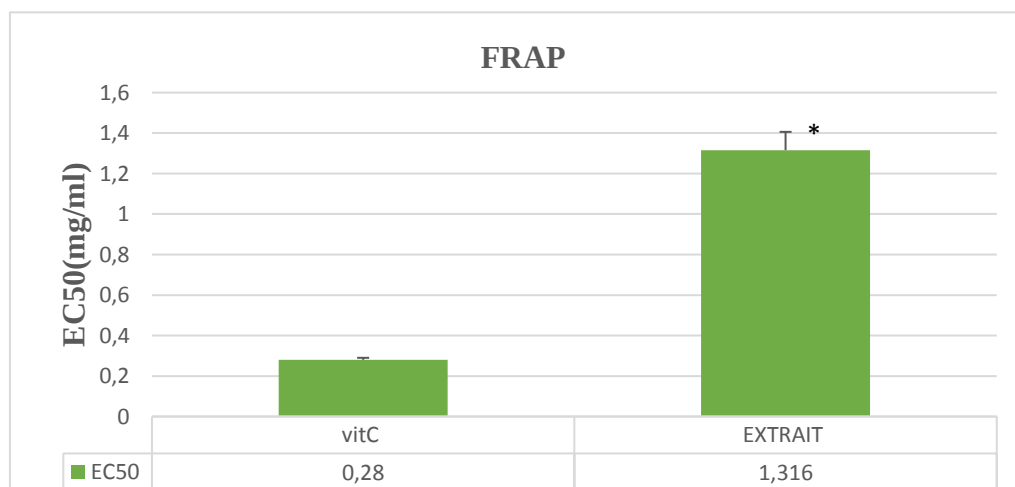


Figure 14. Pouvoir réducteur du fer ferrique de l'extrait hydrométhanolique des noyaux de *phoenix dactylifera*

(*) Différence très hautement significative par rapport à la vitamine C ($p < 0.001$).

Bien que cette valeur soit supérieure à celle de la vitamine C, antioxydant de référence ($CE_{50} = 0,28 \text{ mg/ml}$), elle témoigne néanmoins d'une activité antioxydante significative.

Ce pouvoir réducteur peut être attribué à la présence de groupements hydroxyles dans les composés phénoliques, qui agissent en tant que donneurs d'électrons, contribuant ainsi à la neutralisation des espèces oxydantes (**Bougandoura et Bendimerad, 2013**).

Cependant, l'activité antioxydante des extraits végétaux peut varier considérablement en fonction de multiples facteurs : la teneur en composés bioactifs, les conditions agroclimatiques, le stade de maturité des fruits, ainsi que les modalités de stockage (température, durée). D'autres paramètres, tels que la teneur en eau, le pH, la polarité du solvant d'extraction, les techniques de séparation, le degré de pureté des extraits, la méthode analytique utilisée et le type de substrat employé, influencent également les résultats obtenus (**Prior et al., 1998 ; Amin et al., 2004 ; Zhao et al., 2007**).

4 Activité antibactérienne

L'extrait méthanolique des noyaux de *Phoenix dactylifera* "Ajwa" a démontré une activité antibactérienne variable en fonction des souches testées et des concentrations administrées. L'effet inhibiteur maximal a été observé à la concentration de 128 mg/ml, et tend à diminuer graduellement avec les dilutions successives. Ces résultats traduisent une relation dose-dépendante marquée, caractérisée par une réduction progressive des diamètres des zones d'inhibition à mesure que la concentration de l'extrait décroît (**Tableau III**)

Tableau III : Diamètres des zones d'inhibition

Les concentrations mg/ml	<i>Escherichia coli</i>	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	<i>Bacillus cereus</i>	<i>Staphylococcus aureus</i>
128	20mm	15mm	13mm	12mm
64	18mm	12mm	9mm	12mm
32	13mm	10mm	8mm	9mm
16	10mm	10mm	6mm	9mm
8	9mm	9mm	/	7mm

Ces résultats suggèrent que l'efficacité antimicrobienne de l'extrait est liée à sa richesse en composés bioactifs tels que les polyphénols, flavonoïdes et tanins, connus pour perturber l'intégrité des membranes cellulaires bactériennes en augmentant leur perméabilité et en induisant des fuites cytoplasmiques (Cowan, 1999).

4.1 Activité contre les bactéries Gram négatives

Les bactéries à Gram négatif testées, *Escherichia coli* et *Pseudomonas aeruginosa*, se sont révélées sensibles à l'extrait méthanolique des noyaux de *Phoenix dactylifera* "Ajwa". À la concentration de 128 mg/ml, des zones d'inhibition respectives de 20 mm pour *E. coli* et 15 mm pour *P. aeruginosa* ont été enregistrées, témoignant d'une activité antibactérienne significative (figure 15).

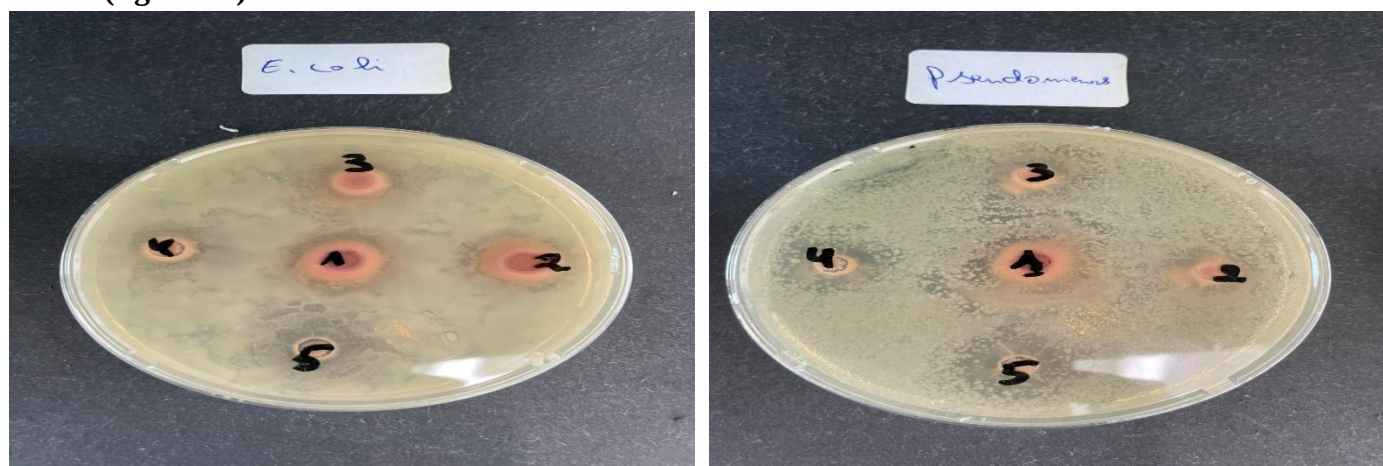


Figure 15. Activité antibactérienne de l'extrait de *phoenix dactylifera* sur les souches bactériennes à Gram négative.

La sensibilité observée chez *Escherichia coli* et *Pseudomonas aeruginosa* peut être liée à la structure de leur membrane externe, composée de lipopolysaccharides (LPS). Bien que cette membrane agisse comme une barrière protectrice, elle demeure perméable à certains composés hydrophobes présents dans les extraits végétaux (**Nikaido, 2003**). Ces observations rejoignent celles de **Mohamed et al. (2016)**, qui ont attribué l'activité antimicrobienne des extraits de noyaux de dattes à la capacité de leurs composés hydrophobes à traverser la membrane externe des bactéries à Gram négatif.

Cette vulnérabilité est plus marquée chez *E. coli*, dont la membrane externe est généralement moins résistante. En revanche, *P. aeruginosa*, bien que dotée d'une multirésistance naturelle, a tout de même montré une inhibition modérée, cohérente avec les résultats de **Hamad et al. (2019)**, qui ont rapporté des zones d'inhibition de 10 à 14 mm avec des extraits similaires. De plus, **Al-Zahrani et al. (2020)** ont rapporté des zones d'inhibition de 18 à 21 mm chez *E. coli* traitée par des extraits méthanoliques de noyaux d'Ajwa, ce qui corrobore les résultats obtenus dans la présente étude.

4.2 Activité contre les bactéries Gram positives

En ce qui concerne les bactéries à Gram positif, *Staphylococcus aureus* a présenté une sensibilité modérée, avec une zone d'inhibition de 12 mm à 128 mg/ml, tandis que *Bacillus cereus* s'est montré moins sensible, voire résistant aux faibles concentrations (0 mm à 8 mg/ml) (**figure 16**).

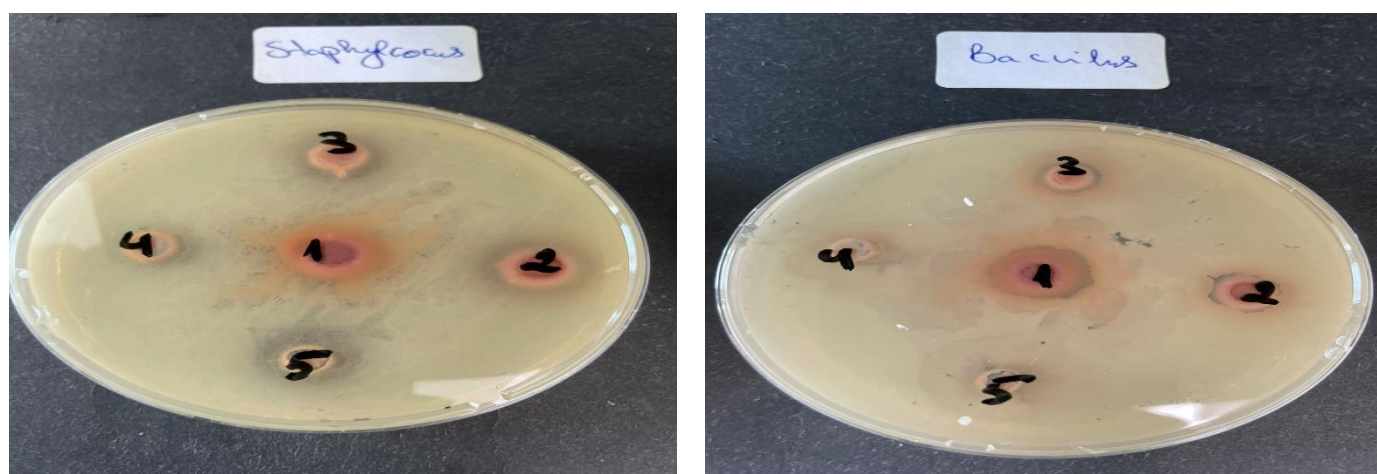


Figure 16. Activité antibactérienne de l'extrait de *phoenix dactylifera* sur les souches bactériennes à Gram positive.

Ces résultats concordent avec ceux rapportés par **Al-Zahrani et al. (2020)**, qui ont observé des zones d'inhibition comprises entre 11 et 13 mm pour *S. aureus* exposée à un extrait similaire.

Les bactéries à Gram positif possèdent une paroi épaisse en peptidoglycane, dépourvue de membrane externe, ce qui peut, dans certains cas, faciliter l'action de composés antimicrobiens, comme en témoigne la sensibilité de *S. aureus* (**Todar, 2020**).

La résistance relative de *B. cereus* pourrait s'expliquer par sa capacité à sporuler, un mécanisme conférant une protection accrue contre divers stress environnementaux, y compris les extraits végétaux (**Friedman et al., 2002**).

Conclusion et perspectives

Aujourd'hui, l'intérêt croissant pour les produits naturels issus des plantes médicinales reflète une quête renouvelée de solutions thérapeutiques alternatives. Ce recours s'appuie sur la richesse chimique des végétaux, capables de synthétiser une grande diversité de molécules bioactives dotées d'un potentiel biologique significatif.

Dans cette perspective, ce travail a porté sur l'évaluation des propriétés physico-chimiques, phytochimiques, antioxydantes et antimicrobiennes de l'extrait hydrométhanolique des noyaux de *Phoenix dactylifera* L. "Ajwa".

L'analyse physicochimique a révélé une faible humidité et une teneur modérée en cendres dans la poudre de noyaux, conférant à cette matrice une bonne stabilité et une résistance accrue aux altérations microbiologiques.

L'extraction par macération a permis d'obtenir un résidu brut à l'aspect cristallin et à la teinte brunâtre brillante.

L'étude phytochimique a mis en évidence la richesse de l'extrait en métabolites secondaires, notamment en composés antioxydants. En parallèle, l'évaluation de l'activité antimicrobienne a révélé un effet inhibiteur significatif vis-à-vis de plusieurs souches bactériennes, en particulier à Gram négatif, soulignant ainsi le potentiel thérapeutique de cette ressource végétale.

Ces résultats viennent appuyer l'usage traditionnel des noyaux des dattes Ajwa et suggèrent de potentielles applications dans les domaines pharmaceutique, alimentaire et cosmétique. Des investigations complémentaires, notamment *in vivo*, seront toutefois nécessaires pour élucider les mécanismes d'action des composés bioactifs identifiés et confirmer leur efficacité thérapeutique.

Références bibliographiques

Aberlen, C., & Bertossi, F. (2012). La détermination du sexe du palmier dattier. *Dia de newsletters*, 3, 1-8.

Ait Hamouda, R. (2013). *Analyse de la diversité variétale du palmier dattier (Phoenix dactylifera L.) : Cas des Ziban (Région de Sidi Okba)* [Thèse de doctorat, Université Mohamed Khider].

Al-Farsi, M., 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.

Al-Farsi, M., & Lee, C. Y. (2008). Nutritional and functional properties of dates: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 48(10), 877–887.

Ali, F., El-Hack, M. E. A., Saadeldin, I. M., & Alsharif, W. (2020). Ajwa date (*Phoenix dactylifera* L.) fruit: Chemical composition and health benefits. *International Journal of Pharmacology*, 16(8), 673–684.

Al-Zahrani, S. H., Al-Abd, A. M., Haseeb, A., & Al-Malki, A. L. (2020). Antimicrobial activity of date palm (*Phoenix dactylifera* L.) seeds extracts against multidrug-resistant pathogens. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 27(1), 353–358.

Al-Zoreky, N. S. (2009). Antimicrobial activity of pomegranate (*Punica granatum* L.) fruit peels. *International Journal of Food Microbiology*, 134(3), 244–248.

Amin, I., Zamaliah, M. M., & Chin, W. F. (2004). Total antioxidant activity and phenolic content in selected vegetables. *Food Chemistry*, 87, 581–586.

Assirey, E. A. (2015). Composition nutritionnelle des fruits de 10 cultivars de palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) cultivés en Arabie Saoudite. *Journal of Taibah University for Science*, 9, 75–79.

Balasundram, N., Sundram, K., & Samman, S. (2006). Phenolic compounds in plants and agri-industrial by-products: Antioxidant activity, occurrence, and potential uses. *Food Chemistry*, 99(1), 191–203.

Baliga, M. S., Baliga, B. R. V., Kandathil, S. M., Bhat, H. P., & Vayalil, P. K. (2011). A review of the chemistry and pharmacology of the date fruits (*Phoenix dactylifera* L.). *Food Research International*, 44(7), 1812–1822.

Balouiri, M., Sadiki, M., & Ibnsouda, S. K. (2016). Methods for in vitro evaluating antimicrobial activity: A review. *Journal of Pharmaceutical Analysis*, 6(2), 71-79.

- Becker, M. M., Nunes, G. S., Ribeiro, D. B., Silva, F. E. P. S., Catanante, G., & Marty, J.-L. (2019).** Determination of the antioxidant capacity of red fruits by miniaturized spectrophotometry assays. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 30, 1108–1114.
- Biglari, F., AlKarkhi, A. F. M., & Easa, A. M. (2008).** Antioxidant activity and phenolic content of various date palm (*Phoenix dactylifera*) fruits from Iran. *Food Chemistry*, 107(4), 1636–1641.
- Blois, M. S. (1958).** Antioxidant determinations by the use of stable free radical. *Nature*, 181(4617), 1119–1200.
- Bottone, E. J. (2010).** *Bacillus cereus*, a volatile human pathogen. *Clinical Microbiology Reviews*, 23(2), 382–398.
- Bougandoura, N., & Bendimerad, N. (2013).** Evaluation de l'activité antioxydante des extraits aqueux et méthanolique de *Satureja calamintha* ssp. *Nepeta* (L.) Briq. *Nature & Technology*, 9, 14.
- Boussena, Z., & Khali, M. (2016).** Extraction and chemical composition of Algerian date seeds oil. *Nutrition et Santé*, 5(2), 100–106.
- Brossa, R., Pintó-Marijuan, M., Francisco, R., López-Carbonell, M., Chaves, M. M., & Alegre, L. (2015).** Redox proteomics and physiological responses in *Cistus albidus* shrubs subjected to long-term summer drought followed by recovery. *Planta*, 241, 803–822.
- Cowan, M. M. (1999).** Plant products as antimicrobial agents. *Clinical Microbiology Reviews*, 12(4), 564–582.
- Dahir, A. M. (2010).** *Détermination du sexe chez le palmier dattier : approches histocytologiques et moléculaires* [Thèse de doctorat, Université Montpellier 2].
- Dawidowicz, A. L., Wianowska, D., & Olszowy, M. (2012).** On practical problems in estimation of antioxidant activity of compounds by DPPH method (Problems in estimation of antioxidant activity). *Food Chemistry*, 131(3), 1037–1043.
- Djaoudene, O., López, V., Cásedas, G., Les, F., Schisano, C., Bachir Bey, M., & Tenore, G. C. (2019).** *Phoenix dactylifera* L. seeds: a by-product as a source of bioactive compounds with antioxidant and enzyme inhibitory properties. *Food & Function*, 10(8), 4953–4965.
- Djerbi, M. (1994).** *Précis de phoeniciculture*. FAO.
- Di Carlo, G., Mascolo, N., Izzo, A. A., & Capasso, F. (1999).** Flavonoids: Old and new aspects of a class of natural therapeutic drugs. *Life Sciences*, 65(4), 337–353.
- Ekissi, A. C., Kouame, B. K., Koko, C. A., Albert, Y. A. O., & Séraphin, K. A. T. I. (2020).** Détermination des minéraux des feuilles du théier de savane (*Lippia multiflora*). *Afrique SCIENCE*, 16(2), 139–149.

Falleh, H., Ksouri, R., Chaieb, K., Karray-Bouraoui, N., Trabelsi, N., Boulaaba, M., & Abdelly, C. (2008). Phenolic composition of *Cynara cardunculus* L. organs, and their biological activities. *Comptes Rendus Biologies*, 331(5), 372–379.

Fatianoff, N., & Gouet, P. (1969). Relation permettant de corriger rapidement et avec précision la matière sèche des ensilages sèchés à l'étuve. *Annales de Zootechnie*, 18(4), 407–418.

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (1995). *Quality control of herbal medicines and related areas*. FAO.

François, N. (2010). *Identification de polyphénols, évaluation de leur activité anti-oxydante et étude de leurs propriétés biologiques* [Thèse de doctorat, Université Paul Verlaine-Metz].

Friedman, M., Henika, P. R., & Mandrell, R. E. (2002). Bactericidal activities of plant essential oils and some of their isolated constituents against *Campylobacter jejuni*, *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes*, and *Salmonella enterica*. *Journal of Food Protection*, 65(10), 1545–1560.

Habib, H. M., & Ibrahim, W. H. (2009). Nutritional quality evaluation of eighteen date pit varieties. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 60(Suppl. 1), 99–111.

Habibou, H. H., Idrissa, M., Khalid, I., Benjamin, O., & Rabani, A. (2019). Activité Antioxydante des Extraits Méthanoliques de Différents Organes de *Detarium microcarpum* Guill. & Perr. *European Scientific Journal*, ESJ, 15(12), Article 12.

Hamad, I. M., Al-Kahtani, S. N., & El-Shishtawy, R. M. (2019). Evaluation of antimicrobial activity of Ajwa seed extract against *Pseudomonas aeruginosa*. *Journal of Medicinal Plants Research*, 13(5), 117–121.

Hamia, C., Guergab, A., Rennane, N., Birache, M., Haddad, M., Saidi, M., & Yousefi, M. (2014). Influence des solvants sur le contenu en composés phénoliques et l'activité antioxydante des extraits du *Rhanterium adpressum*. *Annales des sciences et technologie*, 6(1).

Jain, D. P., Pancholi, S. S., & Patel, R. (2011). Synergistic antioxidant activity of green tea with some herbs. *Journal of Advanced Pharmaceutical Technology & Research*, 2(3), 177–183.

Karabin, M., Hudcova, T., Jelinek, L., & Dostalek, P. (2015). Biotransformations and biological activities of hop flavonoids. *Biotechnology Advances*, 33(6), 1063–1090.

Karl, K., Rozman, J., Doull, J., & Hayes, W. J. (2010). Chapter 1 - Dose and Time Determining, and Other Factors Influencing, Toxicity. In R. Krieger (Ed.), *Hayes' Handbook of Pesticide Toxicology* (3rd ed., pp. 3-101). Academic Press.

Khalid, S., Ahmad, A., Masud, T., Asad, M. J., & Sandhu, M. (2016). Nutritional assessment of Ajwa date flesh and pits in comparison to local varieties. *Journal of Plant and Animal Sciences*, 26(4), 1072–1080.

- Khalid, S., Khalid, N., Khan, R. S., Ahmed, H., & Ahmad, A. (2017).** A review on chemistry and pharmacology of Ajwa date fruit and pit. *Trends in Food Science & Technology*, 63, 1–38.
- Lobo, V., Patil, A., Phatak, A., & Chandra, N. (2010).** Free radicals, antioxidants and functional foods: Impact on human health. *Pharmacognosy Reviews*, 4(8), 118–126.
- Mansouri, A., Embarek, G., Kokkalou, E., & Kefalas, P. (2005).** Phenolic profile and antioxidant activity of the Algerian ripe date palm fruit (*Phoenix dactylifera*). *Food Chemistry*, 89(3), 411–420.
- Martin, S., & Andriantsitohaina, R. (2002).** Mécanismes de la protection cardiaque et vasculaire des polyphénols au niveau de l'endothélium. *Annales de Cardiologie et d'Angéiologie*, 51(6), 304–315.
- Mathew, T., Al-Saeedi, H., & Al-Harthy, S. (2014).** Antioxidant study of date seed: Characterization and utilization. *International Journal of Pharmacognosy and Phytochemical Research*, 6(4), 872–876.
- Mohamed, D. A., & El Sayed, A. I. (2016).** Phytochemical screening and antimicrobial activity of Ajwa date seed extracts. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 8(6), 318–321.
- Moradali, M. F., Ghods, S., & Rehm, B. H. A. (2017).** *Pseudomonas aeruginosa* lifestyle: a paradigm for adaptation, survival, and persistence. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*, *7*, 39.
- Munier, P. (1973).** *Le palmier dattier*. Maisonneuve.
- Nikaido, H. (2003).** Molecular basis of bacterial outer membrane permeability revisited. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, 67(4), 593–656.
- O'Kelly, B. C. (2004).** Accurate determination of moisture content of organic soils using the oven drying method. *Drying Technology*, 22(7), 1767–1776.
- Oyaizu, M. (1986).** Studies on products of browning reaction: Antioxidative activities of products of browning reaction prepared from glucosamine. *Japanese Journal of Nutrition*, 44(6), 307–315.
- Prieto, P., Pineda, M., & Aguilar, M. (1999).** Spectrophotometric quantitation of antioxidant capacity through the formation of a phosphomolybdenum complex: Specific application to the determination of vitamin E. *Analytical Biochemistry*, 269(2), 337–341.
- Prior, R. L., Cao, G., Martin, A., Sofic, E., McEwen, J., O'Brien, C., Lischner, N., Ehlenfeldt, M., Kalt, W., Krewer, G., & Mainland, C. M. (1998).** Antioxidant Capacity as Influenced by Total Phenolic and Anthocyanin Content, Maturity, and Variety of Vaccinium Species. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46, 2686–2693.

- Rahmani, A. H., Aly, S. M., Ali, H., Babiker, A. Y., & Srikar, S. (2014).** Therapeutic effects of date fruits (*Phoenix dactylifera*) in the prevention of diseases via modulation of anti-inflammatory, anti-oxidant and anti-tumour activity. *International Journal of Clinical and Experimental Medicine*, 7(3), 483–491.
- Rice-Evans, C. A., Miller, N. J., & Paganga, G. G. (1996).** Structure-antioxidant activity relationships of flavonoids and phenolic acids. *Free Radical Biology and Medicine*, 20(7), 933–956.
- Sasidharan, S., Chen, Y., Saravanan, D., Sundram, K. M., & Yoga Latha, L. (2011).** Extraction, isolation and characterization of bioactive compounds from plants' extracts. *African Journal of Traditional, Complementary and Alternative Medicines*, 8(1), 1-10.
- Singleton, V. L., & Rossi, J. A. (1965).** Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16(3), 144–158.
- Sultana, B., Anwar, F., & Ashraf, M. (2009).** Effect of extraction solvent/technique on the antioxidant activity of selected medicinal plant extracts. *Molecules*, 14(6), 2167–2180.
- Tamert, A., Latreche, A., & Aouad, L. (2017).** Criblage phytochimique et activité antimicrobienne des extraits de *Thymus serpyllum* et de *Thymus vulgaris* du mont de Tessala (Algérie occidentale). *Phytothérapie*, 15(6), 384.
- Tenaillon, O., Skurnik, D., Picard, B., & Denamur, E. (2010).** The population genetics of commensal *Escherichia coli*. *Nature Reviews Microbiology*, 8(3), 207-217.
- Thomas, D. (2016).** *Les antioxydants de nos jours* [Thèse de doctorat, Université de Limoges].
- Todar, K. (2020).** *Todar's Online Textbook of Bacteriology*.
- Tong, S. Y. C., Davis, J. S., Eichenberger, E., Holland, T. L., & Fowler, V. G. (2015).** *Staphylococcus aureus* infections: epidemiology, pathophysiology, clinical manifestations, and management. *Clinical Microbiology Reviews*, 28(3), 603-661.
- Valgas, C., Souza, S. M., Smânia, E. F. A., & Smânia, A. (2007).** Screening methods to determine antibacterial activity of natural products. *Brazilian Journal of Microbiology*, 38(2), 369-380.
- Valko, M., Leibfritz, D., Moncol, J., Cronin, M. T., Mazur, M., & Telser, J. (2007).** Free radicals and antioxidants in normal physiological functions and human disease. *The International Journal of Biochemistry & Cell Biology*, 39(1), 44–84.
- Vayalil, P. K. (2012).** Date fruits (*Phoenix dactylifera* Linn): An emerging medicinal food. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 52(3), 249–271.
- World Health Organization. (2023).** *Traditional, complementary and integrative medicine*. <https://www.who.int/health-topics/traditional-complementary-and-integrative-medicine>

Yala, D., Merad, A. S., Mohamedi, D., & Ouar Korich, M. N. (2001). Classification et mode d'action des antibiotiques. *Médecine du Maghreb*, 91.

Zhao, X., Iwamoto, T., & Carey, E. E. (2007). Antioxidant capacity of leafy vegetables as affected by high tunnel environment, fertilisation and growth stage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 87, 2692-2699.

Site web :

<https://nadaty.com/blog/detail/les-palmeraies-darabie.html>

Annexes

Courbes d'étalonnages

Annexe 1. Dosage des polyphénols

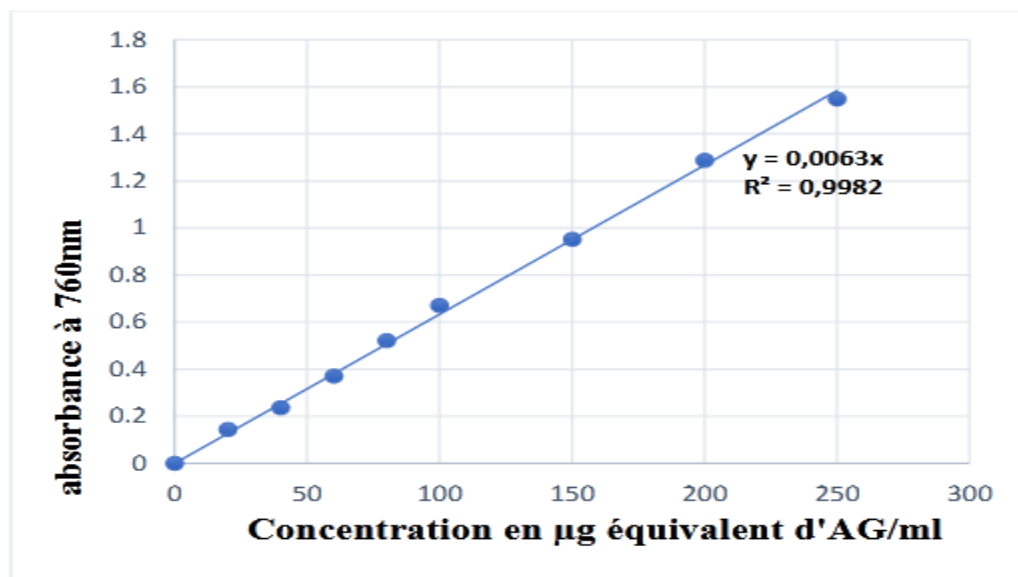


Figure 01 : Courbe d'étalonnage de l'acide gallique.

Annexe 2. Dosage des flavonoïdes

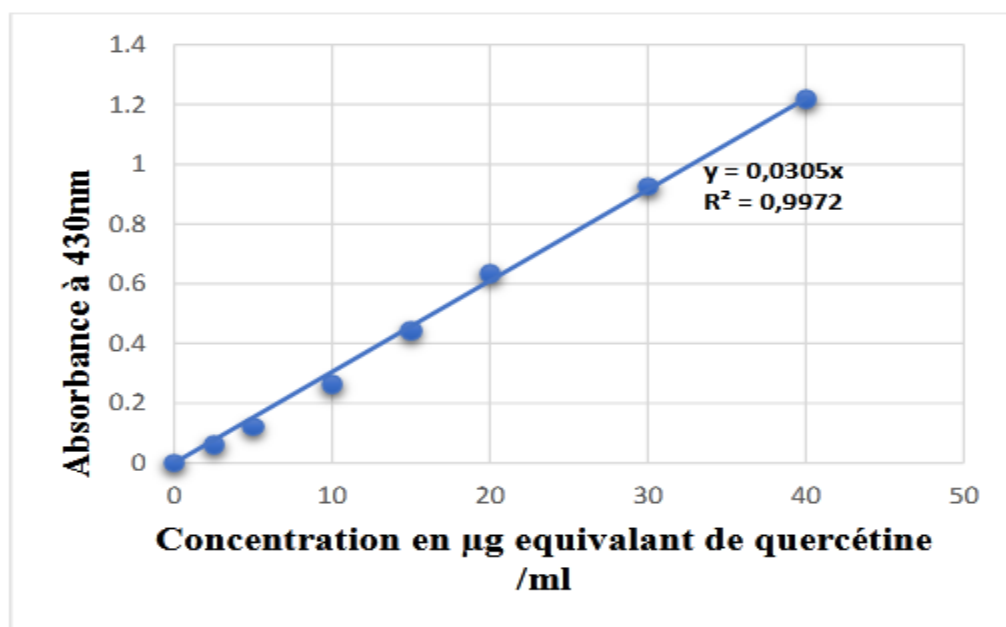


Figure 02 : Courbe d'étalonnage de la quercétine.

Annexe 3. Capacité antioxydante total

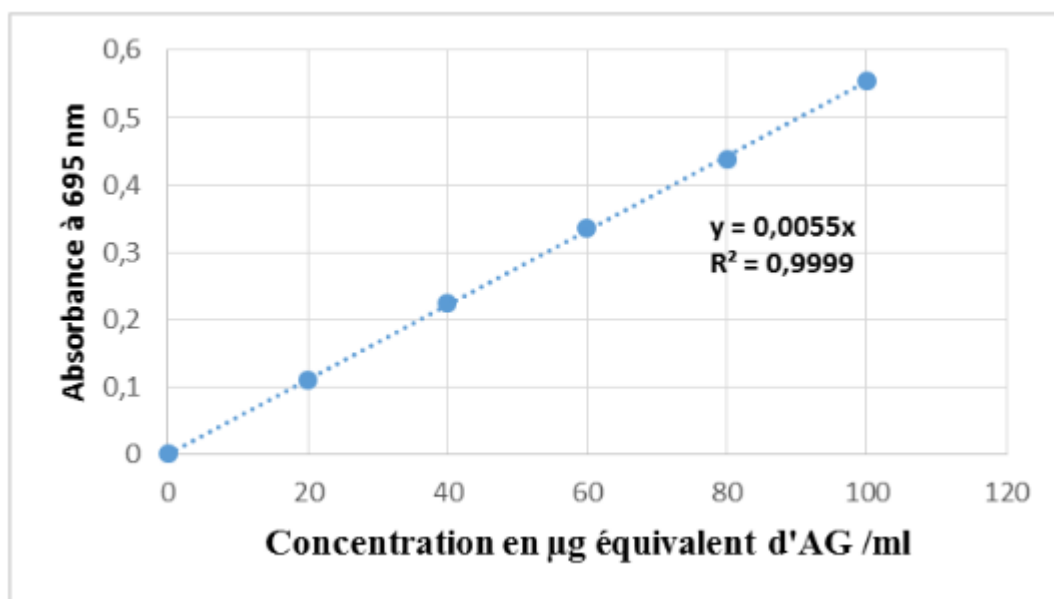


Figure 3. Courbe d'étalonnage de l'acide gallique.

Annexe 4. Pouvoir réducteur du fer ferrique

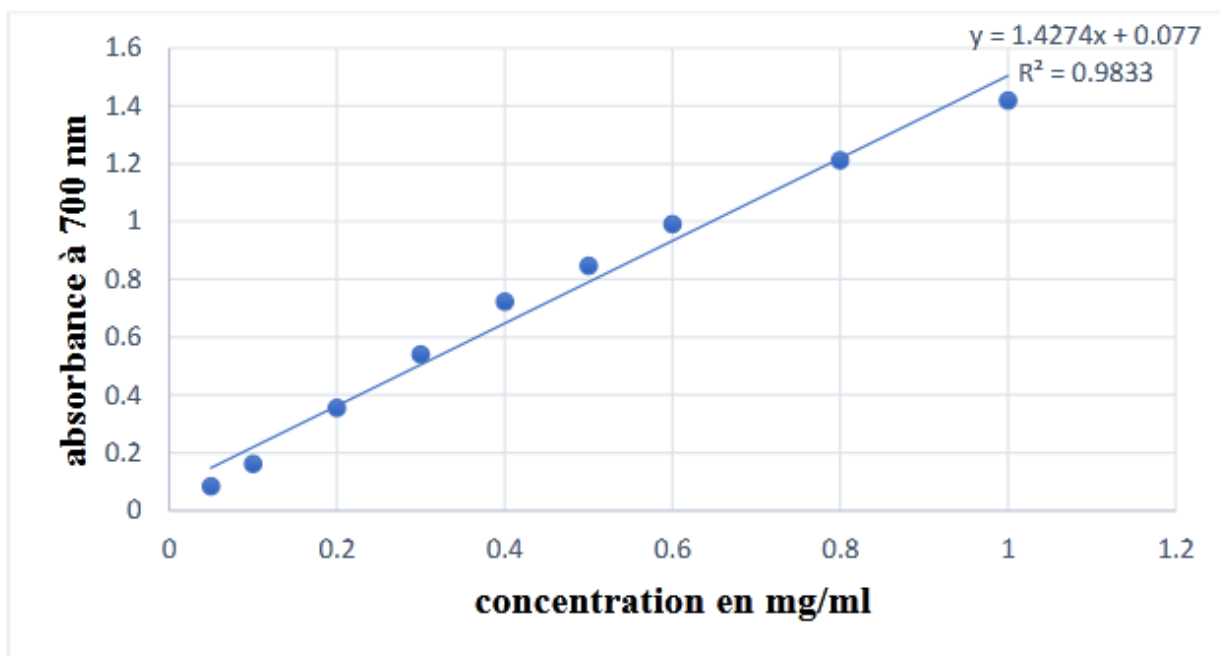


Figure 4. Courbe d'étalonnage de l'acide ascorbique.

Annexe 5

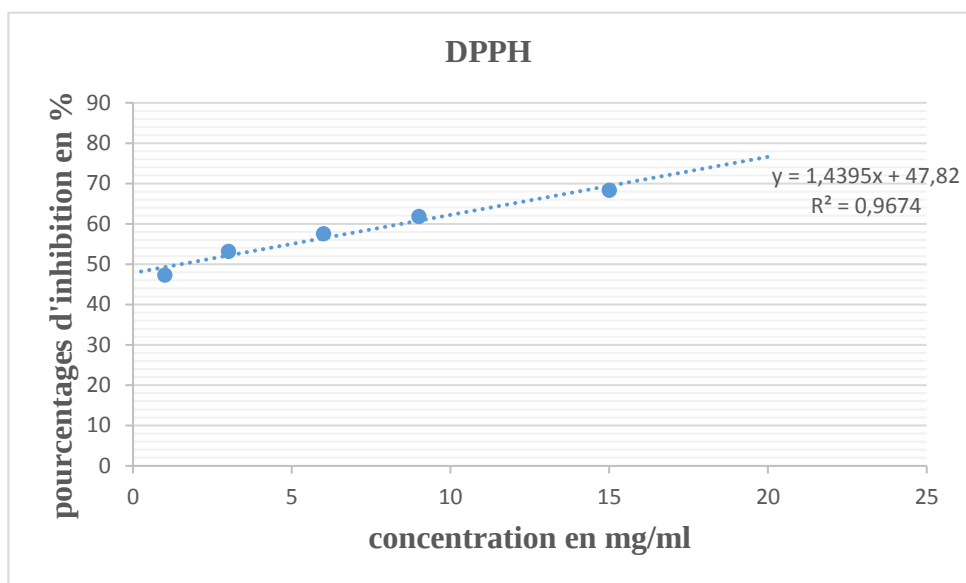


Figure 5. Pourcentage d'inhibition du DPPH en fonction de différentes concentrations de l'extrait.

Annexe 6

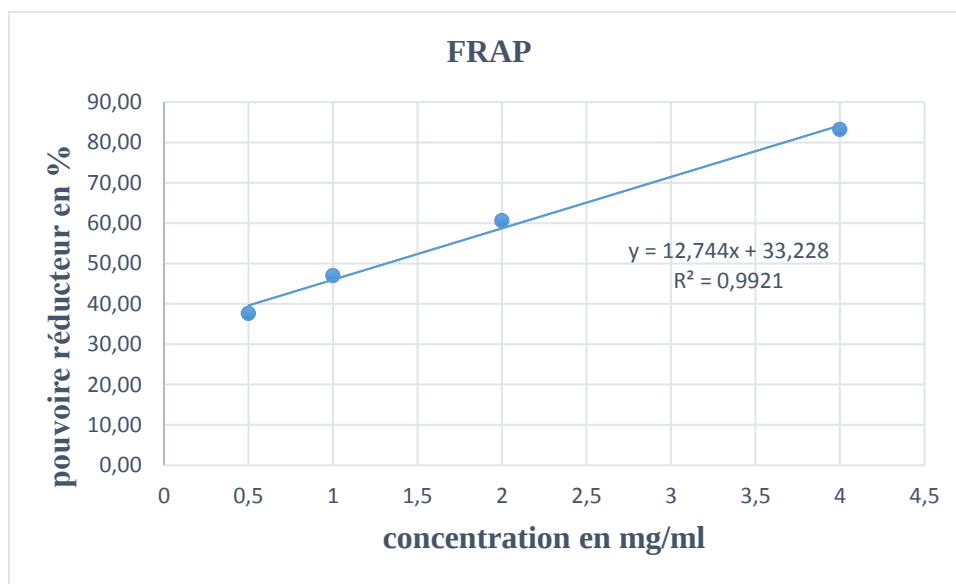


Figure 6. Pouvoir réducteur du fer ferrique en fonction de différentes concentrations de l'extrait.

Résumé

Le palmier dattier *Phoenix dactylifera* "Ajwa", largement cultivé en Arabie saoudite, est réputé pour ses propriétés nutritionnelles et médicinales. Ce travail vise à quantifier la teneur en composés bioactifs (polyphénols et flavonoïdes) et à évaluer les activités antioxydante et antibactérienne de l'extrait hydrométhanolique de noyaux de dette Ajwa. L'activité antioxydante a été mesurée à l'aide des tests CAT, DPPH et pouvoir réducteur. L'analyse physicochimique de la poudre de noyaux a révélé une faible teneur en eau (2 %) et en cendres (1 %), tandis que l'extraction au méthanol a permis d'obtenir un résidu brut avec un rendement de 10,8 %. L'analyse phytochimique a mis en évidence une richesse en polyphénols (762 ± 9.8 mg EAG/g ES) et en flavonoïdes (32 ± 11.3 mg EQ/g ES). L'extrait a montré une activité antioxydante notable, avec une capacité antioxydante totale de 295 ± 1.58 mg EAG/g, une activité réductrice de fer (EC50) de $1,316 \pm 0.09$ mg/ml, et une capacité de piégeage du DPPH (IC50) de $1,514 \pm 0.21$ mg/ml. Par ailleurs, l'activité antibactérienne, évaluée par la méthode de diffusion en puits, a révélé un effet inhibiteur dose-dépendant, plus marqué contre les bactéries à Gram négatif, notamment *Escherichia coli* (zone d'inhibition maximale de 20 mm à 128 mg/ml). Ces résultats mettent en lumière le potentiel thérapeutique des noyaux de dattes Ajwa et encouragent des recherches complémentaires en vue d'une meilleure caractérisation des composés actifs et de l'exploration d'autres propriétés biologiques.

Mots clés : *Phoenix dactylifera*. "Ajwa", noyaux de dattes, polyphénols, flavonoïdes, activité antioxydante, DPPH, activité antibactérienne.

Abstract

A date palm *Phoenix dactylifera* "Ajwa", widely cultivated in Saudi Arabia, is renowned for its nutritional and medicinal properties. This study aims to quantify the content of bioactive compounds (polyphenols and flavonoids) and to evaluate the antioxidant and antibacterial activities of the hydromethanolic extract of Ajwa date seeds. Antioxidant activity was assessed using CAT, DPPH, and reducing power assays. The physicochemical analysis of the seed powder revealed low moisture (2%) and ash content (1%), while methanolic extraction yielded a crude residue with a yield of 10.8%. Phytochemical analysis highlighted a high content of polyphenols (762 ± 9.8 mg GAE/g extract) and flavonoids (32 ± 11.3 mg QE/g extract). The extract exhibited significant antioxidant activity, with a total antioxidant capacity of 295 ± 1.58 mg GAE/g, a ferric reducing activity (EC50) of 1.316 ± 0.09 mg/mL, and a DPPH radical scavenging activity (IC50) of 1.514 ± 0.21 mg/mL. Furthermore, antibacterial activity assessed by the well diffusion method showed a dose-dependent inhibitory effect, more pronounced against Gram-negative bacteria, particularly *Escherichia coli* (maximum inhibition zone of 20 mm at 128 mg/mL). These findings highlight the therapeutic potential of Ajwa date seeds and support further research to better characterize the active compounds and explore additional biological properties.

Keywords: *Phoenix dactylifera*. "Ajwa", date seeds, polyphenols, flavonoids, antioxidant activity, DPPH, antibacterial activity.

المخلص

يُعد نخيل التمر *Phoenix dactylifera* صنف "عجوة"، المزروع على نطاق واسع في المملكة العربية السعودية، من الأنواع المشهورة بفوائده الغذائية والطبية. يهدف هذا العمل إلى تحديد محتوى المركبات النشطة بيولوجيًا (الفينولات الكلية والفلافونويدات) وتقييم النشاط المضاد للأكسدة والمضاد للبكتيريا لمستخلص نوى تمر العجوة باستخدام الماء والميثانول. تم قياس النشاط المضاد للأكسدة باستخدام اختبارات CAT و DPPH وأظهرت التحاليل الفيزيائية والكيميائية لمسحوق النوى انخفاضًا في محتوى الرطوبة (2٪) والرماد (1٪)، بينما أسفرت عملية الاستخلاص بالميثانول عن حصة خام بنسبة 10.8٪. كشفت التحاليل الفيتوكيميائية عن غنى المستخلص بالفينولات الكلية (762 ± 9.8 ملغ مكافئ حمض الغاليك/غ من المستخلص الجاف) والفلافونويدات (32 ± 11.3 ملغ مكافئ كيرسيتين/غ من المستخلص الجاف). أظهر المستخلص نشاطًا مضادًا للأكسدة ملحوظًا، تمثل في قدرة مضادة للأكسدة كلية بلغت 295 ± 1.58 ملغ مكافئ حمض الغاليك/غ، ونشاط اختزال الحديد (EC50) مقداره 1.316 ± 0.09 ملغ/مل، وقدرة على تثبيط جذر DPPH (IC50) بمقدار 1.514 ± 0.21 ملغ/مل. علاوة على ذلك، أظهر النشاط المضاد للبكتيريا، الذي تم تقييمه بطريقة الانتشار في الآبار، تأثيرًا مثبطًا يعتمد على الجرعة، وكان أكثر وضوحًا ضد البكتيريا سالبة الجرام، وخاصة *Escherichia coli* بمنطقة تثبيط قصوى بلغت 20 مم عند تركيز 128 ملغ/مل. تبرز هذه النتائج الإمكانيات العلاجية لنوى تمر العجوة وتشجع على إجراء المزيد من الدراسات من أجل تحديد المركبات الفعالة بشكل أدق واستكشاف خصائص بيولوجية أخرى.

الكلمات المفتاحية *Phoenix dactylifera*: صنف عجوة، نوى التمر، الفينولات، الفلافونويدات، النشاط المضاد للأكسدة، DPPH، النشاط المضاد للبكتيريا.