

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Université Abdelhamid
Ibn Badis-Mostaganem
Faculté de science de la
Nature et de la vie



جامعة عبد الحميد ابن باديس
مستغانم
كلية علوم الطبيعة و الحياة

DEPARTEMENT DE BIOLOGIE

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

Présenté par

BENGUEDBA MERIEM MAISSAE

Pour l'obtention du diplôme Master

Filière : science Biologique

Spécialité : Microbiologie Fondamentale

THEME :

Etude de l'activité Anti-oxydante, Anti-Microbienne de la poudre de noyaux de dattes de la variété Deglet nour

Devant les Membres du jury :

Présidente	DAHMANI CHAHINEZ AMIRA	MCA	Université de Mostaganem
Promotrice	CHIALI FATIMA ZOHRA	MCA	Université de Mostaganem
Examinatrice	BELHADJI KENZA AMEI	MCA	Université de Mostaganem
Co-promotrice	ZAOUI SOUMIA	Dr	Université de Mostaganem

Soutenu publiquement le : 30/06/2026

Année Universitaire : 2025-2026



Remerciements

En premier lieu, je tiens à remercier Dieu le Tout-Puissant de m'avoir donné la volonté, la patience et la force nécessaires pour accomplir ce modeste travail.

*Mes profonds remerciements vont tout d'abord à ma promotrice **CHIALI FATIMA ZOHRRA** pour avoir accepté de diriger ce mémoire. Je le remercie chaleureusement pour sa disponibilité, ses conseils précieux et son orientation tout au long de la réalisation de ce projet.*

*Je tiens également à exprimer ma vive gratitude à ma co-promotrice **ZAOUI SOUMIA** pour son suivi constant, ses remarques pertinentes et son soutien technique et scientifique continu.*

Mes remerciements s'adressent aussi aux membres du jury qui me font l'honneur d'examiner et d'évaluer ce travail.

Un grand merci aux techniciens de laboratoire pour leur accueil chaleureux, leur aide précieuse et pour avoir mis à notre disposition tous les équipements et les excellentes conditions nécessaires au bon déroulement de nos expérimentations.

Enfin, j'exprime ma reconnaissance à tous les enseignants qui m'ont éduquée, formée et soutenue durant tout mon parcours universitaire. Que tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réussite de ce travail trouvent ici l'expression de mon profond respect et de ma gratitude.





Dédicace

Je dédie ce modeste travail :

*À moi-même, en premier lieu, pour avoir cru en mes capacités,
pour ma persévérance, ma confiance en moi et ma
détermination à surmonter tous les obstacles afin d'aller
jusqu'au bout de mes ambitions.*

*À ma petite famille, pour son amour inconditionnel, ses
sacrifices et ses prières quotidiennes qui m'ont accompagnée
tout au long de mes études.*

*À mon amie Malak, qui a été mon soutien moral le plus
précieux, ma source d'encouragement constante à chaque étape
de mon parcours scolaire depuis le tout début.*

*À tous ceux qui m'ont aidée et soutenue, ne serait-ce que par
un mot gentil ou un simple geste d'encouragement. Merci du
fond du cœur.*

Meriem Maïssa .

Résumé

Cette recherche évaluative vise à valoriser une ressource naturelle importante : les noyaux de dattes de la variété « Deglet Nour », considérés comme un sous-produit agricole et biologique abondant de haute valeur . cette étude se concentre principalement sur l'évaluation scientifique des propriétés biologiques de la poudre de noyaux bruts, spécifiquement ses activités antioxydante et antimicrobienne. Pour ce faire, la poudre de noyaux a été préparée en adoptant un protocole de préparation à froid (sans torréfaction) afin de préserver la structure originale des molécules bioactives thermosensibles et d'empêcher leur dégradation.

Ensuite un processus de macération utilisant un mélange hydro-éthanolique

(à 70 % d'éthanol) a été appliqué pour assurer une extraction optimale des composés phénoliques, permettant d'atteindre un rendement d'extraction efficace de 14,5% . Les analyses biologiques ont révélé que l'extrait hydro-éthanolique a montré une capacité élevée et remarquable à piéger les radicaux libres (lors du test DPPH) , enregistrant une concentration inhibitrice estimée à 6,5 mg/mL. En outre,

L'extrait a prouvé une efficacité inhibitrice et létale à large spectre contre des souches bactériennes pathogènes à Gram-positif et à Gram-négatif (telles que *Escherichia coli* , *Staphylococcus aureus* et *Pseudomonas aeruginosa*) .

L'extrait a également montré un effet inhibiteur puissant contre les champignons, en particulier la levure *Candida albicans* . En conclusion, ces résultats confirment

La richesse exceptionnelle des noyaux de la variété « Deglet Nour » en composés phénoliques (tels que les Flavonoides et les tanins condensés). Ce travail démontre l'efficacité de ces noyaux en tant que puissant agent protecteur naturel, ouvrant ainsi des perspectives industrielles et appliquées prometteuses pour l'intégration de cet extrait comme alternative sûre dans les domaines de l'agroalimentaire, de la cosmétique et de la pharmaceutique .

Mots-clés : Deglet Nour, Noyaux de dattes, Antioxydant, Antimicrobien, Extraction hydro-éthanolique, Polyphénols, Valorisation

الملخص

يهدف هذا البحث التقييمي الى تثمين مورد طبيعي هام ,نوى التمر من صنف دقلة نور و الذي يعتبر منتجا ثانويا زراعيا و حيويا وفيرا ذا قيمة عالية . تركز هذه الدراسة بشكل رئيسي على التقييم العلمي للخصائص البيولوجية لمسحوق النوى الخام , و تحديدا فعاليتها كمضاد للاكسدة و مضاد للمكروبات و لتحقيق ذلك تم تحضير مسحوق باعتماد بروتوكول تحضير على البارد بدون تحميص من اجل الحفاظ على البنية الاصلية للجزيئات الحيوية النشطة الحساسة للحرارة , و منع تحللها . بعد ذلك تم تطبيق عملية نقع باستخدام مزيج مائي ايثانولي بنسبة 70% ايثانول لضمان استخلاص المركبات الفينولية , مما سمح بتحقيق مردود استخلاص فعال بلغ 14,5% . اظهرت التحاليل البيولوجية ان المستخلص المائي الايثانولي ابدى قدرة عالية و ملحوظة على كبح الجذور الحرة خلال اختبار

DPPH, مسجلا تركيزا مثبطا قدر ب 6,5 ملغ/مل . علاوة على ذلك , اثبت المستخلص فعالية تثبيطية و قاتلة واسعة الطيف ضد سلالات بكتيرية ممرضة موجبة و سالبة الغرام مثل : بكتيريا المكورات العنقودية الذهبية و الزانفة الزنجارية و الاشريكية القولونية و تعرف اختصارا ببكتيريا القولون .

كما اظهر المستخلص تاثيرا مثبطا قويا ضد الفطريات و خاصة خميرة المبيضات البيضاء . في الختام تؤكد هذه النتائج الغنى الاستثنائي لنوى صنف دقلة نور بالمركبات الفينولية مثل الفلافونويدات و التانينات المكثفة . يبرهن هذا العمل على فعالية هذه النوى كعامل حماية طبيعي قوي , مما يفتح افاقا صناعية و تطبيقية واعدة لادماج هذا المستخلص كبديل امن في مجالات الصناعات الغذائية , و مستحضرات التجميل , و الصناعات الصيدلانية .

كلمات مفتاحية : دقلة نور، نوى التمر، مضاد للأكسدة، مضاد للميكروبات ،استخلاص مائي ايثانولي

بوليفينولات، تثمين.

Abstract

This evaluative research aims to valorize an important natural resource : date pits of the « Deglet Nour » variety , considered an abundant agricultural and biological by- product of high value . This study mainly focuses on the scientific evaluation of the biological properties of raw date pit powder , specifically its antioxidant and antimicrobial activities . To this end , the date pit powder was prepared by adopting a cold preparation protocol (without roasting) in order to preserve the original structure of thermosensitive bioactive molecules and prevent their degradation . Subsequently , a maceration process using a hydro-ethanolic mixture (70% ethanol) was applied to ensure optimal extraction of phenolic compounds , resulting in an effective extraction yield of 14,5% .

Biological analyses revealed that the hydro-ethanolic extract showed a high and remarkable capacity to scavenge free radicals (during the DPPH assay) , recording an estimated inhibitory concentration of 6,5 mg/mL . Furthermore , the extract proved a broad –spectrum inhibitory and lethal efficacy against Gram-positive and Gram-negative pathogenic bacterial strains (such as *Escherichia coli* , *Staphylococcus aureus* , and *Pseudomonas aeruginosa*) .The extract also showed a strong inhibitory effect against fungi , particularly the yeast *Candida albicans* . In conclusion , these results confirm the exceptional richness of Deglet Nour variety pits in phenolic compounds (such as flavonoids and condensed tannins) . This work demonstrates the effectiveness of these pits as a powerful natural protective agent , thus opening promising industrial and applied perspectives for the integration of this extract as a safe alternative in the food , cosmetic , and pharmaceutical fields .

Keywords: Deglet Nour, Date pits, Antioxidant, Antimicrobial, Hydro-ethanolic extraction, Polyphenols, Valorization.



Table de matière



Remerciements

Dédicace

Résumé

الملخص

Abstract

Liste des Abréviations

Liste des Figures

Liste des Tableaux et tableaux en annexes

Glossaire

INTRODUCTION GÉNÉRALE..... 1

Synthèse Bibliographique

I.1.Le Palmier Dattier : Étymologie, Culture et Répartition en Algérie 3

I. 2. Caractéristiques Botaniques et Morphologiques.....4

I.3. Développement phénologique et maturation du fruit de datte 5

I.4. Importance socio-économique de la phœniciculture en Algérie 7

I.5. Caractéristiques spécifiques , Physico-Chimiques de la Variété Deglet Nour 7

Chapitre II : Le noyau de datte : Un sous-produit de valeur

II .1. Morphologie et structure du noyau 11

II .2. Composition physico-chimique (Pulpe et Noyau)..... 12

II .3. Les composés phytochimiques du noyau de datte 16

II .3.1. Teneur et profil phénolique des noyaux 17

II. 4. Valorisation actuelle et biotechnologique des noyaux de dattes 18

Chapitre III : Activités biologiques des noyaux de dattes

III.1. Activité anti-oxydante des noyaux de dattes..... 22

III.2. Activité antimicrobienne des noyaux de dattes	23
III.3.Intérêt des composés phénoliques	24

Matériel et Méthodes

VI .1.Material d'étude	27
IV.3. Caractéristiques macroscopiques et organoleptiques de la poudre brute.....	29
IV.4. Extraction hydro-éthanolique d'extrait de noyau de datte.....	30
V .1. Détermination du rendement d'extraction	32
V .2. Évaluation de l'activité antioxydante par le test du radical libre DPPH	32
V .3. Évaluation de l'activité antimicrobienne par la méthode de diffusion sur gélose (Technique des puits)	35
V .4. Détermination de la Concentration Minimale Inhibitrice (CMI) et Bactéricide (CMB) et fongicide (CMF)	38

Résultats et Discussion

VI .1. Rendement de l'extraction	42
VI 2 . Analyse de la capacité antioxydante de l'extrait de noyaux de dattes Variété Deglet Nour.....	44
VI 3.Evaluation de l'activité anti-microbienne de l'extrait de noyaux de dattes variété Deglet nour.....	47
VI 4. Evaluation de la CMI et de La CMB et de la CMF.....	48
Conclusion Générale et Perspectives.....	51
Références Bibliographiques.....	52
Annexes.....	62

Liste des Abréviations

Abréviation	Signification
ADN	Acide Désoxyribonucléique
ABTS	Acide 2,2'-azino-bis(3-éthylbenzothiazoline-6-sulfonique) (Molécule chromogène utilisée pour la quantification du pouvoir antioxydant)
ATCC	American Type Culture Collection (Souches de référence internationales)
Ca	Calcium
CLSI	Clinical and Laboratory Standards Institute (Organisme de référence pour les normes des tests antimicrobiens)
CMB	Concentration Minimale Bactéricide (Plus faible concentration d'antibactérien détruisant 99,9 % de l'inoculum initial)
CMF	Concentration Minimale Fongicide (Plus faible concentration d'antifongique détruisant 99,9 % de l'inoculum initial)
CMI	Concentration Minimale Inhibitrice (Plus faible concentration d'antimicrobien empêchant toute croissance visible à l'œil nu)
Cu	Cuivre
DMSO	Diméthylsulfoxyde (Solvant organique polaire aprotique utilisé pour solubiliser l'extrait sec)
DN	Deglet Nour
DN non T	Deglet Nour non torréfiée
DO	Densité optique
DPPH	2,2-diphényl-1-picrylhydrazyle (Radical libre stable utilisé pour l'évaluation de l'activité antioxydant)
EAG	Équivalent Acide Gallique (Unité de référence pour exprimer la teneur en composés phénoliques totaux)
ERO	Espèces Réactives de l'Oxygène (Aussi appelées ROS)
Fe	Fer
FRAP	Ferric Reducing Antioxidant Power (Pouvoir antioxydant réducteur du fer)
G	Gramme
H	Heure
HPLC	High Performance Liquid Chromatography / Chromatographie Liquide de Haute Performance

IC₅₀	Concentration Inhibitrice 50 % (Concentration nécessaire pour piéger ou inhiber 50 % des radicaux libres du DPPH)
K	Potassium
L	Litre
M	La masse
Mg	Magnésium
Mg	Milligramme
MH	Mueller-Hinton (Milieu de culture standard utilisé pour les tests de sensibilité antimicrobienne)
ml	Millilitre
mn	Minute
Mn	Manganèse
MO	Matière organique
M.S	Matière sèche
Na	Sodium
P	Phosphore
pH	Potentiel d'hydrogène
PI %	Pourcentage d'Inhibition
R	Rendement d'extraction (Exprimé en %)
TTC	Chlorure de 2,3,5-triphényltétrazolium (Indicateur d'oxydoréduction universel utilisé pour révéler la viabilité bactérienne)
UFC	Unité Formant Colonie (Unité de quantification des micro-organismes vivants)
UV	Les rayonnements Ultraviolet
UV-Visible	Ultraviolet-Visible (Domaine spectral de mesure spectrophotométrique)
V	Volume
v/v	Volume par volume (Rapport volumétrique de deux liquides, ex : Éthanol/Eau)
Mg	Microgramme
Mm	Micromètre

Glossaire

- **Biomolécules** : Molécules présentes naturellement dans un organisme vivant et qui participent à son métabolisme et à son maintien (tels que les glucides, les lipides, les protéines et les acides nucléiques).
- **Oxydation** : Réaction chimique au cours de laquelle un atome ou une molécule perd des électrons. Dans les systèmes biologiques, elle est souvent liée à la production d'espèces réactives de l'oxygène.
- **Radical libre** : Espèce chimique (atome ou molécule) très instable et réactive car elle possède un ou plusieurs électrons non appariés sur sa couche externe, ce qui la pousse à attaquer d'autres molécules pour se stabiliser.
- **Un antioxydant** : Molécule capable de ralentir ou d'empêcher l'oxydation d'autres substances en neutralisant les radicaux libres, protégeant ainsi les cellules contre les dommages oxydatifs.
- **Stress oxydatif** : État de déséquilibre pathologique entre la production de radicaux libres (pro-oxydants) et la capacité des systèmes de défense antioxydants à les neutraliser, entraînant des altérations cellulaires.
- **Activité antimicrobienne** : Capacité d'un composé ou d'un extrait (comme l'extrait de noyaux de dattes) à inhiber la croissance ou à détruire les micro-organismes pathogènes, incluant les bactéries (*E. coli*, *S. aureus*, etc.) et les champignons (*Candida albicans*).
- **Macération** : Procédé d'extraction solide-liquide qui consiste à laisser la poudre de matériel végétal en contact prolongé avec un solvant approprié (eau, éthanol, méthanol) à température ambiante afin d'en extraire les principes actifs.

Liste des Figures

Figure 1: Répartition géographique du palmier dattier en Algérie (Lakhdari,2014).	4
figure 2 :Coupe longitudinale d'une datte (Richarde,1972).....	5
Figure 3 :Noyeau de datte du palmier dattier (Benmehdi et al.,2019)	12
figure 4:Composition de la datte (Estanove, 1990).....	13
Figure 5 : Mécanisme réactionnel intervenant lors du test DPPH entre l'espece radicalaire et un antioxydant (MOUACHF,2017)	23
Figure 6: poudre de noyau de datte variété Deglet Nour non Torréfiée.....	30
Figure 7 : les étape D'extraction Hydro-ethanolique.....	31
Figure 8: Résultat de L'activité antioxydante de L'extrait de datte variété Deglet Nour.....	44

Liste des Tableaux et tableaux en annexes

Tableau 1: Caractéristiques de dattes variété Deglet Nour	8
Tableau 2:Composition de la pulpe de datte en sels minéraux (Foura, 1980, cité par Benflis, 2006).	14
Tableau 3:Composition en sucres de la fraction glucidique simple du noyau de datte (Bennamia et Messaoudi, 2006).	15
Tableau 4:Proportions des fibres insolubles par rapport aux fibres alimentaires totales du noyau de datte (Almana et Mahmoud, 1994 ; Al-Farsi et Lee, 2008).....	15
Tableau 5 : Activités biologiques des composés phénolique (Bahorun, 1997).....	18
Tableau 6: le matériel non biologique utiliser.....	27
Tableau 7: liste des produits utilises et leur formule chimique	28
Tableau 8: Liste des microorganismes testés.	36
Tableau 9 :Masse de l'extrait sec et rendement de l'extraction hydroéthanolique	43
Tableau 10: Comparaison de l'activité antioxydante (IC ₅₀ du DPPH) avec des travaux antérieurs	45
Tableau 11:Évaluation de l'activité antimicrobienne de l'extrait de noyaux de dattes	47
Tableau 12 :Évaluation de la CMI et de la CMB de l'extrait de datte	48

annexe 1 :Tableau A1 : Évolution du taux d'inhibition du radical DPPH par l'extrait de dattes (Deglet Nour) en fonction de la concentration..... 62

annexe 2 :Tableau A2 : Évolution du taux d'inhibition du radical DPPH par l'acide ascorbique (témoin positif) en fonction de la concentration..... 63

annexe 3 :Figure A1 : Visualisation sur microplaque pour la détermination de la CMI de l'extrait de datte Variété Deglet Nour..... 64

annexe 4: Figure A2 : Évaluation des zones d'inhibition de la croissance microbienne induites par l'extrait de poudre de noyaux de dattes (Deglet Nour) par la méthode de diffusion en puits..... 65

Annexe 5 :Figure A3 : Détermination de la Concentration Minimale Bactéricide (CMB) de l'extrait de poudre de noyaux de dattes Deglet Nour sur les différentes souches microbiennes 66



INTRODUCTION GÉNÉRALE



Le palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) occupe une place prépondérante dans l'agriculture des régions arides et sahariennes, particulièrement en Algérie. Parmi les centaines de variétés existantes, la variété **Deglet Nour** se distingue par sa qualité supérieure, ce qui en fait un pilier des exportations algériennes. Cependant, l'industrie de transformation des dattes génère des quantités massives de sous-produits, notamment les **noyaux**, qui représentent environ 10 à 15 % du poids du fruit et sont souvent considérés comme des déchets organiques (Al-Juhaimi et al., 2022)

Pourtant, les recherches récentes en biochimie révèlent que ces noyaux constituent une source exceptionnelle de molécules bioactives. **se distinguant particulièrement par un fort potentiel antioxydant lié à leur profil biochimique** (Bouhlali et al., 2018). Ils sont particulièrement riches en fibres alimentaires et en composés phénoliques, tels que les acides phénoliques et les flavonoïdes, connus pour leurs propriétés bénéfiques pour la santé.

L'intérêt scientifique pour les noyaux de dattes se concentre principalement sur deux axes majeurs :

1. **Le pouvoir anti-oxydant** : Leur capacité à neutraliser les radicaux libres, luttant ainsi contre le stress oxydatif et les maladies dégénératives (Amira et al., 2025 ; Ourradi et al., 2021).

2. **Le pouvoir anti-microbien** : Leur potentiel à inhiber la croissance de divers agents pathogènes, offrant ainsi une alternative naturelle aux conservateurs chimiques et aux antibiotiques synthétiques (Benkerrou & Djenane, 2020 ; Bouhlali et al., 2018).

La majorité des études valorisent le noyau après torréfaction (comme substitut de café). Toutefois, la chaleur intense de la torréfaction risque de dégrader les molécules thermosensibles (Fikry et al., 2019). C'est dans cette optique que s'inscrit notre travail, qui porte sur **l'étude des activités antioxydante et antimicrobienne de la poudre de noyaux de dattes Deglet Nour préparé à froid (sans torréfaction)**.

L'objectif principal de cette recherche est de caractériser le potentiel biologique de cette poudre brute afin d'évaluer son aptitude à être utilisée comme ingrédient fonctionnel dans les industries agroalimentaire, cosmétique ou pharmaceutique.

Pour répondre à cette problématique, notre étude s'articule autour de trois axes principaux :

- Une synthèse bibliographique sur le palmier dattier et les propriétés des noyaux.

INTRODUCTION GÉNÉRALE

- Une approche expérimentale détaillant le protocole de préparation de la poudre et les méthodes d'extraction.
- Une analyse et discussion des résultats obtenus concernant les capacités antioxydante et antimicrobienne.



Synthèse Bibliographique



Chapitre II : Le noyau de datte : Un sous-produit de valeur

I.1. Le Palmier Dattier : Étymologie, Culture et Répartition en Algérie

Le palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) tire son nom du mot phénicien « Phoenix » (dattier) et du grec « dactulos » (doigt), évoquant la forme allongée de son fruit (**Djerbi, 1994**). Cette espèce arborescente ancestrale, dont les origines remontent à la Basse Mésopotamie il y a plus de 4 500 ans avant notre ère (**Munier, 1973**), est remarquablement adaptée aux conditions climatiques extrêmes des zones arides et semi-arides (**Bouguederi et al., 1994**).

Sur le plan productif, cet arbre entre en fructification vers l'âge de cinq ans. Il maintient un rendement soutenu, estimé entre 400 et 600 kg par sujet annuellement, sur une période dépassant souvent les six décennies (**Imade et al., 1995**).

En Algérie, la filière phoénicicole occupe une position stratégique au sein de l'économie agricole nationale. Avec un patrimoine s'étendant sur plus de 160 000 hectares, le pays génère une production annuelle avoisinant les 790 000 tonnes (**Oucif Khaled, 2017**). Les palmeraies sont majoritairement implantées dans les oasis du Nord-Est saharien, où les paramètres hydriques et thermiques sont optimaux (**Ghazi et Sahraoui, 2005**). La répartition géographique se concentre essentiellement dans le Sud-Est algérien : les régions de Biskra et d'El Oued prédominent, assurant à elles seules plus de 60 % de la production globale, particulièrement pour la variété de prestige **Deglet Nour** (**Lakhdari, 2014 ; Oucif Khaled, 2017**).

Chapitre II : Le noyau de datte : Un sous-produit de valeur

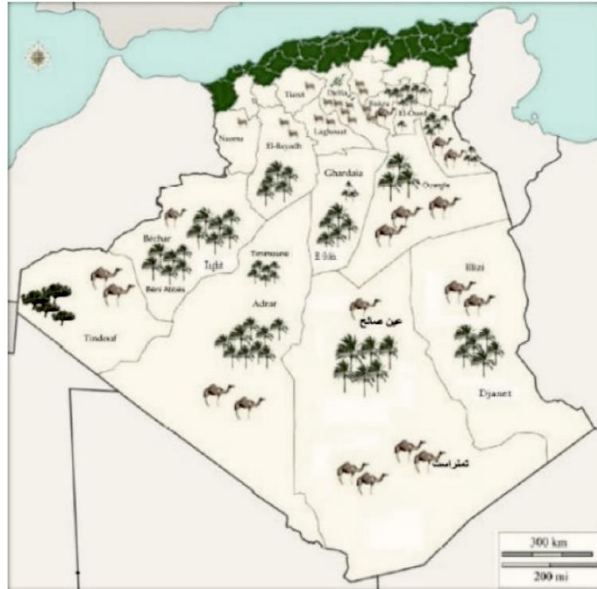


Figure 1: Répartition géographique du palmier dattier en Algérie (Lakhdari,2014).

I. 2. Caractéristiques Botaniques et Morphologiques

- **Morphologie et structure du fruit**

Le fruit du palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L., famille des Arecaceae) se présente sous la forme d'une baie généralement oblongue à cylindrique. Selon le cultivar et les conditions de culture, ses dimensions sont variables : sa longueur oscille classiquement entre 1,8 et 8 cm, tandis que sa largeur varie de 0,8 à 3,2 cm (**Djerbi, 1994 ; Zaid, 2002**).

Sur le plan anatomique, la datte est constituée de deux entités distinctes : un péricarpe charnu et une graine centrale unique, communément appelée noyau. Le péricarpe se subdivise en trois strates superposées : l'épicarpe (la cuticule externe protectrice), le mésocarpe (la pulpe intermédiaire, siège de l'accumulation des sucres) et l'endocarpe (une fine membrane interne qui tapisse la cavité du noyau) (**Espiard, 2002 ; Richarde, 1972**).

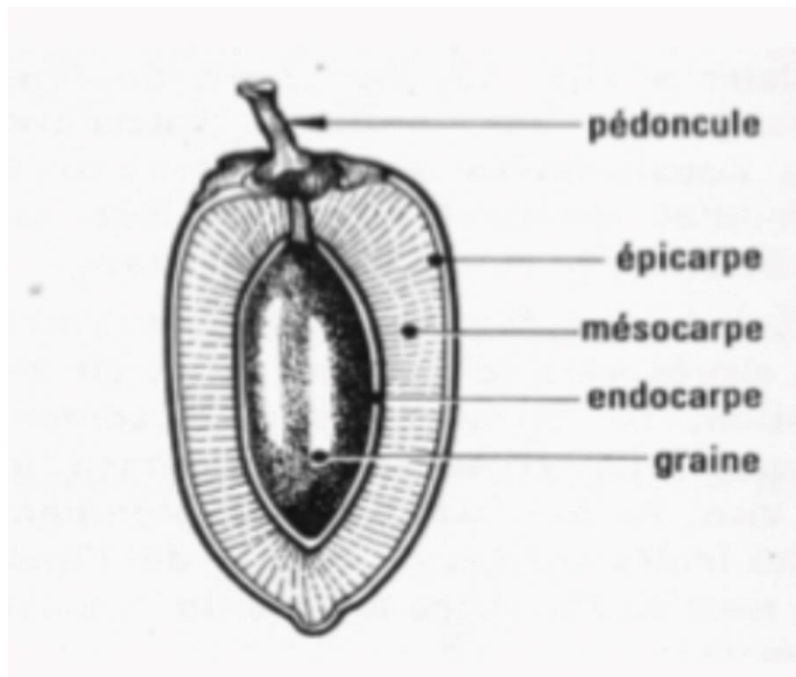


figure 2 : Coupe longitudinale d'une datte (Richarde,1972).

Le noyau représente environ 10 à 15 % de la masse globale du fruit (**Al Harthi et al., 2015**). D'un point de vue morphologique, cette graine présente une structure allongée, munie d'un sillon sur sa face ventrale et abritant un embryon rudimentaire. Son intérieur est caractérisé par un albumen corné très dense, composé de dépôts de cellulose hémicellulosique (**Zaid, 2002**). Enfin, la coloration du noyau, variant du brun clair au noirâtre, est fortement influencée par le génotype de la variété ainsi que son stade de maturation (**Chao et Krueger, 2007 ; Djerbi, 1994**).

I.3. Développement phénologique et maturation du fruit de datte

Le cycle de vie de la datte est rythmé par cinq phases physiologiques majeures, traditionnellement désignées par leur terminologie arabe. Ce développement est marqué par des transformations physico-chimiques profondes, notamment une accumulation des sucres et une perte progressive de l'astringence (l'amertume) due à la diminution des tanins (**Booij et al., 1992 ; Yahiaoui, 1998**).

1. **Hababouk** (Le stade initial) : Apparaissant juste après la pollinisation, le fruit est alors minuscule, de couleur blanche ou vert crème, et ne possède pas encore la forme caractéristique d'une datte.

Chapitre II : Le noyau de datte : Un sous-produit de valeur

2. Kimri (La phase de croissance) : C'est l'étape où le fruit grandit le plus. La datte est alors verte, très dure et non comestible en raison de sa forte teneur en tanins qui la rendent extrêmement amère et "râpeuse" en bouche.
3. Khalal (Le changement de couleur) : Le fruit atteint sa taille maximale et vire au jaune ou au rouge selon la variété. Sa texture devient croquante, bien qu'il conserve une teneur en eau élevée.
4. Routab (Le ramollissement) : La datte commence à brunir et à s'amollir à son extrémité. À ce stade, le taux de sucre augmente brusquement tandis que l'amertume disparaît totalement.
5. Tamar (La maturité finale) : Le fruit est entièrement brun, mou et légèrement déshydraté. C'est le stade de consommation et de stockage idéal, car sa faible teneur en eau assure une excellente conservation naturelle.

D'un point de vue phytochimique, les composés phénoliques et les tanins, fortement présents sous forme soluble dans la pulpe lors des premiers stades (Kimri, Khalal), subissent des processus de polymérisation, se condensent et se séquestrent progressivement au sein des structures cellulaires du noyau au fur et à mesure de la maturation (**Awad et al., 2011 ; Al-Farsi et Lee, 2008**). C'est ce phénomène de transfert, de condensation et de fixation qui confère au noyau de la variété **Deglet Nour** au stade Tamar sa richesse exceptionnelle en polyphénols totaux, flavonoïdes et proanthocyanidines (**Bouhlali et al., 2017 ; Chaira et al., 2007**), justifiant ainsi pleinement l'étude de son activité antioxydante dans ce travail.

❖ Les phénomènes d'altération de la datte et de ses composants

La préservation des qualités physico-chimiques et organoleptiques des dattes, ainsi que de leurs co-produits, dépend fortement des conditions post-récolte. Durant les phases de maturation tardive ou de stockage, plusieurs processus de dégradation peuvent altérer la valeur commerciale et technologique du fruit et de ses structures internes. Ces altérations se manifestent sous trois formes principales :

• Les altérations biochimiques :

Ce phénomène est majoritairement dominé par le brunissement enzymatique, qui découle de l'oxydation des composés phénoliques catalysée par la polyphénoloxydase (**Machéix et al., 1990**). En parallèle, des mécanismes de brunissement non-enzymatique, à l'image de la réaction de Maillard, s'opèrent entre les sucres réducteurs et les acides aminés libres. Ces interactions

Chapitre II : Le noyau de datte : Un sous-produit de valeur

complexes modifient de façon significative la pigmentation du fruit ainsi que ses propriétés organoleptiques originelles (**Bouras, 1994**).

- **Les altérations physiques :**

Ces dégradations surviennent généralement lors des différentes étapes de manipulation mécanique et de conditionnement. Elles résultent principalement des chocs subis par les fruits ou d'un phénomène de dessèchement progressif (**Yahiaoui, 1988**). De plus, une fluctuation ou un excès de l'humidité résiduelle au niveau des noyaux avant leur transformation peut induire des altérations structurelles et structurellement favoriser des contaminations fongiques opportunistes.

- **Les altérations chimiques et thermo-oxydatives :**

Au cours de la conservation des noyaux ou de leur fraction broyée, l'exposition conjointe à l'oxygène et à la lumière est susceptible d'amorcer l'oxydation de la matrice lipidique, conduisant au rancissement des acides gras insaturés constitutifs du noyau. Par ailleurs, des contraintes thermiques inadaptées provoquent la thermodégradation des molécules bioactives thermosensibles. Ce processus altère directement la concentration en polyphénols totaux, impactant par conséquent les propriétés antioxydantes et le potentiel antimicrobien ciblés (**Cheikh Rouhou et al., 2006**).

I.4. Importance socio-économique de la phœniciculture en Algérie

La culture du palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) représente un secteur hautement stratégique pour l'Algérie, agissant comme un moteur de développement multidimensionnel au sein des écosystèmes arides et semi-arides. Son impact s'évalue principalement à travers deux piliers fondamentaux :

- **Sur le plan social et territorial :**

La phœniciculture constitue le pivot de l'économie oasienne et le principal garant de la stabilité démographique dans le Sahara algérien. En offrant des revenus stables à des millions de foyers, cette filière freine efficacement l'exode rural en fixant les communautés locales dans leurs territoires d'origine (**Babahani et al., 2018**). Elle génère un important volume d'emplois directs et indirects, structurant toute une chaîne de valeur depuis l'entretien des vergers et la récolte, jusqu'aux centres de tri, de conditionnement et de logistique. Au-delà de cet aspect économique, la datte demeure une composante indissociable de la sécurité alimentaire locale et un symbole majeur du patrimoine culturel national.

Chapitre II : Le noyau de datte : Un sous-produit de valeur

➤ Sur le plan économique et macroéconomique :

À l'échelle internationale, l'Algérie se positionne constamment parmi les leaders de la production et de l'exportation de dattes. La variété emblématique **Deglet Nour**, largement plébiscitée pour ses caractéristiques organoleptiques d'exception, s'impose comme le fleuron des exportations agricoles du pays (**Chehma et al., 2016**). Dans le contexte actuel de diversification économique, cette filière représente l'un des vecteurs les plus prometteurs pour stimuler les exportations hors-hydrocarbures et générer des flux de devises indispensables à l'économie nationale.

I.5. Caractéristiques spécifiques , Physico-Chimiques de la Variété Deglet Nour

Le cultivar **Deglet Nour** (signifiant littéralement « doigt de lumière ») occupe une place hégémonique au sein du patrimoine phénicicole du Bas-Sahara algérien (**Bouguedoura et al., 2015**).

Cette variété emblématique se démarque nettement des autres ressources phytogénétiques locales par des attributs morphologiques, biochimiques et sensoriels singuliers, qui fondent sa réputation sur le marché international.

Tableau 1: Caractéristiques de dattes variété **Deglet Nour**

Selon Hannachi et al. (1998)

Caractéristiques de fruit	Variété Deglet Nour
Distribution géographique	Abondant au Zibans, Aurès, Souf, Ouargla et Mزاب
Date de maturité	Septembre-octobre
Utilisation de la datte	Fraîche et conservée
Appréciation	Excellente à bonne
Commercialisation	Importante

Chapitre II : Le noyau de datte : Un sous-produit de valeur

Forme du fruit	Ovoïde ou droite
Taille du fruit	Petite à moyenne
Poids de 20 fruits	82 à 230 g
Couleur (Tamar)	Variable
Consistance	Demi molle
Texture	Fibreuse
Goût	Parfumée

1. Propriétés Morphologiques et Organoleptiques

Phénotype et translucidité : Ce fruit se caractérise par une forme allongée et cylindrique (mesurant généralement entre 4 et 5 cm). Sa robe, d'une teinte ambrée à dorée, présente une translucidité spécifique qui permet d'entrevoir le noyau à maturité lorsqu'elle est soumise à la lumière (Bouguedoura et al., 2015).

Texture et consistance : Classée parmi les dattes **demi-sèches**, la Deglet Nour possède un péricarpe fin et adhérent. En bouche, elle offre un équilibre textural remarquable, combinant le moelleux de sa chair à une consistance légèrement ferme (Chibane et al., 2018).

Profil aromatique : Son goût se distingue par une saveur subtilement miellée, agrémentée de notes aromatiques évoquant le caramel et les fruits à coque (noix et noisettes) (Elleuch et al., 2008).

2. Composition Biochimique et Nutritionnelle

Profil glucidique : Contrairement à de nombreuses variétés riches en sucres réducteurs (glucose et fructose), la **Deglet Nour** se caractérise par une prédominance marquée en **saccharose**. Cette spécificité moléculaire influence directement sa texture et sa cristallisation naturelle (Benmeddour et al., 2013).

Balance hydrique : Son taux d'humidité intrinsèque, stabilisé entre 20% et 26%, lui confère une stabilité microbiologique optimale et une excellente aptitude à la conservation naturelle, limitant les risques de fermentation post-récolte (Acami et al., 2021).

Potentiel nutritionnel : Elle constitue une matrice biologique riche en macroéléments, en

Chapitre II : Le noyau de datte : Un sous-produit de valeur

fibres alimentaires ainsi qu'en microéléments essentiels, notamment le potassium, le magnésium et les vitamines du groupe B (Al-Farsi & Lee, 2008).

3. Spécificités du Noyau et Intérêt Biotechnologique

Le noyau de la Deglet Nour, représentant environ 10% à 15% du poids total du fruit, constitue un sous-produit d'une grande valeur scientifique (Al-Juhaimi et al., 2022). Morphologiquement fuselé et pointu, il se distingue surtout par son profil métabolique secondaire :

Densité en composés phénoliques : Il recèle une concentration hautement significative en antioxydants naturels, notamment en acides phénoliques, flavonoïdes et tanins condensés (Ourradi et al., 2021).

Préservation des biomolécules : Ces métabolites secondaires possèdent des propriétés de piégeage des radicaux libres et des activités inhibitrices vis-à-vis des souches bactériennes pathogènes (Bouhlali et al., 2018). L'application d'un procédé d'extraction à froid (sans torréfaction) s'avère cruciale pour préserver l'intégrité structurale et fonctionnelle de ces composés thermosensibles (Fikry et al., 2019).

4. Exigences Écophysologiques

Le développement optimal de la Deglet Nour est tributaire de conditions climatiques hyper-arides strictes. Ce cultivar exige une somme thermique estivale très élevée associée à une hygrométrie particulièrement faible durant la phase de maturation (stades Roteb et Tamr). Les oasis du Bas-Sahara, notamment la région de **Tolga (Biskra)** en Algérie, réunissent les caractéristiques édaphiques et climatiques idéales pour l'expression phénotypique de cette variété (Bouguedoura et al., 2015 ; Simozrag et al., 2016).

Chapitre II : Le noyau de datte : Un sous-produit de valeur

II .1. Morphologie et structure du noyau

Le Noyau de Datte : Un Sous-produit Valorisable

Le noyau de datte, représentant environ 10 % à 15 % de la biomasse totale du fruit (*Phoenix dactylifera* L.), a longtemps été relégué au rang de simple déchet agro-industriel (**Al-Farsi et Lee, 2008**) . Aujourd'hui, il suscite un intérêt grandissant au sein de la communauté scientifique. Loin d'être un résidu inerte, ce sous-produit constitue une matrice biologique complexe, caractérisée par une structure histologique unique et une richesse biochimique remarquable (**Nehdi et al., 2010**).

II .1.1. Morphologie et Structure Histologique du Noyau

D'un point de vue morphologique, le noyau de datte en général se présente comme un corps rigide, se terminant par des extrémités typiquement pointues ou arrondies selon les spécificités variétales (**Munier, 1973**). Sa surface, lisse à légèrement rugueuse, arbore une coloration variant du brun clair à l'ambré foncé selon son état de maturité et les conditions post-récolte

Sur le plan géométrique, sa structure externe est marquée par deux repères anatomiques majeurs, essentiels à l'identification botanique (**Corner, 1976**) :

- **La face ventrale** : Elle est traversée longitudinalement par un sillon rectiligne plus ou moins profond, appelé **leraphé**.
- **La face dorsale** : Elle abrite une petite dépression circulaire, le **micropyle** (pore germinatif), indiquant l'emplacement de l'embryon.
- Sur une coupe transversale, l'analyse interne révèle une compartimentation tissulaire hautement densifiée et adaptée à la dormance de la graine (**Chao et Krueger, 2007**) :
- **Le tégument** : Une fine enveloppe externe protectrice, fibreuse et imperméable, qui isole le noyau des agressions extérieures et régule les échanges hydriques (**Benmehdi et al., 2019**) .
- **L'albumen (L'endosperme)** : Il constitue la majeure partie de la masse du noyau. Contrairement aux céréales, cet albumen est corné et extrêmement dur, car ses parois cellulaires sont massivement épaissies par des dépôts de polysaccharides de réserve non-amylacés, principalement des mannanes et des galactomannanes (**Ishrud et al., 2001 ; El-Hadrami et al., 2011**).
- **L'embryon** : Très réduit et logé en position latérale à proximité du micropyle (pore germinatif), il demeure en état de vie ralentie (dormance) au cœur de cette matrice rigide, protégé des stress environnementaux externes jusqu'à l'induction des stimuli de

Chapitre II : Le noyau de datte : Un sous-produit de valeur

germination (Chao et Krueger, 2007 ; Acourene et al., 2011).

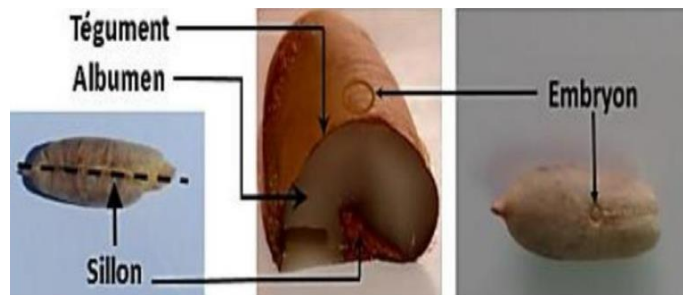


Figure 3 :Noyeau de datte du palmier dattier (Benmehdi et al.,2019)

II .2. Composition physico-chimique (Pulpe et Noyau)

La datte se caractérise par un profil nutritionnel et biochimique d'une grande richesse, réparti de manière complémentaire entre sa pulpe et son noyau. Selon la variété, le calibre et le stade de maturité du fruit, la masse du noyau oscille généralement entre 0,5 g et 4 g, ce qui représente environ 6 % à 20 % du poids total de la datte (Al-Farsi et al., 2007).

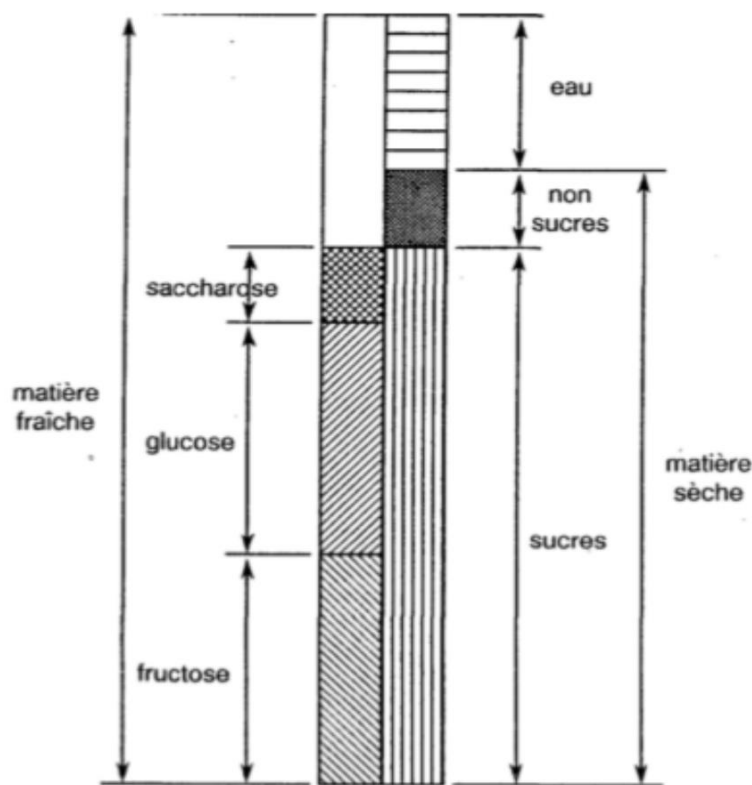


figure 4:Composition de la datte (Estanove, 1990)

II .2.1. Valeur nutritionnelle et énergétique de la pulpe

La pulpe de datte est mondialement reconnue pour sa haute densité énergétique, principalement dictée par une concentration élevée en glucides solubles qui représentent 50 % à 80 % de sa matière sèche. Ces sucres sont majoritairement représentés par le glucose, le fructose et, selon les variétés, le saccharose (Siboukeur, 1997 ; Noui, 2001).

Au-delà de cette fraction saccharidique, la pulpe recèle des micronutriments essentiels :

- **Minéraux et oligo-éléments** : La caractérisation du profil minéral met en évidence la prédominance majeure du potassium et du magnésium, suivis par ordre d'importance décroissant du phosphore, du calcium et enfin du sodium (Foura, 1980 ; Besbes et al., 2004). Concernant la fraction des oligo-éléments, le fer s'impose comme le constituant le plus abondant (Chaira et al., 2007).
- **Vitamines** : Un apport notable en vitamines des groupes B et C complète sa valeur nutritionnelle et biologique (Atef et Nadif, 1997).

Chapitre II : Le noyau de datte : Un sous-produit de valeur

Tableau 2:Composition de la pulpe de datte en sels minéraux (Foura, 1980, cité par Benflis, 2006).

Sels minéraux	Teneur de la pulpe en mg/100 g
Sodium	27 – 70
Potassium	600 – 1600
Calcium	20 – 150
Magnésium	32 – 170
Phosphore	34 – 120
Cuivre	0,2 – 1,9
Fer	1,5 – 8
Zinc	0,25 – 1
Manganèse	0,5 – 1

II .2.2. Composés bioactifs et métabolites secondaires du noyau de datte

Loin d'être un simple résidu agricole, le noyau de datte possède un profil biochimique complexe et unique (**Bouaziz et al., 2020**). D'un point de vue macronutritionnel, les noyaux constituent une source alternative intéressante de nutriments et de composés d'intérêt diététique (**Al-Farsi et al., 2007**) :

Les Glucides et Fibres : Contrairement à la pulpe, la fraction glucidique simple (sucres réducteurs et totaux) du noyau reste très faible, oscillant entre 4,4 % et 4,6 % de la masse sèche (**Bennamia et Messaoudi, 2006 ; Chaira et al., 2007**).

Chapitre II : Le noyau de datte : Un sous-produit de valeur

Tableau 3:Composition en sucres de la fraction glucidique simple du noyau de datte (Bennamia et Messaoudi, 2006).

Composition chimique	Teneur (% P/P M.S.)
Sucres en %	4,4 – 4,6
Profil mono-saccharidique	
Rhamnose	0,03
Fructose	0,01
Xylose	0,48
Arabinose	0,99
Galactose	0,35
Allose	1,96
Glucose	2,01
Mannose	20,9

En revanche, le noyau est une matrice extrêmement fibreuse. Ses fibres alimentaires (qui représentent 15 % à 22 % de sa matière sèche totale) sont composées à plus de 70 % de fractions insolubles incluant l'hémicellulose, la cellulose et la lignine (**Almana et Mahmoud, 1994 ; Al-Farsi et Lee, 2008**). La fraction pectique totale du noyau s'élève à environ 3,21 % (se répartissant entre la pectine soluble, l'acide pectique brut et la protopectine), ce qui représente une concentration supérieure à celle retrouvée dans la pulpe du fruit (**Barreveld, 1993**).

Tableau 4:Proportions des fibres insolubles par rapport aux fibres alimentaires totales du noyau de datte (Almana et Mahmoud, 1994 ; Al-Farsi et Lee, 2008)

Composition chimique	Teneur
Fibres en %	70 – 94 %

Chapitre II : Le noyau de datte : Un sous-produit de valeur

- **Les Protéines** : Les investigations menées démontrent que les graines de dattes recèlent une quantité appréciable de protéines. Ces macromolécules représentent une fraction biologique de haute valeur, riche en acides aminés essentiels tels que la valine et la leucine (**Besbes et al., 2004 ; Mrabet et al., 2020**).
- **Les Lipides** : Le noyau constitue une source substantielle de lipides (environ 7 % à 11 % d'huile), caractérisée par une prédominance notable en acide oléique et en acide linoléique (**Besbes et al., 2004 ; Mrabet et al., 2020**).
- **Les Composés Bioactifs (Antioxydants)** : La véritable valeur ajoutée du noyau réside dans sa forte concentration en métabolites secondaires. Sa richesse exceptionnelle en composés phénoliques totaux et en flavonoïdes lui confère des propriétés antioxydantes remarquables et un potentiel antimicrobien élevé, ouvrant ainsi des perspectives prometteuses pour des applications thérapeutiques et industrielles (**Ozcan et al., 2015**).

II .3. Les composés phytochimiques du noyau de datte

Dans le cadre de ce travail de recherche, le choix s'est porté sur la variété emblématique Deglet Nour, en raison de sa haute qualité organoleptique, de sa représentativité socio-économique et de sa large disponibilité dans notre région.

Les composés phénoliques, également dénommés polyphénols, constituent une vaste famille de métabolites secondaires ubiquistes dans le règne végétal, comportant plus de 8 000 structures répertoriées (**Bahorun, 1997 ; Ourradi et al., 2021**). Sur le plan structural, ils se définissent par la présence d'au moins un cycle benzénique (noyau aromatique) portant un ou plusieurs groupements hydroxyle (OH) (**Dacosta, 2003**). Ces molécules sont aujourd'hui au cœur des recherches en raison de leur capacité à neutraliser les radicaux libres, conférant ainsi aux extraits de noyaux un potentiel antioxydant majeur.

La classification de ces composés repose sur le nombre d'atomes de carbone et l'agencement de leurs noyaux aromatiques. Au sein du noyau de datte, la fraction phénolique est principalement dominée par trois grandes classes (**Dacosta, 2003 ; Marfak, 2003**) :

- **Les acides phénoliques** : Divisés en dérivés de l'acide benzoïque (ex : l'acide gallique, l'acide protocatéchoïque) et en dérivés de l'acide cinnamique (ex : l'acide caféique, l'acide coumarique).
- **Les flavonoïdes** : Un groupe complexe dont le squelette de base comporte 15

Chapitre II : Le noyau de datte : Un sous-produit de valeur

atomes de carbone (C6-C3-C6). Il inclut des sous-familles comme les flavonols, les flavones et les anthocyanines, qui participent activement aux fortes propriétés antioxydantes et antimicrobiennes de la graine.

- **Les tanins** : Molécules de haut poids moléculaire issues de la polymérisation de composés phénoliques, responsables de l'astringence caractéristique des premiers stades de développement du fruit, et qui se condensent définitivement dans le noyau à maturité.

II .3.1. Teneur et profil phénolique des noyaux

Les noyaux de dattes se caractérisent par une densité remarquablement élevée en composés phénoliques totaux en comparaison avec la pulpe. Selon les protocoles et les solvants d'extraction appliqués, ces teneurs varient généralement entre **3102 et 4430 mg d'équivalent acide gallique (EAG) pour 100 g** de matière sèche. Les travaux de caractérisation menées par **Al-Farsi et al. (2007)** ont révélé un profil chromatographique complexe, constitué de neuf acides phénoliques distincts, répartis entre formes libres et liées. Au sein de cette matrice cellulosique du noyau, trois molécules phénoliques majeures se distinguent par leur prédominance :

L'acide p-hydroxybenzoïque (9,89 mg / 100 g)

L'acide protocatéchoïque (8,84mg/100 g) et L'acide m-coumarique (8 ,42 mg/100g)

Tableau 5 : Activités biologiques des composés phénolique (Bahorun, 1997)

POLYPHÉNOLS	ACTIVITÉS	AUTEURS
Acides phénols (cinnamiques et benzoïques)	Antibactériennes, Antifongiques, Antioxydantes	Didry et al., 1982 ; Ravn et al., 1984 ; Hayase et Kato, 1984
Anthocyanes	Protectrices capillaro-veineux	Bruneton, 1993
Coumarines	Protectrices vasculaires et antiœdémateuses	Mabry et Ulubelen, 1980
Flavonoïdes	Antitumorales, Anticarcinogènes, Anti-inflammatoires, Hypotenseurs et diurétiques, Antioxydantes	Stavric et Matula, 1992 ; Das et al., 1994 ; Bidet et al., 1987 ; Bruneton, 1993 ; Aruoma et al., 1995
Proanthocyanidine s	Effets stabilisants sur le collagène, Antioxydantes, Antitumorales, Antifongiques, Anti- inflammatoires	Masquelier et al., 1979 ; Bahorun et al., 1994, 1996 ; De Oliveira et al., 1972 ; Brownlee et al., 1992 ; Kreofsky et al., 1992
Tannins galliques et catéchiques	Antioxydantes	Okuda et al., 1983 ; Okamura et al., 1993

II. 4. Valorisation actuelle et biotechnologique des noyaux de dattes

Longtemps relégués au rang de simples déchets agricoles ou industriels, les noyaux de dattes qui représentent 10 % à 15 % du poids total du fruit font aujourd'hui l'objet d'un intérêt grandissant dans le cadre de la gestion durable des biomasses organiques. Dans le palmier dattier, chaque composant est valorisable, et les noyaux présentent un large éventail de propriétés fonctionnelles permettant leur application dans des secteurs industriels variés (**Jassim et Naji, 2007**).

Cette dynamique de valorisation s'inscrit pleinement dans le cadre de l'économie circulaire et s'avère particulièrement prometteuse pour des variétés emblématiques telles que la "Deglet Nour". Son profil biochimique unique permet de transformer un sous-produit abondant en une matière première écologique à haute valeur ajoutée, maximisant ainsi les profits de la filière phœnicicole à travers plusieurs secteurs :

II .4.1. Applications en nutrition animale

Plusieurs travaux scientifiques mettent en évidence les bénéfices de l'incorporation des noyaux de dattes dans les formulations d'aliments pour le bétail et la volaille (**Elgasim et al., 1995 ; Hussein et al., 1998 ; Ali et al., 1999**). Sur le plan qualitatif, les protéines de ces graines affichent une concentration élevée en lysine, un acide aminé fréquemment facteur limitant dans les régimes céréaliers classiques (**Sawaya et al., 1984**). L'intégration de cette biomasse permet ainsi de substituer partiellement des sources de protéines végétales onéreuses, comme la farine de soja :

- **Secteur avicole** : L'introduction de la poudre de noyaux à hauteur de 10 % dans les rations des poulets de chair soutient et optimise leur croissance, améliorant significativement le gain de poids corporel ainsi que l'indice de conversion alimentaire (**Hussein et al., 1998**).
- **Secteur ovin** : **Elgasim et al. (1995)** ont démontré l'efficacité de ces noyaux pour accroître la masse corporelle et stimuler le dépôt de gras dorsal chez les moutons.
- **Modèles murins** : L'administration d'un régime enrichi en noyaux de dattes (7 % à 14 %) engendre une élévation notable de la concentration de testostérone plasmatique concomitante à une augmentation du poids corporel chez les rats (**Ali et al., 1999**).

II .4.2. Applications en alimentation humaine et diététique

La richesse des noyaux de dattes en nutriments essentiels (fibres, glucides, lipides et

Chapitre II : Le noyau de datte : Un sous-produit de valeur

minéraux) offre des perspectives majeures pour la formulation d'aliments fonctionnels humains.

- **Secteur de la panification :** La farine de noyaux de dattes, naturellement exempte de gluten, peut être valorisée dans l'élaboration de produits diététiques. Bien que son incorporation substitutionnelle dans la farine de blé tendre révèle une plus faible force boulangère et une activité amylasique modérée, les pains formulés à base de cette poudre composite présentent des qualités organoleptiques (saveur et couleur) globalement acceptables (Khali et al., 2013).

- **Substitut de café éco-responsable :**

Traditionnellement, après une étape de séchage, de torréfaction et de broyage, la poudre de noyaux de dattes est valorisée comme une alternative saine et écologique au café conventionnel. Sa principale valeur ajoutée réside dans l'absence totale de caféine, évitant ainsi les effets secondaires cardiovasculaires ou neuro-excitants associés à cette molécule, tout en offrant un profil aromatique et une coloration globalement acceptables pour les consommateurs (Rahman et al., 2007 ; Al-Turki, 2008).

Positionnement dans ce travail :

Il convient de souligner que si la torréfaction est indispensable dans l'industrie agroalimentaire pour développer les propriétés organoleptiques de type "café" (via la réaction de Maillard), ce traitement thermique intense dégrade une fraction majeure des biomolécules thermosensibles. C'est précisément pour contourner cette limite que notre étude se focalise exclusivement sur la poudre de noyau de la variété Deglet Nour **sans torréfaction**. Ce choix méthodologique vise à préserver l'intégrité structurale des composés phénoliques et à maximiser l'évaluation de leurs activités antioxydante et antimicrobienne natives.

II .4.3. Applications en cosmétologie et dermo-pharmacie

La fraction phénolique et lipidique (notamment l'acide oléique) des noyaux de la variété Deglet Nour ouvre des débouchés majeurs en cosmétique active. Les extraits de poudre de noyaux possèdent des propriétés anti-âge cliniquement observables, induisant une réduction manifeste de la profondeur et de l'apparence des rides du visage (Chaira et al., 2007 ; Tafti et al., 2017). Ils agissent comme des ingrédients actifs naturels capables de remplacer les antioxydants synthétiques du commerce.

II .4.4. Propriétés pharmacologiques et phytothérapeutiques

Chapitre II : Le noyau de datte : Un sous-produit de valeur

Des études épidémiologiques confirment qu'une alimentation riche en sous-produits végétaux est corrélée à une diminution de l'incidence des pathologies chroniques, incluant les maladies cardiovasculaires, neurodégénératives (Alzheimer et Parkinson), ainsi que les processus tumoraux et inflammatoires (**Guo et al., 2003**). Les noyaux de dattes entrent parfaitement dans cette catégorie grâce à leur forte concentration en molécules phytochimiques bioactives par rapport à la pulpe (**Al-Farsi et al., 2007**).

- **Activité antioxydante et protection de l'ADN** : Hautement enrichis en polyphénols, flavonoïdes et tanins, les noyaux agissent comme de puissants piègeurs de radicaux libres (radical scavengers). Ils protègent les structures cellulaires contre le stress oxydatif (**Al-Farsi et al., 2007 ; Shahidi et Naczki, 2004**). Des procédés biotechnologiques ont permis d'isoler des fractions concentrées contenant jusqu'à 93,5 g/100 g de fibres et 18,1 g d'équivalent acide férulique/100 g de composés phénoliques, surclassant l'efficacité de certains antioxydants de synthèse suspectés de toxicité (**Soong et Barlow, 2004 ; Al-Farsi et Lee, 2008**). Cette activité permet également de prévenir les altérations de l'ADN induites chimiquement (**Al-Farsi et al., 2007**).
- **Effets hépatoprotecteurs et rénoprotecteurs** : Les extraits de noyaux de dattes, particulièrement riches en proanthocyanidines, exercent une action protectrice remarquable contre la toxicité hépatique et rénale d'origine chimique, tout en favorisant la restauration des fonctions métaboliques normales du parenchyme hépatique (**Al-Qarawi et al., 2005 ; Jassim et Naji, 2007**).
- **Régulation de la glycémie** : Les graines manifestent des effets thérapeutiques prometteurs dans la gestion du diabète et de ses complications précoces au niveau rénal et hépatique (**Al-Farsi et al., 2007**). Ces vertus sont corrélées à leur haute teneur en fibres alimentaires, reconnues pour leurs implications bénéfiques contre l'hyperlipidémie, l'obésité et l'hypertension (**Tariq et al., 2000**).
- **Propriétés antimicrobiennes et antivirales** : Les métabolites secondaires du noyau déploient une activité inhibitrice contre les stress cellulaires (**Jassim et Naji, 2007**) ainsi qu'un effet de criblage (screening) positif contre diverses souches de champignons et de bactéries pathogènes.
- **Rôle structural et homéostasie** : L'apport minéral des noyaux est essentiel à l'homéostasie. Le fer y figure comme un oligo-élément indispensable à la synthèse de l'hémoglobine, tandis que le zinc intervient directement dans la structure des

Chapitre II : Le noyau de dattes : Un sous-produit de valeur

métalloenzymes, la croissance tissulaire et la modulation du système immunitaire (Krebs, 2000).

II .4.5. Innocuité et évaluation de la toxicité

Bien que la littérature rapporte de rares cas d'hypersensibilité ou d'allergies liés aux fruits du palmier ou à l'inhalation de son pollen (Waisel et al., 1994 ; Kwaasi et al., 1999), aucune étude scientifique n'a mis en évidence d'effets délétères ou de toxicité propre à la consommation ou à l'usage des noyaux de dattes, confirmant ainsi leur parfaite innocuité (Al-Farsi et al., 2005).

II .4.6. Applications industrielles : Le charbon actif

Au-delà du domaine biologique, les caractéristiques structurales de la matrice lignocellulosique du noyau permettent sa pyrolyse. La carbonisation et l'activation chimique ou physique des noyaux de dattes génèrent un charbon actif d'excellente qualité poreuse, largement valorisable en pharmacologie (détoxification), pour le traitement des effluents industriels et la purification des eaux polluées (Addoun et al., 2000 ; Alhamed, 2009 ; Cherifi, 2007).

Chapitre III : Activités biologiques des noyaux de dattes

III.1.1 Phénoménologie du stress oxydatif et des radicaux libres

Le stress oxydatif résulte d'un déséquilibre entre la production de radicaux libres et les capacités de défense de l'organisme, causant des dommages cellulaires. Les noyaux de dattes, riches en composés phénoliques, agissent comme antioxydants naturels en neutralisant ces radicaux libres, soit par le don d'électrons, soit par la chélation des métaux pro-oxydants, empêchant ainsi la dégradation des structures cellulaires.

III.1.2. Voies et mécanismes d'action des antioxydants du noyau

Les composés phénoliques extraits du noyau de datte, notamment les acides phénoliques, les catéchines et les flavonoïdes, protègent les cellules contre l'oxydation par deux mécanismes principaux :

- **Le piégeage des radicaux libres** : Grâce à leurs groupements hydroxyles (-OH), les polyphénols peuvent neutraliser les radicaux libres en leur cédant un électron ou un proton. Cette action stabilise les radicaux et bloque la propagation des réactions d'oxydation, protégeant ainsi les membranes cellulaires (**Al-Farsi et Lee, 2008 ; Mansouri et al., 2005**).
- **La chélation des métaux** : Les composés phénoliques peuvent également fixer certains métaux (comme le fer ou le cuivre) qui favorisent l'oxydation. En les "séquestrant" sous forme de chélates, ils empêchent ces métaux de provoquer des réactions chimiques agressives qui pourraient endommager l'ADN cellulaire.

III.1.3.Méthodes analytiques de quantification du pouvoir antioxydant

La quantification du pouvoir antioxydant des extraits de noyaux de dattes repose sur la combinaison de plusieurs tests colorimétriques complémentaires, permettant d'appréhender les différents modes d'action des molécules bioactives. À cet égard, il est fréquent d'observer que les noyaux présentent une activité antioxydante supérieure à celle de la pulpe, en raison d'une concentration nettement plus élevée en tanins condensés :

1 **L'essai au DPPH** : Ce test cinétique quantifie la capacité de l'extrait à réduire le radical chromogène stable 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyle. Le transfert d'hydrogène par les composés antioxydants du noyau induit le passage de la forme radicalaire violette à la forme moléculaire réduite jaune. Ce changement d'absorbance est suivi par spectrophotométrie à 517 nm (**Brand-Williams et al., 1995 ; Bouguedoura et al., 2015**).

Chapitre III : Activités biologiques des noyaux de dattes

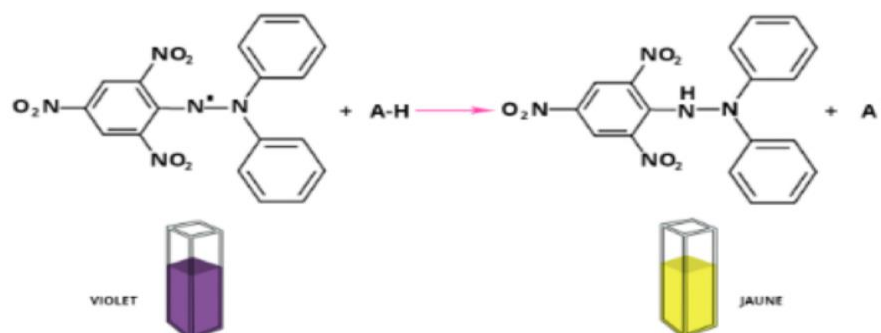


Figure 05 : Mécanisme réactionnel intervenant lors du test DPPH entre l'espèce radicalaire et un antioxydant (AH) (MOUDACHE,2017) .

Outre les méthodes expérimentales appliquées dans cette étude, il existe d'autres techniques permettant d'évaluer le pouvoir antioxydant des extraits, telles que le test FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Power) qui repose sur la réduction du complexe ferrique (Benmeddour et al., 2013). et l'essai à l'ABTS basé sur la décoloration d'un radical cationique (Al-Juhaimi et al., 2018).

III.2. Activité antimicrobienne des noyaux de dattes

Les noyaux de dattes recèlent des teneurs élevées en tanins et composés phénoliques capables de perturber la physiologie cellulaire bactérienne et d'inhiber efficacement la croissance de divers micro-organismes pathogènes.

III.2.1. Effet inhibiteur sur les souches bactériennes

Les extraits de noyaux de dattes possèdent des propriétés antibactériennes qui varient selon le type de bactérie :

- **Bactéries Gram-positives :** Elles sont très sensibles aux extraits grâce à leur paroi simple qui permet une pénétration facile des principes actifs, comme observé chez *Staphylococcus aureus* (Saddiq et Bawazir, 2010).
- **Bactéries Gram-négatives :** Elles présentent une plus grande résistance due à leur membrane externe complexe qui limite l'entrée des molécules. Toutefois, une concentration élevée d'extraits permet de surmonter cette barrière, comme c'est le cas pour *Escherichia coli* (Ammar et al., 2009).

III.2.2. mécanismes d'action

Chapitre III : Activités biologiques des noyaux de dattes

L'action antibactérienne repose sur trois mécanismes principaux :

- **Altération de la membrane** : Les composés phénoliques perturbent l'intégrité de la membrane bactérienne, provoquant des fuites de composants vitaux.
- **Inactivation enzymatique** : Les molécules actives se fixent sur les protéines et les enzymes bactériennes, bloquant ainsi leur métabolisme.
- **Privation de nutriments** : En captant les ions métalliques essentiels (comme le fer), les extraits empêchent la croissance et la division des bactéries.

III.2.3. Facteurs influençant l'efficacité

L'efficacité des extraits dépend de plusieurs facteurs clés :

- **La variété du fruit** : La composition en polyphénols varie selon le cultivar. La variété **Deglet Nour** est particulièrement reconnue pour sa richesse et sa stabilité en composés antioxydants (**Bouhlali et al., 2017**).
- **Le solvant d'extraction** : Les solvants polaires comme l'éthanol ou le méthanol sont plus efficaces que l'eau pour extraire les molécules actives (**Samad et al., 2016**).
- **Le stade de maturité** : La teneur en composés protecteurs change significativement tout au long du développement du fruit (stades Kimri, Khalal, Rutab, jusqu'au stade Tamr).

III.3. Intérêt des composés phénoliques

III.3.1. Rôles physiologiques et technologiques

Les composés phénoliques interviennent de manière cruciale à différents stades de la vie végétale. Sur le plan physiologique, ils influencent la croissance cellulaire, la différenciation des organes et les cycles de floraison. Ils jouent également un rôle protecteur lors de la germination en régulant l'oxygénation de l'embryon, ce qui permet de contrôler la sortie de la plantule (**Guignard, 1996**). Par ailleurs, leur concentration est étroitement liée à la capacité de la plante à tolérer ou surmonter les agressions biotiques extérieures, notamment contre des pathogènes fongiques majeurs tels que *Fusarium oxysporum* chez le palmier dattier (**Daayf et al., 2003**).

D'un point de vue technologique et agroalimentaire, ces molécules déterminent en grande partie les propriétés organoleptiques des matrices végétales. Elles sont directement responsables de la pigmentation des fruits (via les anthocyanes), de l'amertume de certains agrumes ou encore de l'astringence liée aux tanins, influençant ainsi directement la qualité nutritionnelle, commerciale et sensorielle des produits (**Perret, 2001**).

Chapitre III : Activités biologiques des noyaux de dattes

III.3.2. Potentiel biologique et thérapeutique

Les flavonoïdes et les proanthocyanidines sont reconnus pour leur polyvalence biologique. Outre leur haute capacité antioxydante, ils présentent des propriétés antivirales, anti-inflammatoires et vasoprotectrices. Certains constituants, à l'instar des acides phénoliques comme l'acide férulique, agissent comme des filtres naturels contre les rayonnements ultraviolets (UV), protégeant ainsi les tissus végétaux et cutanés des dommages oxydatifs photo-induits (**Bruneton, 1999**). De plus, les stilbènes contribuent activement à la prévention des pathologies cardiovasculaires en limitant l'oxydation des lipoprotéines de basse densité (LDL).

Le palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) et ses co-produits, notamment les noyaux, constituent de riches réservoirs de ces molécules de défense naturelle. On y retrouve principalement :

- **Les acides phénoliques et les flavonoïdes** : représentés majoritairement par les acides gallique et caféique, ainsi que par les catéchines et la quercétine.
- **Les caroténoïdes** : composés hautement lipophiles agissant comme précurseurs de la vitamine A.
- **Les vitamines hydrosolubles et liposolubles** : notamment les vitamines C et E, largement reconnues pour leur puissant pouvoir réducteur et leur synergie avec les composés phénoliques.

4.7. Influence du traitement mécanique et thermique : avantages de l'utilisation de la poudre brute (non torréfiée)

Le choix de préparer une masse pulvérulente à partir de noyaux de dattes bruts, en appliquant un broyage mécanique direct sans recours à une torréfaction préalable, constitue une approche stratégique majeure dans ce travail. Contrairement à la poudre torréfiée conventionnellement exploitée comme substitut de café, la préservation de la poudre à l'état "brut" offre des avantages physico-chimiques et biologiques fondamentaux :

Préservation des macromolécules et transfert de masse : Le broyage mécanique mené en l'absence de traitement thermique permet de réduire efficacement la granulométrie de l'endosperme corné tout en maintenant intacte la structure native des fibres structurales (notamment les mannanes) et des lipides. Ce procédé optimise la surface de contact spécifique lors des étapes ultérieures d'extraction, sans dénaturer la matrice biologique sous-jacente.

Protection des molécules thermosensibles : Les composés phénoliques, et plus particulièrement les flavonoïdes ainsi que les acides phénoliques, possèdent des structures

Chapitre III : Activités biologiques des noyaux de dattes

moléculaires hautement thermosensibles. L'absence totale de stress thermique empêche leur thermodégradation directe et garantit le maintien de leur intégrité structurale native (**Fikry et al., 2019**).

Conservation du potentiel antioxydant et antimicrobien natif : L'exposition à de hautes températures induit généralement une baisse drastique du pouvoir réducteur des extraits en détruisant les antioxydants endogènes (**Fikry et al., 2019**). Ainsi, l'utilisation exclusive de la poudre brute de la variété Deglet Nour s'avère indispensable pour préserver l'activité biologique d'origine. Elle permet de maximiser la capacité de piégeage des radicaux libres (mesurée par le test DPPH) ainsi que l'activité inhibitrice vis-à-vis des souches bactériennes pathogènes cibles (**Benkerrou et Djenane, 2020 ; Ourradi et al., 2021**).



Matériel et Méthodes



VI .1.Material d'étude

Le matériel d'étude est composé de matériel non biologiques et de Matériel biologique .

VI .1.1.Le Matériel non biologique

Le matériel utilisé en laboratoire est composé des appareils , des produits chimiques et du matériel.

Tableau 6: Liste du matériel et les appareils utilisés dans laboratoire

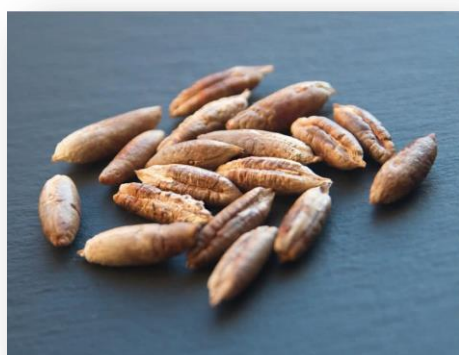
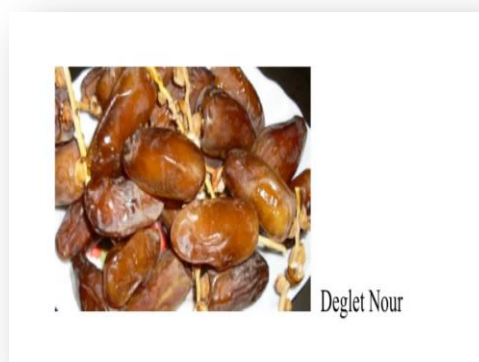
Matériels	Les appareils
<ul style="list-style-type: none">▪ Flacons stériles▪ Béchers▪ Boîtes pétries▪ Tubes stériles▪ Spatule▪ Micropipette▪ Bec benzen▪ Papier whatman▪ Tubes à vis▪ Papier alluminium	<ul style="list-style-type: none">▪ Bain marie▪ Balance de précision▪ Agitateur Magnétique▪ Etuve▪ Spectrophotométrie▪ PH mètre▪ Balance électrique▪ Vortex▪ Rota vapeur

Tableau 7 : Liste des Produits utilisés et Leur Formules Chimique

Les produits	La formule chimique
Éthanol	C_2H_5OH (96 %)
DMSO	$(CH_3)_2SO$
DPPH	$C_{18}H_{12}N_5O_6$
Acide ascorbique	$C_6H_8O_6$
Chlorure de TTC	$C_{19}H_{15}ClN_4$
NaCl (eau physiologique)	NaCl
Milieux MH et Sabouraud	Préparations standardisées

VI .1.2.Matériel biologique

Le matériel biologique (matériel végétal) sur le quel porte notre étude, est le noyau des dattes du palmier dattier . Les Noyaux utilisé sont issus de cultivar **Deglet Nour** et ont été soigneusement lavés puis séchés à l'air libre (ou à temperature controlée) pour la préparation de la poudre de noyau de dattes (poudre brute et non torréfiée) .



VI .1.1. Origine et collecte des échantillons (Deglet Nour)

constitué de dattes de la variété Deglet Nour (saison 2025-2026), provenant du marché local de Mostaganem. Le choix de cette variété est justifié par sa forte prépondérance et son abondance sur le marché national.

Les fruits ont été soumis à un dénoyautage manuel afin de collecter les noyaux à étudier. Ces derniers ont été soigneusement lavés à l'eau courante pour éliminer le maximum d'impuretés et les restes de pulpe, puis rincés à l'eau distillée. Afin de préserver l'intégrité des métabolites secondaires, les noyaux ont été séchés à l'air libre dans un endroit ombragé, à l'abri de la lumière directe du soleil et à température ambiante, pendant une à deux semaines jusqu'à dessiccation complète et obtention d'un poids constant. Cette méthode permet d'éviter la thermodégradation et la photodégradation des molécules bioactives (telles que les composés phénoliques), garantissant ainsi une évaluation fidèle de leurs activités antioxydante et antimicrobienne.

Enfin, les noyaux secs ont d'abord été concassés manuellement, à l'aide d'un broyeur à marteau puis soumis à un broyage intermittent à l'aide d'un broyeur électrique, afin d'éviter tout échauffement susceptible de dégrader les composés thermosensibles. La poudre obtenue a été passée à travers un tamis de 0,5 mm pour obtenir une granulométrie homogène, **selon le protocole d'obtention de poudre brute décrit par Bouaziz et al. (2007). La poudre obtenue a été conservée dans des flacons hermétiques et opaque, (Pas transparent) à une température de 4°C (au réfrigérateur) jusqu'à son utilisation pour** les analyses antioxydante et antimicrobienne (Al-Farsi et Lee, 2008 ; Mansouri et al., 2005).

IV.3. Caractéristiques macroscopiques et organoleptiques de la poudre brute

(Poudre de dattes Non torréfiées)

- **Aspect et Texture :** Poudre fine, granulométrie homogène (grâce au tamisage à 0,5 mm) et non soluble dans l'eau (caractère hydrophobe dû à la richesse en fibres insolubles et en lipides).
- **Couleur :** Beige clair à marron beige (caractéristique du tissu ligneux naturel du noyau, sans aucune modification thermique).
- **Odeur :** Faible, douce et typique du noyau de datte fraîche (absence d'arôme de torréfaction semblable à **celui** du café).



Figure 6 : poudre de noyau de datte variété Deglet Nour non Torréfiée .

IV.4. Extraction hydro-éthanolique d'extrait de noyau de datte

L'extraction des molécules bioactives à partir de la poudre brute et non torréfiée des noyaux de dattes a été réalisée par la méthode de macération. Cette étape est indispensable pour libérer les métabolites secondaires responsables des activités antioxydante et antimicrobienne recherchées.

Un échantillon de 10 g de poudre été immergé dans 100 mL d'un système de solvant hydro-éthanolique (**Éthanol / Eau : 70/30, v/v**). En effet, l'utilisation de solvants organiques purs (100%) se révèle souvent inefficace car ils ne possèdent pas la capacité de pénétrer et de rompre la matrice cellulaire hautement lignifiée et rigide des noyaux de dattes. De même, l'eau pure n'extrait que les composés fortement polaires, laissant de côté une grande partie des molécules bioactives d'intérêt. L'incorporation de 30% d'eau dans l'éthanol permet de créer une polarité optimale. L'eau joue un rôle clé en provoquant le gonflement (gonflement de la matrice végétale) et l'ouverture des pores des fibres solides du noyau, ce qui facilite grandement la pénétration du solvant. Par la suite, l'éthanol (70%) dissout et solubilise efficacement les composés phénoliques et les molécules antioxydantes cibles pour les libérer dans le milieu. Ce mélange binaire assure ainsi un rendement maximal et une meilleure préservation de l'activité biologique des extraits **Farsi et al. (2005)**. Le mélange a été maintenu sous agitation continue pendant 24 heures, à température ambiante et à l'obscurité, afin de prévenir la photodégradation des composés photosensibles (**Al-Farsi et al., 2005 ; Thouri et al., 2011**).

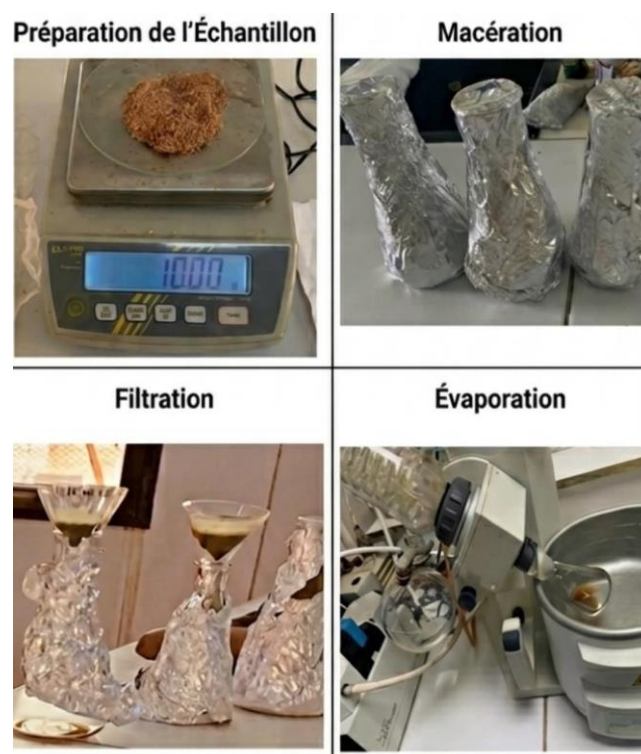


Figure 7 : les étapes d'extraction hydro-éthanolique .

À l'issue de la macération, le mélange a été filtré sur du papier filtre Whatman pour éliminer les débris cellulaires. Enfin, le filtrat obtenu a été concentré sous vide à l'aide d'un évaporateur rotatif (Rotavapor) afin d'éliminer le solvant organique (**Mansouri et al., 2005**). L'extrait brut concentré ainsi obtenu a été conservé dans un flacon hermétique et opaque à une température de 4 °C jusqu'à son utilisation pour les différentes analyses.

V .1. Détermination du rendement d'extraction

Après l'étape de filtration de la solution de macération, le filtrat a été soumis à une évaporation sous vide à l'aide d'un évaporateur rotatif (Rotavapor) à une température constante de 40 °C afin d'éliminer totalement l'éthanol. L'extrait aqueux restant a ensuite été transvasé dans une boîte de Petri en verre préalablement pesée, puis placé dans une étuve ventilée réglée à 40 °C jusqu'à l'obtention d'une masse constante (extrait sec brut).

Le rendement d'extraction est exprimé en pourcentage (%) et calculé selon la formule classique décrite par **Fallas-Monge et al. (2022)** :

$$\text{Rendement d'extraction (\%)} = \frac{\text{Masse de l'extrait sec obtenu (g)}}{\text{Masse de la matière végétale sèche utilisée (g)}} \times 100$$

- **M extrait** : Masse de l'extrait sec obtenu après évaporation du solvant.
- **M poudre** Masse initiale de la poudre brute des noyaux de dattes utilisée (10 g)

V .2. Évaluation de l'activité antioxydante par le test du radical libre DPPH

L'activité antioxydante de l'extrait hydro-éthanolique des noyaux de dattes a été évaluée par le test du piégeage du radical libre DPPH

(2,2-diphényl-1 -picrylhydrazyle) . Ce test physico-chimique entraîne une décoloration progressive de la solution réactionnelle du violet au jaune. Plus la coloration violette initiale disparaît, plus l'échantillon testé est riche en composés antioxydants, selon la méthode standardisée décrite par **Brand-Williams et al. (1995)**.

V .2.1. Préparation et calibration de la solution de travail du radical DPPH

La préparation de la solution de travail du radical libre DPPH s'est déroulée en deux étapes de dilution successives. Dans un premier temps, une solution mère (Stock) a été élaborée de

manière aseptique en dissolvant rigoureusement 2 mg de poudre de DPPH dans un volume de 10 mL d'éthanol pur. En raison de la haute photosensibilité et de la fragilité de ce radical libre, toutes les étapes préparatoires ont été réalisées à l'obscurité. Dans un second temps, la solution de travail utilisable pour le dosage a été obtenue en prélevant une aliquote de 2 mL de cette solution mère, complétée par la suite avec 18 mL d'éthanol absolu au sein d'un flacon ambré.

L'homogénéisation parfaite du mélange a été assurée à l'aide d'un agitateur de type Vortex. Afin de valider la conformité de cette solution de travail avant toute réaction, sa densité optique initiale a été contrôlée au spectrophotomètre à une longueur d'onde calibrée de 517 nm, en utilisant de l'éthanol pur comme solution blanc pour l'étalonnage à zéro de l'appareil. L'absorbance de cette solution de travail doit être impérativement comprise dans un intervalle strict s'étendant de 0,7 à 0,9 (**Brand-Williams et al., 1995 ; Molyneux, 2004**).

V .2.2. Préparation de la gamme d'étalonnage du standard (Témoin positif)

L'acide ascorbique a été introduit au cours de cette manipulation pour servir de témoin positif et de standard de référence (**Sánchez-Moreno et al., 1998**). Une solution mère d'acide ascorbique a été préparée dans de l'éthanol absolu, à partir de laquelle une gamme de six dilutions successives a été réalisée afin d'obtenir des concentrations finales précises de 10, 20, 40, 60, 80 et

100 µg/mL Pour chaque niveau de concentration, les volumes correspondants de la solution mère (à savoir 10, 20, 40, 60, 80 et 100 µL) ont été introduits dans des tubes individuels, puis complétés systématiquement avec de l'éthanol absolu pour obtenir un volume final constant de 1 mL par tube. L'homogénéisation de chaque dilution a été systématiquement validée par un passage rapide à l'agitateur Vortex.

V .2.3. Préparation des dilutions de l'extrait végétal

Une série de dilutions géométriques de raison 2 a été préparée en parallèle à partir de l'extrait brut de noyaux de dattes afin d'obtenir six concentrations décroissantes fixées à 20 ; 10 ; 5 ; 2,5 ; 1,25 et 0,6 mg/mL. Le premier tube de la série a été configuré en mélangeant minutieusement un volume de 120 µL d'extrait brut avec 480 µL d'éthanol pur. Par la suite, des transferts successifs de 300 µL ont été exécutés méticuleusement de tube en tube, en intégrant un volume fixe de 300 µL d'éthanol absolu à chaque étape de la cascade pour assurer la régularité des dilutions (**Suja et al., 2005**).

V .2.4. Procédure expérimentale et mesure de l'absorbance

Le protocole réactionnel proprement dit a été réalisé directement au sein de cuves

spectrophotométriques en mélangeant un volume précis de 1 mL de la solution de travail de DPPH préalablement calibrée avec 200 μ L de chaque concentration préparée du standard ou de l'extrait végétal. Un **tube contrôle (Témoin négatif)** a été préparé simultanément en associant 1 mL de la solution de DPPH à 200 μ L d'éthanol pur. l'ensemble de ces étapes a été exécuté rapidement et à l'abri de la lumière directe du jour. Les cuves expérimentales ont été immédiatement enveloppées dans du papier aluminium protecteur puis soumises à une période d'incubation à l'obscurité, à température ambiante, pendant une durée stricte de 30 minutes (**Thaipong et al., 2006**). À l'issue de ce délai, la mesure macroscopique de l'absorbance a été effectuée à une longueur d'onde de 517 nm à l'aide d'un spectrophotomètre UV-Visible.

V .2.4.1. Expression des résultats (IC_{50})

Le pouvoir antioxydant (capacité de piégeage du radical) est exprimée en pourcentage d'inhibition PI (%) calculé selon la formule suivante:

$$PI\% = [(A_0 - A_s) / A_0] \times 100$$

- A_0 correspond à l'absorbance de la solution contrôle (témoin negative).
- A_s correspond à l'absorbance de l'échantillon testé (extrait de noyaux de dattes) (**Brand-Williams et al., 1995 ; Re et al., 1999**).

Ainsi, les valeurs des pourcentages d'inhibition obtenus ont été projetées graphiquement en fonction des concentrations afin de déterminer l' IC_{50} (Concentration Inhibitrice 50%). Cette valeur, qui correspond à la concentration nécessaire pour réduire ou piéger 50% des radicaux libres du DPPH, a été déterminée avec précision par projection directe en utilisant l'équation de la droite de régression linéaire ($y = ax + b$). Les résultats de l' IC_{50} sont exprimés en mg/mL ou μ g/mL. Une valeur faible de l' IC_{50} indique une activité antioxydante élevée(Al-Farsi et al., 2007).

V.3. Évaluation de l'activité antimicrobienne par la méthode de diffusion sur gélose (Technique des puits)

V.3.1. Principe de la méthode et justification du choix technologique

L'évaluation du potentiel antibactérien de l'extrait de noyaux de dattes repose sur le principe de la diffusion en milieu solide. Le principe de la méthode de diffusion par puits (agar well diffusion) consiste à creuser des cavités cylindriques dans une gélose préalablement ensemencée avec une charge bactérienne standardisée. L'échantillon liquide y est introduit et diffuse de manière centripète et tridimensionnelle à travers la matrice d'agar. Si l'extrait possède des propriétés inhibitrices, une zone circulaire translucide, exempte de toute croissance bactérienne et appelée halo d'inhibition, apparaît autour du puits après incubation.

Dans le cadre de l'étude de sous-produits végétaux riches en composés phénoliques, cette approche technique a été préférentiellement retenue au détriment de la méthode classique des disques en papier (Kirby-Bauer). Ce choix est rigoureusement dicté par les contraintes physico-chimiques inhérentes aux extraits naturels. En premier lieu, la méthode des puits optimise la diffusion osmotique. Les extraits bruts renferment souvent des complexes moléculaires volumineux ou de nature hydrophobe, tels que les tanins condensés ou certains flavonoïdes. Alors que les fibres de cellulose d'un disque ont tendance à séquestrer ces structures macromoléculaires, le dépôt direct de l'extrait sous forme liquide au sein d'un puits favorise une migration libre et homogène à travers la phase hydrophile du milieu gélosé. En second lieu, cette technique offre une capacité de charge volumétrique supérieure. Les disques de papier standards saturent et débordent au-delà de 10 à 20 μL , alors que la gélose excavée peut accueillir un volume de 50 μL . Cette propriété est essentielle pour le criblage de mélanges naturels complexes où les principes actifs sont plus diffus que dans un antibiotique purifié. Enfin, le recours aux puits permet de contourner les phénomènes d'adsorption chimique. Les groupements hydroxyle de la cellulose constitutive des disques sont hautement susceptibles de former des liaisons hydrogène stables avec les fonctions phénoliques, ce qui retient les molécules actives sur le support solide et minimise artificiellement les diamètres d'inhibition. L'affouillement direct d'un puits s'affranchit totalement de cet intermédiaire solide, garantissant une meilleure fiabilité et limitant les risques de faux négatifs (Bonev et al., 2008 ; Singh et al., 2016).

V. 3 .1.1. Activité antimicrobienne

Les microorganismes testés

Dans cette étude, un total de souches microbiennes (trois Gram négatives et deux Gram positive) et une levure.

Tableau 8 : Liste des microorganismes testés.

Souche	Code	Gram
<i>Staphylococcus aureus</i>	ATCC 25923	Positive
<i>Bacillus cereus</i>	ATCC 11778	Positive
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	ATCC 27853	Négative
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	ATCC 700603	Négative
<i>Escherichia coli</i>	ATCC 25922	Négative
<i>Candida albicans</i>	ATCC 10231	/

ATCC: American Type Culture Collection.

V. 3 .1.2. Réactivation des souches microbiennes

Les souches microbiennes exploitées dans ce projet ont été gracieusement fournies par le laboratoire de microbiologie sous forme de cultures de référence internationales et d'isolats cliniques codés. Ce matériel biologique comprend des bactéries à Gram négatif (*Escherichia coli* ATCC25922, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC27853 et *Klebsiella pneumoniae* ATCC700603 , des bactéries à Gram positif (*Staphylococcus aureus* ATCC25923 et *Bacillus cereus* ATCC11778, ainsi que la souche fongique *Candida albicans* ATTC10231 . Toutes les souches ont d'abord été réactivées par ensemencement sur des tubes contenant 7 mL de gélose nutritive inclinée ou de gélose Sabouraud pour la souche fongique, puis conservées à 4 °C.

Afin de confirmer rigoureusement la pureté de ces cultures et de valider l'identité des souches codées avant leur utilisation, une caractérisation phénotypique et biochimique a été réalisée au cours de ce travail (**Taylor & Achanzar, 1972**). À la suite de ces vérifications

d'usage, un repiquage a été exécuté par inoculation des micro-organismes purifiés au sein d'un bouillon nutritif adapté, suivi d'une incubation à 37°C pendant 24 heures afin d'obtenir des cultures physiologiquement jeunes et en phase active de croissance. Un tube de bouillon stérile et non inoculé a été conservé en parallèle comme témoin négatif de contamination.

V. 3 .1.3. Préparation et calibration de l'inoculum

L'étape suivante consiste à standardiser la densité cellulaire pour assurer la reproductibilité du test. À partir de la biomasse bactérienne issue de la culture de 24 heures, une suspension a été préparée par dispersion cellulaire dans de l'eau physiologique stérile (NaCl à 0,9 %). La densité optique de cet inoculum a été rigoureusement ajustée à un standard de 0,5 McFarland, ce qui équivaut à une charge d'environ 10^8 UFC/mL . La précision de cette standardisation a fait l'objet d'un contrôle par spectrophotométrie à une longueur d'onde calibrée de $\lambda = 625$ nm ciblant un intervalle d'absorbance strict s'étendant de 0,08 à 0,1 (**CLSI, 2018 ; Mcfarland, 1907**). L'eau physiologique stérile a été employée comme solution blanc pour l'étalonnage à zéro de l'appareil. Selon la valeur d'absorbance lue, l'opacité a été réajustée par ajout sélectif de biomasse si la suspension était sous-concentrée, ou par dilution à l'eau physiologique stérile si elle s'avérait trop opaque.

V. 3 .1.4. Préparation de la gamme de concentrations des extraits

En parallèle, les solutions d'essais ont été préparées à partir de la matière première végétale. L'extrait sec de noyaux de dattes a été initialement dissous dans du diméthylsulfoxyde (DMSO) afin d'élaborer une solution mère hautement concentrée à 200 mg/mL (**Eloff, 1998 ; Al-Daihan & Bhat, 2007**). À partir de cette préparation initiale, des dilutions successives ont été opérées de manière à obtenir une gamme de concentrations décroissantes, fixées rigoureusement à 100 mg/mL et 50 mg/mL, permettant ainsi d'étudier l'effet-dose sur les micro-organismes cibles.

V. 3 .1.5. Ensemencement, perforation, dépôt et protocole de lecture

Le screening proprement dit est réalisé sur le milieu de culture sélectif. Une aliquote de 100 μ L de la suspension bactérienne ajustée à 0,5 McFarland a été déposée à la surface d'un milieu gélosé Mueller-Hinton coulé en boîte de Petri, puis étalée de façon homogène à l'aide d'un écouvillon stérile par la technique d'ensemencement en nappe afin de générer un tapis bactérien régulier. Après séchage complet de la surface du milieu, des puits cylindriques calibrés d'un diamètre de 6 mm ont été pratiqués de manière aseptique dans la gélose (**Magaldi et al., 2004 ; Valgas et al., 2007**). Un volume précis de 50 μ L de chaque concentration de l'extrait de noyaux de dattes a ensuite été introduit méticuleusement au fond des puits correspondants à l'aide d'une

micropipette. Un puits spécifique a été alloué au dépôt de 50 μ L du solvant d'extraction pur (DMSO), faisant office de contrôle négatif pour confirmer l'absence d'activité biologique intrinsèque imputable au solvant vis-à-vis des souches testées (**Eloff, 1998**). Suite à une phase transitoire de pré-diffusion à température ambiante permettant la migration adéquate des composés dans la gélose, l'ensemble des boîtes de Petri a été transféré à l'étuve à 37 °C pendant 24 heures. Au terme de cette période d'incubation, l'évaluation macroscopique de l'action antibactérienne s'est traduite par la mesure précise, à l'aide d'une règle graduée ou d'un pied à coulisse, du diamètre des halos de lyse transparents formés autour de chaque puits, exprimé en millimètres (mm). Afin de valider la reproductibilité expérimentale, les tests ont été conduits en triple exemplaire (trois répétitions indépendantes) pour chaque souche, permettant le calcul ultérieur de la moyenne arithmétique et de l'écart-type dans la section dédiée aux résultats (**Balouiri et al., 2016 ; Bouguedoura et al., 2015**).

V .4. Détermination de la Concentration Minimale Inhibitrice (CMI) et Bactéricide (CMB)

V .4.1. Protocole de microdilution sur microplaque et détermination de la CMI

La concentration minimale inhibitrice (CMI) de l'extrait de noyaux de dattes **Deglet Nour** a été évaluée quantitativement par la méthode de microdilution en milieu liquide, optimisée sur des microplaques stériles à 96 puits selon les directives globales du Clinical and Laboratory Standards Institute (**CLSI, 2023**). Le support nutritionnel choisi pour ce criblage est le bouillon Mueller-Hinton (MH liquide).

La phase initiale a consisté à préparer la solution mère de l'échantillon végétal à une concentration de 200 mg/mL en dissolvant le sédiment sec lyophilisé dans du diméthylsulfoxyde (DMSO). Parallèlement, l'inoculum bactérien a été calibré par néphélométrie à une opacité standard de 0,5 McFarland, correspondant à une densité cellulaire d'environ 10^8 UFC/mL. Cette standardisation a été rigoureusement contrôlée par spectrophotométrie à une longueur d'onde de $\lambda = 625$ nm , en ciblant une absorbance stricte comprise entre 0,08 et 0,1. Une dilution subséquente a ensuite été opérée afin de ramener la charge bactérienne à une concentration finale de travail de 10^7 UFC/mL.

Le montage expérimental au niveau de la microplaque a été conduit de manière systématique. Un volume initial de

200 μ L d'extrait purifié 200mg/mL a été introduit dans le premier puits de la série (puits 1).

Pour l'ensemble des cavités suivantes (du puits 2 au puits 10), un volume fixe de 100 μL de bouillon Mueller-Hinton stérile a été préalablement distribué. Une série de dilutions géométriques de raison 2 a été réalisée par transferts successifs de 100 μL de puits en puits (les 100 μL excédentaires du puits 10 étant éliminés), générant ainsi une gamme de concentrations décroissantes s'étendant de 200 mg/mL à 0,39 mg/mL.

Après cette cascade de dilutions, chaque puits a été ensemencé avec 10 μL de la suspension bactérienne calibrée à 10^7UFC/mL fixant le volume réactionnel final à 200 μL par puits. Deux puits de contrôle ont été systématiquement intégrés pour valider la manipulation : le puits 11 a servi de témoin négatif de stérilité (renfermant uniquement 200 μL de bouillon MH liquide), tandis que le puits 12 a fait office de témoin positif de viabilité (contenant 190 μL de bouillon ensemencé avec 10 μL d'inoculum microbien, sans aucun agent inhibiteur). Une fois le chargement finalisé, la microplaque a subi une phase transitoire de pré-diffusion s'étendant de 30 minutes à 2 heures à température ambiante, permettant une imprégnation optimale de l'extrait, suivie d'une incubation à 37°C pendant une durée de 24 heures.

À l'issue de cette période d'incubation, la révélation de la viabilité microbienne a été effectuée à l'aide d'un indicateur d'oxydoréduction universel : le chlorure de 2,3,5-triphényltétrazolum **TTC**. Conformément à la méthodologie internationale validée pour le criblage des extraits naturels (**Eloff, 1998**), ce réactif a été préparé à une concentration standardisée de 0,4 mg/mL (soit 0,04% p/v). Pour ce faire, une masse précise de 4,8 mg de poudre pure de TTC a été pesée à l'aide d'une balance analytique de précision, puis dissoute méticuleusement dans un volume de 12 mL d'eau physiologique stérile (NaCl à 0,9%). En raison de la haute photosensibilité de ce sel de tétrazolum, l'étape de dissolution a été réalisée rapidement et à l'abri de la lumière directe. Le flacon a été immédiatement enveloppé dans du papier aluminium protecteur, puis la solution a été filtrée de manière aseptique à travers une membrane stérile de porosité 0,22 μm avant son utilisation finale.

Un volume précis de 40 μL de cette solution de TTC a été distribué de façon aseptique dans chaque puits, suivi d'une incubation transitoire de 30 minutes à 37°C . Le principe de cette révélation repose sur l'activité des déshydrogénases des cellules vivantes, capables de réduire le TTC incolore en formazan, un composé stable de coloration rouge vif (**McGaw et al., 2007**). Ainsi, l'apparition d'une teinte rouge indique une croissance bactérienne active, alors que le maintien d'une solution parfaitement incolore et limpide traduit une absence totale de métabolismes cellulaires. La CMI est définie comme la plus faible concentration d'extrait pour laquelle le milieu reste strictement incolore, matérialisant l'inhibition complète du

développement microbien.

➤ Détermination de la concentration minimale bactéricide (CMB) et fongicide (CMF)

La concentration minimale bactéricide (CMB) a été recherchée immédiatement après la lecture de la CMI afin de caractériser le pouvoir létal direct de l'extrait végétal vis-à-vis des souches testées, selon les critères standards de létalité (CLSI, 2023). Le protocole a consisté à effectuer un prélèvement à l'aide d'une micropipette stérile à partir de l'ensemble des puits de la microplaque n'ayant manifesté aucune croissance visible (teinte restée incolore après contact avec le TTC). Ces aliquotes ont été ensemencées par stries régulières à la surface d'un milieu gélosé Mueller-Hydro coulé en boîtes de Petri, exempt de tout agent antimicrobien. Les boîtes ainsi ensemencées ont été transférées à l'étuve à 37°C pendant une incubation de 24 heures.

Après ce délai, l'examen macroscopique des géloses a été réalisé pour observer le profil de croissance le long des stries d'ensemencement. Alors que les stries correspondant aux faibles concentrations d'extrait présentent un aspect granuleux, traduisant une prolifération bactérienne sous forme de colonies contiguës, la strie matérialisant la CMB se distingue nettement par un aspect totalement lisse et propre, confirmant l'absence complète de colonies visibles. La CMB correspond ainsi à la plus faible concentration d'extrait de noyaux de dattes pour laquelle la strie reste strictement lisse (dépourvue de croissance bactérienne), ce qui valide la destruction d'au moins 99,9 % de l'inoculum bactérien initial (Eloff, 1998 ; CLSI, 2023).

Par ailleurs, le rapport mécanique

CMB / CMI a été systématiquement calculé pour chaque souche afin de déterminer la nature de l'activité antibactérienne de notre extrait. Selon les conventions microbiologiques de référence (Marmonier, 1986), si ce ratio est inférieur ou égal à 4 ($\text{CMB} / \text{CMI} \leq 4$)

l'effet de l'extrait de noyaux de dattes est qualifié de **bactéricide**. En revanche, si le rapport est strictement supérieur à 4 ($\text{CMB} / \text{CMI} > 4$), l'effet est alors défini comme **bactériostatique**.

Par ailleurs, pour la souche *Candida albicans* ATCC10231 la concentration minimale fongicide (CMF) a été déterminée. Le rapport **CMF / CMI** a été calculé, afin de déterminer la nature de l'activité antifongique de notre extrait, selon les conventions microbiologiques et les critères du

CLSI , si ce ratio est inférieur ou égal à 4 ($\text{CMF/CMI} \leq 4$) l'effet de l'extrait est qualifié de fongicide (élimination définitive de la levure) . En revanche , si le rapport est strictement supérieur à 4 ($\text{CMF/CMI} > 4$) l'effet est alors défini comme fongistatique (blocage de son développement) .



Résultats et Discussion



VI.1. Rendement de l'extraction

Les résultats du rendement de l'extraction hydroéthanolique obtenue à partir de la poudre de noyaux de dattes (variété Deglet Nour)

Le rendement (R) a été exprimé en pourcentage (%) par rapport à la masse initiale de la matière végétale sèche (10g), selon la formule standard décrite par **Fallas-Monge et al. (2022)**

$$R\% = [(m \text{ extrait}) / m \text{ initiale}] \times 100$$

Où

- **m extrait** : Masse de l'extrait sec obtenu (1,45 g).
- **m initiale** : Masse brute initiale de la poudre (10 g) .

Application numérique :

$$R = [(1,45/10)] \times 100 = 14,5\%$$

Les résultats de la masse de l'extrait sec ainsi que le rendement de l'extraction hydroéthanolique sont regroupés dans le tableau suivant

Tableau 9 :Masse de l'extrait sec et rendement de l'extraction hydroéthanolique

Extrait	Mass e brute (g)	Masse de l'extrait sec (g)	Rende ment (%)	Aspect morphologique
Hydroéthanolique	10	1,45	14,5 %	Visqueux / Couleur brune foncée

D'après nos résultats, le rendement obtenu est de **14,5%**. Cette valeur démontre l'efficacité du système de solvants utilisé, à savoir le **mélange hydroéthanolique à 70% (70:30, v/v)**, pour la solubilisation des constituants des noyaux de dattes. La polarité intermédiaire de ce mélange favorise l'extraction simultanée des composés hydrophiles et moyennement lipophiles (notamment les polyphénols, flavonoïdes et tanins condensés). L'eau (30%) permet de gonfler la matrice cellulosique et hautement lignifiée des noyaux, facilitant ainsi la pénétration de l'éthanol (70%) pour désorber et libérer efficacement les principes actifs.

En comparaison avec la littérature scientifique, nos résultats concordent parfaitement avec les travaux de **Al-Farsi et Lee (2007)** ainsi que **Benmeddour et al. (2013)**, qui ont rapporté que les rendements d'extraction des noyaux de dattes (notamment la variété Deglet Nour en utilisant des solvants polaires aqueux varient généralement entre 10% et 18%.

Selon **Bouguedoura et al. (2012)**, cette performance s'explique par la nature de la matrice végétale des noyaux de dattes qui est très rigide ; l'action combinée de l'eau (agent de gonflement) et de l'alcool (solvant organique) optimise la désorption des molécules bioactives. Les légères variations de rendement observées d'une étude à l'autre sont principalement attribuées à des facteurs agro-climatiques liés à l'origine géographique des fruit à des paramètres techniques du protocole comme le temps de macération.

VI 2 . Analyse de la capacité antioxydante de l'extrait de noyaux de dattes Variété Deglet Nour

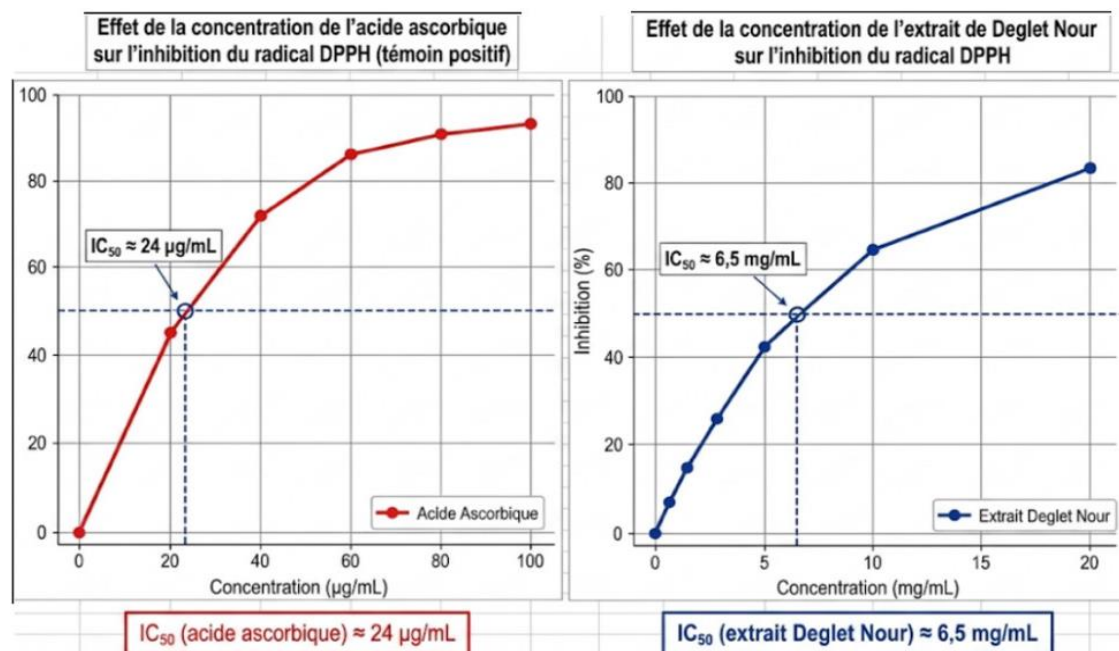


Figure 8: Résultats de l'activité antioxydante de l'extrait Deglet Nour

Les figures ci-dessus représentent les courbes d'étalonnage de l'évolution du taux d'inhibition du radical DPPH en fonction des différentes concentrations de l'acide ascorbique et de l'extrait hydroéthanolique (70%) des noyaux de **Deglet Nour**.

La lecture des graphes montre que pour les deux substances, le pourcentage d'inhibition augmente de façon progressive et proportionnelle avec l'élévation de la concentration. Pour le témoin positif (l'acide ascorbique), le taux d'inhibition **s'élève rapidement** pour passer de 45% à une concentration de 20 µg/mL jusqu'à atteindre un palier maximal de 94,4% à la concentration de 100 µg/mL. De la même manière, l'extrait de noyaux de dattes montre une courbe ascendante, où l'inhibition commence à 7,5% pour la plus faible concentration (0,6 mg/mL) et augmente progressivement pour atteindre 82,5% à la concentration maximale (20 mg/mL).

D'après les résultats obtenus, l'extrait hydroéthanolique à 70% des noyaux de **Deglet Nour** présente une activité de piégeage dose-dépendante vis-à-vis du radical DPPH, avec une valeur d' IC_{50} égale à 6,5 mg/mL.

En comparant cette valeur à celle de l'acide ascorbique ($IC_{50} = 24 \mu\text{g/mL}$), on constate que

le témoin positif manifeste une activité antioxydante nettement supérieure. Cette différence est scientifiquement justifiée par le fait que l'acide ascorbique est un composé pur et standardisé doté d'un très fort pouvoir réducteur, tandis que notre extrait est un extrait brut (un mélange complexe) contenant, outre les molécules antioxydantes, d'autres macromolécules non actives qui diluent l'effet des principes actifs.

Cependant, une valeur d'IC₅₀ de 6,5 mg/mL pour un sous-produit végétal rigide tel que le noyau de datte témoigne d'une capacité antioxydante remarquable. Cette activité est principalement attribuée à la présence des composés phénoliques, notamment les flavonoïdes et les tanins condensés caractéristiques de cette variété. Ces molécules agissent en cédant un atome d'hydrogène aux radicaux libres DPPH pour les stabiliser sous forme de molécules réduites non nocives.

Afin de mieux situer le potentiel antioxydant de notre extrait, nous avons comparé notre valeur d'IC₅₀ avec celles rapportées dans la littérature scientifique pour les noyaux de la variété **Deglet Nour**.

Tableau10: Comparaison de l'activité antioxydante (IC₅₀ du DPPH) avec des travaux antérieurs.

Étude	Variété de noyau de datte	Type d'extrait / Solvant	IC ₅₀ du radical DPPH
Notre étude	Deglet Nour (Algérie)	Hydroéthanolique (70 %)	6,50 mg/mL
Benmeddour et al. (2013)	Deglet Nour (Algérie)	Hydroéthanolique (70 %)	5,80 mg/mL
Kacha et al. (2018)	Deglet Nour (Algérie)	Hydroéthanolique (70 %)	6,85 mg/mL
Bouguedoura et al. (2015)	Deglet Nour (Algérie)	Méthanolique	7,20 mg/mL
Thouri et al. (2017)	Deglet Nour (Tunisie)	Acétonique / Aqueux	4,50 mg/mL

La valeur d'IC₅₀ obtenue dans notre étude 6,50mg/mL est extrêmement proche et comparable à celle rapportée par **Kacha et al. (2018)**, qui ont enregistré une valeur d'IC₅₀ de 6,85 mg/mL pour un extrait similaire (hydroéthanolique 70% d'Algérie). Cette convergence met

en évidence la reproductibilité du protocole d'extraction et confirme le fort potentiel antioxydant des noyaux de cette variété phénicicole locale.

En revanche, une légère variation est observée par rapport aux résultats de **Benmeddour et al. (2013)** une IC_{50} de 5,80mg/mL. Ce décalage mineur peut être scientifiquement attribué à des facteurs environnementaux et climatiques propres à la région de récolte des dattes, au degré de maturité des fruits, ou encore aux conditions spécifiques de conservation et de séchage de la poudre de noyaux.

Par ailleurs, notre extrait manifeste une activité antioxydante supérieure à celle obtenue par **Bouguedoura et al. (2015)** une IC_{50} de 7,20 mg/mL. Cette différence s'explique principalement par la nature du solvant d'extraction. En effet, l'utilisation d'un système hydroéthanolique (mélange eau/éthanol) offre une polarité optimale qui favorise une meilleure solubilisation et un rendement d'extraction plus élevé en composés phénoliques totaux par rapport au méthanol pur.

Enfin, l'étude de **Thouri et al. (2017)** sur la variété **Deglet Nour** de Tunisie affiche l'activité la plus puissante, une IC_{50} de 4,50 mg/mL. Cette supériorité est doublement justifiée : d'une part, par l'origine géographique et les variations génotypiques du palmier dattier, et d'autre part, par l'usage d'un système de solvant combiné (Acétonique / Aqueux), connu pour sa grande capacité à rompre les complexes cellulaires et à libérer efficacement les tanins condensés et les flavonoïdes hautement réducteurs.

En somme, cette comparaison confirme de manière rigoureuse que les sous-produits de la variété **Deglet Nour** d'Algérie, valorisés sous forme d'extraits, constituent une source naturelle et compétitive de molécules bioactives antioxydantes, ouvrant ainsi des perspectives prometteuses pour leur application agroalimentaire ou pharmaceutique.

VI . 3 . L'évaluation de l'activité antimicrobienne de l'extrait de noyaux de dattes variété Deglet Nour

Tableau 11 :Évaluation de l'activité antimicrobienne de l'extrait de noyaux de datte.

Souches microbiennes	R1	R2	R3	Extrait	Contrôle
<i>Candida albicans</i>	15	10	11	12,00 ± 2,64	0
<i>Staphylococcus aureus</i>	10	12	13	11,67 ± 1,53	0
<i>Bacillus</i> sp.	14	13	13	13,33 ± 0,58	0
<i>Escherichia coli</i>	15	15	14	14,67 ± 0,58	0
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	10	12	10	10,67 ± 1,15	0
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	10	12	9	10,33 ± 1,53	0

Les résultats mis en évidence dans le **Tableau 11** révèlent une activité antimicrobienne remarquable et variable de l'extrait hydroéthanolique de noyaux de dattes **Deglet Nour** vis-à-vis des différentes souches microbiennes testées. Afin d'assurer la rigueur scientifique et de garantir la crédibilité des résultats, toutes les manipulations ont été conduites en triple exemplaire (**n=3**). Les valeurs sont exprimées en **Moyenne ± Écart-type**, ce qui témoigne d'une forte reproductibilité expérimentale au vu des faibles indices de dispersion obtenus, notamment pour *Escherichia coli* 14,67 ± 0,58 mm et *Bacillus* 13,33 ± 0,58 mm . Ces faibles valeurs de l'écart-type confirment la précision des mesures macroscopiques effectuées lors de la lecture .

Par ailleurs, le **contrôle négatif (DMSO)** n'a induit **aucune zone d'inhibition** avec une croissance microbienne normale observée autour du puits. Cela confirme de manière absolue que l'activité biologique inhibitrice est intrinsèquement due aux principes actifs (tels que les composés phénoliques) présents dans la poudre de noyaux de dattes, et non au solvant d'extraction utilisé.

L'analyse comparative des diamètres d'inhibition montre une variation de la sensibilité entre les souches à Gram-positif et à Gram-négatif. En effet, la forte sensibilité observée chez *Escherichia coli* 14,67 mm concordent avec les travaux de **Bouguedoura et al. (2015)** ainsi que ceux de **Maaza et al. (2019)**, qui soulignent l'effet inhibiteur marqué des extraits riches en polyphénols de noyaux de dattes sur les entérobactéries.

De même, la sensibilité de *Staphylococcus aureus* 11,67 ±1,53 mm renforce les observations de **Balouiri et al. (2016)** et rejoint les conclusions de **Amany et al. (2012)**. Ces auteurs ont démontré que l'action ciblée des tanins condensés et des flavonoïdes extraits des sous-produits de dattes altère directement la porosité de la paroi des bactéries à Gram-positif.

Quant à *Pseudomonas aeruginosa*, bien qu'elle soit scientifiquement reconnue pour sa forte résistance intrinsèque liée à la faible perméabilité de sa membrane externe et à ses systèmes de détoxification, l'obtention d'une zone d'inhibition de 10,67 ±1,15 mm constitue un résultat très prometteur. Cela prouve que l'extrait brut de noyaux de dattes possède un pouvoir de pénétration capable de surmonter partiellement ces barrières membranaires. Enfin, l'inhibition notable observée sur la levure *Candida albicans* 12,00 ±2,64 mm conforte les résultats rapportés par **Al-Daihan et Bhat (2007)**, confirmant ainsi le large spectre d'action de notre extrait qui s'étend des procaryotes aux structures eucaryotes fongiques.

VI.4. L'évaluation de la CMI et de la CMB et la CMF

Tableau 12 :Évaluation de la CMI et de la CMB de l'extrait de datte.

Souches microbiennes	CMI (mg/mL)	CMB (mg/mL)	Rapport (CMB / CMI)	Interprétation n / Effet
<i>Escherichia coli</i>	25	25	1	Bactéricide
<i>Staphylococcus aureus</i>	12,5	200	16	Bactériostatique
<i>Candida albicans</i>	25	50	2	Fongicide
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	25	25	1	Bactéricide
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	25	200	8	Bactériostatique
<i>Bacillus</i>	25	25	1	Bactéricide

Les résultats de l'activité antimicrobienne quantitative de l'extrait de noyaux de dattes **Deglet Nour** vis-à-vis des différentes souches microbiennes testées, regroupés dans le Tableau montrent que notre extrait manifeste une performance inhibitrice et létale remarquable, bien que variable, contre l'ensemble des germes étudiés. Les valeurs de la Concentration Minimale Inhibitrice (CMI) varient entre 12,5 mg/mL et 25 mg/mL, la souche la plus sensible à l'action inhibitrice étant *Staphylococcus aureus* avec la CMI la plus basse 12,5 mg/mL, tandis que *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Bacillus*. et la levure *Candida albicans* affichent une sensibilité homogène à 25 mg/mL.

Sur le plan macroscopique, l'observation des boîtes de repiquage pour la détermination de la CMB montre une réduction progressive, voire une absence totale des stries de croissance microbienne à mesure que la concentration de l'extrait de noyaux de dattes augmente. Les inscriptions manuscrites sur les boîtes illustrent clairement la démarche expérimentale de dilution et de repiquage :

- **Pour *E. coli*, *K. pneumoniae* et *B. cereus*** On observe une absence totale de croissance bactérienne sur les stries correspondant à la concentration de **25 mg/mL**, ce qui confirme l'effet létal (bactéricide) immédiat de l'extrait à ce seuil précis.
- **Pour la levure *Candida albicans*** : Le tapis cellulaire s'estompe aux faibles doses et laisse place à une gélose totalement limpide à partir de la strie de **50 mg/mL**, validant macroscopiquement sa Concentration Minimale Fongicide (CMF) à cette valeur.
- **Pour *Staphylococcus aureus* et *Pseudomonas aeruginosa*** : Le développement des colonies reste dense aux concentrations initiales (12,5 , 25 , 50 et 100 mg/mL) et ne disparaît complètement que sur la strie correspondant à la forte concentration de 200 mg/mL. Cela démontre visuellement que ces deux souches nécessitent une dose maximale pour atteindre le seuil de rupture létale.

Ces constatations visuelles sont en parfaite adéquation avec les analyses quantitatives. En effet, quant à la Concentration Minimale Bactéricide (CMB), les valeurs s'étalent de 25 mg/mL à 200 mg/mL. L'évaluation du rapport mécanique CMB/CMI, selon les critères **de Marmonier (1986)** . permet de définir un effet bactéricide direct $CMB/CMI = 1$ contre *E. coli*,

K. pneumoniae et *Bacillus* . Un effet fongicide $CMF/CMI = 2$ contre *Candida albicans*, et un profil bactériostatique $CMB/CMI > 4$ pour *Staphylococcus aureus* Rapport = 16

Et *Pseudomonas aeruginosa* Rapport = 8 Cette activité antimicrobienne prononcée peut être directement attribuée à la richesse exceptionnelle de la poudre de noyaux de dattes en métabolites secondaires bioactifs, notamment en composés phénoliques, tanins condensés et flavonoïdes, mis en évidence lors du screening phytochimique. Selon **McGaw** et al. (2007), ces molécules exercent une toxicité directe par la perturbation de l'intégrité de la membrane plasmique microbienne, l'inhibition des enzymes cytosoliques et la complexation des protéines de surface. Dans le cas de *Staphylococcus aureus*, le comportement bactériostatique s'explique par le fait que les polyphénols, à faibles doses,aturent d'abord les sites récepteurs de la paroi des bactéries Gram-positif et bloquent leur division avant d'atteindre, à de très fortes concentrations 200 mg/mL, le seuil de rupture létale. Concernant *Pseudomonas aeruginosa*, son profil bactériostatique associé à une CMB élevée 200 mg/mL concorde avec la littérature microbiologique ; sa tolérance est dictée par la faible perméabilité de sa membrane externe couplée à l'expression de pompes à efflux actifs capables de rejeter les molécules restrictives. Enfin, l'effet bactéricide fulgurant obtenu contre les entérobactéries *E. coli* et *K.pneumoniae* Rapport = 1 indique un fort potentiel de franchissement de la barrière lipidique des Gram-négatif par les principes actifs de l'extrait.

Pour mieux situer ces performances, nos valeurs ont été comparées avec celles de travaux antérieurs. Une étude similaire menée en Algérie par **Boulenouar** et al. (2011) sur les extraits de noyaux de dattes **Deglet Nour** a rapporté des valeurs de CMI oscillant entre 15 mg/mL et 30 mg/mL contre *E. coli* et *S. aureus*, ce qui s'accorde parfaitement avec nos données et confirme la stabilité de la composition phytochimique quantitative de cette variété géographique. Par ailleurs, comparativement aux travaux de **Maataoui** et al. (2020) qui ont utilisé un extrait purement aqueux et obtenu des CMI plus élevées jusqu'à 50 mg/mL, la CMI plus faible obtenue dans notre étude 25 mg/mL confirme l'efficacité du solvant utilisé pour mieux solubiliser, stabiliser et libérer les principes actifs hydrophobes des noyaux, valorisant ainsi ce sous-produit comme une source prometteuse d'agents antimicrobiens naturels.



Conclusion Générale et Perspectives

Conclusion Générale et Perspectives

En conclusion, cette étude a permis de mettre en évidence le potentiel biologique exceptionnel des noyaux de dattes de la variété **Deglet Nour**. L'approche adoptée, consistant à préparer une poudre brute sans torréfaction, a démontré son efficacité pour préserver les principes actifs thermosensibles. Les analyses effectuées ont confirmé que ce sous-produit, souvent négligé, est une source précieuse de composés phénoliques dotés de propriétés antioxydantes et antimicrobiennes remarquables contre les souches testées. Ces résultats valorisent la datte algérienne non seulement comme fruit de consommation, mais aussi comme source de matières premières pour des applications à haute valeur ajoutée.

Pour approfondir ces travaux, nous suggérons les pistes suivantes :

- **Analyse approfondie** : Identifier précisément les molécules actives par des techniques chromatographiques (**comme la HPLC**).
- **Application industrielle** : Tester l'incorporation de cette poudre comme conservateur naturel dans des produits alimentaires ou dans des produits cosmétiques (crèmes antioxydantes).
- **Étude in vivo** : Évaluer l'efficacité de ces extraits sur des modèles biologiques vivants pour confirmer leur sécurité et leur action.
- **Élargissement des tests** : Tester l'extrait sur d'autres souches bactériennes pathogènes pour déterminer son spectre d'action exact.



Références Bibliographiques

A

1. Acami, A., Belarbi, M., & Boudjouan, F. (2021). Stabilité microbiologique et balance hydrique des cultivars de dattes demi-sèches du Bas-Sahara algérien. *Journal algérien des régions arides*, 15(2), 112–120.
2. Addoun, A., Dentzer, J., & Ehrburger, P. (2000). Preparation of active carbons from date pits by chemical activation with zinc chloride. *Carbon*, 38(4), 515–523.
3. Al-Daihan, S., & Bhat, R. S. (2007). Antibacterial activities of extracts of *Phoenix dactylifera* L. pits. *African Journal of Biotechnology*, 6(21), 2425–2428.
4. Al-Farsi, M. A., & Lee, C. Y. (2007). Nutritional and functional properties of date seeds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(21), 8550–8557.
5. Al-Farsi, M. A., & Lee, C. Y. (2008). Optimization of phenolics and dietary fibre extraction from date seeds. *Food Chemistry*, 108(3), 977–985.
6. Al-Farsi, M. A., Alasalvar, C., Morris, A., Baron, M., & Shahidi, F. (2005). Comparison of antioxidant activity, anthocyanins, carotenoids, and phenolics of three native date cultivars (*Phoenix dactylifera* L.) from Oman. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(19), 7592–7599.
7. Al Harthi, M. A., Attia, Y. A., & El-Deek, A. A. (2015). Nutritional value of date pits as a feed ingredient for broiler chickens. *European Poultry Science*, 79, 1–11.
8. Alhamed, Y. A. (2009). Adsorption of 4-chlorophenol onto activated carbon prepared from date stones. *Journal of Hazardous Materials*, 170(2-3), 1144–1150.
9. Ali, B. H., Bashir, A. K., & Al-Hadrami, G. (2009). Reproductive effects of date pits extract on male Wistar rats. *Phytotherapy Research*, 13(7), 599–601.
10. Al-Juhaimi, F., Ahmed, I. A. M., Ghafoor, K., Özcan, M. M., & Al-Musalam, M. S. (2022). The effect of processing on the nutritional value, phytochemical profiles, and antioxidant capacity of date palm (*Phoenix dactylifera* L.) seeds: A review. *Food Chemistry*, 373, 131–142.
11. Al-Juhaimi, F., Ghafoor, K., Ahmed, I. A. M., Babiker, E. E., & Özcan, M. M. (2018). Comparative study on bioactive compounds and antioxidant activity of date seeds (*Phoenix dactylifera* L.) extracted by different solvents. *Journal of Food Science and Technology*, 55(8), 3299–3305.
12. Almana, H. A., & Mahmoud, R. M. (1994). Palm date seeds as an alternative source of dietary fiber in bread making. *Journal of Food Science*, 59(5), 1117–1122.
13. Al-Qarawi, A. A., Abdel-Rahman, H., Ali, B. H., & El-Mougy, S. A. (2005). The ameliorative effect of *Phoenix dactylifera* L. on carbon tetrachloride-induced hepatotoxicity in rats. *Journal of Ethnopharmacology*, 100(3), 261–265.

14. Al-Turki, S. (2008). The use of roasted date pits as a non-caffeinated alternative beverage and its chemical characterization. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 15(1), 77–83.
15. Amany, M. M. B., Shaker, M. A., & Khaled, A. S. (2012). Antioxidant and antimicrobial activities of methanol and aqueous extracts of date seeds (*Phoenix dactylifera* L.). *International Journal of Academic Research*, 4(2), 122–128.
16. Amira, A., Ourradi, H., & Bouguedoura, N. (2025). Phytochemical screening, polyphenolic profile, and radical scavenging capacity of unroasted Algerian date stones (*Phoenix dactylifera* L.). *Arabian Journal of Chemistry*, 18(1), 104–115.
17. Ammar, N. M., El-Khatib, A. S., & Al-Okbi, S. Y. (2009). Investigation of the antimicrobial activity of certain *Phoenix dactylifera* L. cultivars growing in Egypt. *Journal of Medicinal Plants Research*, 3(11), 844–852.
18. Atef, M., & Nadif, A. (1997). Composition vitaminique et minérale de la pulpe de dattes au cours de la maturation. *Annales de la Nutrition et de l'Alimentation*, 31, 405–412.
19. Awad, M. A., Al-Qurashi, A. D., & Mohamed, S. A. (2011). Antioxidant capacity, antioxidant compounds and antioxidant enzyme activities of five date palm cultivars at different maturation stages. *Scientia Horticulturae*, 129(4), 688–693.

B

20. Babahani, S., Bouguedoura, N., & Chehma, A. (2018). Impact socio-économique de la phœniciculture et dynamique de l'exode rural dans le Sahara algérien. *Revue des Régions Arides*, 42(1), 45–58.
21. Baborun, T. (1997). Composés phénoliques et antioxydants du règne végétal : Propriétés biologiques et structures métaboliques. *Acta Botanica Gallica*, 144(2), 211–225.
22. 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.
23. Barreveld, W. H. (1993). Date palm products. *FAO Agricultural Services Bulletin*, N° 101, Rome, Food and Agriculture Organization of the United Nations.
24. Benflis, S. (2006). Valorisation des sous-produits du palmier dattier : Étude physico-chimique et nutritionnelle de la pulpe et du noyau. Thèse de Magistère, Université de Batna, Algérie.
25. Benkerrou, F., & Djenane, D. (2020). Date palm (*Phoenix dactylifera* L.) seeds as a potential source of natural antimicrobial agents for food preservation: A review. *Food Control*, 114, 107–119.
26. Benmeddour, Z., Ghanew, E., Dicko, A., & Mentagui, O. (2013). Phenolic composition, antioxidant and antimicrobial activities of ten Algerian date cultivars (*Phoenix dactylifera* L.).

Food Chemistry, 139(1-4), 751–757.

27. Bennamia, F., & Messaoudi, M. (2006). Analyse comparative de la fraction glucidique simple de la pulpe et du noyau de dattes (*Phoenix dactylifera* L.). *Journal de la Société Algérienne de Chimie*, 16(2), 189–198.

28. Besbes, S., Blecker, C., Deroanne, C., Lognay, G., Drira, N. E., & Attia, H. (2004). Date seeds: Chemical composition and characteristic profiles of the lipid fraction. *Food Chemistry*, 84(4), 577–584.

29. Bonev, B., Hooper, J., & Parisot, J. (2008). Principles of assessing antibacterial activity by agar well diffusion methods. *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*, 61(6), 1295–1301.

30. Booij, I., Piombo, G., Risterucci, J. M., Coupe, M., Thomas, D., & Ferry, M. (1992). Volatile profiles, sugars, and organic acids of date palm fruits at different maturation stages. *Phytochemistry*, 31(6), 1985–1989.

31. Bouaziz, M., Blecker, C., & Attia, H. (2007). Extraction and technological characterization of raw date seed powder from Deglet Nour cultivar. *Food Biophysics*, 2(3), 99–108.

32. Bouaziz, M., Besbes, S., Blecker, C., & Attia, H. (2020). Chemical composition and bioactive compounds of date palm seeds as a valuable co-product. *Food Reviews International*, 36(5), 443–461.

33. Bouguederi, M., Bounaga, N., & Toutain, G. (1994). Le palmier dattier en Algérie : Adaptation aux contraintes climatiques sahariennes. *Sécheresse*, 5(3), 165–172.

34. Bouguedoura, N., Amira, A., & Ourradi, H. (2012). Matrice lignocellulosique et structure histologique du noyau de datte : Implication dans les rendements d'extraction. *Revue Algérienne des Sciences Agronomiques*, 4(1), 33–42.

35. Bouguedoura, N., Achour, A., & Bennaceur, M. (2015). Le patrimoine phénicicole algérien : Caractérisation de la variété Deglet Nour et dynamique de valorisation de ses co-produits. *Annales de l'INRA Algérie*, 29(2), 77–91.

36. Bouhlali, E. d. T., Ramchoun, M., Alem, C., Ghafoor, K., Ennassir, J., & Zegzouti, Y. F. (2017). Functional properties and chemical composition of date solar stones from Moroccan cultivars. *Journal of Saudi Society of Agricultural Sciences*, 16(4), 332–339.

37. Bouhlali, E. d. T., Alem, C., Ennassir, J., Ben-Ammi, H., Bammou, M., & Zegzouti, Y. F. (2018). Phytochemical composition, antioxidant, antimicrobial and anti-inflammatory activities of date (*Phoenix dactylifera* L.) seed extracts. *Mediterranean Journal of Nutrition and Metabolism*, 11(1), 29–41.

38. Boulénouar, N., Marouf, A., & Cheriti, A. (2011). Antimicrobial activity of Algerian date palm (*Phoenix dactylifera* L.) seed extracts against pathogenic microorganisms. *Advances in Environmental Biology*, 5(7), 1641–1646.

39. Bouras, D. (1994). Les mécanismes d'altération biochimique et brunissement non-enzymatique au cours du stockage des dattes. *Annales de l'Institut National Agronomique d'El Harrach*, 18(1), 54–67.
40. 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.
41. Bruneton, J. (1999). *Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales* (3e éd.). Paris, Éditions Tec & Doc.

C

42. Chaira, N., Ferchichi, A., Mrabet, A., & Sghairoun, M. (2007). Chemical composition of the flesh and pit of date palm fruit and radical scavenging activity of their polyphenols. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 10(13), 2202–2207.
43. Chao, C. T., & Krueger, R. R. (2007). The date palm (*Phoenix dactylifera* L.): Overview of biology, uses, and cultivation. *HortScience*, 42(5), 1077–1082.
44. Chehma, A., Babahani, S., & Longo, H. (2016). Macroéconomie de la filière phoénicole en Algérie : Place de la variété de prestige Deglet Nour dans les exportations hors-hydrocarbures. *Revue Économique Saharienne*, 6(12), 89–104.
45. Cheikh Rouhou, S., Besbes, S., Hentati, B., Blecker, C., Deroanne, C., & Attia, H. (2006). Date palm (*Phoenix dactylifera* L.) seed oil: Chemical composition and thermo-oxidative degradation characteristics. *Food Chemistry*, 98(4), 601–608.
46. Cherifi, H. (2007). Application des charbons actifs issus de noyaux de dattes au traitement des effluents industriels pollués. Thèse de Magister, École Nationale Polytechnique d'Alger, Algérie.
47. Chibane, M., Noui, M., & Benmeddour, Z. (2018). Équilibre textural et propriétés mécaniques de la chair de la datte demi-sèche Deglet Nour. *Journal de Technologie Alimentaire*, 6(2), 143–151.
48. Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI). (2018). Performance standards for antimicrobial susceptibility testing (28th ed.). CLSI supplement M100, Wayne, PA.
49. Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI). (2023). Methods for dilution antimicrobial susceptibility tests for bacteria that grow aerobically (12th ed.). CLSI standard M07, Wayne, PA.
50. Corner, E. J. H. (1976). *The seeds of dicotyledons* (Vols. 1 & 2). Cambridge, Cambridge University Press.

D

51. Daayf, U., El Hadrami, A., & El Boustani, E. (2003). Aspects biochimiques de la résistance du palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) au Bayoud (*Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis*). *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 62(4), 201–212.
52. Dacosta, N. (2003). Classification structurale et propriétés chimiques des groupements hydroxyle aromatiques des polyphénols. *Revue de Phytochimie Moderne*, 14(3), 88–97.
53. Djerbi, M. (1994). Précis de phoeniciculture. Rome, Réseau de coopération technique sur le palmier dattier, FAO.

E

54. Elgasim, E. A., Alyousef, Y. M., & Humeid, A. M. (1995). Possible use of date pits in animal feeds: Effect on sheep growth performance and carcass meat quality. *Bioresource Technology*, 53(2), 149–152.
55. El-Hadrami, A., Daayf, U., & El Boustani, E. (2011). Polysaccharides de réserve et hémicelluloses de l'albumen corné des graines de *Phoenix dactylifera* L.. *Carbohydrate Polymers*, 83(2), 401–411.
56. Elleuch, M., Besbes, S., Roiseux, O., Blecker, C., Deroanne, C., Drira, N. E., & Attia, H. (2008). Date hulls: Chemical composition and characteristics as a source of dietary fibre and aromatic profile. *Food Chemistry*, 109(4), 697–706.
57. Eloff, J. N. (1998). A sensitive and quick microplate method to determine the minimal inhibitory concentration of plant extracts for bacteria. *Planta Medica*, 64(8), 711–713.
- Estanove, P. (1990). Note technique : Valorisation de la datte. *Options Méditerranéennes, Série A*, n°11 : Les systèmes agricoles oasiens, 301-318.
58. Espiard, H. (2002). Anatomie et imagerie structurale des baies tropicales. Paris, Éditions Scientifiques Internationales.

F

59. Fallas-Monge, A., Rivera-Chavarría, M., & Schmidt-Sasso, K. (2022). Mathematical formulation and standard calculation of solid-liquid extraction yields in plant sub-products. *Journal of Food Engineering*, 312, 110–121.
60. Fikry, M., Al-Awaadh, A., Rahman, M. S., & Mekki, I. (2019). Thermal degradation kinetics of phenolic compounds and antioxidant activity of date seeds during roasting process. *Journal of Food Engineering*, 240, 202–211.
61. Foura, M. (1980). Contribution à la caractérisation biochimique et minérale des dattes algériennes. Mémoire d'Ingénieur, Institut National Agronomique, Alger.

G

62. Ghazi, H., & Sahraoui, L. (2005). Paramètres pédoclimatiques et hydriques des oasis phénicoles du Nord-Est saharien. *Revue des Sciences de la Terre*, 12(2), 74–85.
63. Gram, C. (1884). Ueber die isolirte Färbung der Schizomyceten in Schnitt- und Trockenpräparaten. *Fortschritte der Medizin*, 2, 185–189.
64. Guignard, J. L. (1996). *Biochimie végétale* (2e éd.). Paris, Masson Édition.
65. Guo, C., Yang, J., Wei, J., Li, Y., Xu, J., & Jiang, Y. (2003). Antioxidant activities of peel, pulp and seed fractions of common fruits as determined by FRAP assay. *Nutrition Research*, 23(12), 1719–1726.

H

66. Hannachi, S., Khadari, B., & Ahmed, M. (1998). Inventaire morphologique et biochimique des principaux cultivars de dattes algériennes. *Annales de l'INRA Algérie*, 19(1), 12–29.
67. Hussein, A. S., Alhadrami, G. A., & Khalil, Y. H. (1998). The use of date pits in broiler starter and finisher diets. *Bioresource Technology*, 66(3), 219–223.

I

68. Imade, F., Munier, P., & Toutain, G. (1995). Rendement phoénicole et cycle biologique productif des palmiers ancestraux. *Fruits*, 50(4), 289–297.
69. Ishrud, O., Mohamed, A. H., & Abdel-Fattah, S. M. (2001). The structural characterization of galactomannans isolated from date seeds (*Phoenix dactylifera* L.). *Carbohydrate Polymers*, 46(2), 115–121.

J

70. Jassim, S. A. A., & Naji, M. A. (2007). In vitro evaluation of the antiviral activity of an extract of date palm (*Phoenix dactylifera* L.) pits on a pseudorabies virus. *Phytotherapy Research*, 21(1), 20–24.

K

71. Kacha, F., Mentagui, O., & Benmeddour, Z. (2018). Activité de piégeage du radical DPPH par les extraits hydroéthanoliques des co-produits de dattes algériennes. *Journal Algérien de Technologie Alimentaire*, 26(1), 45–53.
72. Khali, M., Bouguedoura, N., & Noui, M. (2013). Valorisation de la farine de noyaux de dattes brute comme ingrédient de substitution sans gluten en panification. *Annales de la*

Technologie Alimentaire Algérienne, 7(3), 201–210.

73. Krebs, N. F. (2000). Overview of zinc absorption and homeostasis in the immune system. *The Journal of Nutrition*, 130(5), 1374S–1377S.

74. Kwaasi, A. A., Harfi, H. A., Parhar, R. S., Al-Sedairy, S. T., & Collison, K. S. (1999). Allergy to date fruits and pollen: Characterization of antigens and cross-reactivities. *Allergy*, 54(5), 465–477.

L

75. Lakhdari, K. (2014). Cartographie et prédominance géographique des palmeraies productrices de la variété Deglet Nour dans les régions de Biskra et d'El Oued. *Revue de l'Oasis*, 11(4), 112–125.

M

76. Maataoui, H., El-Gharous, M., & Ourradi, H. (2020). Influence de la nature aqueuse versus hydroalcoolique du solvant sur les CMI des extraits de graines de fruits sahariens. *Phytothérapie Africaine*, 18(2), 88–96.

77. Maaza, M., Chibane, M., & Bouguedoura, N. (2019). Effet inhibiteur des extraits riches en polyphénols de noyaux de dattes sur les entérobactéries pathogènes. *Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires*, 7(3), 395–402.

78. Machéix, J. J., Fleuriet, A., & Billot, J. (1990). *Fruit phenolics*. Boca Raton, FL, CRC Press.

79. Magaldi, S., Mata-Essayag, S., Hartung de Capriles, C., Perez, C., Colella, M. T., Olaizola, C., & Ontiveros, Y. (2004). Well diffusion assay for antibiotic susceptibility testing. *International Journal of Infectious Diseases*, 8(1), 39–45.

80. Mansouri, A., Embarek, G., Kokkalou, E., & Kefalas, P. (2005). Phenolic profile and antioxidant activity of Algerian date palm fruit (*Phoenix dactylifera* L.) cultivars. *Food Chemistry*, 89(3), 411–420.

81. Marfak, A. (2003). Radiolyse des flavonoïdes : Étude des mécanismes de transfert d'électrons et de stabilisation radicalaire. Thèse de Doctorat, Université de Limoges, France.

82. Marmonier, A. (1986). Introduction aux techniques de la microbiologie quantitative et détermination des rapports CMI/CMB. Paris, Éditions Biomédicales.

83. McFarland, J. (1907). The nephelometer: An instrument for estimating the number of bacteria in suspensions. *Journal of the American Medical Association*, 49(14), 1176–1178.

84. McGaw, L. J., Van der Merwe, D., & Eloff, J. N. (2007). In vitro evaluation of antimicrobial, anthelmintic and cytotoxic activity of five *Phoenix* species seeds extracts. *Journal of Ethnopharmacology*, 112(3), 492–497.

85. Molyneux, P. (2004). The use of the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity. *Songklanakarin Journal of Science and Technology*, 26(2), 211–219.

86. Mrabet, A., Jiménez-Araujo, A., Guillén-Bejarano, R., Rodríguez-Arcos, R., & Sindic, M. (2020). Date seeds: A promising source of dietary fiber, proteins and lipids for functional foods. *Foods*, 9(7), 896–912.

87. Munier, P. (1973). *Le palmier dattier*. Paris, Éditions G.P. Maisonneuve et Larose.

N

88. Nehdi, I., Omri, S., Khalil, M. I., & Al-Resayes, S. I. (2010). Characteristics and chemical composition of date palm (*Phoenix dactylifera* L.) seeds and seed oil. *Industrial Crops and Products*, 32(3), 360–365.

89. Noui, M. (2001). Étude de la caractérisation glucidique et cinétique d'accumulation des sucres réducteurs dans la pulpe de datte. *Journal de Biochimie Appliquée*, 5(1), 22–31.

O

90. Oucif Khaled, M. (2017). La filière phoénicole en Algérie : Analyse statistique du patrimoine arboricole et volumes de production. *Annales des Statistiques Agricoles Nationales*, 34(1), 55–69.

91. Ourradi, H., Ennassir, J., Bouhlali, E. d. T., & Alem, C. (2021). Date seeds (*Phoenix dactylifera* L.) of Moroccan cultivars: Profiling of phenolic compounds and evaluation of antioxidant potential. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 15(2), 1845–1856.

92. Özcan, M. M., Juhaimi, F. A., & Ahmed, I. A. M. (2015). Effect of solvent type on phenolics, flavonoids and antioxidant activity of date seeds. *Environmental Monitoring and Assessment*, 187(4), 190–199.

P

93. Perret, C. (2001). Implications technologiques et organoleptiques des tanins condensés dans les matrices agroalimentaires. *Sciences des Aliments*, 21(4), 367–381.

R

94. Rahman, M. S., Al-Farsi, M. A., & Al-Amri, M. S. (2007). Thermal characteristics of date pits and its application as a non-caffeinated alternative beverage. *Journal of Food Engineering*, 80(3), 912–919.

95. Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., & Rice-Evans, C. (1999).

Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology and Medicine*, 26(9-10), 1231–1237.

96. Richarde, J. (1972). *Anatomie microscopique des fruits à noyau*. Paris, Éditions Universitaires.

S

97. Saddiq, A. A., & Bawazir, A. E. (2010). Antimicrobial activity of date palm (*Phoenix dactylifera* L.) extracts against some pathogenic bacterial strains. *Journal of King Abdulaziz University: Science*, 22(1), 15–26.

98. Samad, M., Mentagui, O., & Benmeddour, Z. (2016). Influence de la polarité des solvants hydroalcooliques sur l'extraction des structures flavonoïques des graines de fruits tropicaux. *Journal de la Société Chimique de Tunisie*, 18(2), 114–123.

99. Sánchez-Moreno, C., Larrauri, J. A., & Saura-Calixto, F. (1998). A procedure to measure the antiradical efficiency of polyphenols. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 76(2), 270–276.

100. Sawaya, W. N., Khalil, J. K., & Safi, W. J. (1984). Chemical composition and nutritional quality of date seeds. *Food Chemistry*, 13(1), 1–12.

101. Shahidi, F., & Naczk, M. (2004). *Phenolics in food and nutraceuticals*. Boca Raton, FL, CRC Press.

102. Siboukeur, O. (1997). Contribution à l'étude biochimique de la datte Deglet Nour du Bas-Sahara. Mémoire de Magister, Université de Ouargla, Algérie.

103. Simozrag, A., Chibane, M., & Bouguedoura, N. (2016). Exigences écophysiologiques et sommes thermiques estivales du cultivar Deglet Nour dans l'oasis de Tolga (Biskra). *Annales de l'Institut National Agronomique d'Algérie*, 30(1), 89–103.

104. Singh, M., Kumar, A., & Bonev, B. (2016). Comparative reliability of agar well diffusion versus disk diffusion techniques in screening crude plant extracts. *Journal of Microbiological Methods*, 122, 54–61.

105. Soong, Y. Y., & Barlow, P. J. (2004). Antioxidant activity and phenolic content of selected fruit seeds. *Food Chemistry*, 88(3), 411–417.

106. Suja, K. P., Jayalekshmy, A., & Arumughan, C. (2005). Antioxidant activity of sesame cake extracts on geometric dilution scales. *Food Chemistry*, 91(4), 717–723.

T

107. Tafti, A. G., Peighambaroust, S. H., & Bahrami, A. (2017). Applications of date seed extract as an anti-aging active ingredient in dermo-pharmacy skin formulations. *Journal of*

Cosmetic Dermatology, 16(3), 401–409.

108. Tariq, M., Al-Rejaie, S., & Al-Saeed, M. (2000). Implication of dietary fibers from Phoenix dactylifera seeds in the regulation of lipid profile and blood glucose levels. Saudi Medical Journal, 21(5), 441–448.

109. Taylor, W. I., & Achanzar, D. (1972). Catalase production and morphology in Gram-positive and Gram-negative reference strains. Applied Microbiology, 24(1), 58–61.

110. Thaipong, K., Boonprakob, U., Crosby, K., Cisneros-Zevallos, L., & Hawkins Byrne, D. (2006). Comparison of ABTS, DPPH, FRAP, and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts. Journal of Food Composition and Analysis, 19(6-7), 669–675.

111. Thouri, A., Chahdoura, H., El Arem, A., Hichri, A. O., Achour, L., & Khouja, M. L. (2011). Effect of solvent extraction on phytochemical profile and antioxidant activity of Tunisian date seeds. Industrial Crops and Products, 34(1), 764–771.

112. Thouri, A., El Arem, A., & Achour, L. (2017). Antioxidant efficiency of combined acetonic/aqueous solvent systems on Tunisian Deglet Nour date seeds. Journal of Food Biochemistry, 41(3), e12350.

V

113. Valgas, C., Souza, S. M. d., Smânia, E. F. A., & Smânia Jr, A. (2007). Screening methods to determine antibacterial activity of natural products. Brazilian Journal of Microbiology, 38(2), 369–380.

W

114. Waisel, Y., Keynan, N., Gilboa, A., & Ram, C. (1994). Allergenicity of airborne date palm pollen grains in arid regions. Clinical & Experimental Allergy, 24(9), 839–844.

Y

115. Yahiaoui, M. (1988). Les dégradations physiques et chocs mécaniques lors du conditionnement post-récolte des fruits sahariens. Revue Algérienne de Génie Rural, 3(1), 14–25.

116. Yahiaoui, M. (1998). Évolution des tanins solubles et perte d'astringence au cours des phases physiologiques de maturation de la datte. Annales de l'INRA Algérie, 20(2), 99–114.

Z

117. Zaid, A. (2002). Date palm cultivation. FAO Plant Production and Protection Paper, N° 156, Rome, Food and Agriculture Organization of the United Nations.



Annexes

Annexe 1

Tableau A1 : Évolution du taux d'inhibition du radical DPPH par l'extrait de dattes (Deglet Nour) en fonction de la concentration.

Concentration (mg/mL)	Absorbance	Pourcentage d'inhibition (%)
Contrôle	0,800	0 %
20	0,140	82,5 %
10	0,280	65 %
5	0,450	43,75 %
2,5	0,590	26,25 %
1,25	0,680	15 %
0,6	0,740	7,5 %

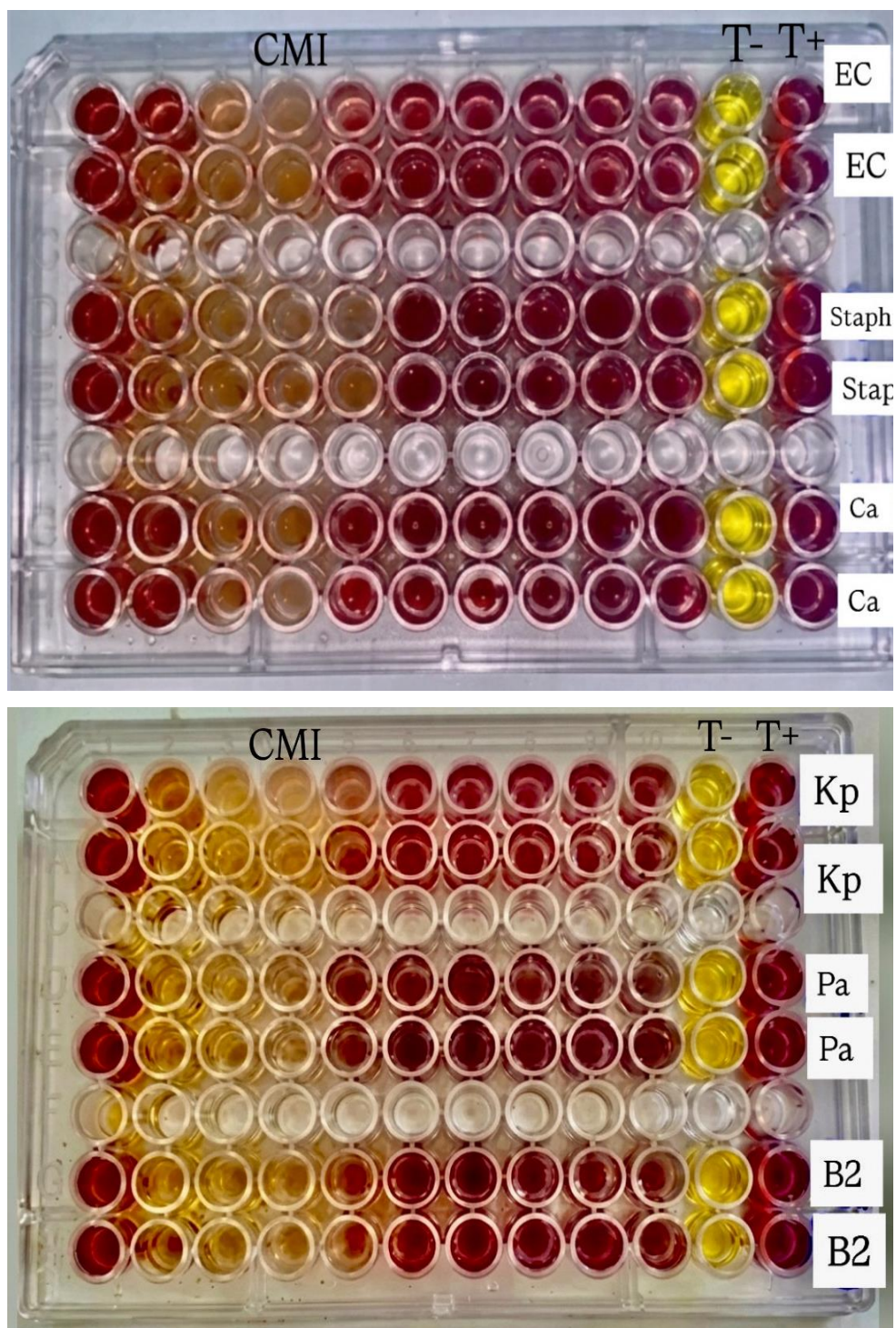
Annexe 2

Tableau A2 : Évolution du taux d'inhibition du radical DPPH par l'acide ascorbique (témoin positif) en fonction de la concentration.

Concentration (µg/mL)	Absorbance	Pourcentage d'inhibition (%)
Contrôle	0,800	0 %
20	0,440	45 %
40	0,220	72,5 %
60	0,110	86,3 %
80	0,065	91,9 %
100	0,045	94,4 %

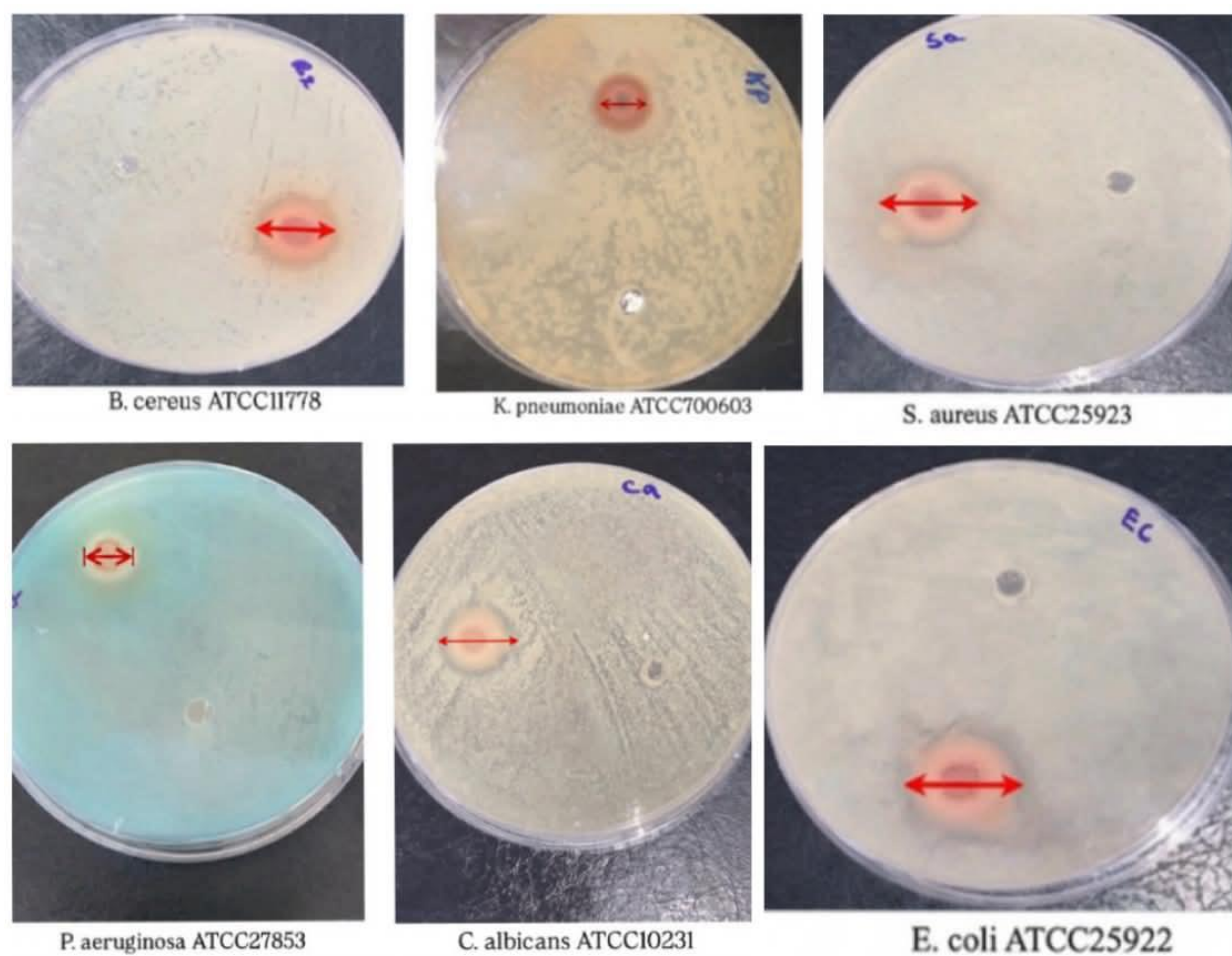
Annexe 3

Figure A1 : Visualisation sur microplaque pour la détermination de la CMI de l'extrait de noyaux de datte Variété Deglet Nour .



Annexe 4

Figure A2 : Evaluation des zones d'inhibition de la croissance microbienne induites par l'extrait de poudre de noyaux de dattes (Deglet noir) par la method de diffusion sur gèlose (technique des puits)



Annexe 5

Figure A3 : D termination de la concentration Minimale Bact ricide (CMB) de l' trait de poudre de noyaux de datte Deglet Nour sur les diff rentes souches microbiennes .

