



Université Constantine 1 Frères Mentouri  
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

جامعة قسنطينة 1 الإخوة منتوري  
كلية علوم الطبيعة والحياة

Département : Biologie Végétale

قسم : بيولوجيا النبات

Mémoire présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité : Biologie et Physiologie de la Reproduction.

N° d'ordre :

N° de série :

Intitulé :

---

## Étude phytochimique et valorisation biologique des extraits et de l'huile des noyaux de palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.)

---

Présenté par : MESSIKH Zineb

Le : 23/06/2025

Jury d'évaluation :

Président :	MADI Aicha	(MCA - U Constantine 1 Frères Mentouri).
Encadrant :	CHAIB Ghania	(PROF - U Constantine 1 Frères Mentouri).
Co-encadrant :	HARRAT Wahiba	(MRB – INRAA-Unité de recherche constantine).
Examineur(s) :	BOULACEL Mouad	(MCA - U Constantine 1 Frères Mentouri).

Année universitaire  
2024 – 2025

## REMERCIEMENTS

Avant tout, je remercie **ALLAH**, le Tout Puissant, de m'avoir donné le courage, la volonté et la force d'élaborer ce modeste travail.

Je tiens à exprimer ma plus sincère reconnaissance à mon encadrante **M<sup>me</sup>. CHAIB Ghania**, Professeur à l'Université Constantine 1 Frères Mentouri, pour son encadrement rigoureux, sa disponibilité constante, sa patience et la pertinence de ses orientations scientifiques.

Je la remercie vivement pour le temps précieux qu'elle a consacré à la relecture attentive et aux nombreuses suggestions ayant grandement contribué à l'amélioration de ce mémoire.

Ce travail a été réalisé sous sa direction avec un grand intérêt, J'espère avoir été à la hauteur de la confiance qu'elle m'a accordée.

Je remercie également l'équipe de Laboratoire de developement et valorisation des ressources phytogenetique (DVRP).

Je tiens à adresser un grand merci à l'équipe de l'INRAA (Institut National de la Recherche Agronomique d'Algérie), notamment à M<sup>me</sup>. HARRAT Wahiba mon cco-encadrant et M<sup>me</sup>. BOUSSAHA Sawssen.

J'adresse mes remerciements aux personnes qui m'ont aidés dans la réalisation de ce mémoire et spécialement Dr. BOUKABACHE Meriem et M<sup>me</sup>. ZERDANI Ouafia et M. BELKACEM Karim, pour leur aide qu'elle m'ont apportée.

J'exprime également ma profonde gratitude à l'ensemble de mes enseignants, qui m'ont transmis leur savoir et leur expérience tout au long de mon parcours universitaire, me permettant ainsi d'acquérir les compétences scientifiques nécessaires à la réalisation de ce mémoire.

A tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour réaliser ce travail.

Je tiens à vous dire...

***Merci***

## DÉDICACE

À mes chers parents qui ont tant attendu ce jour.

À mon frère et mes sœurs.

À mes adorables nièces.

À mes proches et à mes amis.

À moi

# TABLE DES MATIERES

**Remerciements**

**Dédicace**

**Table des matières**

**Liste des figures**

**Liste des tableaux**

**Résumé**

<b>Introduction générale .....</b>	<b>2</b>
<b>Partie I : Synthèse bibliographique .....</b>	<b>5</b>
<b>Chapitre 1 - Généralité Sur le palmier dattier.....</b>	<b>5</b>
1. Aspect botanique du palmier dattier.....	5
2. Stades de croissance (phénologie).....	8
2.1. Phénologie annuelle.....	9
3. Classification scientifique.....	9
3.1. Classification selon Cronquist (1981) .....	9
4. L'origine du palmier dattier.....	10
5. La datte .....	10
5.1. Description de la datte .....	10
5.2. Classification des dattes .....	11
6. Répartition géographique du palmier dattier et production de dattes.....	12
6.1. Dans le monde: .....	12
6.2. Dans l'Algérie : .....	14
7. Importance des dattes .....	15
<b>Chapitre 2 - Noyaux de dattes.....</b>	<b>17</b>
1. Description morphologique du noyau de datte.....	17
2. Composition chimique du noyau de datte .....	17
2.1. Contenu minéral .....	17
2.2. Composition en matière grasse.....	18
2.3. Teneur en sucres .....	18
2.4. Teneur en polyphénols .....	18
2.5. Antioxydants.....	18
3. Valorisation multifonctionnelle des noyaux de dattes.....	19
3.1. Utilisation en alimentation animale.....	19
3.2. Alternative au café décaféiné .....	19

3.3. Fabrication de pain .....	19
3.4. Production de biomasse de levure .....	19
3.5. Élaboration de charbon actif.....	19
3.6. Autres applications biotechnologiques.....	20
<b>Chapitre 3 – L’huile des noyaux des dattes.....</b>	<b>21</b>
1. Définition des huiles végétales .....	21
2. Différence entre huile végétale et huile essentielle .....	21
3. Méthodes d'extraction des huiles végétales .....	22
3.1. Pression à froid (cold pressing) .....	22
3.2. Extraction par solvants .....	23
3.3. Méthode de Soxhlet.....	23
3.4. Extraction assistée par ultrasons (UAE).....	23
3.5. Extraction assistée par micro-ondes (MAE).....	23
3.6. Extraction par fluides supercritiques (SFE) .....	23
<b>Partie II : Etude expérimentale .....</b>	<b>25</b>
1. Région d'étude.....	25
2. Matériel végétal .....	25
3. Caractérisation morphologique de la datte .....	26
3.1. Mesures sur la datte .....	26
3.2. Mesures sur le noyau (avant et Après l'imbibition) .....	26
4. Les étapes de l'expérimentation .....	28
5. Préparation des échantillons .....	28
6. L'extraction par Soxhlet .....	29
6.1. Extraction d'huile par Soxhlet.....	30
6.1.1. Méthode d'extraction.....	30
6.1.2. Récupération de l'huile .....	31
6.1.3. Conservation.....	31
6.2. Extraction des composés bioactifs par soxhlet .....	32
6.2.1. Méthode d'Extraction Méthanoïque.....	32
6.2.2. Récupération de l'extrait .....	32
6.3. Le rendement d'extraction.....	33
7. Analyse qualitative (pour les extraits méthanoïque) .....	33
7.1. Criblage phytochimiques.....	33
7.1.1. Les polyphénols.....	34
7.1.2. Les Flavonoïdes.....	34
7.1.3. Les Tannins .....	34

7.1.4. Les Saponosides (Test de mousse) .....	34
7.1.5. Terpénoïdes (Test de Slakowski) .....	34
7.1.6. Les Stéroïdes .....	34
7.1.7. Les Coumarines .....	35
7.1.8. Les Alcaloïdes (Test de Mayer).....	35
7.1.9. Les Anthocyanes .....	35
7.1.10. Les Glycosides cardiaques.....	35
7.1.11. Les Anthraquinone .....	35
8. Analyse quantitative .....	35
8.1. Dosage des polyphénols totaux (TPC) .....	35
8.1.1. Principe.....	35
8.1.2. Mode opératoire.....	35
8.2. Dosage des flavonoïdes totaux (TFC) .....	37
8.2.1. Principe.....	37
8.2.2. Mode opératoire.....	37
8.3. Tanins condensés .....	38
8.3.1. Principe.....	38
8.3.2. Mode opératoire.....	38
8.4. Etude de l'activité antioxydante par le test DPPH .....	39
8.4.1. Principe.....	39
8.4.2. Préparation de la solution de DPPH: .....	39
8.4.3. Préparation des différentes concentrations des extraits .....	40
8.4.4. Expression des résultats.....	41
9. GC-MS ( Pour l'huile).....	41
9.1. Principe.....	41
9.2. Méthode d'analyse.....	42
9.2.1. Chromatographie en phase gazeuse ( GC) .....	42
9.2.2. Spectromètre de masse (MS).....	42
10. Etude de l'activité antimicrobienne .....	43
10.1. Activité antibactérienne .....	43
10.1.1. Principe.....	43
10.1.2. Le but.....	43
10.1.3. Méthode des puits.....	43
10.1.4. Les souches bactériennes .....	43
10.1.5. Stérilisation du matériels .....	43
10.1.6. Préparation des suspensions bactériennes .....	43
10.1.7. Ensemencement des boîtes .....	44

10.1.8. Préparation des concentrations des extraits végétaux.....	44
10.1.9. Préparation des dilutions d'huiles végétales .....	45
10.1.10. Incubation et lecture des résultats.....	45
10.2. Activité antifongique .....	45
10.2.1. Principe.....	45
10.2.2. Le but.....	46
10.2.3. Matériel et équipements utilisés .....	46
10.2.4. Champignons utilisés.....	46
10.2.5. Produits chimiques et milieux de culture .....	46
10.2.6. Préparation du milieu de culture PDA (Potato Dextrose Agar) .....	47
10.2.7. Incorporation des extraits dans le milieu de culture .....	48
10.2.8. Inoculation des milieux de culture par disques mycéliens .....	48
10.2.9. Incubation .....	48
10.2.10. Préparation de la suspension fongique .....	49
10.2.11. Préparation des concentrations d'huiles végétales .....	49
10.2.12. Évaluation de l'activité antifongique des huiles végétales par la méthode des puits .....	49
10.2.13. Évaluation de la croissance fongique .....	51
11. Analyse statistique.....	52
<b>Partie III : Résultats et discussion.....</b>	<b>54</b>
1. Résultats morphométriques des noyaux avant et après imbibition.....	54
1.1. La largeur des grains.....	54
1.2. La longueur des graines.....	56
L'analyse des mesures révèle que la longueur des noyaux a augmenté chez toutes les variétés après imbibition.....	56
La plus forte variation a été observée chez la variété Degla Beïda, avec une augmentation de 3,70 mm, passant de 18,22±1,83 mm à 21,92±1,07 mm respectivement avant et après imbibition. En revanche, la variété Ghars a présenté la plus faible augmentation, estimée à 1,43 mm, avec des valeurs allant de 7,04±2,36 mm à 7,59±3,12 mm.....	56
1.3 Le poids des graines .....	58
1.4. Interprétation de l'augmentation des dimensions des graines étudiées.....	60
2. Le rendement de l'extrait et d'huile de noyaux des dattes .....	61
2.1. La couleur des huiles .....	62
2.2. La couleur des extraits méthanolique .....	63
3. Criblage phytochimique .....	64
4. Étude de la teneur en composés bioactifs.....	67

4.1. Détermination de la teneur en polyphénols totaux .....	67
4.2. Détermination de la teneur en flavonoïdes totaux .....	70
4.3. Détermination de la teneur en tanins .....	74
4.3. Comparaison des métabolites chez les deux variétés .....	77
5. Étude des activités biologiques.....	77
5.1. Activité anti-radicalaire au DPPH .....	77
6. Evaluation de la GC-MS .....	81
7. Evaluation de l'activité antimicrobienne .....	82
7.1. Activité antifongique .....	82
7.1.1. l'extrait méthanolique.....	82
7.1.1.1. Effet des extraits sur la croissance <i>Verticillium</i> .....	82
7.1.1.2. Analyse des Résultats contre <i>Fusarium</i> .....	84
7.1.2. L'huile .....	90
7.2. Activité antibactérienne.....	92
7.2.1. Extrait méthanolique.....	92
7.2.2. L'huile .....	93
<b>Conclusion générale .....</b>	<b>96</b>
<b>Références bibliographiques.....</b>	<b>100</b>
<b>Annexe .....</b>	<b>112</b>



## LISTE DES FIGURES

**Figure. 01:** Présentation schématique des différentes parties d'un palmier dattier adulte

**Figure 02:** Schéma d'une palme

**Figure 03:** Schéma d'une palme

**Figure 04:** Inflorescences et fleurs du palmier dattier

**Figure 05 :** Différents cultivars de dattes aux différents stades de développement. (a) stade Kimri, (b) stade khalaal, (c) stade rutab, (d) stade tamr

**Figure 06:** (a) Fruit et graine de *Phoenix dactylifera*, (b) Diversité de taille de forme et de couleur des dattes (stade Khalaal) en Inde

**Figure 07 :** Répartition géographique du palmier dattier dans le monde

**Figure 08 :** Production mondiale des dattes

**Figure 09 :** Production nationale des dattes

**Figure 10:** Morphologie et anatomie du noyau de datte

**Figure 11 :** Quatre variétés des noyaux de dattes (Ghars, Degla Beidaa, Ajwa Beskrya et Gerbaa).

**Figure12 :** les dimensions et le poids des graines de dattes.

**Figure13 :** les dimensions et le poids et l'imbibition des noyaux de dattes.

**Figure 14:** protocole expérimental.

**Figure15 :** Broyage des noyaux de dattes à l'aide d'un blender.

**Figure 16 :** Extraction de l'huile des noyaux de dattes de quatre variétés par la méthode de Soxhlet.

**Figure 17 :** Évaporateur rotatif.

**Figure18 :** Soxhlet.

**Figure 19 :** Étuve.

**Figure 20 :** Préparation de la solution de DPPH.

**Figure21 :** les dilutions des extraits.

**Figure 22:** Protocole du test DPPH pour l'évaluation de l'activité antioxydante.

**Figure23 :** Appareil de la GC-MS.

**Figure 24 :** Ensemencement des boîtes de Pétri avec *E. coli*.

- Figure25 :** Mise en incubation des boîtes de Pétri pour l'évaluation de l'activité antifongique des extraits.
- Figure26 :** Préparation de la suspension fongique.
- Figure 27 :** Ensemencement du milieu de culture par le champignon.
- Figure28 :** Préparation des puits pour l'inoculation.
- Figure29:** Histogramme de largeur des graines de dattes avant et après l'imbibition.
- Figure30:** Histogramme de longueur des graines de dattes avant et après imbibition.
- Figure31:** Histogramme de longueur des graines de dattes avant et après l'imbibition.
- Figure 32:** Le rendement de l'extrait et d'huile de noyaux des dattes.
- Figure 33:** L'Huile des noyaux de dattes de la variété Ghers(A), Degla beida(B), Ajwa beskria(C), Gerbaa(D).
- Figure34:** l'extrait méthanoïque.
- Figure 35 :** Gamme des concentrations de l'acide gallique pour le dosage des polyphénols totaux. (photo original).
- Figure 36:** Courbe d'étalonnage de l'acide gallique pour le dosage des polyphénols totaux.
- Figure 37 :** Les extraits obtenus pour le dosage des polyphénols.
- Figure 38:** les concentrations de la catéchine pour le dosage des tannins condensés.
- Figure 39 :** Courbe d'étalonnage de la catéchine pour le dosage des tannins condensés.
- Figure 40:** Dosage des tanins polyphénols totaux des deux variétés étudiées
- Figure 41 :** Comparaison des métabolites chez les deux variétés
- Figure 42 :** Effet des différentes concentrations sur l'activité antiradicalaire (DPPH) des extraits méthanoliques, de noyaux de deux variétés de Palmier Dattier exprimée en mg/mL.
- Figure 43 :** Pourcentages de l'inhibition de la DPPH en fonction des concentrations.
- Figure 44 :** Concentration de l'inhibition de la DPPH exprimée en (mg/mL).
- Figure 45:** Profil chromatographique GC-MS de l'huile de noyau de datte.
- Figure 46 :** Histogramme des pourcentages d'inhibition des extraits vis-à-vis de *Verticillium* sp.
- Figure 47 :** Histogramme des pourcentages d'inhibition des extraits vis-à-vis de *Fusarium* sp.

**Figure 48 :** Pourcentages d'inhibition d'huile vis-à-vis de *Fusarium sp.*

## LISTE DES TABLEAUX

**Tableau 01:** Cycle végétatif annuel du palmier dattier.

**Tableau 02 :** Classification du palmier dattier

**Tableau 03:** Classification des dattes selon leur consistance (Espiard, 2002).

**Tableau04 :** Différence entre huile végétale et huile essentielle.

**Tableau 05 :** Méthode de dosage des polyphénols.

**Tableau06 :** Méthode de dosage des flavonoïdes.

**Tableau 07 :** Méthode de dosage des tanins.

**Tableau 08 :** Analyse de la variance pour le paramètre largeur de graines.

**Tableau 09 :** Groupes homogènes de traitement pour le paramètre largeur de graines.

**Tableau 10 :** Groupes homogènes de traitement pour le paramètre largeur de graines.

**Tableau 11 :** Analyse de la variance pour le paramètre longueur de graines.

**Tableau 12 :** Groupes homogènes de traitement pour le paramètre longueur de graines.

**Tableau 13 :** Groupes homogènes de traitement pour le paramètre longueur de graines.

**Tableau 14 :** Groupes homogènes de l'interaction (Variétés, traitement) pour le paramètre longueur de graines.

**Tableau 15 :** Analyse de la variance pour le paramètre poid de graines.

**Tableau 16 :** Groupes homogènes de traitement pour le paramètre poid de graines.

**Tableau 17 :** Groupes homogènes de traitement pour le paramètre poid de graines.

**Tableau 18 :** Groupes homogènes de l'interaction (Variétés, traitement) pour le paramètre poid de graines.

**Tableau 19 :** La couleur des extraits méthanoïque

**Tableau 20 :** Criblage phytochimique des extraits des noyaux étudiés.

**Tableau 21:** Analyse de variance du dosage des flavonoïdes totaux d'extraits des ND de différentes variétés étudiées.

**Tableau 22 :** Groupes homogènes des variétés pour la teneur des flavonoïdes.

**Tableau 23 :** Analyse de la variance pour le paramètre % d'inhibition du DPPH.

**Tableau 24 :** Groupes homogènes de Variétés pour le paramètre % d'inhibition du DPPH.

**Tableau 25 :** Groupes homogènes des concentrations pour le paramètre % d'inhibition du DPPH.

**Tableau 26:** Groupes homogènes de l'interaction (variété ×concentration) pour le paramètre % d'inhibition du DPPH chez les noyaux de dattes..

**Tableau 27 :** les résultats d'inhibition des extraits vis-à-vis de *Verticillium sp.*

**Tableau 28 :** les résultats d'inhibition des extraits vis-à-vis de *Fusarium sp.*

**Tableau 29 :** Analyse de variance à trois facteurs ( Extrait , concentration , Champignon )pour la variable zone d'inhibition chez les extraits méthanoliques de noyaux de deux variétés de palmier dattier.

**Tableau30:** Groupes homogènes des variétés, concentration et champignon.

**Tableau 31 :** Groupes homogènes de l'interaction (variétés, concentration).

**Tableau 32 :** Groupes homogènes de l'interaction (Variétés, chompignon).

**Tableau 33 :** Groupes homogènes de l'interaction (concentration, champignon).

**Tableau 34 :** Groupes homogènes de l'interaction (variétés, concentration, champignon).

**Tableau 35 :** les résultats d'inhibition d'huile vis-à-vis de *Fusarium sp.*

**Tableau 36:** Analyse de variance du concentration des huiles.

**Tableau37:** Groupes homogènes des variétés.

**Tableau38 :** Groupes homogènes des concentrations.

**Tableau 39 :** les résultats d'inhibition des extraits vis-à-vis de *E.coli.*

**Tableau 40 :** les résultats d'inhibition d'huile vis-à-vis de *E.coli.*

## LISTE DES ABRÉVIATIONS

**T** : Température.

**°C**: Degré Celsius.

**g**: gramme.

**mg** : milligrammes.

**µg**: Microgrammes.

**ml**: Millilitre.

**FAO**: Food and Agriculture Organisation.

**IC 50** : Concentration Inhibitrice 50.

**DMSO** : Diméthylsulfoxyde

**EAG** : Equivalant Acide Gallique.

**DPPH** : 2,2-Diphényl-1-picrylhydrazine

**ND** : Noyaux de Dattes.

**AlCl<sub>3</sub>** : Chlorure d'aluminium.

## Résumé

Dans un contexte de valorisation des sous-produits agroalimentaires, cette étude s'est intéressée aux noyaux de palmier dattier (*Phoenix dactylifera L.*), plus précisément aux variétés algériennes Ghars, Degla Beida, Ajwa beskria et Gerbaa en vue d'évaluer leur richesse phytochimique et leur potentiel biologique. Après imbibition, une augmentation significative des dimensions (longueur, largeur) et du poids des noyaux a été observée, traduisant une activité physiologique interne.

Des extractions méthanoliques et lipidiques ont été réalisées, et les rendements ont varié selon la variété. Le criblage phytochimique des extraits méthanolique a mis en évidence la présence importante de polyphénols, flavonoïdes, tanins condensés, saponines, stéroïdes et terpènes, confirmant la complexité chimique de ces matrices végétales.

La teneur élevée en composés phénoliques confirmée par des dosages spécifiques et se traduit par une activité antioxydante marquée, notamment chez Degla Beida. L'analyse GC-MS de l'huile n'a pas révélé de composés volatils exploitables, mais des tests biologiques ont montré une activité antifongique partielle contre *Fusarium*. Par contre les extraits méthanoliques possèdent une activité antifongique positive contre les deux champignons *Fusarium* et *Verticillium*. En revanche, aucune activité antibactérienne notable n'a été détectée contre *Escherichia coli*.

Ces résultats mettent en lumière le potentiel des noyaux de dattes comme source naturelle de composés bioactifs à visée antioxydante et antifongique, ouvrant ainsi des perspectives intéressantes pour leur intégration dans les domaines pharmaceutique, agroalimentaire et cosmétique. Des améliorations méthodologiques, notamment via des techniques analytiques plus sensibles et des méthodes d'extraction optimisées, sont à envisager pour approfondir cette valorisation.

**Mots clés :** *Phoenix dactylifera L.*, Noyaux de dattes, métabolites secondaires, activités biologiques, extraction végétale, l'huile.

## Abstract

In the context of agro-industrial by-product valorization, this study focused on the seeds of the date palm (*Phoenix dactylifera* L.), specifically the Algerian cultivars *Ghars*, *Degla Beida*, *Ajwa Beskria*, and *Gherbaa*, with the aim of evaluating their phytochemical richness and biological potential. After soaking, a significant increase in kernel dimensions (length and width) and weight was observed, indicating internal physiological activity.

Methanolic and lipid extractions were performed, with yields varying depending on the variety. Phytochemical screening of the methanolic extracts revealed a high presence of polyphenols, flavonoids, condensed tannins, saponins, steroids, and terpenes, confirming the chemical complexity of these plant matrices.

The high content of phenolic compounds, confirmed by specific quantification, was associated with strong antioxidant activity, particularly in *Degla Beida*. GC-MS analysis of the extracted oil did not reveal detectable volatile compounds. However, biological assays showed partial antifungal activity of the oil against *Fusarium*. In contrast, the methanolic extracts exhibited clear antifungal activity against both *Fusarium* and *Verticillium*. No significant antibacterial activity was observed against *Escherichia coli*.

These findings highlight the potential of date seeds as a natural source of bioactive compounds with antioxidant and antifungal properties, opening promising perspectives for their application in the pharmaceutical, food, and cosmetic industries. Further optimization of extraction procedures and implementation of more sensitive analytical techniques are recommended to enhance the exploitation of these valuable resources.

**Keywords :** *Phoenix dactylifera* L., Date seeds, Secondary metabolites, Biological activities, Plant extraction, oil.



## الملخص

في سياق السعي نحو تثمين المخلفات الزراعية والصناعات الغذائية، ركزت هذه الدراسة على نوى ثمار نخيل التمر (*Phoenix dactylifera L.*)، وبشكل خاص على الأصناف الجزائرية: الغرس، الدقلة البيضاء، العجوة البسكية، وقرباع، بهدف تقييم غناها بالمركبات الفيتوكيميائية وإمكاناتها البيولوجية.

أظهرت نتائج عملية التشرب بالماء زيادة ملحوظة في أبعاد النوى (الطول والعرض) ووزنها عند جميع الأصناف المدروسة، مما يعكس نشاطاً فيزيولوجياً داخلياً.

تم إجراء استخلاصات ميثانولية وزيتية، وتبين أن مردود الاستخلاص يختلف حسب الصنف. وقد كشف التحري الفيتوكيميائي للمستخلصات الميثانولية عن وجود مرتفع لمركبات البوليفينولات، الفلافونويدات، التانينات المكثفة، السابونينات، الستيرويدات، والتربينات، مما يدل على تعقيد التركيب الكيميائي لهذه المكونات النباتية.

أكد التحليل الكمي أن المحتوى العالي من المركبات الفينولية، خاصة لدى صنف الدقلة البيضاء، يرتبط بنشاط مضاد للأكسدة ملحوظ. أما تحليل GC-MS للزيت فلم يُظهر مركبات طيارة قابلة للاستغلال. ومع ذلك، بينت الاختبارات البيولوجية وجود نشاط مضاد للفطريات جزئي ضد فطر *Fusarium* في الزيت، في حين أظهرت المستخلصات الميثانولية نشاطاً مثبطاً إيجابياً ضد فطري *Verticillium* و *Fusarium coli*، على العكس، لم يُسجل أي نشاط مضاد للبكتيريا ضد *Escherichia coli*.

تسلط هذه النتائج الضوء على الإمكانات الكبيرة لنوى التمر كمصدر طبيعي غني بالمركبات الحيوية الفعالة، لا سيما تلك ذات الخصائص المضادة للأكسدة والفطريات، مما يفتح أفقاً واعدة لاستخدامها في مجالات الصناعات الصيدلانية، الغذائية، والتجميلية. ويوصى بتحسين منهجيات الاستخلاص والتحليل، من خلال تطبيق تقنيات أكثر حساسية، لتعزيز تثمين هذه الموارد النباتية.

## الكلمات المفتاحية

*Phoenix dactylifera L.*، نوى التمر، المركبات الثانوية، النشاطات البيولوجية، الاستخلاص النباتي، الزيت.

# **Introduction générale**

## Introduction générale

### Introduction générale

Le palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) constitue une espèce stratégique pour les régions arides et semi-arides, en particulier en Afrique du Nord et au Moyen-Orient, où il assure depuis plus de 5000 ans un rôle fondamental dans les systèmes agro-écologiques traditionnels (Al-Farsi & Lee, 2008). Bien que ses fruits soient largement valorisés sur les plans nutritionnel et commercial, une part importante de ses sous-produits, notamment les noyaux représentant jusqu'à 15 % du poids du fruit, demeure insuffisamment exploitée (Besbes et *al.*, 2004).

Pourtant, ces noyaux recèlent une richesse remarquable en composés bioactifs : polyphénols (acide gallique, protocatéchique), flavonoïdes (quercétine, kaempférol), tanins condensés, stérols végétaux ( $\beta$ -sitostérol) ainsi qu'une fraction lipidique majoritairement composée d'acides gras insaturés (oléique, linoléique), conférant à l'huile des propriétés nutritionnelles et fonctionnelles notables (Habib et *al.*, 2013 ; Nehdi et *al.*, 2010). Plusieurs travaux soulignent leur potentiel antioxydant et antimicrobien, avec des perspectives intéressantes dans les secteurs agroalimentaire, pharmaceutique ou cosmétique (Plumb et *al.*, 2019).

Dans une perspective de transition écologique, la valorisation de ces biomasses résiduelles s'inscrit pleinement dans les objectifs de développement durable, en particulier la promotion d'une bioéconomie circulaire (Juhaimi et *al.*, 2018). Ces noyaux, souvent considérés comme des déchets, pourraient être requalifiés en tant que sources renouvelables de molécules à haute valeur ajoutée (Bouhlali et *al.*, 2020).

En Algérie, pays à forte tradition phoenicicole, certaines variétés comme **Ghars**, **Degla Beida**, **Ajwa Beskria** et **Gerbaa** occupent une place importante mais restent peu documentées scientifiquement. Une analyse approfondie de leurs noyaux permettrait de mieux cerner leur composition phytochimique et leur potentiel biologique spécifique.

Malgré leur abondance, les noyaux de dattes demeurent marginalement exploités en tant que ressource bioactive, et les variations inter-variétales de leur composition et de leurs effets biologiques sont encore mal connues. D'où la question centrale : Dans quelle mesure les extraits et l'huile des noyaux de *Phoenix dactylifera* L. peuvent-ils

## Introduction générale

constituer une source valorisable de composés bioactifs pour des applications industrielles potentielles ?

Le présent travail a pour ambition de :

- Identifier et caractériser les composés phytochimiques contenus dans les extraits méthanoliques issus des noyaux de dattes.
- Quantifier les principales classes de métabolites secondaires, notamment les polyphénols totaux, les flavonoïdes et les tanins condensés.
- Évaluer les propriétés biologiques des extraits et de l'huile, en mettant l'accent sur leur potentiel antioxydant ainsi que leur activité antimicrobienne.
- Comparer les profils phytochimiques et bioactifs de différentes variétés locales en vue de leur valorisation industrielle.

Ce mémoire s'articule autour de trois grandes parties complémentaires :

1. **Une revue bibliographique**, contextualisant scientifiquement l'étude à travers une synthèse des connaissances actuelles sur le palmier dattier, les caractéristiques des noyaux, leurs composés bioactifs ainsi que les méthodes d'extraction et d'analyse utilisées.
2. **Une partie expérimentale**, décrivant de manière détaillée les protocoles appliqués pour l'extraction, l'analyse phytochimique et l'évaluation des activités biologiques.
3. **Une partie analytique**, consacrée à la présentation, l'interprétation critique et la discussion des résultats obtenus, en les confrontant aux données de la littérature.

# **Partie I**

## **Synthèse bibliographique**

# Chapitre 1 - Généralité Sur le palmier dattier

## Partie I : Synthèse bibliographique

### Chapitre 1 - Généralité Sur le palmier dattier

#### 1. Aspect botanique du palmier dattier

Le palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) tire son nom du mot « *Phoenix* », désignant le dattier chez les Phéniciens, et de « *dactylifera* », dérivé du grec « *dactylos* » signifiant « doigt », en référence à la forme caractéristique de son fruit (Djerbi, 1994) (figure 01). Il s'agit d'une espèce dioïque et monocotylédone appartenant à la famille des Arecaceae, qui regroupe environ 4000 espèces réparties en 235 genres (Munier, 1973). Comme toutes les espèces du genre *Phoenix*, cette plante se distingue par la présence d'individus mâles, appelés communément « Dokkars » ou pollinisateurs, et de femelles, connues sous le nom de « Nakhla » (Chaïbi, 2002).

La mise à fruit du palmier dattier débute en moyenne à l'âge de cinq ans, avec une capacité de production annuelle variant entre 400 et 600 kg par arbre, et ce, pendant plus de soixante ans (Ahmed et *al.*, 1995).

Ce palmier constitue un élément fondamental de l'écosystème oasien (Toutain, 1979), non seulement grâce à sa grande adaptabilité aux conditions climatiques rigoureuses, mais aussi en raison de la diversité des usages de ses produits, de la richesse nutritionnelle de ses fruits (Bakkaye, 2006), ainsi que de sa morphologie qui favorise le développement de cultures intercalaires (El Homaïzi et *al.*, 2002).

Il s'agit d'une espèce arborescente particulièrement connue pour sa résilience face aux conditions climatiques extrêmes des régions chaudes et arides (Larbi et *al.*, 1994).

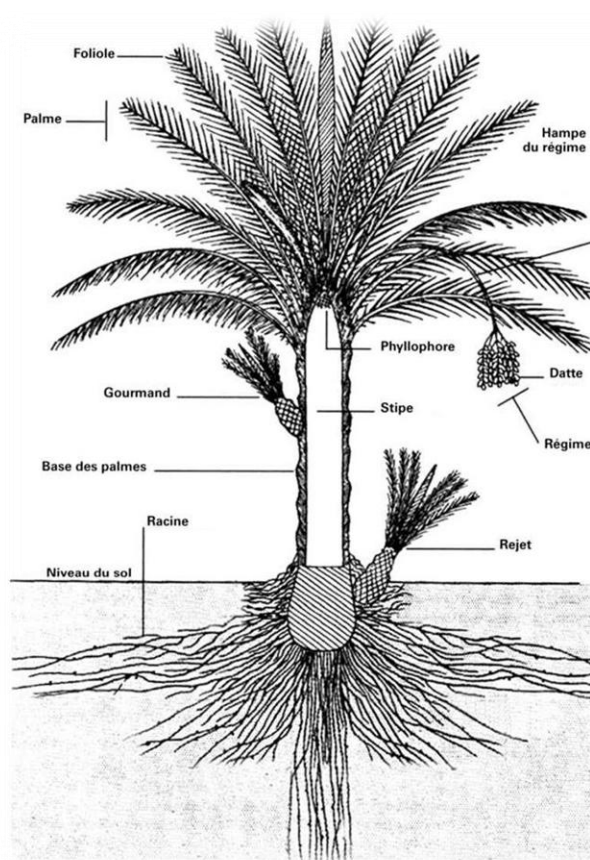
Selon Munier (1973), le palmier dattier possède un système racinaire de type fasciculé. Les racines, peu ramifiées, présentent essentiellement des radicelles. Le bulbe ou plateau racinaire, particulièrement développé, peut partiellement émerger au-dessus du niveau du sol.

D'après Chelli (1996), le stipe du palmier dattier présente une grosseur variable selon les variétés, et cette variabilité peut également être influencée par les conditions environnementales, même au sein d'une même variété. Sa structure anatomique est caractéristique : il est constitué de vaisseaux dispersés de manière désordonnée dans un

## Chapitre 1 - Généralité Sur le palmier dattier

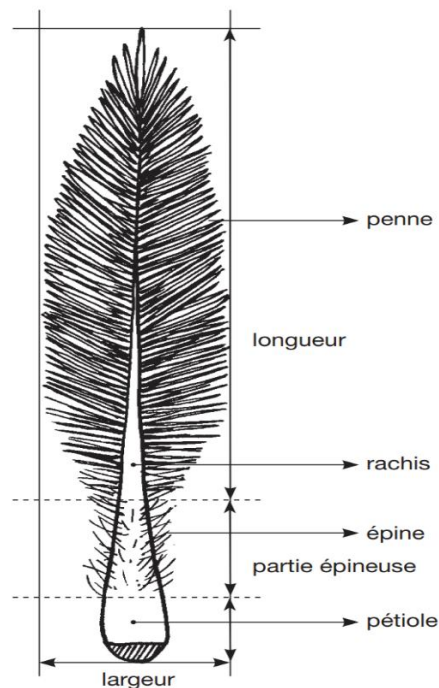
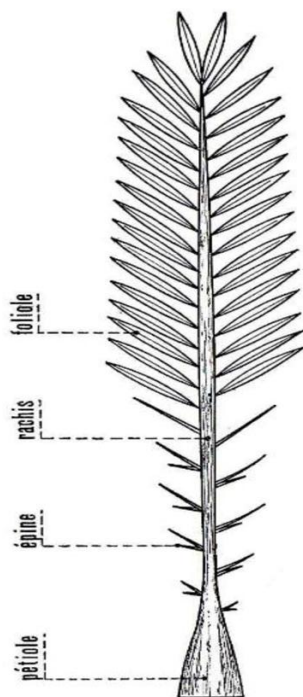
parenchyme fibreux (Figure 01). Selon Wertheimer (1956). En moyenne, un palmier peut produire jusqu'à 17 rejets au cours de sa vie.

Les feuilles du palmier dattier, communément appelées palmes ou « Djerids », sont de forme pennée et disposées en hélice. Elles sont insérées très étroitement autour du stipe au moyen d'une gaine pétiolaire bien développée, également appelée « cornaf », enfouie dans une cavité dénommée « life » (Belhabib, 1995) (Figure 2). Un palmier bien entretenu peut porter entre 50 et 200 palmes (Benchenouf, 1971), lesquelles constituent une couronne dense (Munier, 1973).



**Figure. 01:** Présentation schématique des différentes parties d'un palmier dattier adulte (Munier, 1973).

## Chapitre 1 - Généralité Sur le palmier dattier



**Figure 02:** Schéma d'une palme (Munier, 1973). **Figure 03:** Schéma d'une palme (IPGRI, 2005)

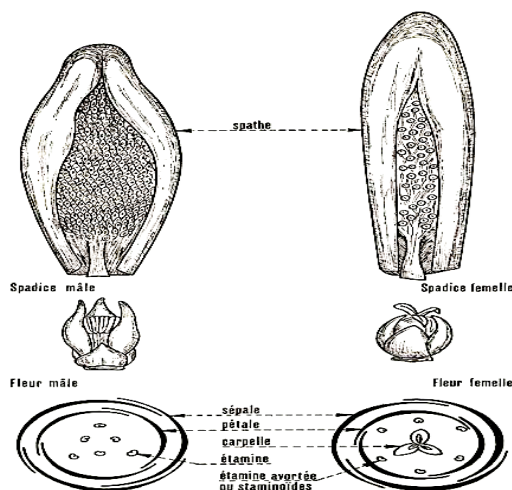
Les fleurs mâles, reconnaissables à leur odeur caractéristique rappelant l'anis, ont une forme allongée, constituée d'un calice composé de 3 spathe soudées par leurs bases, de 3 pétales légèrement allongées formant la corolle. (Belhabib, 1995), signale que la fleur possède 6 étamines à déhiscence interne et trois pseudo-carpelles (Figure 04). Après l'éclatement de la spathe mâle (fin Janvier), la fleur laisse échapper un pollen. Chaque spathe porte 160 branchettes et donne 40 à 45 g de pollen (Belhabib, 1995).

Les fleurs femelles, quant à elles, sont inodores, chaque fleur est globuleuse, d'un diamètre de 3 à 4 mm et est formée de 3 sépales soudés. Une corolle formée de 3 pétales ovales et arrondies et 6 étamines avortées. Le gynécée comprend 3 carpelles indépendants à un seul ovule anatrophe basilaire-axile ( $2n = 36$ ). (Figure 04).

Bien que plusieurs ovules soient présents, un seul est généralement fécondé, conduisant au développement d'un seul carpelle. (Toutain, 1967). La sortie des fleurs « Talâa » a lieu de la fin janvier jusqu'au début mai selon les variétés et l'année (Amorsi, 1975).



## Chapitre 1 - Généralité Sur le palmier dattier



**Figure 04:** Inflorescences et fleurs du palmier dattier (Munier, 1973).

Le fruit du palmier dattier est une baie. Son mésocarpe, à la fois fibreux et charnu, entoure un endocarpe membraneux fusionné à la graine. Cette graine, ou amande, contient un embryon circulaire, parfois en dépression, et un albumen corné composé de matière cellulosique.

En tant que monocotylédone dioïque, le palmier dattier dépend d'une fécondation croisée. Il est fréquent que les individus d'une même population ne fleurissent pas simultanément. Le *Phoenix dactylifera* L., espèce métisse non fixée et fortement hétérozygote, a la particularité de produire des rejets djebar à la base du stipe. Ces rejets, une fois plantés, donnent naissance à des palmiers dattiers identiques au pied-mère, une caractéristique qu'il est impossible d'obtenir par semis (Toutain, 1967).

### 2. Stades de croissance (phénologie)

Selon l'Institut International des Ressources Phytogénétiques **IPGRI (2005)**, le palmier dattier connaît quatre phases de développement :

- **Phase I** : rejet non encore productif (0 à 2 ans).
- **Phase II** : jeune (3 à 10 ans).
- **Phase III** : adulte (11 à 60 ans).
- **Phase IV** : vieux (> 60 ans).

# Chapitre 1 - Généralité Sur le palmier dattier

## 2.1. Phénologie annuelle

Le tableau 01 présente le cycle végétatif annuel du palmier dattier.

**Tableau 01:** Cycle végétatif annuel du palmier dattier. (Belguedj,2002)

Stade et période	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Apparition des spathes (floraison)	+											
Croissance des spathes		+										
Ouverture des spathes(fécondation)			+	+								
Nouaison					+							
Grossissement des fruits						+	+					
Pré-maturation (Bser)								+				
Maturation (Tmar)									+			
Récolte										+	+	
Repos végétatif											+	+



**Figure 05 :** Différents cultivars de dattes aux différents stades de développement. (a) stade Kimri, (b) stade khalaal, (c) stade rutab, (d) stade tamr (Gros-Balthazard,2012)

## 3. Classification scientifique

### 3.1. Classification selon Cronquist (1981)

Le tableau 02 présente la classification botanique du palmier dattier selon Cronquist

# Chapitre 1 - Généralité Sur le palmier dattier

**Tableau 02 :** Classification du palmier dattier

Cronquist (1981)		APG III (2009)	
Règne	Plantae	Clade	Angiospermes
Sous-règne	Tracheobionta	Clade	Monocotylédones
Division	Magnoliophyta	Clade	Commelinidées
Classe	Liliopsida	Ordre	Arecales
Sous-classe	Arecidae	Famille	Arecaceae
Ordre	Arecales	Genre	Phoenix
Famille	Arecaceae	Espèce	Phoenix dactylifera L
Genre	Phoenix	/	/
Espèce	Phoenix dactylifera L	/	/

## 4. L'origine du palmier dattier

La datte est l'une des plus anciennes cultures fruitières connues et a été cultivée en Afrique du Nord et au Moyen-Orient depuis au moins 5000 ans (Zohary et Hopf, 2000). Des anciennes archives trouvées en Irak (Mésopotamie) montrent que la culture de la datte a probablement été établie dès 3000 ans avant notre ère. En raison de la longue histoire de la culture des dattes et de la large distribution et des échanges de cultivars, l'origine exacte de la datte reste inconnue, mais elle provient très probablement de l'ancienne région de Mésopotamie (sud de l'Irak) ou l'ouest de l'Inde (Wrigley, 1995).

## 5. La datte

### 5.1. Description de la datte

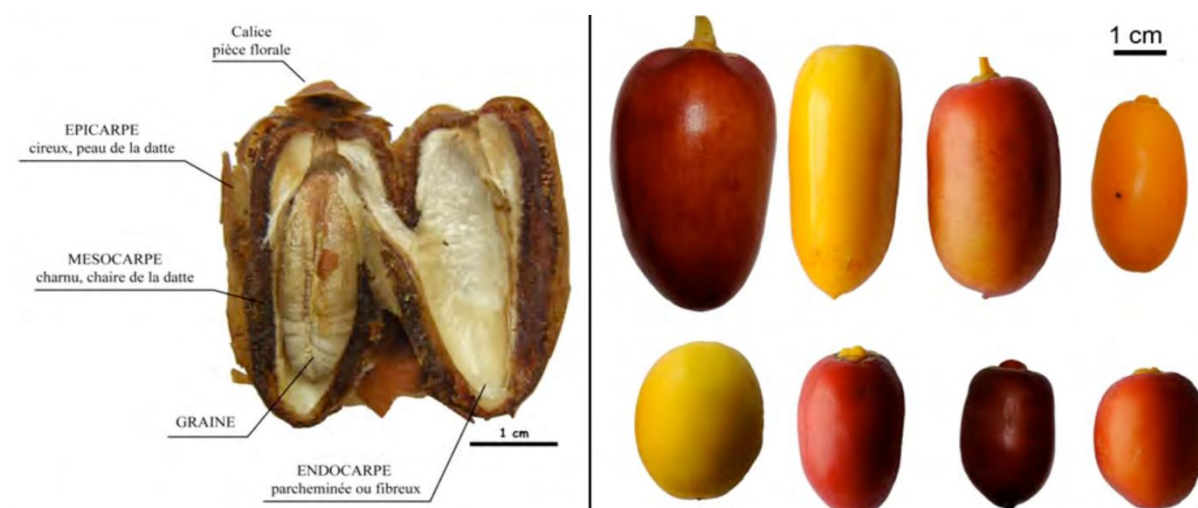
La datte (Figure 06), fruit du palmier dattier, constitue un aliment de base essentiel pour les populations vivant dans les régions désertiques (Benmehdi et al., 2019). Il s'agit d'une baie généralement de forme allongée, oblongue ou parfois arrondie (Espiard, 2002). Ce fruit

## Chapitre 1 - Généralité Sur le palmier dattier

contient un seul noyau, entouré d'une partie comestible appelée chair ou pulpe, composée de trois couches principales :

- **L'épicarpe**, une fine enveloppe cellulosique également appelée peau ;
- **Le mésocarpe**, partie charnue dont la consistance varie en fonction de la teneur en sucres, et qui présente généralement une couleur intense ;
- **L'endocarpe**, couche interne de teinte plus claire et de texture fibreuse, parfois réduite à une fine membrane parcheminée entourant le noyau (Espiard, 2002).

Les dimensions des dattes varient considérablement selon les variétés, allant de 2 à 8 cm de longueur pour un poids compris entre 2 et 8 grammes. Leur couleur peut aller du blanc jaunâtre au noir, en passant par différentes teintes d'ambre, de rouge ou de brun, plus ou moins foncées (Djerbi, 1994).



**Figure 06:** (a) Fruit et graine de *Phoenix dactylifera*, (b) Diversité de taille de forme et de couleur des dattes (stade Khalaal) en Inde (M. Gros-Balthazard, 2012).

### 5.2. Classification des dattes

Selon leur consistance et leur teneur en eau à maturité complète, les cultivars de palmier dattier sont classés en trois grandes catégories : molles, demi-molles et sèches (Hussein et al., 1976; Espiard, 2002).

Comme l'indique Espiard (2002), la texture des dattes varie considérablement. En fonction de ce critère, les différentes variétés sont réparties en trois groupes distincts (Tableau 03).

## Chapitre 1 - Généralité Sur le palmier dattier

**Tableau 03:** Classification des dattes selon leur consistance (Espiard, 2002).

Consistance	Caractéristiques	Variétés et pays
<b>Les dattes molles</b>	Taux d'humidité supérieur ou égal à 30%, elles sont à base de sucres invertis (fructose, glucose) tel que Ghars, Hamraia, Litima.....etc.	Ghars (Algérie), Ahmer (Mauritanie), Kashram et Miskhrani (Egypte et Arabie Saoudite)
<b>Les dattes demi-molles</b>	20 à 30% d'humidité.	DegletNour (Algérie), Mahjoul (Mauritanie), Sifri et Zahidi (Arabie Saoudite)
<b>Les dattes sèches</b>	Dures, avec moins de 20% d'humidité, riche en saccharose.	Degla Beida et MechDegla (Tunisie et Algérie) et Amsrie (Mauritanie)

### 6. Répartition géographique du palmier dattier et production de dattes

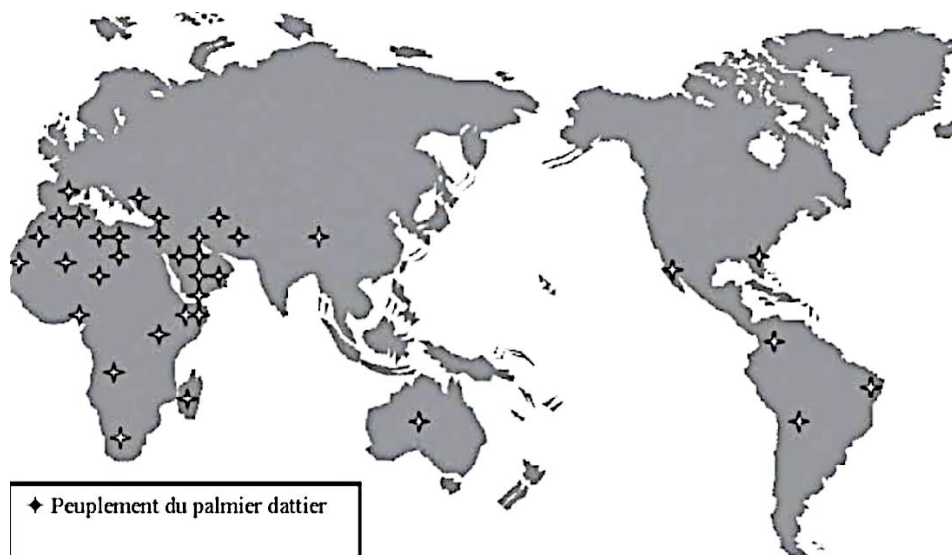
#### 6.1. Dans le monde:

Les limites extrêmes de la culture du dattier s'étendent sensiblement entre les 10 ° et 39 ° de latitude Nord, depuis Elche en Espagne jusqu'à la Somalie et au Turkménistan (figure 07). Les zones les plus favorables sont comprises entre 24° et 34° de latitude Nord (Maroc, Algérie, Tunisie, Libye, Égypte, Irak...). Aux États-Unis la culture s'étend du 34° au 35° parallèle. Sachant qu'il existe dans l'hémisphère Sud : Australie et Amérique du Sud (Ben Abdallah 1990).

Le palmier-dattier était primitivement cultivé dans les zones arides et semi-arides chaudes de l'ancien monde. Il fut propagé en dehors de son aire d'extension et de culture, non seulement comme arbre fruitier, mais aussi comme essence ornementale. Il fut introduit

## Chapitre 1 - Généralité Sur le palmier dattier

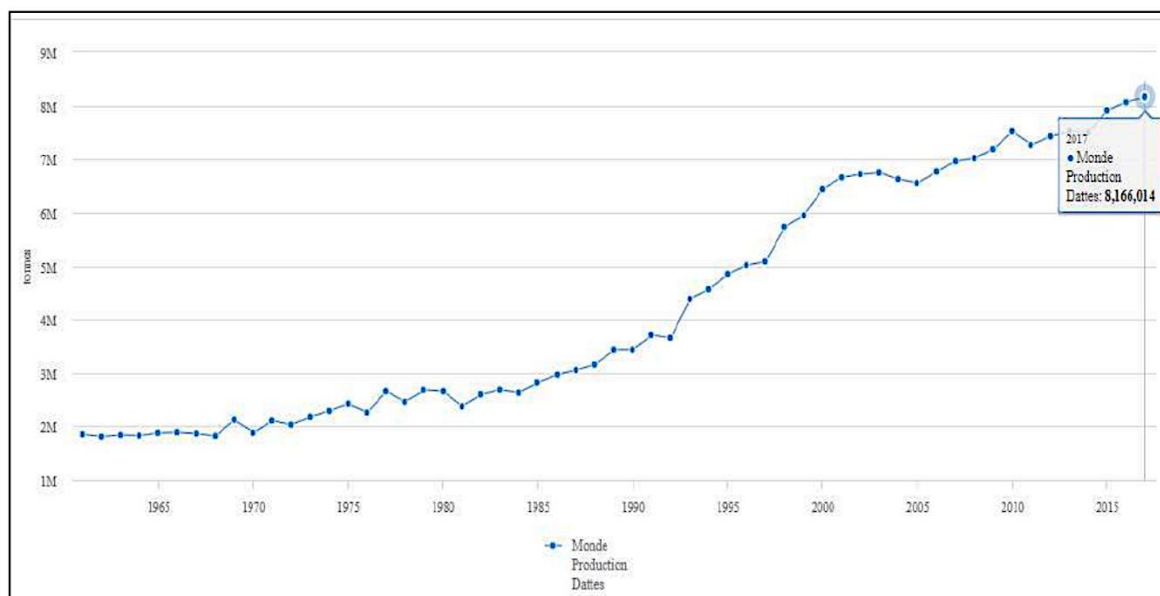
sur les côtes orientales de l'Afrique par les Arabes, bien avant les premiers voyages des navigateurs européens du XV<sup>e</sup> siècle dans ces parages, aux XVII<sup>e</sup> et XVIII<sup>e</sup> siècles, aux îles Comores et Mascareignes, ainsi qu'à Madagascar, au XIX<sup>e</sup> siècle en Australie, et en Afrique du Sud. Son introduction au Nouveau Monde, au début du XVI<sup>e</sup> siècle, a suivi de très près la découverte de ce continent. De nos jours le dattier fait l'objet d'une exploitation intensive en Afrique (Sahara et ses marges), au Moyen-Orient et aux États-Unis (Munier 1973).



**Figure 07 :** Répartition géographique du palmier dattier dans le monde (El-Hadrami, 2009).

La production mondiale de dattes a connu une croissance significative depuis les années 1980, passant de moins de 3,5 millions de tonnes à environ 8,1 millions de tonnes en 2018 (FAO, 2010, 2018). Cette progression, représentant un doublement en quatre décennies, place la datte au 5<sup>e</sup> rang des fruits les plus produits en zones arides et semi-arides (Figure08).

## Chapitre 1 - Généralité Sur le palmier dattier



**Figure 08 :** Production mondiale des dattes (FAO 2018)

### 6.2. Dans l'Algérie :

D'après (Bougoudoura *et al.*, 2015) le palmier dattier en Algérie est établi en plusieurs oasis.

La production nationale de dattes est estimée à 492 217 tonnes, réparties comme suit: environ 244 636 tonnes (soit 50 %) de dattes demi-molles, principalement la variété Deglet Nour ; 164 453 tonnes (33 %) de dattes sèches, telles que Degla Beida et variétés similaires, et 83 128 tonnes (17 %) de dattes molles, telles que Ghars et autres variétés analogues. La palmeraie algérienne compte plus de 11 millions de palmiers-dattiers, répartis principalement à travers neuf wilayas sahariennes : Biskra, El-Oued, Ouargla, Ghardaïa, Adrar, Béchar, Tamanrasset, Illizi et Tindouf. On retrouve également des palmiers-dattiers dans d'autres wilayas situées dans des zones de transition entre la steppe et le Sahara. Ces palmeraies, bien que productives, sont considérées comme « marginales » en comparaison avec celles des régions sahariennes (Belguedj, 2007).

La production nationale de dattes a connu une croissance significative au cours des dernières années, passant de 600 096 tonnes en 2012 à environ 1 100 000 tonnes en 2017. Cependant, seulement 3 % de cette production est destinée à l'exportation. L'Algérie se classe parmi les plus grands producteurs mondiaux de dattes, occupant la quatrième place avec près de 14 % de la production mondiale. En 2016, la valeur des exportations de dattes s'élevait à 37 millions de dollars, un chiffre jugé peu représentatif du potentiel réel (Chambre Algérienne de Commerce et d'Industrie, 2017). Selon les données de la FAO (2018), la

## Chapitre 1 - Généralité Sur le palmier dattier

production nationale a atteint 1 058 559 tonnes, avec un rendement moyen de 63,136 kg par palmier. La superficie totale dédiée à la culture du palmier dattier en Algérie est de 167 663 hectares, avec une concentration marquée dans les wilayas de Biskra et d'El-Oued, qui à elles seules regroupent 52 % de cette superficie.

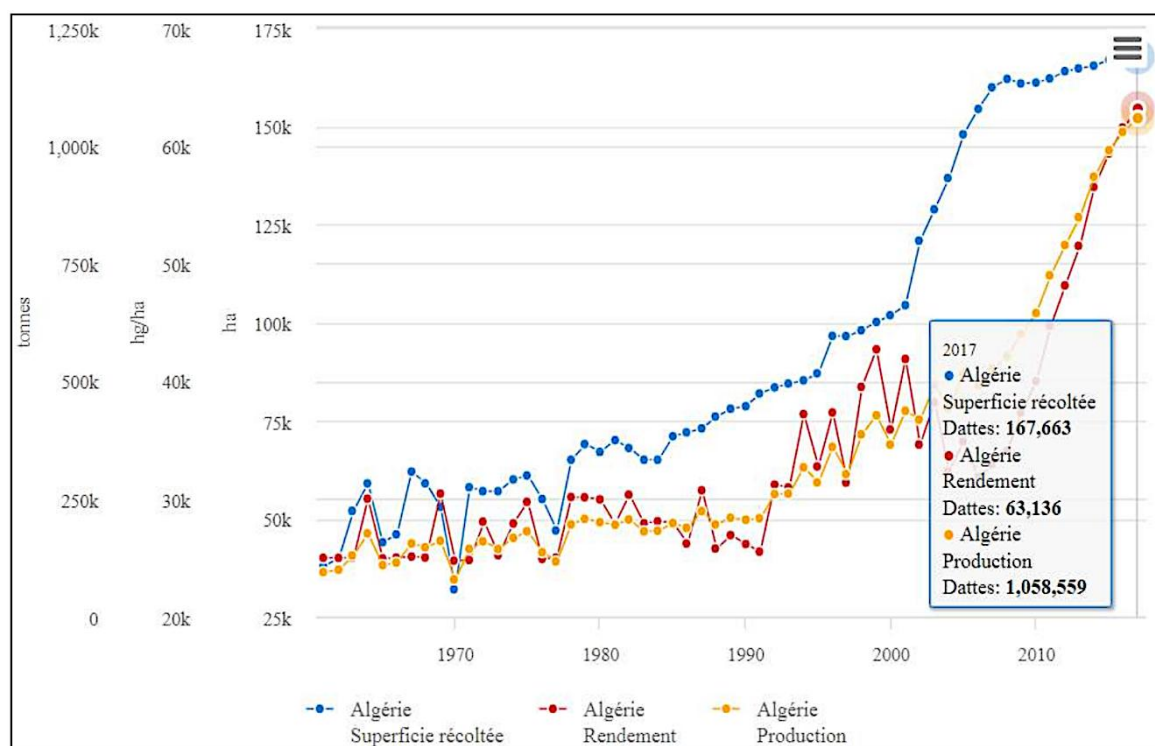


Figure 09 : Production nationale des dattes (FAO 2018)

### 7. Importance des dattes

La datte possède de nombreuses propriétés pharmacologiques et cosmétiques. En plus d'être un aliment énergétique et symbolique, elle est traditionnellement utilisée en médecine humaine pour traiter divers troubles. Elle est notamment recommandée en cas d'ulcère, d'anémie, de déminéralisation, de fièvre ou de faiblesse générale. Elle aide à réguler le transit intestinal : les dattes écrasées dans de l'eau sont utilisées contre les hémorroïdes, la constipation et l'ictère. Les dattes vertes, quant à elles, sont efficaces contre les troubles intestinaux tels que la diarrhée. Sous forme de sirop concentré, appelé *robb*, la datte a un effet calmant, particulièrement utile pour apaiser et endormir les enfants. Elle est également utilisée dans le traitement des maladies nerveuses et des affections broncho-pulmonaires. En décoction ou en infusion, elle soulage les rhumes, tandis qu'en gargarisme, elle apaise les maux de gorge. Par ailleurs, des cataplasmes à base de dattes, de mil et du



## **Chapitre 1 - Généralité Sur le palmier dattier**

fruit d'une plante de la famille des Asclépiadacées (*Solenostemma argel*) sont appliqués pour soulager les douleurs rhumatismales. Enfin, la datte est aussi utilisée dans la prise en charge de l'hypertension, du diabète sucré, ainsi que des infections microbiennes, virales et même de certains cancers. (Gasmi, 2012 ; Saha et *al.*, 2017).

## Chapitre 2 - Noyaux de dattes

### Chapitre 2 - Noyaux de dattes

Les noyaux de dattes représentent entre 10 et 15 % de la masse totale du fruit, selon la variété, le degré de maturité et la qualité de la dattes. (Al-Shahib et Marshall 2003 ; Besbes et *al.* 2004).

#### 1. Description morphologique du noyau de dattes

Le noyau de dattes présente une forme allongée et une texture dure, enveloppé par un endocarpe de nature parcheminée. Sa morphologie peut varier selon les variétés : il peut être lisse ou présenter des protubérances latérales sous forme d'arêtes ou d'ailettes, ainsi qu'un sillon ventral caractéristique (Dammak et *al.*, 2007). La longueur du noyau varie entre 0,5 et 3 cm, tandis que son poids se situe entre 0,4 et 2 grammes. Il constitue environ 6 à 15 % du poids total du fruit, en fonction de la variété, du stade de maturité et de la qualité des dattes (Jassim et Naji, 2007).

La couleur du noyau peut aller du blanc jaunâtre au noir, en passant par des teintes intermédiaires comme l'ambre, le rouge ou le brun, plus ou moins foncé (Djerbi, 1994). Sur le plan anatomique, le noyau est composé d'un albumen blanc, dur et corné, entouré d'une enveloppe cellulosique, et renferme un embryon situé sur la face dorsale (Espiard, 2002).

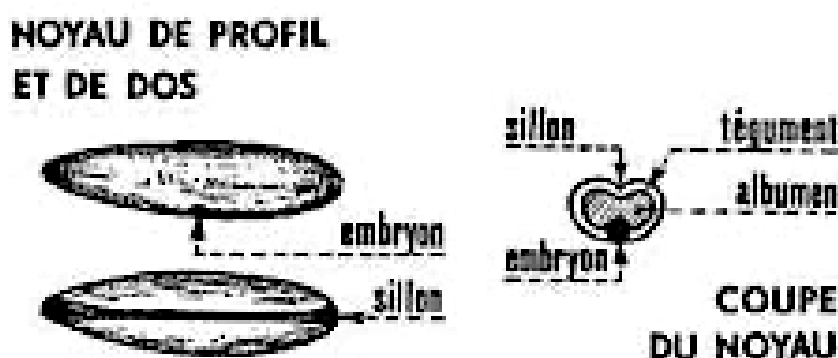


Figure 10: Morphologie et anatomie du noyau de dattes (Munier, 1973).

#### 2. Composition chimique du noyau de dattes

##### 2.1. Contenu minéral

L'analyse minéralogique réalisée par Chaira et *al.* (2007) et Besbes et *al.* (2004a) indique que le potassium est l'élément minéral prédominant dans les noyaux de dattes, suivi par le phosphore, le magnésium et le calcium. Ce dernier, tout comme le phosphore, figure parmi les minéraux dont les apports sont souvent insuffisants dans l'alimentation humaine. Le sodium, quant à lui, est présent en plus faible proportion. En ce qui concerne les

## Chapitre 2 - Noyaux de dattes

oligoéléments, le fer présente la concentration la plus élevée, suivi du zinc (Chaira et al., 2007).

### 2.2. Composition en matière grasse

Selon Boudechiche et al. (2009), les noyaux de dattes présentent une richesse notable en matières grasses, comprenant une large variété d'acides gras saturés et insaturés. La teneur en lipides varie généralement entre 5 % et 12 % (Lecheb, 2010). Meradi et al. (2016) rapportent, quant à eux, une teneur spécifique de 6,15 %.

### 2.3. Teneur en sucres

Les noyaux de dattes contiennent à la fois des sucres réducteurs et non réducteurs. Plusieurs études ont mis en évidence la richesse glucidique des produits dérivés du palmier dattier. Parmi elles, les travaux d'Ishurd et al. (2001, 2003) ont permis d'identifier la présence de deux polysaccharides spécifiques dans les noyaux : un galactomannane hydrosoluble et un hétéroxylane soluble dans les solutions alcalines.

### 2.4. Teneur en polyphénols

La composition en polyphénols des noyaux de dattes a suscité l'intérêt de nombreux chercheurs (Besbes, 2004b ; Dammak et al., 2007 ; Al-Farsi et al., 2007). Besbes et ses collaborateurs (2004b) ont mené une étude sur plusieurs variétés de noyaux provenant de palmeraies tunisiennes. Les résultats ont révélé une teneur en composés phénoliques variant entre 215 et 526 mg/kg de matière sèche (MS), selon la variété analysée.

Par ailleurs, Al-Farsi (2007) s'est intéressé à la variété omanaise *Mebseeli* et a identifié la présence de plusieurs acides phénoliques, notamment l'acide gallique, l'acide caféique, l'acide vanillique, entre autres.

### 2.5. Antioxydants

Grace à leurs richesses en antioxydants et leurs propriétés antiradicalaire et antioxydante, les ND permettent au corps de réduire les dommages dus au stress oxydatif, et peuvent être utilisé comme ingrédient alimentaire fonctionnel pour améliorer le métabolisme (Al-Farsi et al., 2007).

## Chapitre 2 - Noyaux de dattes

### 3. Valorisation multifonctionnelle des noyaux de dattes

Le palmier dattier (*Phoenix dactylifera L.*) est une plante à fort potentiel de valorisation, dont toutes les parties, des racines aux fruits, peuvent être exploitées. Les noyaux de dattes, en particulier, constituent une biomasse locale abondante dotée de nombreuses propriétés fonctionnelles. Ils présentent un éventail d'usages diversifiés pouvant toucher plusieurs domaines d'activité humaine (Fikry et *al.*, 2019).

#### 3.1. Utilisation en alimentation animale

Plusieurs travaux ont mis en évidence les effets positifs de l'incorporation de farine de noyaux de dattes dans la ration alimentaire des vaches laitières. Cette pratique améliore non seulement la digestion des nutriments et la fermentation ruminale, mais aussi la production laitière. Ces résultats confirment le potentiel nutritif des noyaux de dattes dans le secteur de l'alimentation du bétail (Abudabos et *al.*, 2022).

#### 3.2. Alternative au café décaféiné

Selon Ghnimi et *al.* (2015), les extraits de noyaux de dattes, exempts de caféine et riches en composés phénoliques, représentent une alternative intéressante au café traditionnel. Ils permettent aux consommateurs de profiter de la saveur du café sans les effets stimulants de la caféine. L'évaluation sensorielle de ces extraits a révélé une acceptabilité satisfaisante, bien que légèrement inférieure à celle du café arabe.

#### 3.3. Fabrication de pain

La substitution partielle de la farine de blé par de la farine issue de noyaux de dattes s'est révélée bénéfique pour la qualité nutritionnelle du pain, en plus d'améliorer certaines propriétés sensorielles telles que la texture et le goût. Ces résultats suggèrent que cette farine pourrait constituer une matière première alternative prometteuse pour la production de pains composites (Baidoo et *al.*, 2021).

#### 3.4. Production de biomasse de levure

Des recherches ont démontré que les noyaux de dattes peuvent servir de source économique de carbone pour la culture de levures. Cette approche ouvre la voie à une production à grande échelle de biomasse de levure, notamment dans les industries biotechnologiques (Elshishtawy et *al.*, 2019).

#### 3.5. Élaboration de charbon actif

La transformation des noyaux de dattes en charbon actif par des procédés de carbonisation et d'activation constitue une valorisation efficace de ces résidus agricoles. Le

## **Chapitre 2 - Noyaux de dattes**

charbon ainsi obtenu a montré une forte capacité d'adsorption dans le traitement des solutions aqueuses colorées, démontrant son efficacité comme agent de décoloration pour les eaux usées (Rashed et *al.*, 2021).

### **3.6. Autres applications biotechnologiques**

Les noyaux de dattes peuvent également être utilisés comme substrats pour la production de composés biochimiques tels que l'acide citrique ou des protéines, grâce à l'action de microorganismes spécifiques. (Jassim & Naji, 2007).

## **Chapitre 3 – L’huile des noyaux des dattes**

## **Chapitre 3 – L’huile des noyaux des dattes**

### **1. Définition des huiles végétales**

Les huiles végétales sont des corps gras d’origine végétale, obtenus principalement par pression ou extraction de graines, fruits ou autres parties oléagineuses des plantes. Elles sont composées essentiellement de triglycérides, c’est-à-dire d’esters d’acides gras et de glycérol, et contiennent des acides gras saturés, monoinsaturés et polyinsaturés, en proportions variables selon l’espèce végétale. Ces huiles jouent un rôle clé en nutrition humaine comme source d’énergie, d’acides gras essentiels (oméga-3 et oméga-6) et de vitamine E. Elles sont aussi largement utilisées en cosmétique, en pharmacie et dans les industries agroalimentaires.(Belitz, 2009).

### **2. Différence entre huile végétale et huile essentielle**

Les huiles végétales et les huiles essentielles sont toutes deux extraites de plantes, mais diffèrent profondément dans leur nature, composition et usages.(franchome et *al*, 1990; Bensouilah, 2007).

## Chapitre 3 – L’huile des noyaux des dattes

**Tableau04** : Différence entre huile végétale et huile essentielle.

Critère	Huile végétale	Huile essentielle
Origine	Extraite de graines, fruits ou noyaux de plantes oléagineuses	Obtenue par distillation ou expression de plantes aromatiques
Composition	Majoritairement composée de triglycérides (acides gras + glycérol)	Mélange complexe de molécules aromatiques volatiles (alcools, esters...)
Texture / Aspect	Huileuse, grasse, visqueuse	Légère, fluide, très concentrée, non grasse
Utilisation principale	Nutrition (cuisine), cosmétique, support pour les huiles essentielles	Aromathérapie, parfumerie, médecine douce
Posologie / sécurité	Généralement sans danger, peut être utilisée pure	Très concentrée : doit être diluée, usage contrôlé et encadré
Mode d'extraction	Pression à froid, extraction mécanique ou chimique	Distillation à la vapeur ou expression à froid (zestes d'agrumes)

### 3. Méthodes d'extraction des huiles végétales

L'extraction des huiles végétales est une étape cruciale qui influence non seulement le rendement, mais également la qualité nutritionnelle et fonctionnelle des huiles obtenues. Plusieurs méthodes sont utilisées, allant des techniques traditionnelles aux procédés modernes dits écologiques.(Azmir et *al.*, 2013).

#### 3.1. Pression à froid (cold pressing)

La pression à froid est une méthode mécanique qui consiste à extraire l’huile sans recourir à des températures élevées ni à des solvants. Cela permet de préserver les composés bioactifs tels que les vitamines, les antioxydants et les acides gras essentiels. Bien que le rendement soit relativement faible, cette technique est privilégiée pour la production d’huiles de haute qualité nutritionnelle (Gharby et al., 2013).

## **Chapitre 3 – L’huile des noyaux des dattes**

### **3.2. Extraction par solvants**

Cette méthode consiste à tremper les graines ou matières végétales dans un solvant organique, généralement l’hexane, qui dissout l’huile. L’huile est ensuite récupérée par évaporation du solvant. Elle est très efficace en termes de rendement, mais peut entraîner une altération de la qualité de l’huile et pose des risques environnementaux (Nde et al., 2015).

### **3.3. Méthode de Soxhlet**

Le système Soxhlet est une méthode de laboratoire basée sur une extraction continue à l’aide d’un solvant chauffé. Bien qu’elle soit utilisée principalement à des fins analytiques, elle permet d’obtenir un rendement élevé. En revanche, elle nécessite beaucoup de temps et de chaleur, ce qui peut altérer certains composés sensibles (Azmir et al., 2013).

### **3.4. Extraction assistée par ultrasons (UAE)**

Les ultrasons améliorent l’extraction par un phénomène de cavitation, qui fragmente les parois cellulaires et libère plus facilement l’huile. Cette méthode est rapide, consomme moins de solvants et préserve bien les composés thermosensibles (Chemat et al., 2017).

### **3.5. Extraction assistée par micro-ondes (MAE)**

Cette technique repose sur l’échauffement rapide des cellules végétales par micro-ondes, provoquant l’éclatement des parois et la libération de l’huile. Elle permet un gain de temps important, tout en préservant les composés bioactifs (Khoddami et al., 2014).

### **3.6. Extraction par fluides supercritiques (SFE)**

Le dioxyde de carbone supercritique est utilisé comme solvant écologique dans ce procédé. Il permet d’extraire les huiles sans résidus toxiques et en préservant les propriétés biochimiques de l’huile. C’est une méthode propre et efficace, mais coûteuse (Reverchon & De Marco, 2006).



# **Partie II**

## **Etude expérimentale**

# Etude expérimentale

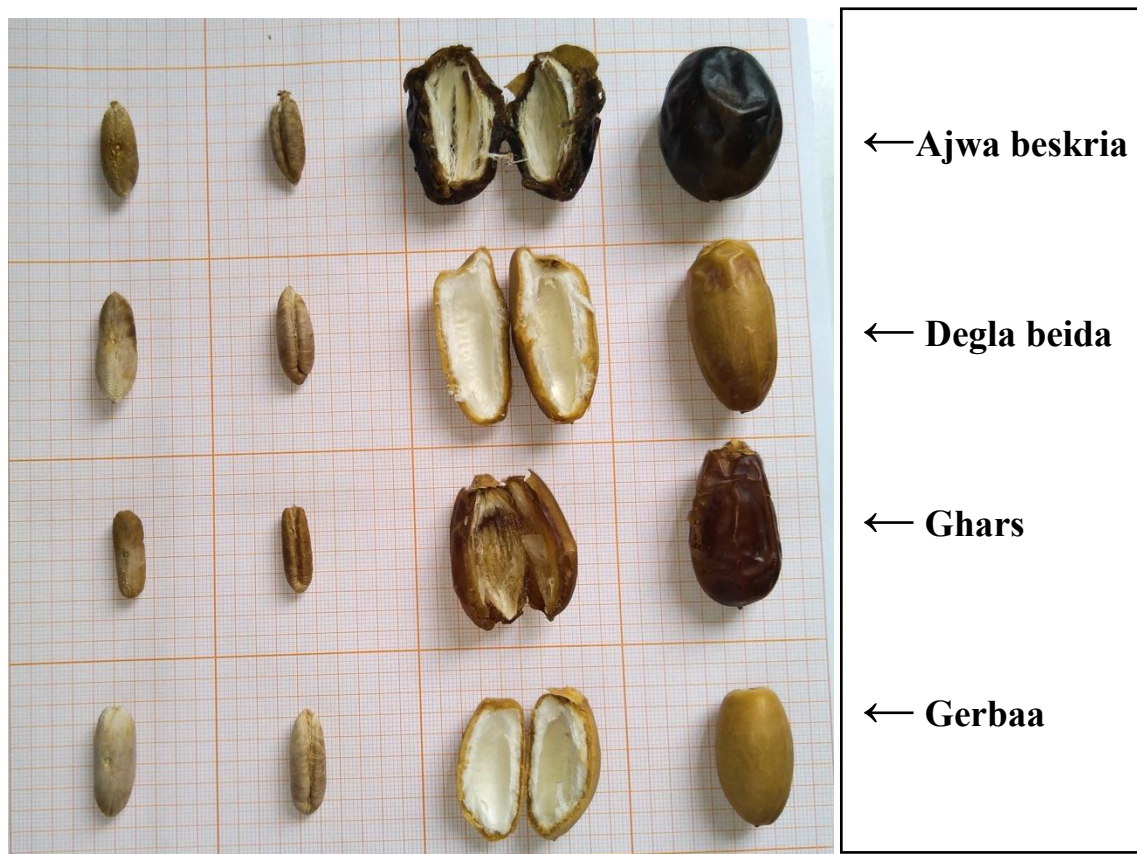
## Partie II : Etude expérimentale

### 1. Région d'étude

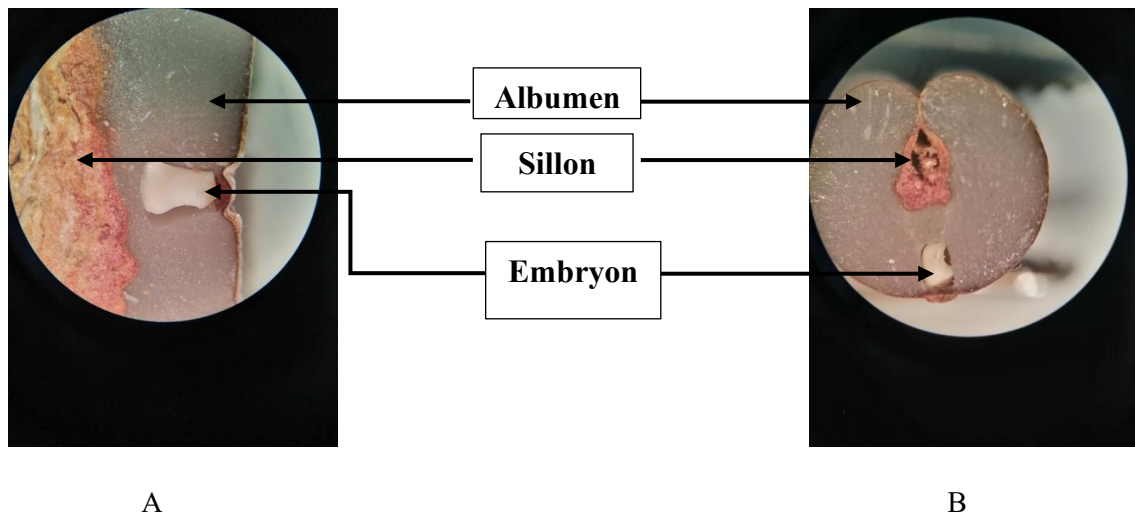
L'étude a été effectuée durant la période allant de janvier à mai, dans différents laboratoires de recherche, à savoir : le Laboratoire de Développement et de Valorisation des Ressources Phytogénétiques (DVRP) et l'Institut National de la Recherche Agronomique d'Algérie (INRAA).

### 2. Matériel végétal

Quatre variétés ont été ciblées dans ce travail : Ghars, Degla Beidaa, Ajwa Beskrya et Gerbaa. Les noyaux des dattes ont été lavés plusieurs fois, séchés, puis broyés pour obtenir une poudre.



**Figure 11 :** Quatre variétés des noyaux de dattes (Ghars, Degla Beidaa, Ajwa Beskrya et Gerbaa). (photo original).



**Figure12** : Coupe longitudinale (A) et transversale (B) de noyau de datte. (Photo original).

### 3. Caractérisation morphologique de la datte

Cette description a été réalisée sur un échantillon de 10 fruits pris au hasard.

#### 3.1. Mesures sur la datte

- La longueur et la largeur (cm) de la datte sont déterminées à l'aide d'un pied à coulisse. (figure 12)
- Le poids (g) est déterminé à l'aide d'une balance.



**Figure12** : les dimensions et le poids des graines de dattes. (photo original).

#### 3.2. Mesures sur le noyau (avant et Après l'imbibition)

- La longueur et la largeur (cm) du noyau.
- Le poids (g) de 10 noyaux.(figure13).

## Etude expérimentale

- Imbibition pendant 7j.



**Figure13** : les dimensions et le poids et l'imbibition des noyaux de dattes.(photo original).

#### 4. Les étapes de l'expérimentation

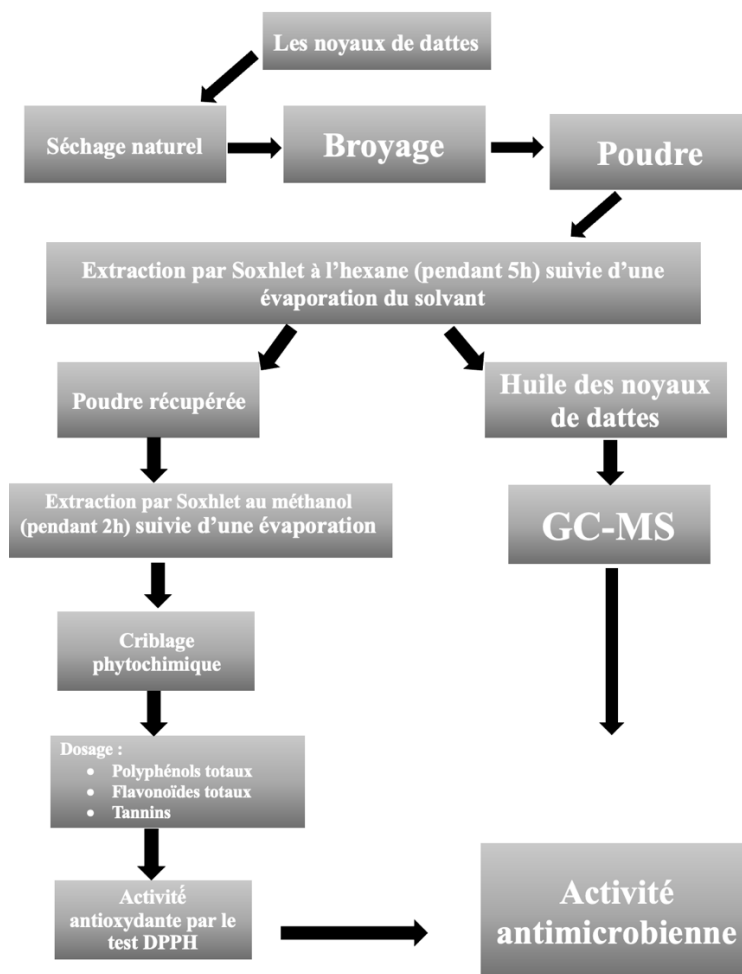


Figure 14: protocole expérimental. (schéma original).

#### 5. Préparation des échantillons

- **Dénoyautage**

Les dattes récoltées ont été dénoyautées manuellement. La séparation entre la pulpe et le noyau, étant aisée, a été effectuée à la main.

- **Lavage**

Les noyaux ainsi récupérés ont été soigneusement lavés à grande eau afin d'éliminer les impuretés résiduelles adhérant à leur surface.

- **Séchage**

Après le lavage, les noyaux ont été laissés à sécher à l'air libre dans des conditions ambiantes.

- **Broyage**

Les noyaux de dattes ont été broyés à l'aide d'un blender jusqu'à obtention d'une poudre fine.





**Figure15** : Broyage des noyaux de dattes à l'aide d'un blender. (photo original).



**Figure16** : Échantillons de 45 g de poudre issus des noyaux de dattes pour chacune des variétés étudiées. (photo original).

## 6. L'extraction par Soxhlet

### a. Le principe

Repose sur une extraction continue et répétée d'un composé soluble à partir d'un solide à l'aide d'un solvant chauffé se condense, tombe sur la matière solide, dissout les composés, puis retourne dans la fiole par siphonage. (Luque de castro et *al*,2010).

### b. Fonctionnement

- **Le solvant est chauffé** dans une fiole ballon et commence à bouillir.
- Il se **condense** en vapeur dans le réfrigérant (condenseur) situé en haut de l'appareil.
- Le solvant **liquide** tombe dans la chambre d'extraction qui contient la **matière végétale** (ex. : **poudre de noyaux de dattes**).

- Le solvant **remplit la chambre**, dissout les composés extraits (ex. : huile).
- Une fois que la chambre est pleine, le solvant est **automatiquement siphonné** vers la fiole inférieure, emportant les composés extraits.
- Ce **cycle se répète** pendant plusieurs heures, permettant une extraction maximale.

### **6.1. Extraction d'huile par Soxhlet**

**(Quatre variétés de dattes, Ghars et Degla Beida, ont été sélectionnées pour cette étude)**

L'hexane a été utilisé comme solvant apolaire pour l'extraction de l'huile à partir de la poudre de noyaux de dattes. Ce solvant est particulièrement efficace pour extraire les composés lipidiques, notamment les triglycérides, les acides gras et autres substances hydrophobes. En raison de sa faible polarité, l'hexane permet une pénétration en profondeur dans la matrice végétale, facilitant ainsi la libération des lipides contenus dans les cellules. L'huile extraite est ensuite récupérée par évaporation du solvant, offrant un extrait riche en composés gras.(Ali et *al*, 2015).

Afin d'extraire l'huile contenue dans les noyaux de dattes, un protocole inspiré de travaux antérieurs (El-Juhany, 2010 ; Alfaifi et *al.*, 2022) a été appliqué.

#### **6.1.1. Méthode d'extraction**

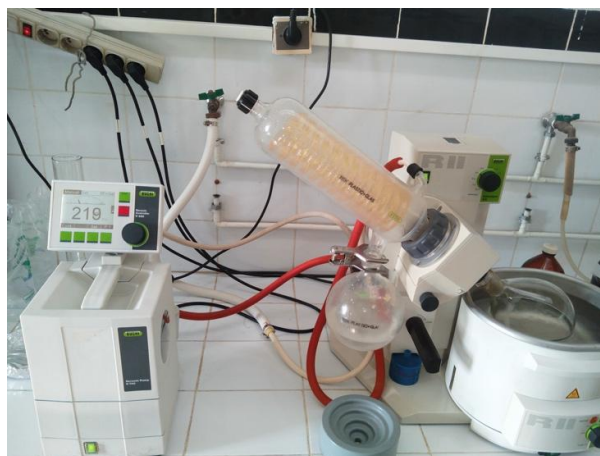
Un poids de 45 g de poudre sèche pour chaque variété de noyaux a été placé dans une cartouche en cellulose, puis inséré dans un appareil d'extraction de type Soxhlet. L'extraction a été réalisée pendant 5 heures en utilisant environ 600 mL d'hexane comme solvant. Le reflux a été maintenu à la température d'ébullition de l'hexane afin d'assurer une extraction exhaustive de la fraction lipidique.



**Figure 16 :** Extraction de l'huile des noyaux de dattes de quatre variétés par la méthode de Soxhlet. (photo original).

### 6.1.2. Récupération de l'huile

Le solvant a ensuite été évaporé à l'aide d'un évaporateur rotatif à 40 °C. Et pression à 150mbar. L'huile résiduelle a été récupérée et pesée afin de déterminer le rendement d'extraction.



**Figure 17 :** Évaporateur rotatif. (photo original).

### 6.1.3. Conservation

Les huiles extraites ont été stockées dans des flacons en verre brun fermés hermétiquement et conservées à une température de 4 °C jusqu'à leur analyse ultérieure.



## 6.2. Extraction des composés bioactifs par soxhlet

**(Deux variétés de dattes, Ghars et Degla Beida, ont été sélectionnées pour cette étude)**

Le méthanol a été utilisé comme solvant polaire pour l'extraction des composés bioactifs à partir de la poudre de noyaux de dattes. Ce solvant est reconnu pour son efficacité à extraire une large gamme de composés phénoliques et antioxydants. Grâce à sa polarité, il permet de briser les parois cellulaires des tissus végétaux et de libérer des composés tels que les phénols, flavonoïdes, tannins, saponines et stéroïdes végétaux. Ces molécules sont connues pour leurs propriétés biologiques, notamment leur activité antioxydante.(Msaada, 2015).

### 6.2.1. Méthode d'Extraction Méthanoïque

Un poids de 40 g de poudre de noyaux de dattes a été soumis à une extraction par Soxhlet en utilisant 300 mL de méthanol comme solvant. L'extraction a été effectuée pendant une durée de 2 heures. À la fin de l'extraction, le solvant a été évaporé à l'aide d'un évaporateur rotatif à 40 °C, puis l'extract obtenu a été conservé dans des flacons ambrés à 4 °C jusqu'à utilisation pour les analyses ultérieures. (Kachaou et *al*, 2017).



**Figure18 :** Soxhlet. (photo original).

### 6.2.2. Récupération de l'extract

Le solvant a ensuite été évaporé à l'aide d'un évaporateur rotatif à 40 °C. L'extract obtenu a été mis dans l'étuve afin d'éliminer le plus de solvant possible.



**Figure 19 :** Étuve. (photo original).

### **6.3. Le rendement d'extraction**

La mesure d'un rendement de l'extrait (R) est une étape très importante pour savoir la quantité et le pourcentage d'extrait obtenus par une extraction. Ce rendement est le rapport entre le poids de l'extrait sec (après l'évaporation) exprimé en g et le poids de l'échantillon initial (poudre végétale en g). Le rendement d'extraction (%) pour chaque extrait brut des noyaux de *Phoenix dactylifera* a été calculé par la formule suivante :

$$R (\%) = (Me / M) \times 100$$

**R(%) :** Rendement d'extraction exprimé en %.

**Me:** Masse de l'extrait sec résultant en g.

**M :** Masse du matériel végétal (poudre) en g utilisée pour l'extraction.

## **7. Analyse qualitative (pour les extraits méthanoïque)**

### **7.1. Criblage phytochimiques**

Afin de mettre en évidence les principales classes chimiques de métabolites secondaires dans les noyaux de deux variétés des dattes locales de la région de ouad souf (Ghars, Degla beida), un criblage phytochimique par des réactions colorées ou de précipitation par des réactifs chimiques spécifiques a été effectué sur les extraits aqueux et méthanoliques de noyaux.

### **7.1.1. Les polyphénols**

A 2 ml de chaque extrait aqueux, on ajoute quelques gouttes de solution alcoolique de chlorure ferrique ( $\text{FeCl}_3$ ) à 2%. Le chlorure ferrique provoque en présence de dérivés polyphénoliques. L'apparition d'une coloration bleu noirâtre ou verte plus ou moins foncée.(Harborne,1998).

### **7.1.2. Les Flavonoïdes**

Traitement 1 ml d'extrait alcoolique avec quelques gouttes d'HCl concentré et 0.5g de tournures de magnésium. L'apparition d'une coloration rose ou rouge se développe après 3minutes révèle la présence des flavonoïdes.(Trease *et al.*,2002).

### **7.1.3. Les Tannins**

D'après Sofowora,1993), les tanins sont caractérisés par l'ajoute de quelques gouttes de  $\text{FeCl}_3$  (1% préparé dans le méthanol) à 1 ml d'extrait aqueux. Après l'agitation de mélange apparition:

- D'une couleur vert au bleu noir en présence de tanins galliques .
- Couleur brun verdâtre en présence de tanins catéchiques.

### **7.1.4. Les Saponosides (Test de mousse)**

La présence des saponosides est mise en évidence par un mélange de 10 ml de l'extrait aqueux avec l'eau distillée. Après agitation de 15 secondes, l'observation d'une mousse persistante indique une réaction positive.(khandelwel,2008).

### **7.1.5. Terpénoïdes (Test de Slakowski)**

Le teste a été réalisé par l'addition de 3 ml d' $\text{H}_2\text{SO}_4$  concentré à un mélange de 5ml de l'extrait méthanolique et 2ml de chloroforme ( $\text{CHCl}_3$ ).La formation d'un anneau marron-rouge à l'interphase indique la présence des terpénoïdes.(Edeoga *et al.*,2005).

### **7.1.6. Les Stéroïdes**

Pour 1ml d'extrait méthanolique on ajoute 0,5ml de solution d'acide acétique, suivi par 0,5ml de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  concentré. Si la solution ne donne aucune couleur verte cela prouve la présence de stéroïdes non saturés. Dans un 2ème tube, le même volume de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  est ajouté. La présence de la couleur rouge indique la présence des dérivés des stéroïdes.(Brain *et al.*,1975).

#### **7.1.7. Les Coumarines**

A 2 ml de l'extrait, on ajout goutte 3 ml de solution NaOH (10%). L'apparition d'une coloration Jaune révèle la présence des coumarines. (Sasidharan et al., 2011).

#### **7.1.8. Les Alcaloïdes (Test de Mayer)**

1ml de chaque extrait méthanolique est traité par 0,5ml de réactif de Mayer. L'apparition d'un précipité blanc révèle la présence des alcaloïdes.(Evans, 2009).

#### **7.1.9. Les Anthocyanes**

Les anthocyanes ont été caractérisés par un mélange de l'extrait, d'H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> à 10 % et de NH<sub>4</sub>OH à 10%. L'apparition d'une couleur bleue en milieu basique, indique la présence des anthocyanes.(Mabery et al, 1970).

#### **7.1.10. Les Glycosides cardiaques**

Le test est réalisé à partir d'un mélange de l'extrait avec le chloroforme. L'apparition d'une couche rougeâtre foncée après l'addition de l'acide sulfurique concentré avec précaution, indique la présence des glycosides cardiaques.(Odebiyi et al., 1978).

#### **7.1.11. Les Anthraquinone**

Le test est réalisé par un mélange de l'extrait méthanolique et une solution KOH aqueux (10%). L'apparition d'une phase aqueuse vire au rouge après agitation indique la présence des anthraquinones.(Walliss, 1985).

### **8. Analyse quantitative**

#### **8.1. Dosage des polyphénols totaux (TPC)**

##### **8.1.1. Principe**

Le réactif utilisé, le Folin-Ciocalteu, est un mélange de complexes d'acide phosphotungstique (H<sub>3</sub>PW<sub>12</sub>O<sub>40</sub>) et d'acide phosphomolybdique (H<sub>3</sub>PMo<sub>12</sub>O<sub>40</sub>) de couleur jaune. Le principe de la méthode est basé sur l'oxydation des composés phénoliques par ce réactif. Cette oxydation entraîne la formation d'un nouveau complexe molybdène-tungstène de couleur bleu qui absorbe à 760 nm.

##### **8.1.2. Mode opératoire**

Une prise de 125 µl de l'extrait est mélangée avec 500µl d'eau distillée et 125µl du réactif de Folin-Ciocalteu dilué 10 fois. Après une agitation vigoureuse du mélange suivie d'un repos de 3min, une prise de 1250 µl de (Na)<sub>2</sub> CO<sub>3</sub> à 7.5 % est additionnée. Enfin le

mélange obtenu est ajusté par de l'eau distillée à 3 ml. Après un repos de 90 min à température ambiante et à l'obscurité, la lecture de l'absorbance est effectuée à une longueur d'onde de 760 nm par un spectrophotomètre UV-VIS. (Dewanto *et al*,2002).



**Figure20:** spectrophotomètre UV-VIS.(photo original).

La gamme étalon est préparée avec de l'acide gallique à des concentrations variant de 0 à 200 µg/mL (Tableau 05). Les teneurs en polyphénols sont exprimées en mg d'équivalent acide gallique par gramme de matière sèche (mg EAG/g MS).

**Tableau 05 :** Méthode de dosage des polyphénols.

	Gamme d'étalonnage (µg / mL)							Extraits de <i>Phoenix dactylifera L</i> (mg / mL)
<b>Concentrations</b>	0	20	40	60	140	160	200	0.5
<b>Acide gallique (µL)</b>	-	125	125	125	125	125	125	-
<b>Solvant (µL) (Méthanol)</b>	125	-	-	-	-	-	-	-
<b>Extrait (µL)</b>	-	-	-	-	-	-	-	125
<b>Solvant (µL) (Eau distillée)</b>	500	500	500	500	500	500	500	500
<b>Folin-Ciocalteu 1N (µL)</b>	125	125	125	125	125	125	125	125
Repos pendant <b>3min</b>								
<b>Carbonate de sodium à 2% (µL)</b>	1250	1250	1250	1250	1250	1250	1250	1250
<b>Solvant (µL) (Eau distillée)</b>	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000
Incubation pendant <b>90 min</b> à température ambiante et à l'obscurité.								
Lecture de l'absorbance à <b>760 nm</b> .								

## **8.2. Dosage des flavonoïdes totaux (TFC)**

La quantification des flavonoïdes est faite selon une méthode colorimétrique décrite par Dewanto et *al.*(2002).

### **8.2.1. Principe**

Le principe de la méthode est basé sur l'oxydation des flavonoïdes par deux réactifs incolores, le nitrite de sodium ( $\text{NaNO}_2$ ) et le chlorure d'aluminium ( $\text{AlCl}_3$ ). Elle entraîne la formation d'un complexe brunâtre qui absorbe à 510 nm.

### **8.2.2. Mode opératoire**

Une prise de 250  $\mu\text{l}$  d'extrait diluée est additionnée de 75  $\mu\text{l}$  d'une solution de  $\text{NaNO}_2$  à 5%. Après 6 min d'incubation à température ambiante, 150  $\mu\text{l}$  d'une solution fraîchement préparée de chlorure d'aluminium ( $\text{AlCl}_3$ , 10%) sont ajoutés au mélange. Après 5 mn de repos à température ambiante, 500  $\mu\text{l}$  de soude ( $\text{NaOH}$ , 1M) sont apportés au mélange, et le volume final est porté à 2.5 ml avec de l'eau distillée. L'absorbance de cette préparation est mesurée contre un blanc à 510 nm. La comparaison de la D.O observée à celle obtenue par un étalon de catéchine de concentration connue permet d'évaluer la teneur totale en flavonoïdes. Pour cela, une gamme étalon à base de quercétine est également préparée à des concentrations allant de 0 à 500  $\mu\text{g/ml}$  (Tableau 06). Les teneurs en flavonoïdes des extraits sont alors exprimées en milligramme équivalent quercétine par gramme de la matière sèche (mg EQ/g MS).

**Tableau06 : Méthode de dosage des flavonoïdes.**

	<b>Gamme d'étalonnage (µg / ml)</b>					<b>Extraits de <i>Phoenix dactylifera L</i> (mg / ml)</b>
<b>Concentrations</b>	0	62,5	125	250	500	1
<b>Quercétine (µl)</b>		250	250	250	250	-
<b>Solvant (µL) (Méthanol)</b>	250	-	-	-	-	-
<b>Extrait (µL)</b>	-	-	-	-	-	250
<b>NaNO<sub>2</sub> à 5% (µL)</b>	75	75	75	75	75	75
Repos pendant <b>6 min</b> à température ambiante.						
<b>AlCl<sub>3</sub> à 10% (µL)</b>	150	150	150	150	150	150
Repos pendant <b>5 min</b> à température ambiante.						
<b>NaOH à 1M (µL)</b>	500	500	500	500	500	500
<b>Eau distillée (µL)</b>	1525	1525	1525	1525	1525	1525
Lecture de l'absorbance à <b>510 nm</b> .						

### 8.3. Tanins condensés

Le dosage des tanins condensés est réalisé selon la méthode décrite par Sun et al., (1998)

#### 8.3.1. Principe

En présence d'acide sulfurique, les tanins condensés se dépolymérisent et, par réaction avec la vanilline, se transforment en anthocyanidols de couleur rouge, mesurables par spectrophotométrie à 500 nm.

#### 8.3.2. Mode opératoire

Une prise de 50 µl d'extrait est ajoutée à 3 ml de vanilline à 4% et 1.5 ml d'acide chlorhydrique concentré. Après homogénéisation, le mélange est mis en incubation à température ambiante pendant 15 min. L'absorbance est mesurée contre un blanc à 500 nm. Les teneurs en tanins condensés, déterminées en se référant à une gamme étalon de catéchine (0 à 500 µg/ml) (Tableau 07), sont exprimées en milligramme équivalent catéchine par gramme de la matière sèche (mg EC/ g MS).

**Tableau 07 : Méthode de dosage des tanins.**

	Gamme d'étalonnage (µg / ml)					Extraits de <i>Phoenix dactylifera L</i> (mg / ml)
Concentrations	0	62,5	125	250	500	1
Catéchine (µL)		50	50	50	50	-
Solvant (µL) (Méthanol)	50	-	-	-	-	-
Extrait (µL)	-	-	-	-	-	50
Vanilline à 4% (µL)	3000	3000	3000	3000	3000	3000
HCL (µL)	1500	1500	1500	1500	1500	1500
Incubation pendant <b>15 min</b> à température ambiante.						
Lecture de l'absorbance à <b>500 nm</b> .						

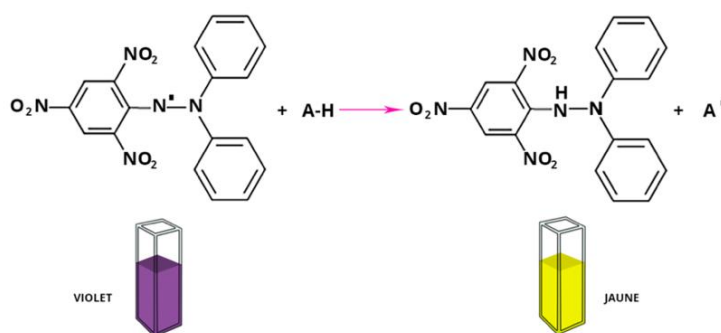
#### 8.4. Etude de l'activité antioxydante par le test DPPH

##### 8.4.1. Principe

Le test au 2,2-diphényl-2-picryl-hydrasyle (DPPH.) est réalisé par la méthode décrite par (Ammar *et al.*, 2009) qui permet de mesurer le pouvoir réducteur par le calcul de la IC50 des substances antioxydantes contenues dans un extrait. Le DPPH est un radical libre de couleur violette qui devient jaune quand il est réduit par un donneur de proton H<sup>+</sup>.



Où AH est un composé capable de céder un H<sup>+</sup> au radical DPPH.



##### 8.4.2. Préparation de la solution de DPPH:

- Dissoudre **0,004 g de DPPH** (2,2-diphényl-1-picrylhydrazyle) dans **100 mL de méthanol**.



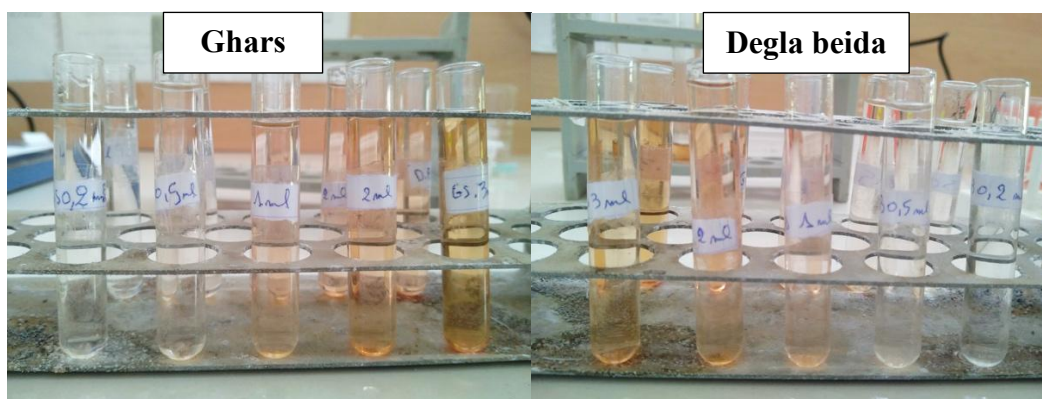
- Bien agiter la solution à l'obscurité pendant **30 minutes** (utiliser du papier aluminium pour protéger de la lumière).
- Cette solution est conservée à l'abri de la lumière jusqu'à son utilisation.



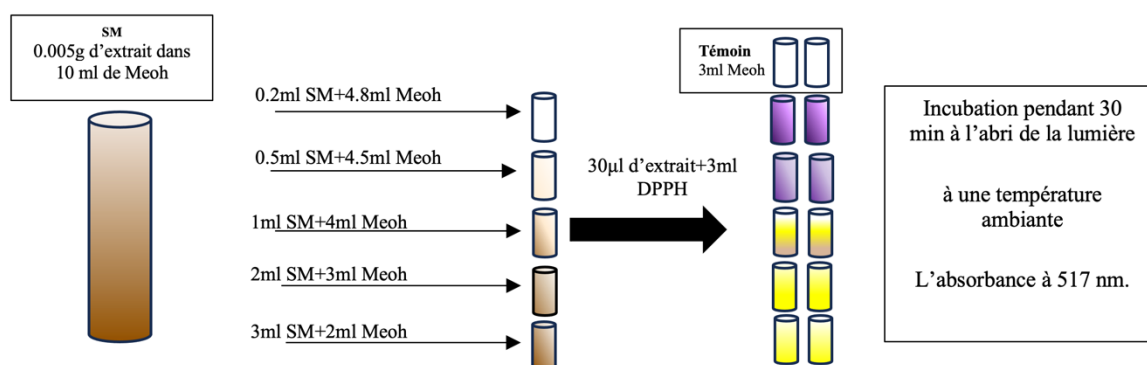
**Figure 20 :** Préparation de la solution de DPPH.(Photo original).

#### 8.4.3. Préparation des différentes concentrations des extraits

Pour évaluer l'activité et le pouvoir antioxydant d'un extrait , il faut tout d'abord le préparer sous forme de plusieurs dilutions d'une solution mère. On commence par une solution mère de 0.005g d'extrait dissout dans 10 ml de méthanol dans un tube à essai et on réalise 5 dilutions dans d'autres tubes:



**Figure21 :** les dilutions des extraits. (photo original).



**Figure 22:** Protocole du test DPPH pour l'évaluation de l'activité antioxydante. (schéma original).

#### 8.4.4. Expression des résultats

Les résultats sont exprimés en pourcentage d'inhibition :

$$I\% = \frac{(\text{Abs C} - \text{Abs E})}{\text{Abs C}} \times 100$$

Soit :

**I%** : Inhibition

**Abs C** : Absorbance de contrôle négative.

**Abs E** : Absorbance de l'extrait.

La concentration en extrait brut permettant d'inhiber 50 % du DPPH (IC50) est déterminée par une série de dilutions de l'extrait soumises aux mêmes réactions que l'extrait.

## 9. GC-MS ( Pour l'huile)

### 9.1. Principe

Le principe de la chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (GC-MS) repose sur la séparation des composés volatils d'un échantillon par chromatographie en phase gazeuse, suivie de leur identification grâce à la spectrométrie de masse. Cette technique permet de détecter et de caractériser précisément les constituants chimiques présents dans un extrait. (Sparkman et *al*, 2011).

## 9.2. Méthode d'analyse

Un échantillon d'huile végétale extrait des noyaux de dattes de quatre variétés (Ghers, Degla Beida, Ajwa Beskria et Gerbaa) a été analysé à l'aide de l'appareil **CLARUS 500 GC-MS** de **Perkin Elmer**. Sachant que les extraits végétaux ont été dilués dans différents solvants méthanol, hexane et dichlorométhane afin d'optimiser l'extraction des composés volatils. L'identification des spectres a été réalisée à l'aide de la bibliothèque spectrale NIST (version 2017).

### 9.2.1. Chromatographie en phase gazeuse ( GC)

- Température injecteur : 250°C
- Mode d'injection : Split
- Volume injecté : 1  $\mu$ l
- Gaz vecteur : hélium
- Colonne capillaire Rtx-5ms
- Longueur : 30 m
- Diamètre : 250  $\mu$ m
- Programme température du four : T° initiale : 50°C pendant 5.00 min

### 9.2.2. Spectromètre de masse (MS)

- Temps d'acquisition : 52.29 min
- Delay time : 00.00min
- Intervalle des masses m/z : de 50 à 450 en mode scan



**Figure23** : Appareil de la GC-MS.(photo original).

## **10. Etude de l'activité antimicrobienne**

### **10.1. Activité antibactérienne**

#### **10.1.1. Principe**

L'activité antibactérienne correspond à la capacité d'une substance à inhiber la croissance ou à tuer les bactéries, généralement évaluée in vitro par diffusion sur gélose ou par mesure de la concentration minimale inhibitrice. (CLSI, 2023).

#### **10.1.2. Le but**

Ce test vise à évaluer l'effet de l'huile et des extraits végétaux de noyaux de dattes, préparés à différentes concentrations et dissous dans le DMSO, sur la croissance de *Escherichia coli*, en utilisant le milieu de culture Mueller-Hinton.

#### **10.1.3. Méthode des puits**

La méthode des puits consiste à ensemencer une gélose avec une suspension microbienne, puis à creuser des puits (trous) dans le milieu solidifié. Chaque puits est rempli avec une solution de l'extrait ou de la substance à tester. Après incubation, l'activité antimicrobienne est évaluée par la présence d'une zone d'inhibition autour du puits, indiquant une inhibition de la croissance du micro-organisme.

#### **10.1.4. Les souches bactériennes**

L'activité antibactérienne des extraits végétaux a été testée sur la souche *Escherichia coli*, une bactérie à Gram négatif fréquemment impliquée dans les infections intestinales.

#### **10.1.5. Stérilisation du matériels**

Autoclavage les milieux de cultures, l'eau physiologie, Les embouts, les disques en papier Wattman, les tubes à essai « utilisés dans la préparation des solutions bactériennes ainsi que dans la préparation des dilutions de nos échantillons » à 121° C pendant 15 min.

#### **10.1.6. Préparation des suspensions bactériennes**

Une suspension de *Escherichia coli* est préparée à partir d'une culture jeune. Des colonies isolées et morphologiquement homogènes sont prélevées à l'aide d'une anse de platine stérile, puis mises en suspension dans 5 mL d'eau physiologique stérile (NaCl 0,9 %). La suspension est ensuite homogénéisée par vortexage vigoureux afin d'obtenir une dispersion des bactéries.

#### 10.1.7. Ensemencement des boîtes

Un milieu Mueller-Hinton est versé dans une boîte de Pétri stérile, puis laissé à solidifier. Une fois solidifié, il est ensemencé avec une culture bactérienne d'*Escherichia coli*. Toutes les manipulations sont réalisées dans des conditions aseptiques, à proximité d'un bec Bunsen. Un écouvillon stérile est imbibé dans la suspension bactérienne, puis utilisé pour étaler uniformément l'inoculum à la surface de l'agar. Par la suite, des puits sont réalisés dans le milieu gélosé à l'aide d'une pipette Pasteur stérile. (Balouiri, 2016).



**Figure 24 :** Ensemencement des boîtes de Pétri avec *E. coli*. (photo original).

#### 10.1.8. Préparation des concentrations des extraits végétaux

Dissoudre 0,5 g d'extrait dans 5 ml DMSO (SM) afin de préparer les concentrations suivantes :

**100(%) :** 2.5 ml de SM

**50(%) :** 2.5 ml de SM + 2.5 ml de DMSO

**25(%) :** 1.25 de SM + 4.75 ml de DMSO

Chaque puits a ensuite été rempli avec 40  $\mu$ L de chacune des concentrations préparées pour toutes les variétés étudiées.



**Figure 25 :** Remplissage des puits. (photo original).

#### **10.1.9. Préparation des dilutions d'huiles végétales**

**100% :** Huile végétale pure (sans dilution)

**50% :** 0,5 mL d'huile végétale pure + 0,5 mL de DMSO

Chaque puits a ensuite été rempli avec 40  $\mu$ L de chacune des concentrations préparées pour toutes les variétés étudiées.

#### **10.1.10. Incubation et lecture des résultats**

Les boîtes sont mises à incubées dans une étuve à 37°C pendant 24h.

Mesurer le diamètre des zones d'inhibition (zone claire autour du puits).

<b>Zone d'inhibition (mm)</b>	<b>Interprétation</b>
$\leq 8$ mm	Faible activité
9–14 mm	Activité modérée
15–19 mm	Bonne activité
$\geq 20$ mm	Très bonne activité

### **10.2. Activité antifongique**

#### **10.2.1. Principe**

L'activité antifongique désigne la capacité d'un agent à inhiber la croissance ou à détruire des champignons, généralement par altération de la membrane plasmique (via

inhibition de la synthèse d'ergostérol) ou de la paroi cellulaire, entraînant la mort cellulaire (Karakas et *al.*, 2021).

### **10.2.2. Le but**

Ce test a pour objectif d'évaluer l'effet de l'huile et des extraits végétaux des noyaux de dattes à différentes concentrations, dissous dans le DMSO, sur la croissance des champignons phytopathogènes *Fusarium* spp. et *Verticillium* spp., en utilisant le milieu de culture PDA.

### **10.2.3. Matériel et équipements utilisés**

- Verrerie stérile (tubes à essai, flacons, boîtes de Pétri)
- Pipettes Pasteur
- Boîtes de Pétri de 6 cm et 9 cm de diamètre
- Bec Bunsen
- Autoclave
- Étuve
- Gaze stérile
- Matériel de stérilisation (alcool, flamme, coton, etc.)

### **10.2.4. Champignons utilisés**

- *Fusarium* spp.
- *Verticillium* spp.

### **10.2.5. Produits chimiques et milieux de culture**

- Pommes de terre fraîches (pour la préparation de l'extrait de pomme de terre).
- Eau distillée.
- Glucose.
- Agar.
- Antibiotique (utilisé pour prévenir la contamination bactérienne).
- Extrait méthanoïque des noyaux de dattes ( Ghers, Degla beida).
- L'huile des noyaux de dattes (HND).
- DMSO (diméthylsulfoxyde) utilisé comme solvant.

### **10.2.6. Préparation du milieu de culture PDA (Potato Dextrose Agar)**

La préparation du milieu de culture PDA (Potato Dextrose Agar) a été réalisée conformément au protocole décrit par Atlas (2010).

#### **a Extraction du bouillon de pommes de terre**

Peser 400 g de pommes de terre, les laver soigneusement, puis les découper en petits morceaux. Les placer dans un ballon contenant 2 litres d'eau distillée.

Porter à ébullition et laisser cuire pendant 30 minutes.

Une fois la cuisson terminée, filtrer le mélange à l'aide d'une étamine ou d'un tissu de gaze afin de récupérer le bouillon clair.

#### **b Préparation du milieu nutritif**

Peser 40 g de glucose et 26 g d'agar. Ajouter ces deux composés progressivement au bouillon encore chaud, tout en agitant continuellement pour éviter la formation de grumeaux.

Compléter ensuite le volume total avec de l'eau distillée stérile jusqu'à atteindre 4 litres. Bien homogénéiser l'ensemble.

#### **c Stérilisation**

Répartir le milieu préparé dans des flacons ou des bouteilles en verre hermétiquement fermées, puis procéder à la stérilisation à l'autoclave à 121 °C pendant 15 à 20 minutes.

#### **d Ajout d'antibiotique (facultatif)**

Une fois le milieu stérilisé et légèrement refroidi (environ 45-50 °C), ajouter un antibiotique approprié (par exemple, le streptomycine ou la chloramphénicol) pour inhiber la croissance bactérienne. Bien agiter pour homogénéiser la solution avant le coulage.

#### **e Coulage des boîtes de Pétri**

Verser le milieu encore liquide dans des boîtes de Pétri stériles en veillant à obtenir une épaisseur uniforme de 4 à 5 mm. Laisser solidifier le milieu à proximité d'une flamme (type bec Bunsen) pour réduire le risque de contamination aérienne.



### 10.2.7. Incorporation des extraits dans le milieu de culture

Pour chaque extrait testé, 0,5 g de matière sèche ont été pesés et dissous dans 10 mL de DMSO afin d'obtenir une solution mère. À partir de cette solution, trois concentrations différentes (2,5 %, 5 % et 10 %) ont été préparées. Les extraits ont ensuite été incorporés dans le milieu de culture PDA fondu et maintenu à environ 45 °C, sous conditions aseptiques à proximité d'un bec Bunsen, afin d'éviter toute dénaturation. Le milieu enrichi a été homogénéisé, puis réparti dans des boîtes de Pétri stériles. Chaque concentration a été testée en triplicata. Des boîtes témoins ont été préparées sans ajout d'extrait. (Grover et al., 1962).

### 10.2.8. Inoculation des milieux de culture par disques mycéliens

Un disque mycélien de 6 mm de diamètre a été prélevé à partir de cultures âgées de 5 à 7 jours pour chacun des deux champignons (*Fusarium* spp. et *Verticillium* spp.). Le disque a été placé au centre des boîtes contenant le milieu enrichi en extrait. L'ensemencement a été réalisé à l'aide de pipettes Pasteur, dans des conditions aseptiques à proximité de la flamme.

### 10.2.9. Incubation

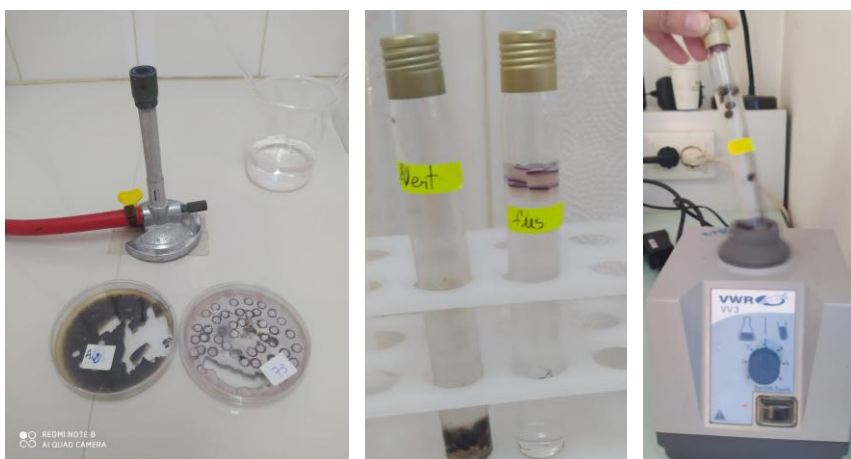
L'ensemble des boîtes (traitées et témoins) a été incubé à 25 °C pendant 5 jours. L'effet des extraits sur la croissance des deux champignons a été évalué par comparaison avec les témoins.



**Figure25 :** Mise en incubation des boîtes de Pétri pour l'évaluation de l'activité antifongique des extraits. (photo original).

#### 10.2.10. Préparation de la suspension fongique

À l'aide d'une pipette Pasteur, dix fragments mycéliens des champignons *Fusarium* sp. et *Verticillium* sp. ont été prélevés de manière aseptique à proximité d'un bec Bunsen, puis transférés séparément dans deux tubes stériles contenant chacun 10 mL d'eau distillée stérile. Les tubes ont ensuite été agités à l'aide d'un vortex afin de favoriser la désagrégation du mycélium et de libérer les spores, permettant ainsi l'obtention de suspensions fongiques homogènes pour chaque souche. (Yadav et al., 2014).



**Figure 26 :** Préparation de la suspension fongique. (photo original).

#### 10.2.11. Préparation des concentrations d'huiles végétales

Trois concentrations d'huiles végétales extraites de noyaux de dattes (*Ghers*, *Ajwa*, *Beskria*, *Degla Beïda*, *Gerbaa*) ont été préparées par dilution dans le DMSO selon les proportions suivantes :

- **25 % :** 25  $\mu$ L d'huile végétale + 75  $\mu$ L de DMSO
- **50 % :** 50  $\mu$ L d'huile végétale + 50  $\mu$ L de DMSO
- **75 % :** 75  $\mu$ L d'huile végétale + 25  $\mu$ L de DMSO

Une solution témoin a été préparée en utilisant du DMSO pur (100 %) sans ajout d'huile.

#### 10.2.12. Évaluation de l'activité antifongique des huiles végétales par la méthode des puits

Le milieu de culture PDA (Potato Dextrose Agar) a été coulé dans des boîtes de Pétri stériles à raison d'une épaisseur de 5 à 6 mm, puis laissé à solidifier à température ambiante. Après solidification, une suspension fongique homogène de *Fusarium* spp. ou *Verticillium*

spp., déjà préparée, a étéensemencée en surface à l'aide d'un écouvillon stérile, de manière à assurer une répartition uniforme du champignon.



**Figure 27 :** Ensemencement du milieu de culture par le champignon. (photo original).

Une fois la surface du milieu sèche, trois puits de taille uniforme ont été pratiqués dans chaque boîte de Pétri à l'aide d'une pipette Pasteur stérile. Chaque puits a ensuite été rempli avec 40  $\mu$ L d'huile végétale (Ghers, Ajwa, Beskria, Degla Beïda ou Gerbaa) préparée à différentes concentrations (25 %, 50 %, 75 %) par dilution dans le DMSO. Des témoins négatifs (DMSO seul) ont été également préparés pour chaque souche fongique. Chaque condition a été réalisée en double.



**Figure28** : Préparation des puits pour l'inoculation. (Photo original).

Les boîtes ont été incubées à 25 °C pendant cinq jours. L'activité antifongique des huiles végétales a été déterminée par mesure du diamètre de la zone d'inhibition autour de chaque puits, en comparaison avec les témoins, selon la méthode de diffusion sur gélose décrite par Valgas et *al.* (2007).

#### **10.2.13. Évaluation de la croissance fongique**

À la fin de la période d'incubation, la croissance fongique a été évaluée dans chaque boîte de Pétri en mesurant le diamètre de la colonie mycélienne (en mm). L'effet antifongique des huiles végétales/extraits a été déterminé en comparant le diamètre de croissance dans les milieux traités à celui des boîtes témoins non traitées.(Toghhueo et *al.*, 2019).

Le pourcentage d'inhibition de la croissance mycélienne (PI) a été calculé selon la formule suivante :

$$\text{PI (\%)} = \frac{(\text{Dt} - \text{Dc})}{\text{Dt}} \times 100$$

Où :

- **PI** : pourcentage d'inhibition de la croissance fongique.
- **D<sub>t</sub>** : diamètre de la croissance mycélienne dans le milieu témoin (sans huile).
- **Dc** : diamètre de la croissance mycélienne dans le milieu contenant l'huile végétale/extraits.

## **11. Analyse statistique**

Tous les calculs ont été effectués au moyen du logiciel XLSTAT® Version 2016.02.28451 sur Windows® 7. Les valeurs de IC-50 et A-0,5 ainsi que les représentations graphiques ont été réalisées à l'aide de MS-Excel 2013.

# **Partie III**

## **Résultats**

### **Et**

## **Discussion**

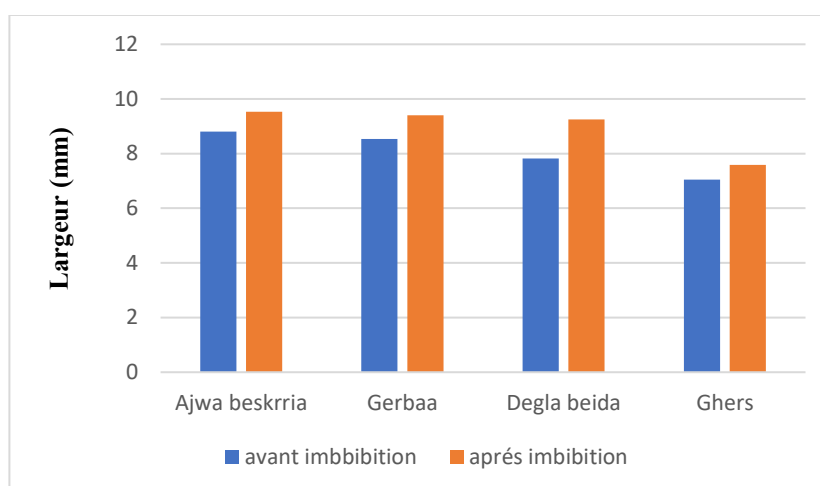
## Résultats et discussion

### Partie III : Résultats et discussion

#### 1. Résultats morphométriques des noyaux avant et après imbibition

##### 1.1. La largeur des grains

La largeur des grains des quatre variétés augmente proportionnellement après imbibition durant une semaine dans l'eau potable. (figure 29 ).



**Figure29:** Histogramme de largeur des graines de dattes avant et après imbibition.

les mesures de la largeur ont montré une augmentation chez toutes les variétés.

La variété Degla Beïda a affiché la hausse la plus marquée, avec une différence de 1,42 mm, allant de  $7,82 \pm 0,46$  mm à  $9,24 \pm 0,56$  mm. La variété Ghers a enregistré la plus faible variation, avec une augmentation de 0,54 mm (de  $7,04 \pm 0,50$  mm à  $7,59 \pm 0,43$  mm).

L'analyse de la variance à deux facteurs ( variété et traitement ) révéla une différence très hautement significative entre les variétés, et significatif pour l'interaction de deux facteurs variétés et traitement.

**Tableau 08 :** Analyse de la variance pour le paramètre largeur de graines.

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F	Signification
Traitement	1	5.719	5.719	22.195	< 0,0001	***

## Résultats et discussion

variété	3	67.106	22.369	86.807	< 0,0001	***
Traitement *variété	3	2.180	0.727	2.820	0.045	*

\*\*\* Très hautement significatif \*\* Hautement significatif, \* Significatif, NS non significatif

**Tableau 09 :** Groupes homogènes de traitement pour le paramètre largeur de graines.

Modalités	Moyenne	Regroupements		
après imbibition	9.081	A		
avant imbibition	8.546		B	

Le test Newman-keuls regroupe les traitements en deux groupes ; le premier est après imbibition et la deuxième est avant imbibition.

$$A > B \Leftrightarrow \text{Après imbibition} > \text{Avant imbibition} \Leftrightarrow 9.081 > 8.546$$

**Tableau 10 :** Groupes homogènes de traitement pour le paramètre largeur de graines.

Modalités	Moyenne	Regroupements		
Degla beida	9.800	A		
Ajwa beskria	9.168		B	
Gerbaa	8.966		B	
Ghers	7.319			C

Le test Newman-keuls partage les quatre variétés en trois groupes distingués : Degla beida(A), Ajwa beesria et Gerbaa (B), Ghers (C) respectivement.

$$\text{Degla beida} > \text{Ajwa beskria} ; \text{Gerbaa} > \text{Ghers} \Leftrightarrow 9.8 > 9.168 ; 8.966 > 7.319$$

Il est également possible de trier les variétés en interaction avec les traitements appliqué en quatre groupes le premier groupe Ddegla beida-avant imbibition, le dernier groupe Ghers-avant imbibition. (Tableau 11).

**Tableau 11 :** Groupes homogènes de l'interaction (Variétés, traitement) pour le paramètre largeur de graines.

Modalités	Moyenne	Regroupements			
Traitement -avant imbibition*variété -Degla beida	9.800	A			
Traitement -après imbibition *variété -Degla beida	9.800	A			
Traitement -après imbibition *variété -Ajwa beskria	9.530	A			
Traitement -après imbibition *variété -Gerbaa	9.402	A			
Traitement -avant imbibition*variété -Ajwa beskria	8.805		B		

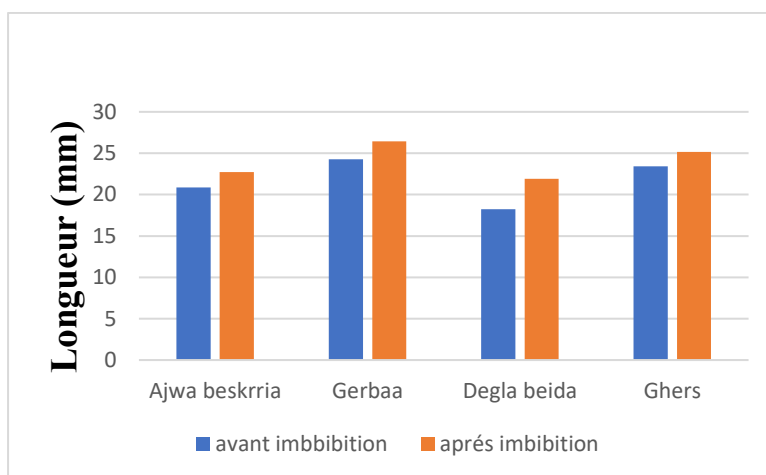


## Résultats et discussion

Traitement -avant imbibition*variété -Gerbaa	8.530		B	
Traitement -après imbibition *variété -Ghers	7.590		C	
Traitement -avant imbibition*variété -Ghers	7.048			D

### 1.2. La longueur des graines

La longueur des grains des quatre variétés augmente proportionnellement après imbibition durant une semaine dans l'eau potable. (figure 30).



**Figure30:** Histogramme de longueur des graines de dattes avant et après imbibition.

**L'analyse des mesures révèle que la longueur des noyaux a augmenté chez toutes les variétés après imbibition.**

**La plus forte variation a été observée chez la variété Degla Beïda, avec une augmentation de 3,70 mm, passant de  $18,22 \pm 1,83$  mm à  $21,92 \pm 1,07$  mm respectivement avant et après imbibition. En revanche, la variété Ghars a présenté la plus faible augmentation, estimée à 1,43 mm, avec des valeurs allant de  $7,04 \pm 2,36$  mm à  $7,59 \pm 3,12$  mm.**

L'analyse de la variance à deux facteurs ( variété et traitement ) pour la variable longueur des graines révéla une différence très hautement significative entre les variétés, et significatif pour l'interaction entre les deux facteurs.(tableau 11).

**Tableau 11 :** Analyse de la variance pour le paramètre longueur de graines.

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F	Significatif
Traitement	1	112.077	112.077	25.098	< 0,0001	***

## Résultats et discussion

variété	3	345.163	115.054	25.765	< 0,0001	***
Traitement *variété	3	12.455	4.152	0.930	0.431	*

\*\*\* Très hautement significatif \*\* Hautement significatif, \* Significatif, NS non significatif

**Tableau 12 :** Groupes homogènes de traitement pour le paramètre longueur de graines.

Modalités	Moyenne	Regroupements		
après imbibition	24.061	A		
avant imbibition	21.694		B	

Le test Newman-keuls regroupe les traitements en deux groupes ; le premier est après imbibition et la deuxième est avant imbibition.(tableau 12 )

$A > B \Leftrightarrow \text{Après imbibition} > \text{Avant imbibition} \Leftrightarrow 24.061 > 21.694$  .

**Tableau 13 :** Groupes homogènes de traitement pour le paramètre longueur de graines.

Modalités	Moyenne	Regroupements		
Gerbaa	25.363	A		
Ghers	24.295	A		
Ajwa beskria	21.780		B	
Degla beida	20.073			C

Le test Newman-keuls partage les quatres variétés en trois groupes distingués : Gerbaa et Ghers (A), Ajwa beesria (B), Degla beida(C) respectivement. (tableau 13)

$\text{Gerbaa ; Ghers} > \text{Ajwa beesria} > \text{Degla beida} \Leftrightarrow 25.633 ; 24.295 > 21.78 > 20.073$

**Tableau 14 :** Groupes homogènes de l'interaction (Variétés, traitement) pour le paramètre longueur de graines.

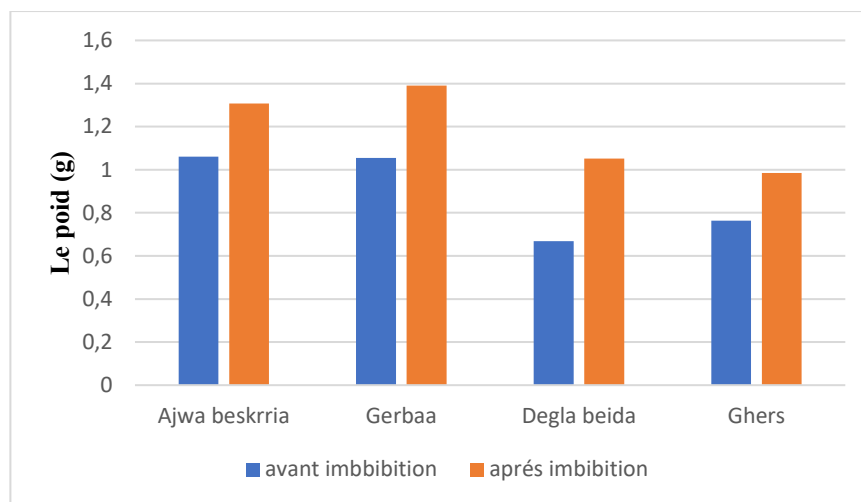
Modalités	Moyenne	Regroupements				
Traitement -après imbibition *variété -Gerbaa	26.450	A				
Traitement -après imbibition *variété -Ghers	25.160	A	B			
Traitement -avant imbibition*variété -Gerbaa	24.275	A	B	C		
Traitement -avant imbibition*variété -Ghers	23.430		B	C		
Traitement -après imbibition *variété -Ajwa beskria	22.709		B	C	D	
Traitement -après imbibition *variété -Degla beida	21.925			C	D	
Traitement -avant imbibition*variété -Ajwa beskria	20.850				D	
Traitement -avant imbibition*variété -Degla beida	18.220					E

## Résultats et discussion

Il est également possible de trier les variétés en interaction avec les traitements appliqué en 8 groupes le premier groupe Gerbaa-Après imbibition, le dernier groupe Degla beida-avant imbibition. (tableau 14).

### 1.3 Le poids des graines

Le poids des grains des quatre variétés augmente proportionnellement après imbibition durant une semaine dans l'eau potable. (figure 31).



**Figure31:** Histogramme de longueur des graines de dattes avant et après imbibition.

Le poids des noyaux a augmenté chez l'ensemble des variétés après imbibition.

La Degla Beïda s'est distinguée par la plus forte augmentation de 0,38 g, passant de  $0,66 \pm 0,14$  à  $1,05 \pm 0,14$ . La variété Ghars, quant à elle, a montré la plus faible augmentation estimée à 0,22 g, passant de  $0,76 \pm 0,18$  à  $0,98 \pm 0,23$ .

L'analyse de la variance à deux facteurs révélé une différence très hautement significative entre les variétés, et entre les traitement. Alors qu'elle est faiblement significatif pour l'interaction de deux facteurs variétés et traitement.(tableau 15).

**Tableau 15 :** Analyse de la variance pour le paramètre poid de graines.

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F	Signification
Traitement	1	1.744	1.744	42.428	< 0,0001	***
variété	3	2.303	0.768	18.677	< 0,0001	***

## Résultats et discussion

Traitement *variété	3	0.093	0.031	0.754	0.524	*
------------------------	---	-------	-------	-------	-------	---

\*\*\* Très hautement significatif \*\* Hautement significatif, \* Significatif, NS non significatif

**Tableau 16 :** Groupes homogènes de traitement pour le paramètre poids de graines.

Modalités	Moyenne	Regroupements	
après imbibition	1.182	A	
avant imbibition	0.887		B

Le test Newman-keuls regroupe les traitements en deux groupes ; le premier est après imbibition et la deuxième est avant imbibition.(tableau 16).

$$A > B \Leftrightarrow \text{Après imbibition} > \text{Avant imbibition} \Leftrightarrow 1.182 > 0.887 .$$

**Tableau 17 :** Groupes homogènes de traitement pour le paramètre poids de graines.

Modalités	Moyenne	Regroupements	
Gerbaa	1.223	A	
Ajwa beskria	1.184	A	
Ghers	0.871		B
Degla beida	0.860		B

Le test Newman-keuls partage les quatre variétés en deux groupes distingués deux à deux : Gerbaa et Ajwa beskria (A), Ghers et Degla beida(B) respectivement ( Tableau 17).

$$\text{Gerbaa ; Ajwa beskria} > \text{Ghers ; Degla beida} \Leftrightarrow 1.22 ; 1.18 > 0.871 ; 0.86$$

Il est également possible de trier les variétés en interaction avec les traitements appliqué en trois groupes le premier groupe Gerbaa-Après imbibition, le dernier groupe Degla beida-avant imbibition. (tableau 18).

**Tableau 18 :** Groupes homogènes de l'interaction (Variétés, traitement) pour le paramètre poids de graines.

Modalités	Moyenne	Regroupements		
Traitement -après imbibition *variété -Gerbaa	1.391	A		
Traitement -après imbibition *variété -Ajwa beskria	1.308	A		
Traitement -avant imbibition*variété -Ajwa beskria	1.060		B	
Traitement -avant imbibition*variété -Gerbaa	1.055		B	
Traitement -après imbibition *variété -Degla beida	1.052		B	
Traitement -après imbibition *variété -Ghers	0.977		B	

## Résultats et discussion

Traitement -avant imbibition*variété -Ghers	0.764			C
Traitement -avant imbibition*variété -Degla beida	0.668			C

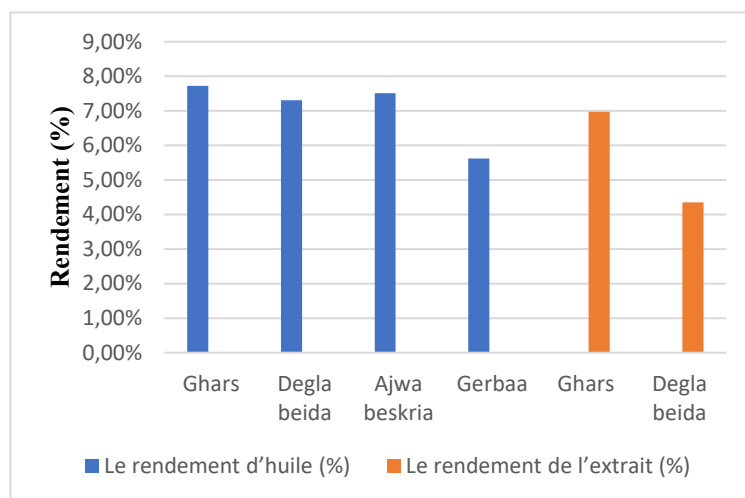
### 1.4. Interprétation de l'augmentation des dimensions des graines étudiées

L'augmentation de la taille des graines tant en longueur, largeur que poids peut être expliquée par l'action accrue de hormones végétales favorisant la dormance et la germination, notamment les gibbérellines (Gibberellins).

Les gibbérellines (GA) sont des hormones végétales essentielles pour sortir les graines de la dormance et amorcer la germination. Pendant l'imbibition, l'eau pénètre rapidement dans les graines, les faisant gonfler et déclenchant l'activité métabolique. Les gibbérellines favorisent cette phase en améliorant la perméabilité des parois cellulaires à l'eau.

Les gibbérellines déclenchent la synthèse d'enzymes telles que l' $\alpha$ -amylase, qui convertissent l'amidon stocké en sucres simples, fournissant l'énergie nécessaire à l'embryon. Cette action enzymatique conduit à un accroissement du poids, de la longueur et de la largeur des embryons, en raison de la mobilisation des réserves et de la croissance cellulaire. La dormance des graines est régulée par l'équilibre entre l'acide abscissique (ABA), qui maintient l'état de dormance, et les gibbérellines, qui inhibent. L'augmentation de GA rompt l'inhibition de l'ABA, déclenchant la levée de la dormance et favorisant la germination. (Nonogaki et *al.*, 2010).

### 2. Le rendement de l'extrait et d'huile de noyaux des dattes



**Figure 32:** Le rendement de l'extrait et d'huile de noyaux des dattes.

L'analyse des rendements d'extraction révèle des variations notables entre les différentes variétés de dattes (figure 32). Pour les extraits, la variété Ghars présente un rendement significativement plus élevé (6,97%) que Degla Beida (4,35%). Concernant l'extraction d'huile, Ghars maintient sa position dominante (7,72%), suivi par Ajwa Baskria (7,51%) et Degla Beida (7,31%), tandis que Gerbaa affiche le rendement le plus faible (5,62%).

Nous remarquons que les deux variétés Ghars et Degla beida ont enregistré des rendements de leurs extraits est moins bon que les rendements de leurs huiles végétales d'une différence de 1,35% et 2,96% respectivement.

Ces différences intervariétales s'expliquent probablement par :

1. Des variations dans la teneur en matières grasses des noyaux
2. Des différences structurales au niveau des tissus du noyau
3. La composition chimique spécifique à chaque variété

Ces observations corroborent les travaux de Maqsood et al. (2020) qui ont démontré que la teneur en lipides des noyaux de dattes varie de 5 à 10% selon les cultivars. Par ailleurs, l'étude de Habibi et al. (2019) sur les propriétés physico-chimiques des noyaux confirme cette variabilité intercultivar.

D'un point de vue technologique, ces résultats suggèrent que :

## Résultats et discussion

- Ghars serait la variété la plus appropriée pour une extraction industrielle
- La différence de rendement entre extraction d'huile et d'extraits mériterait des investigations complémentaires
- Les paramètres d'extraction pourraient être optimisés en fonction de chaque variété

### 2.1. La couleur des huiles

La couleur des huiles varie de jaune claire ou brune jaunâtre et diffère chez les quatre variétés de l'une à l'autre (Tableau 19, figure 33).

**Tableau 19:** La couleur des huiles.

Variété	Ghers	Degla beida	Ajwa beskria	Gerbaa
Couleur	Brun jaunâtre.	jaune trouble	Jaune claire	Jaune foncée



**A**



**B**



**C**



**D**

**Figure 33:** L'huile des noyaux de dattes de la variété Ghers(A), Degla beida(B), Ajwa beskria(C), Gerbaa(D). (photo original).

Des études ont montré que la couleur de l'huile varie selon les variétés, et la couleur jaune est souvent la couleur dominante, avec des degrés variables de vert et de brun, comme en témoignent les éléments suivants :

## Résultats et discussion

D'après l'étude qu'ils ont faite par Boukouada et Yousfi (2009), sur l'huile de noyaux des trois variétés, il a été constaté que la couleur de l'huile était jaune verdâtre à brun jaunâtre.

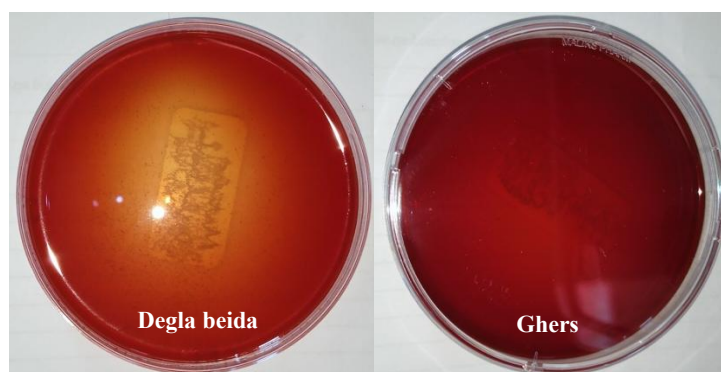
Ces résultats sont cohérents avec ce qui a été obtenu par Nehdi et *al.*, (2018), Après avoir étudié l'huile du noyau de dattes de 6 variétés qu'ils constaté que la couleur prédominante est le jaune .

### 2.2. La couleur des extraits méthanolique

La couleur des extraits méthanoliques varie de rouille au rouge oxyde chez les deux variétés Degla beida et Ghars respectivement.(figure 34, tableau19)

**Tableau 19 :** La couleur des extraits méthanoïque

Variétés	Ghers	Degla beida
Couleur	Rouge oxyde	Rouille



**Figure34:** l'extrait méthanoïque. (photo original).

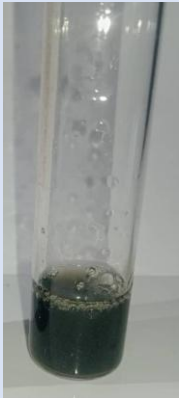
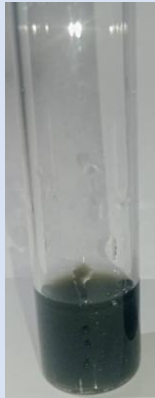


Des observations faites sur les extraits méthanoliques des noyaux de dattes de variétés locales, notamment Ghars et Degla Beida, ont montré une variation notable de la couleur en fonction de la variété. L'extrait de Ghars présentait une teinte brun foncé, tandis que celui de Degla Beida était légèrement plus clair, tirant vers le brun jaunâtre. Ces différences de couleur peuvent s'expliquer par une variation dans la composition en polyphénols, tanins et autres pigments naturels. Des résultats similaires ont été rapportés par Bouhlali et *al.* (2015), qui ont observé des teintes variant du brun clair au brun foncé selon les variétés marocaines. Al-Farsi et Lee (2008) ont également souligné que l'intensité de la couleur des extraits méthanoliques peut refléter la richesse en composés antioxydants.




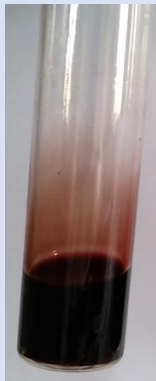


### 3. Criblage phytochimique

Les résultats du criblage phytochimique des extraits méthanoliques et aqueux des noyaux de dattes des variétés locales Ghars et Degla Beida ont révélé une richesse remarquable en composés bioactifs ( Tableau20 ).


**Tableau 20 :** Criblage phytochimique des extraits des noyaux étudiés.

		Extrait aqueux et méthanoliques	
		Ghars	Degla beida
Polyphénols		+++ 	+++ 
Flavonoïdes		+++ 	++ 
T annins	T. gallique	—	—
	T. catéchique	+	+

## Résultats et discussion

<b>Alcaloïdes</b>	—	—
<b>Anthocyanes</b>	—	—
<b>Stéroïdes</b>	+++ 	+++ 
<b>Terpénoïdes</b>	+++ 	+++ 
<b>Saponines</b>	+++	+++

## Résultats et discussion

		
<b>Anthraquinones</b>	±	±

(+++): Fortement présent; (++) : Modérément présent; (+) : Faiblement présent ;

(-) : Absence ; ± Trace.

Les polyphénols ont été fortement détectés (+++) dans les noyaux de deux variétés, traduisant un potentiel antioxydant élevé. Ces observations concordent avec les travaux de Bouhlali et al. (2017) et Djaoudene et al. (2019), qui ont rapporté une concentration importante en composés phénoliques dans les noyaux de dattes, en particulier lorsqu'ils sont extraits par des solvants polaires comme le méthanol.

En ce qui concerne les flavonoïdes, leur présence a été marquée dans l'extrait de *Ghars* (+++), tandis qu'elle était modérée dans celui de *Degla Beida* (++) . Cette différence peut être attribuée à une variabilité génétique entre les deux variétés, comme l'ont déjà souligné Al-Farsi et al. (2005), qui ont mis en évidence des variations significatives du contenu en flavonoïdes selon les cultivars et les conditions de culture.

Par ailleurs, les tanins catéchiques ont été faiblement détectés (+) dans les deux extraits, alors que les tanins galliques étaient absents. Ce résultat est cohérent avec les études de Platat et al. (2014) et Hasan et al. (2022), qui ont rapporté la présence de tanins dans les noyaux de dattes à des niveaux faibles à modérés, en fonction du type de tanin et du solvant utilisé.

L'analyse a également montré une forte présence des stéroïdes (+++) et des terpén oïdes (+++) dans les deux variétés, ce qui corrobore les résultats de Nehdi et al. (2010), lesquels ont démontré que l'huile de noyaux de dattes contient une quantité importante de stérols végétaux tels que le  $\beta$ -sitostérol et le stigmastérol. Ces composés lipophiles sont reconnus pour leurs effets bénéfiques sur la santé cardiovasculaire et leur activité anti-inflammatoire.

## Résultats et discussion

Les saponines ont aussi été fortement détectées (+++), en accord avec les travaux de Francis et al. (2002) et Sayeed et al. (2004), qui leur attribuent des propriétés antimicrobiennes, hypocholestérolémiantes et immunostimulantes. À l'inverse, les alcaloïdes, anthocyanes et tanins galliques étaient absents, ce qui est conforme aux résultats généralement observés dans les noyaux, qui ne sont pas des tissus pigmentés ou alcaloïdes.

Enfin, la détection en traces ( $\pm$ ) des anthraquinones suggère la présence de faibles concentrations de composés dérivés, possiblement présents en quantité négligeable ou sous forme liée. Ceci a également été rapporté dans les extraits bruts de plantes médicinales selon Evans (2009).

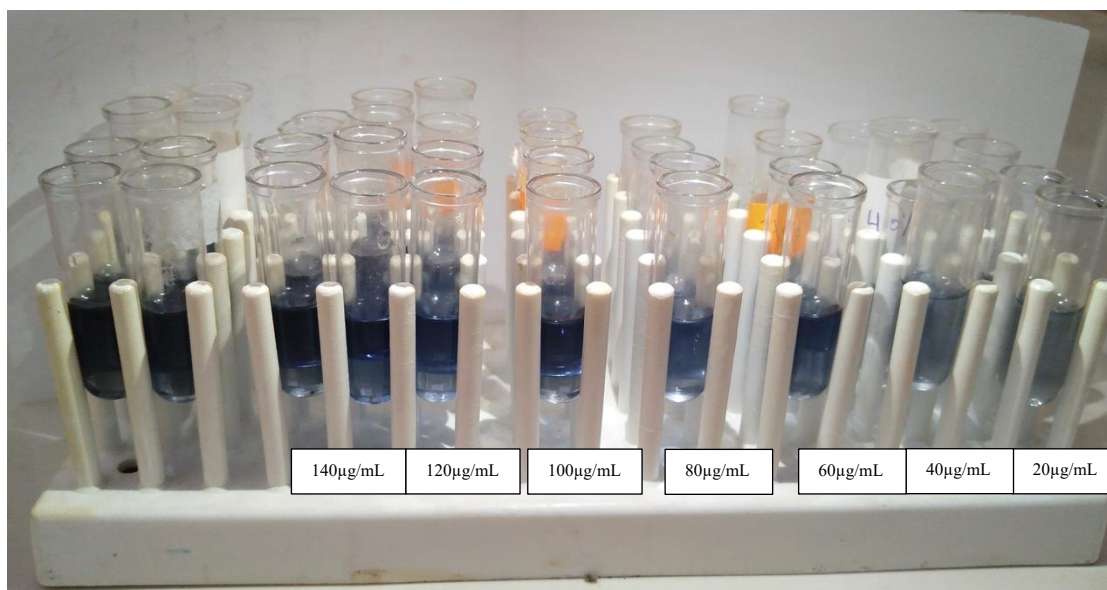
Ainsi, ces résultats témoignent d'un profil phytochimique riche et diversifié des noyaux de dattes étudiés, soulignant leur intérêt en tant que source naturelle de molécules bioactives à potentiel nutraceutique, cosmétique et pharmaceutique. La mise en valeur de ces sous-produits s'inscrit parfaitement dans une approche de développement durable et d'économie circulaire, notamment en Algérie, où la phoeniciculture génère annuellement d'importants volumes de résidus sous-exploités.

## 4. Étude de la teneur en composés bioactifs

### 4.1. Détermination de la teneur en polyphénols totaux

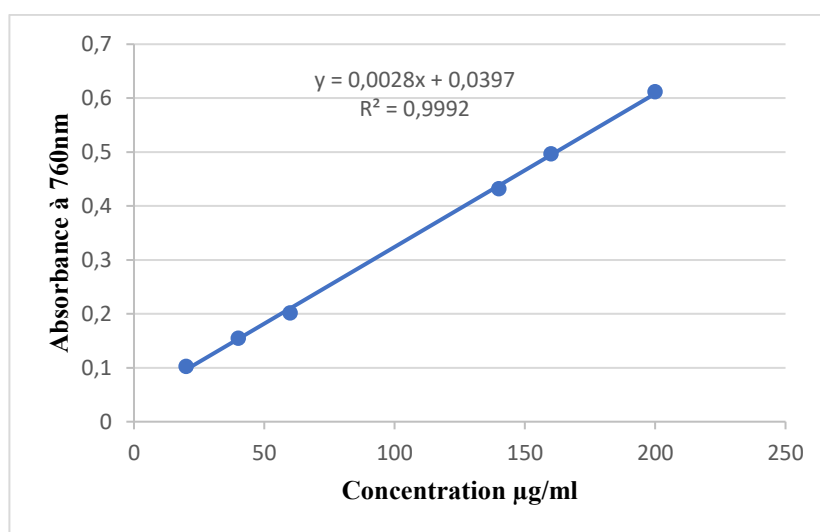
Les polyphénols totaux ont été dosés par la méthode Folin-Ciocalteu (figure 37). La teneur en polyphénols totaux des différents extraits méthanoïques a été calculée à l'aide de l'équation de la courbe d'étalonnage de l'acide gallique ( $y = 0,0028x + 0,03997$  ;  $R^2 = 0,992$ ) (Figure 36).

## Résultats et discussion



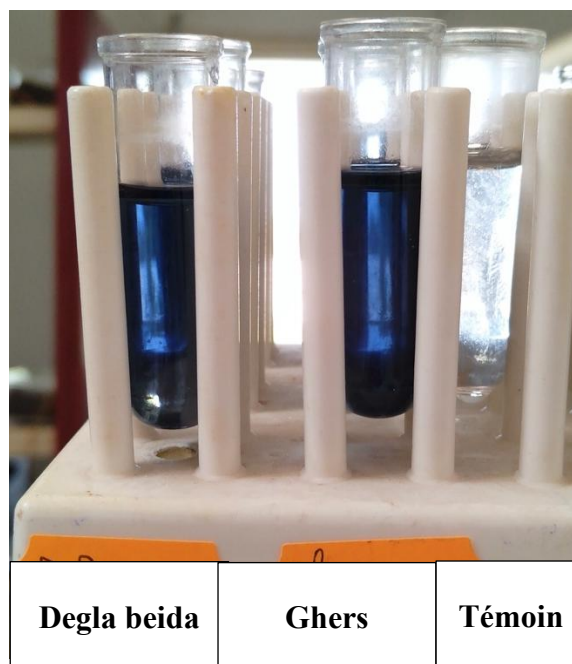
**Figure 35 :** Gamme des concentrations de l'acide gallique pour le dosage des polyphénols totaux. (photo original).

Nous observons gradation de couleur en fonction de la concentration d'acide gallique : du bleu clair au bleu foncé. (figure 35).



**Figure 36:** Courbe d'étalonnage de l'acide gallique pour le dosage des polyphénols totaux.

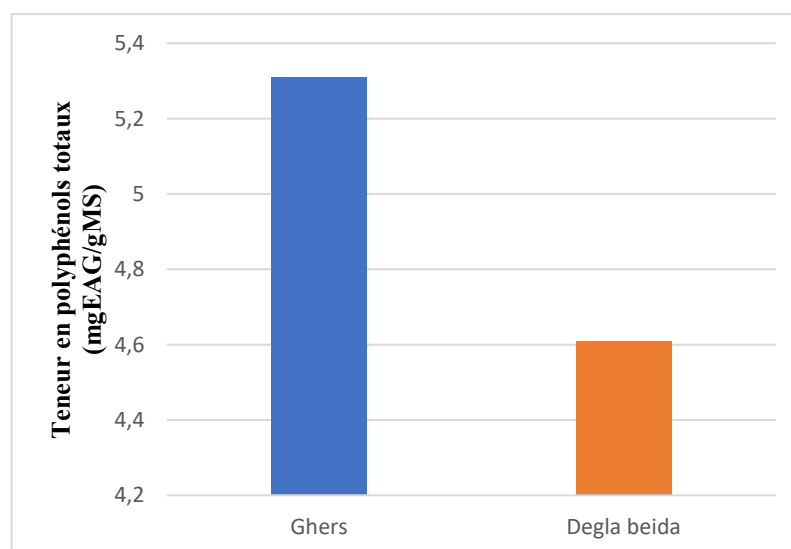
## Résultats et discussion



**Figure 37 :** Les extraits obtenus pour le dosage des polyphénols. (photo original).

Les extraits obtenus pour le dosage des polyphénols présentaient une coloration bleu foncé, indiquant une forte teneur en polyphénols totaux.

La teneur en polyphénols des deux extraits Ghers et Degla beida était respectivement de  $5,31 \pm 0,96$  et  $4,61 \pm 0,16$  (mg EAG/g MS) (Figure38).



**Figure 38:** Dosage des tanins polyphénols totaux des deux variétés étudiées

Une différence non significative en polyphénols a été révélée par analyse statistique entre les noyaux de deux variétés des dattes ( $P < 0,05$ ) (Tableau 21).

**Tableau 21 :** Analyse de variance du dosage des polyphénols totaux d'extraits des ND de différentes variétés étudiées.

## Résultats et discussion

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F	Signification
Modèle	1	2,594	2,594	5,383	0,081	NS
Résidus	4	1,927	0,482			
Total	5	4,521				

\*\*\* Très hautement significatif \*\* Hautement significatif, \* Significatif, NS non significatif

Le test Newman-keuls regroupe les variétés dans le même groupe homogène (A).

Ghars; Degla beida  $\Leftrightarrow$  5.927 ; 4.612

**Tableau 22:** Groupes homogènes des variétés pour la teneur des polyphénols.

Modalités	Moyenne	Regroupements
Ghars	5,927	A
Degla beida	4,612	A

Ces résultats traduisent une composition relativement similaire en composés phénoliques, ce qui peut être attribué à la proximité géographique des deux variétés et à des conditions de culture comparables. La légère supériorité observée chez Ghars, bien que non significative, pourrait toutefois refléter une richesse métabolique légèrement plus prononcée dans cette variété.

Ces valeurs s'inscrivent dans les fourchettes observées dans plusieurs études antérieures. Par exemple, Platat et al. (2014) ont mesuré des teneurs allant de 4,2 à 6,0 mg EAG/g MS dans des noyaux de dattes émiraties, tandis que Besbes et al. (2004) ont rapporté des concentrations entre 3,9 et 5,7 mg EAG/g MS pour des variétés tunisiennes. De même, Al-Farsi et al. (2005) ont observé des teneurs moyennes de 4,5 à 5,8 mg EAG/g MS dans des extraits méthanoliques de noyaux de dattes omanaises. Ces convergences confirment la pertinence des niveaux obtenus dans la présente étude, en situant les variétés algériennes étudiées dans la même gamme de richesse phénolique que celles d'autres pays producteurs.

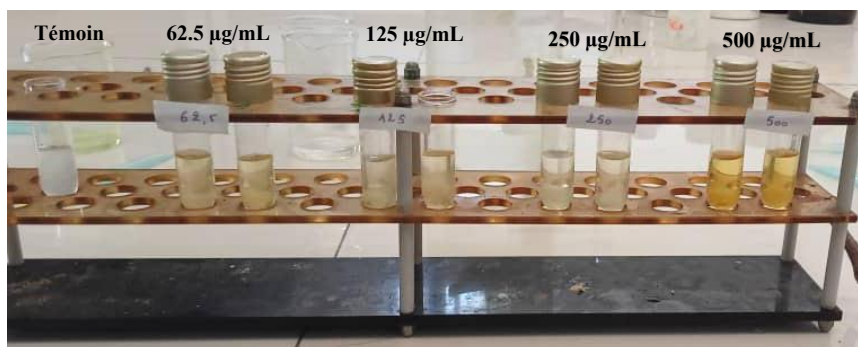
En résumé, bien que la différence entre les deux variétés ne soit pas statistiquement significative, les résultats obtenus confirment le potentiel antioxydant des noyaux de dattes algériens, grâce à leur teneur appréciable en polyphénols totaux.

### 4.2. Détermination de la teneur en flavonoïdes totaux

Les flavonoïdes totaux ont été dosés par la méthode de trichlorure d'aluminium. (figure 40). La teneur en flavonoïdes totaux des différents extraits méthanoïque a été

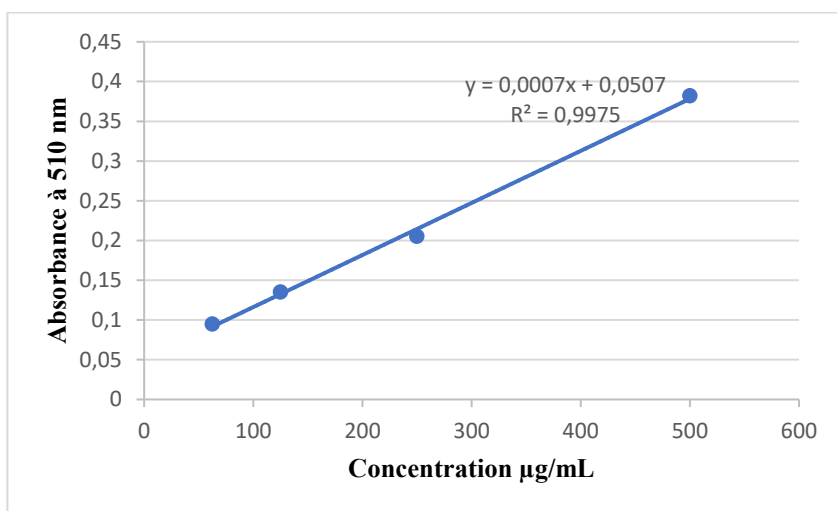
## Résultats et discussion

calculée à l'aide de l'équation de la courbe d'étalonnage de l'acide gallique ( $y = 0,0007x + 0,0507$  ;  $R^2 = 0,9975$ ) (Figure 399).



**Figure 38:** les concentrations de la quercétine pour le dosage des flavonoïdes totaux. (photo original).

Nous observons la gradation de couleur en fonction de la concentration de Quercétine: du jaune clair au jaune foncé.( figure 38).



**Figure 39:** Courbe d'étalonnage de la quercétine pour le dosage des flavonoïdes.



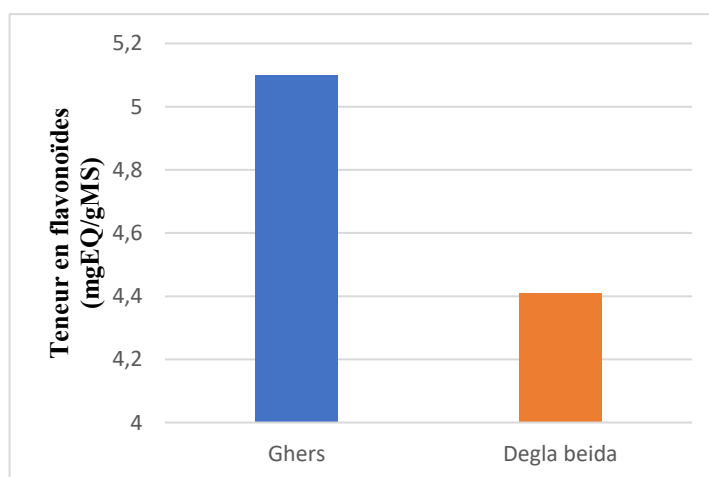
## Résultats et discussion



**Figure 40 :** Les extraits obtenus pour le dosage des flavonoïdes. (photo original).

Les extraits obtenus pour le dosage des flavonoïdes présentaient une couleur cuivre, indiquant une forte teneur en flavonoïdes totaux.

Une différence non significative en flavonoïdes a été révélée par l'analyse statistique entre les deux variétés des noyaux de dattes ( $P < 0,05$ ) (figure 39). La teneur en flavonoïdes des deux extraits Ghers et Degla beida était respectivement de  $(5,1 \pm 0,58$  et  $4,41 \pm 0,42)$  (mg EQ/g MS) (tableau21).



**Figure 39:** Dosage des tanins flavonoïdes totaux des deux variétés étudiées.

## Résultats et discussion

**Tableau 21:** Analyse de variance du dosage des flavonoïdes totaux d'extraits des ND de différentes variétés étudiées.

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F	Signification
Modèle	1	0,788	0,788	2,993	0,159	NS
Résidus	4	1,054	0,263			
Total	5	1,842				

\*\*\* Très hautement significatif \*\* Hautement significatif, \* Significatif, NS non significatif

Le test Newman-keuls regroupe les variétés dans le même groupe homogène (A).

Ghars; Degla beida  $\Leftrightarrow$  5.107 ; 4.382

**Tableau 22 :** Groupes homogènes des variétés pour la teneur des flavonoïdes.

Modalités	Moyenne	Regroupements
Ghers	5,107	A
Degla beida	4,382	A

Ces concentrations indiquent une richesse modérée en flavonoïdes, des composés reconnus pour leurs puissantes propriétés antioxydantes. La faible variation observée entre les deux variétés pourrait être liée à des similarités dans les voies métaboliques secondaires ou à des conditions environnementales communes, comme le climat semi-aride de la région d'origine.

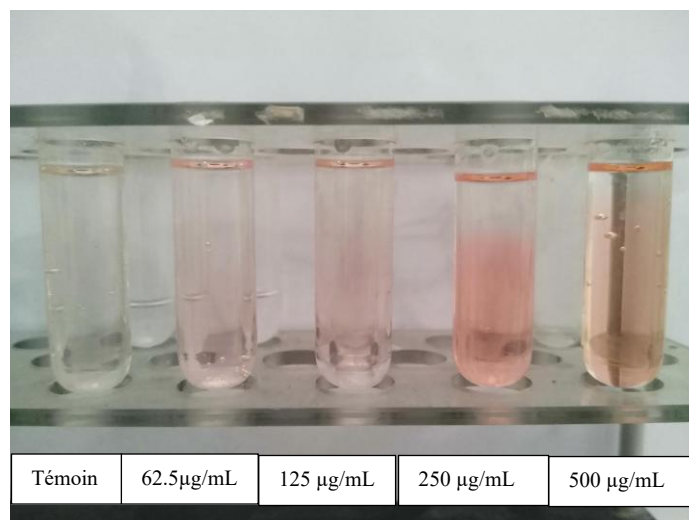
Ces résultats sont comparables à ceux obtenus par Habib et al. (2014), qui ont signalé des teneurs en flavonoïdes allant de 4,3 à 5,6 mg EQ/g MS dans des noyaux de dattes émiraties. De même, Baliga et al. (2011) ont rapporté une teneur de 4,5 à 5,9 mg EQ/g MS dans plusieurs cultivars asiatiques, mettant en évidence une variabilité modérée selon les variétés mais dans des fourchettes cohérentes avec les présentes données. D'autre part, Hussain et al. (2016), dans une étude sur des noyaux de dattes pakistanaïses, ont mesuré des teneurs comprises entre 3,8 et 6,0 mg EQ/g MS, confirmant la pertinence de ces niveaux dans un contexte plus large.

Ainsi, bien que la différence entre Ghars et Degla Beida ne soit pas significative, les deux variétés affichent des teneurs en flavonoïdes en accord avec la littérature internationale, confirmant leur potentiel en tant que source naturelle de flavonoïdes antioxydants.

## Résultats et discussion

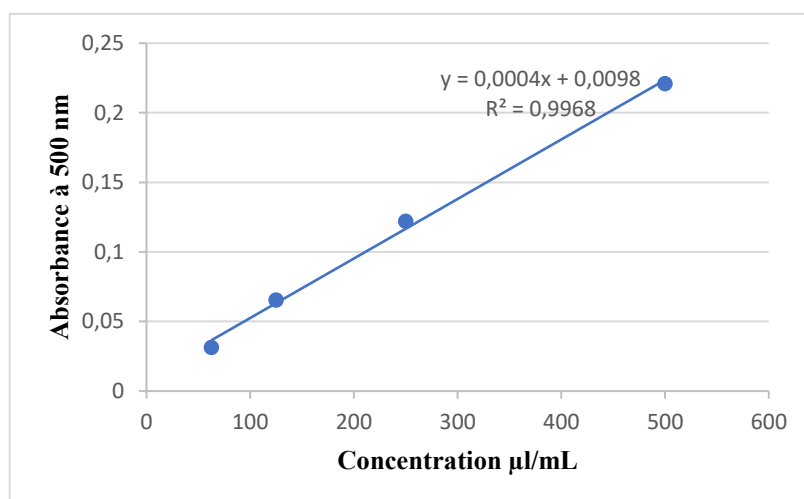
### 4.3. Détermination de la teneur en tanins

Les tanins condensés ont été dosés par la méthode colorimétrique à la vaniline. (figure 40). La teneur en tanins condensés des différents extraits méthanolique a été calculée à l'aide de l'équation de la courbe d'étalonnage de l'acide gallique ( $y = 0,0004x + 0,0098$  ;  $R^2 = 0,9968$ ) (Figure 39).



**Figure 38:** les concentrations de la catéchine pour le dosage des tannins condensés. (photo original).

Nous observons la gradation de couleur en fonction de la concentration de Catéchine: du blanc au rose clair.



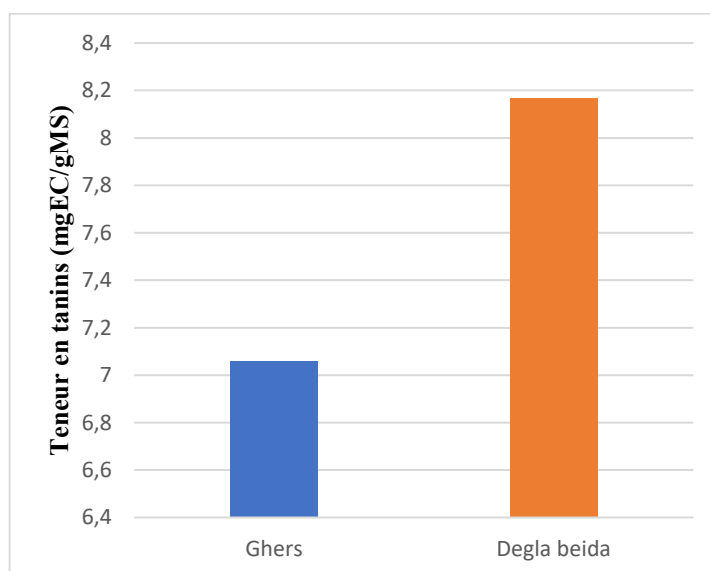
**Figure 39 :** Courbe d'étalonnage de la catéchine pour le dosage des tannins condensés.

## Résultats et discussion



**Figure 39 :** Les extraits obtenus pour le dosage des tanins. (photo original).

Une différence non significative en tanins condensés a été révélée par l'analyse de la variance à un facteur entre les noyaux de deux variétés de dattes ( $P < 0,05$ ) (Tableau 23). La teneur en tanins condensés des deux extraits Ghers et Degla beida était respectivement de  $(7,06 \pm 0,47$  et  $8,17 \pm 1,12)$  (mg EC/g MS) (Figure 41).



**Figure 41:** Dosage des tanins condensés des deux variétés étudiées.

**Tableau 23:** Analyse de variance du dosage des flavonoïdes totaux d'extraits des ND de différentes variétés étudiées.

## Résultats et discussion

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F	Signification
Modèle	1	2,000	2,000	2,659	0,178	NS
Résidus	4	3,008	0,752			
Total	5	5,008				

\*\*\* Très hautement significatif \*\* Hautement significatif, \* Significatif, NS non significatif

Le test Newman-keuls regroupe les variétés dans le même groupe homogène A.9tableau 24)

Degla beida ; Ghars  $\Leftrightarrow$  8.207 ; 7.052

**Tableau 24 :** Groupes homogènes des variétés pour la teneur des tanins condensés.

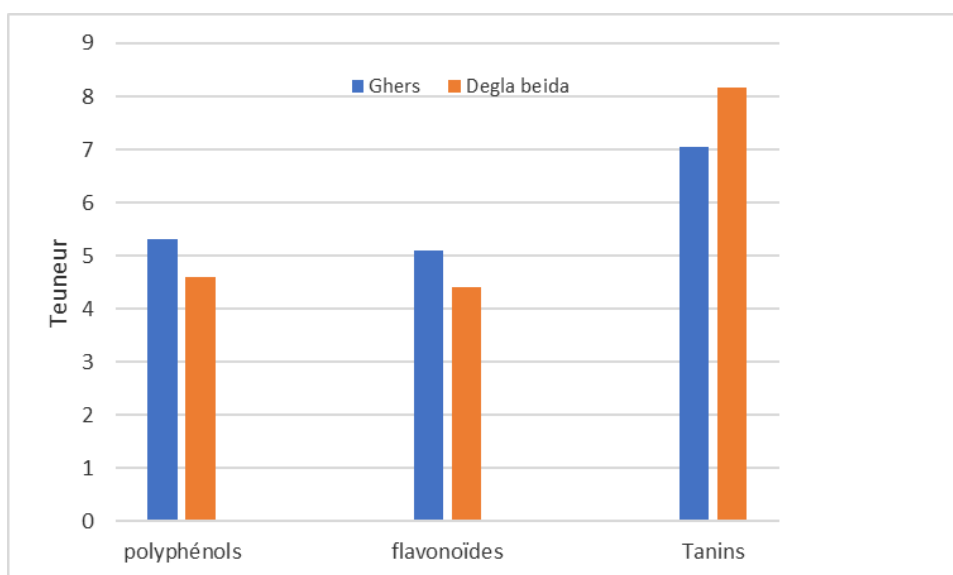
Modalités	Moyenne	Regroupements
Degla beida	8,207	A
Ghers	7,052	A

Degla Beida présente une teneur légèrement plus élevée que Ghers, cette variation n'est pas suffisante pour établir une distinction significative entre les deux variétés. Ce résultat suggère que les facteurs variétaux n'ont pas eu un impact marqué sur ce paramètre précis, contrairement à d'autres composés bioactifs plus sensibles aux différences génétiques.

Ces valeurs sont comparables à celles rapportées par Al-Harrasi et al. (2014), qui ont trouvé des teneurs en tanins totaux variant de 6,5 à 9,8 mg EC/g MS dans différentes variétés de dattes omanaises. De même, Amany et Shaker (2018) ont mesuré des teneurs allant de 7,2 à 8,9 mg EC/g MS dans des noyaux de dattes égyptiennes, confirmant que les niveaux observés dans la présente étude sont en accord avec ceux obtenus dans d'autres régions productrices. Par ailleurs, Mohammed et al. (2020) ont indiqué une teneur moyenne de 7,5 mg EC/g MS dans des extraits de noyaux de dattes saoudiennes, mettant en évidence une certaine stabilité de ce paramètre dans les dattes issues de climats arides et semi-arides.

La cohérence de ces résultats avec les données de la littérature renforce l'idée que les noyaux de dattes, quelles que soient les origines géographiques, constituent une source modérément riche en tanins condensés, dont les propriétés antioxydantes et bioactives sont bien documentées.

### 4.3. Comparaison des métabolites chez les deux variétés



**Figure 41 :** Comparaison des métabolites chez les deux variétés

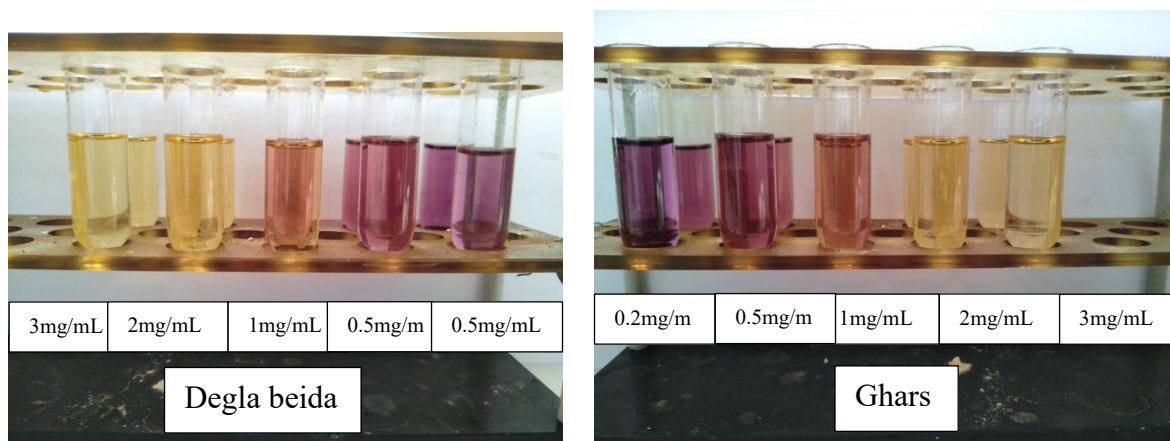
La figure présente une comparaison des teneurs en différentes classes de composés phénoliques, à savoir les polyphénols, les flavonoïdes et les tanins, pour deux variétés de dattes. L'analyse visuelle révèle que la variété Ghars affiche des teneurs supérieures en polyphénols et en flavonoïdes par rapport à Degla beida. En revanche, la variété Degla beida se distingue par une teneur notablement plus élevée en tanins.

## 5. Étude des activités biologiques

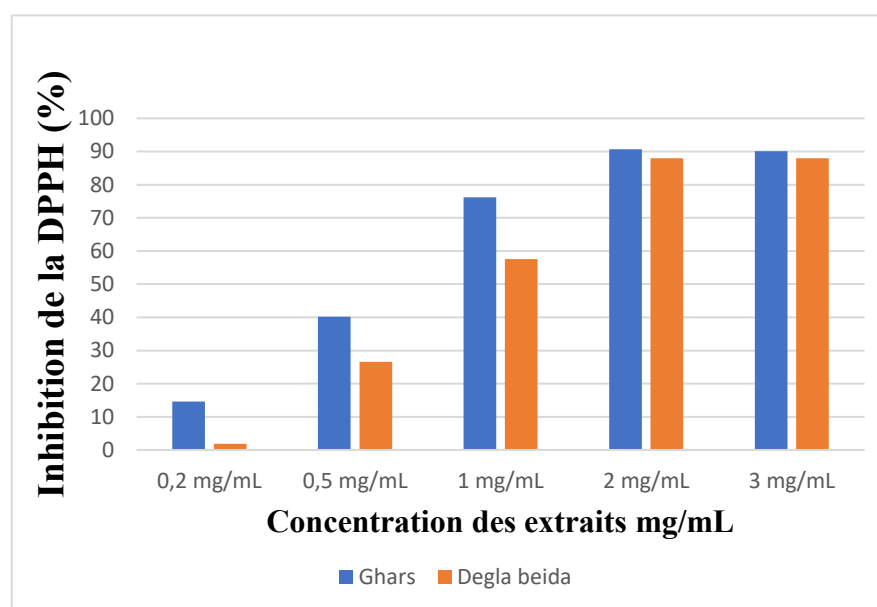
### 5.1. Activité anti-radicalaire au DPPH

L'activité antiradicalaire des extraits méthanoliques a été évaluée par spectrophotométrie à 517 nm, en se basant sur la capacité de ces extraits à réduire le radical libre DPPH. L'efficacité antioxydante est quantifiée à travers la concentration inhibitrice ( $CI_{50}$ ) contre un blanc (Meoh), qui correspond à la concentration d'antioxydant nécessaire pour réduire de 50 % la concentration initiale du radical DPPH. Cette réaction de réduction se manifeste visuellement par un changement de couleur, passant du violet intense (forme oxydée) au jaune (forme réduite). (figure42).

## Résultats et discussion



**Figure 42 :** Effet des différentes concentrations sur l'activité antiradicalaire (DPPH) des extraits méthanoliques de noyaux de deux variétés de Palmier Dattier, exprimée en mg/mL.(photo original).



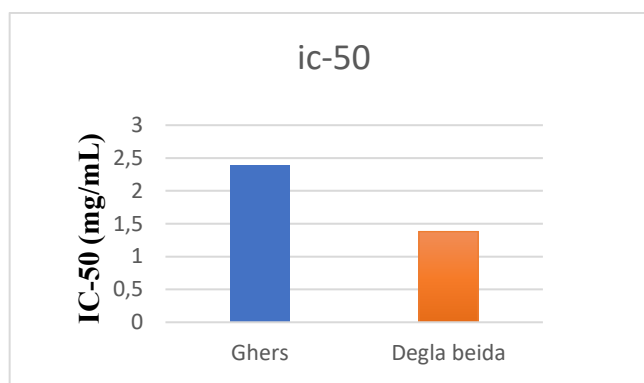
**Figure 43 :** Pourcentages de l'inhibition de la DPPH en fonction des concentrations.

L'IC-50 représente la concentration nécessaire pour inhiber 50 % des radicaux libres DPPH. Plus la valeur est faible, plus l'activité antioxydante est élevée.

Degla beida présente une meilleure activité antioxydante que Ghars, car son IC-50 est 1,75 fois plus faible (1,38 mg/mL contre 2,388 mg/mL)(figure44). Cela suggère que

## Résultats et discussion

Degla beida contient davantage de composés phénoliques, flavonoïdes ou autres molécules antioxydantes capables de neutraliser les radicaux libres.



**Figure 44 :** Concentration de l'inhibition de la DPPH exprimée en (mg/mL).

La différence entre Ghers et Degla beida pourrait s'expliquer par des facteurs génétiques, le degré de maturation ou les conditions d'extraction (Al-Farsi et al., 2007). Cette différence peut aussi être la conséquence de la richesse des métabolites secondaires chez l'espèce dont les polyphénols (acides galliques, catéchines) et les flavonoïdes sont majoritairement responsables de l'activité antioxydante (Benmeddour et al., 2013). d'où, ces extraits pourraient être valorisés comme antioxydants naturels dans l'industrie alimentaire ou cosmétique (Biglari et al., 2008). C'est pourquoi, il faut aboutir à des études complémentaires (HPLC, spectrométrie) qui sont nécessaires pour identifier précisément les molécules actives.

L'analyse de la variance à deux facteurs (variété, concentration) ne présente aucune différence significative entre les variétés. Par contre, l'analyse est significative entre les concentrations. Ainsi que pour l'interaction de deux facteurs variété et concentration (Tableau 23).

**Tableau 23 :** Analyse de la variance pour le paramètre % d'inhibition du DPPH.

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F	Signification
variété	1	249.001	249.001	9.842	0.196	NS
concentration	4	10211.320	2552.830	100.899	0.075	*
variété*concentration	4	71.934	17.983	0.711	0.699	*



## Résultats et discussion

\*\*\* Très hautement significatif \*\* Hautement significatif, \* Significatif, NS non significatif

Donc Le test Newman-keuls regroupe les Variétés en un seul groupes A (tableau 24)

Ghers > Degla beida  $\Leftrightarrow 62.360 > 52.380$  .

**Tableau 24 :** Groupes homogènes de Variétés pour le paramètre % d'inhibition du DPPH.

Modalités	Moyenne	Regroupements
Ghers	62.360	A
Degla beida	52.380	A

Le test Newman-keuls partage les 5 concentration en trois groupes distingués : C5 et C4 (A), C3 et C2 (A,B), et C1(B) respectivement.(tableau 25).

3mg/mL ; 2mg/mL > 1mg/mL; 0.5mg/mL > 0.2mg/mL  $\Leftrightarrow 89.310 ; 89.050 > 66.905 ; 33.345 > 8.240$

**Tableau 25 :** Groupes homogènes des concentrations pour le paramètre % d'inhibition du DPPH.

Modalités	Moyenne	Regroupements	
3mg/mL	89.310	A	
2mg/mL	89.050	A	
1mg/mL	66.905	A	B
0.5mg/mL	33.345	A	B
0.2mg/mL	8.240		B

Il est également possible de trier les variétés en interaction avec les concentrations appliqué en 5 groupes le premier groupe Gheers-C5 (3mg/mL), le dernier groupe Degla beida-C1(0.2mg/mL). (tableau 25).

**Tableau 26:** Groupes homogènes de l'interaction (variété  $\times$  concentration) pour le paramètre % d'inhibition du DPPH chez les noyaux de dattes..

Modalités	Moyenne	Regroupements		
variété-Ghers*concentration-c5	90.660	A		
variété-Ghers*concentration-c4	90.140	A	B	
variété-Degla beida*concentration-c5	87.960	A	B	
variété-Degla beida*concentration-c4	87.960	A	B	

## Résultats et discussion

varieté-Ghers*concentration-c3	76.240	A	B	C
varieté-Degla beida*concentration-c3	57.570	A	B	C
varieté-Ghers*concentration-c2	40.140	A	B	C
varieté-Degla beida*concentration-c2	26.550	A	B	C
varieté-Ghers*concentration-c1	14.620		B	C
varieté-Degla beida*concentration-c1	1.860			C

## 6. Evaluation de la GC-MS

L'analyse de l'huile extraite des noyaux de *Phoenix dactylifera* L. par chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (GC-MS) constitue une approche couramment utilisée pour l'identification des composés volatils et semi-volatils, en particulier ceux de nature apolaire. Cette technique se distingue par sa sensibilité élevée et sa capacité à fournir des informations structurales précises sur les molécules analysées.

Dans la présente étude, un seul chromatogramme a été généré, représentatif des quatre échantillons d'huile analysés (figure 45). Ce choix est justifié par la similitude des profils observés, indiquant une composition chimique quasi identique entre les différentes variétés testées. Toutefois, le chromatogramme obtenu ne montre pas de pics distincts ou exploitables, suggérant une absence notable de composés volatils ou semi-volatils dans l'échantillon analysé.



**Figure 45:** Profil chromatographique GC-MS de l'huile de noyau de datte.

Cette absence de signaux peut être interprétée comme le reflet d'une composition majoritairement constituée de lipides non volatils, tels que les triglycérides, acides gras à longue chaîne ou stérols, qui ne sont pas facilement détectables par GC-MS sans dérivatisation préalable (Nehdi et *al.*, 2010 ; Bouaziz et *al.*, 2014). Des études antérieures ont également souligné les limites de la GC-MS dans l'analyse directe des huiles végétales non modifiées, en raison de leur faible volatilité intrinsèque.

Par comparaison, Juhaimi et al. (2018) et Bouhlali et *al.* (2020), dans leurs travaux sur les huiles de noyaux de dattes, ont eu recours à une méthodologie de méthylation ou transestérification préalable afin de convertir les acides gras en esters méthyliques (FAME), ce qui permet une meilleure détection et séparation des composants par GC-MS. L'absence de cette étape dans notre protocole pourrait expliquer le profil chromatographique peu informatif obtenu.

Ces résultats mettent donc en évidence la nécessité d'optimiser la préparation des échantillons dans les futures analyses, notamment en introduisant une étape de dérivatisation, afin de permettre une caractérisation plus complète des fractions lipidiques contenues dans les noyaux de datte.

## 7. Evaluation de l'activité antimicrobienne

### 7.1. Activité antifongique

#### 7.1.1. l'extrait méthanolique

Les extraits de noyaux de dattes (Ghers et Degla beida) ont été testés contre deux champignons pathogènes (*Verticillium* et *Fusarium*) à trois concentrations (C1=2,5%, C2=5%, C3=10%).

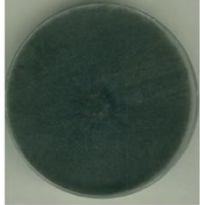
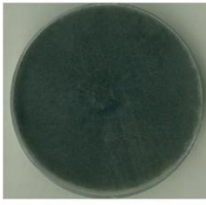
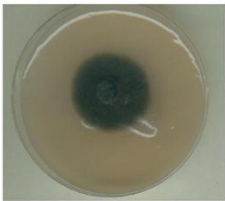

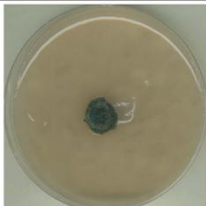

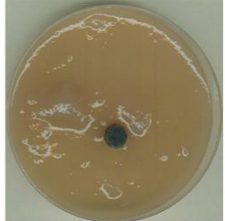
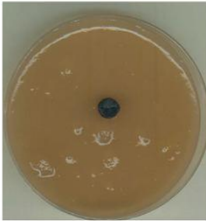
En ce qui concerne l'inhibition de la croissance mycélienne, les analyses statistiques ont révélé qu'il n'y avait pas de différences significative ( $p > 0,05$ ) entre les variétés (Tableau 29).

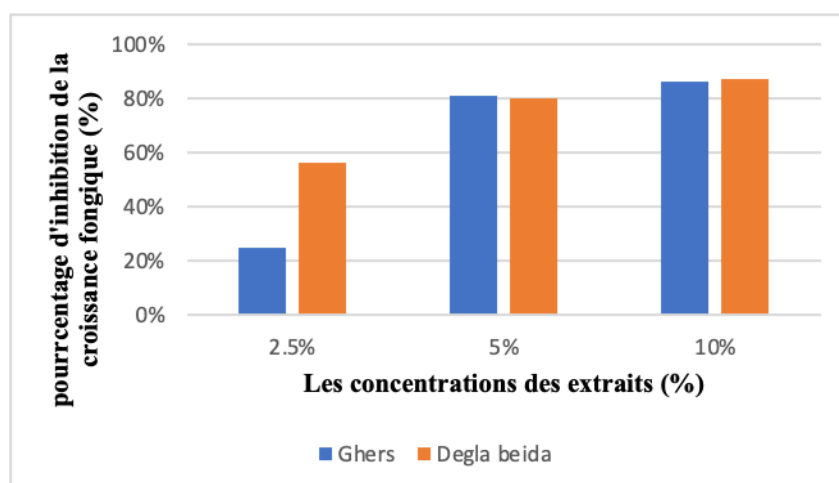
##### 7.1.1.1. Effet des extraits sur la croissance *Verticillium*

La figures 46 et le tableau 27 ci-dessous illustrent les résultats relatifs à l'effet des extraits méthanolique des noyaux de dattes de différentes variétés sur la croissance mycélienne de *Verticillium*

## Résultats et discussion

**Tableau 27** : les résultats d'inhibition des extraits vis-à-vis de *Verticillium* sp.

Les concentrations	Verticillium sp.	
	Degla beida	Ghers
Témoin		
2.5%		
5%		
10%		



**Figure 46** : Histogramme des pourcentages d'inhibition des extraits vis-à-vis de *Verticillium* sp.

a) Variété Ghers:

## Résultats et discussion

- **2,5%:** Zone d'inhibition moyenne =  $3,75 \pm 0,07$ cm, % inhibition = 25%
- **5%:** Diminution marquée à  $0,95 \pm 0,07$ cm, % inhibition = 81%
- **10%:** Inhibition maximale à  $0,7 \pm 0,14$ cm, % inhibition = 86%

### b) Variété Degla Beida:

- **2,5%:** Zone plus petite  $2,2 \pm 0$ cm mais % inhibition supérieur (56%)
- **5%:**  $1 \pm 0$ cm, 80% inhibition
- **10%:**  $0,65 \pm 0,07$ cm, 87% inhibition

Degla Beida montre une meilleure efficacité à faible concentration (2,5%)

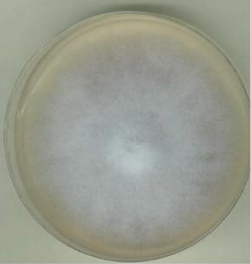
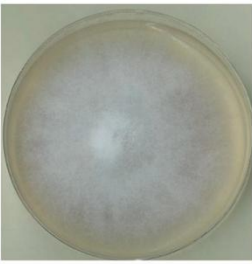

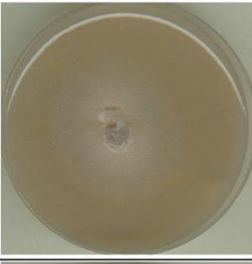
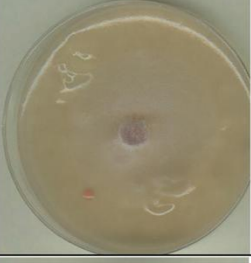



À 10%, les deux variétés atteignent une inhibition similaire (~86%)

#### 7.1.1.2. Analyse des Résultats contre *Fusarium*

La figures 47 et le tableau 28 ci-dessous illustrent les résultats relatifs à l'effet des extraits méthanolique des noyaux de dattes de différentes variétés sur la croissance mycélienne de *Fusarium*.

**Tableau 28 :** les résultats d'inhibition des extraits vis-à-vis de *Fusarium sp.*

Résultats et discussion

Les concentration	Fusarium sp.	
	Degla beida	Ghers
Témoin		
2.5 %		
5 %		
10 %		

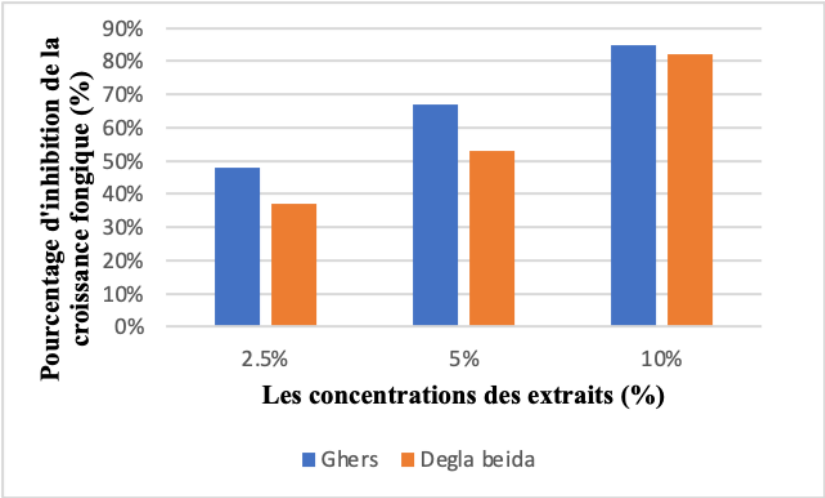


Figure 47 : Histogramme des pourcentages d'inhibition des extraits vis-à-vis de *Fusarium sp.*

a) Variété Ghers:

## Résultats et discussion

- 2,5%:  $2,6 \pm 0,14$ cm, 48% inhibition
- 5%:  $1,65 \pm 0,21$ cm, 67% inhibition
- 10%:  $0,75 \pm 0,07$ cm, 85% inhibition

### b) Variété Degla Beida:

- 2,5%: Zone plus large ( $3,15 \text{ cm} \pm 0,21$ ) mais % inhibition plus faible (37%)
- 5%:  $2,35 \pm 0,07$ cm, 53% inhibition
- 10%:  $0,9 \pm 0,14$ cm, 82% inhibition

Bien que l'analyse statistique n'ait révélé aucune différence significative entre les variétés Ghars et Degla Beida ( $p > 0,05$ ), les résultats biologiques indiquent néanmoins des tendances différentielles intéressantes en termes d'activité antifongique. Les deux extraits de noyaux de dattes ont montré une efficacité contre les champignons testés, mais avec des profils d'action légèrement distincts. La variété Ghars a affiché des zones d'inhibition plus marquées contre *Fusarium*, notamment à la plus faible concentration ( $2,6 \pm 0,14$ cm à 2,5 %), bien que cette différence ne soit pas confirmée par l'analyse statistique. Quant à Degla Beida, elle a présenté des zones d'inhibition plus larges mais associées à des pourcentages d'inhibition plus faibles, ce qui pourrait s'expliquer par sa teneur plus élevée en certains composés phénoliques spécifiques, comme les tanins condensés, qui peuvent agir différemment sur les structures ou processus métaboliques fongiques.

Ces observations restent cohérentes avec les travaux d'Al-Farsi et al. (2007), qui ont souligné la variabilité biologique entre cultivars de dattes malgré l'absence de significativité statistique, et avec ceux de Boulekbache-Makhlouf (2013), qui ont confirmé le rôle fonctionnel des tanins dans l'activité antifongique des extraits végétaux. En pratique, l'utilisation conjointe des deux extraits pourrait constituer une approche complémentaire et polyvalente contre différents pathogènes fongiques, en exploitant les potentialités biochimiques propres à chaque variété.

Le facteur "concentration" a un effet hautement significatif ( $p < 0,0001$ ), ce qui révèle une influence très marquée des concentrations appliquées sur la réponse, probablement en lien avec une action dose-dépendante. De même, le facteur "champignon" est également très significatif ( $p < 0,0001$ ), ce qui suggère une variation importante de la sensibilité entre les deux types fongiques testés (*Verticillium* et *Fusarium*). (tableau 29)

## Résultats et discussion

Par ailleurs, toutes les interactions à deux facteurs (extrait  $\times$  concentration, extrait  $\times$  champignon, concentration  $\times$  champignon) ainsi que l'interaction triple (extrait  $\times$  concentration  $\times$  champignon) présentent des effets hautement significatifs ( $p < 0,0001$ ). Cela implique que les effets combinés entre les différents facteurs influencent fortement la réponse, et que l'action d'un facteur dépend du niveau des autres.

**Tableau 29 :** Analyse de variance à trois facteurs ( Extrait , concentration , Champignon )pour la variable zone d'inhibition chez les extraits méthanoliques de noyaux de deux variétés de palmier dattier.

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F	Signification
extrait	1	0.004	0.004	0.257	0.621	NS
concentration	2	19.576	9.788	671.171	< 0,0001	***
champignon	1	0.770	0.770	52.829	< 0,0001	***
extrait *concentration	2	0.783	0.391	26.829	< 0,0001	***
extrait *champignon	1	1.450	1.450	99.457	< 0,0001	***
concentration*champignon	2	1.396	0.698	47.857	< 0,0001	***
extrait *concentration*champignon	2	0.986	0.493	33.800	< 0,0001	***

\*\*\* Très hautement significatif \*\* Hautement significatif, \* Significatif, NS non significatif

Ces résultats soulignent l'importance de prendre en compte les interactions complexes entre les extraits, les concentrations et les types de champignons pour mieux comprendre les variations observées, et suggèrent que l'activité antifongique n'est pas uniquement liée à la nature de l'extrait, mais surtout à son dosage et au type de champignon ciblé.

Le test de Newman-Keuls a permis de regrouper les modalités étudiées en groupes homogènes : les deux variétés Ghars et Degla Beida ont été classées dans un même groupe (A), indiquant une absence de différence significative entre elles ; les concentrations ont été réparties en trois groupes distincts, à savoir 2,5 % (B), 5 % (C) et 10 % (D) ; quant aux champignons, ils ont été divisés en deux groupes, avec *Verticillium* dans le groupe E et *Fusarium* dans le groupe F.(tableau 30).



## Résultats et discussion

**Tableau30:** Groupes homogènes des variétés, concentration et champignon.

Modalités	Moyenne	Regroupements
Ghers	1.733	A
Degla beida	1.708	A
2.5	2.925	B
5	1.488	C
10	0.750	D
fusarium	1.900	E
verticilium	1.542	F

Le test de Newman-Keuls montre que l'interaction Ghers  $\times$  2,5 % présente l'effet antifongique le plus élevé (groupe A), suivie de Degla Beida  $\times$  2,5 % (groupe B). L'efficacité diminue progressivement avec l'augmentation de la concentration, et les deux extraits à 10 % montrent les plus faibles zones d'inhibition (groupe E). Cela suggère une meilleure activité à faible concentration, surtout pour l'extrait de Ghers.(Tableau 31).

**Tableau 31 :** Groupes homogènes de l'interaction (variétés, concentration).

Modalités	Moyenne	Regroupements
extrait -Ghers*concentration-2.5	3.175	A
extrait -Degla beida*concentration-2.5	2.675	B
extrait -Degla beida*concentration-5	1.675	C
extrait -Ghers*concentration-5	1.300	D
extrait -Degla beida*concentration-10	0.775	E
extrait -Ghers*concentration-10	0.725	E

l'interaction Degla Beida  $\times$  *Fusarium* présente la moyenne d'inhibition la plus élevée (groupe A), indiquant une meilleure efficacité antifongique. Ghers, qu'il soit associé à *Verticillium* ou *Fusarium*, occupe le groupe B avec une activité modérée. La combinaison Degla Beida  $\times$  *Verticillium* affiche la plus faible activité (groupe C).(tableau32).

Le test de Newman-Keuls regroupe l'interaction Variétés, champignon. en trois groupes et l'interaction concentration, champignon en quatre groupes ,alors que pour l'interaction triplé variétés, concentration, champignon, le meme test les partage en six groupes homogènes ( Tableau 32, 33.et 34 ) respectivement.

## Résultats et discussion

**Tableau 32 :** Groupes homogènes de l'interaction (Variétés, champignon).

Modalités	Moyenne	Regroupements		
extrait -Degla beida*champignon-fusarium	2.133	A		
extrait -Ghers*champignon-verticilium	1.800		B	
extrait -Ghers*champignon-fusarium	1.667		B	
extrait -Degla beida*champignon-verticilium	1.283			C

**Tableau 33 :** Groupes homogènes de l'interaction (concentration, champignon).

Modalités	Moyenne	Regroupements		
concentration-2.5*champignon-verticilium	2.975	A		
concentration-2.5*champignon-fusarium	2.875	A		
concentration-5*champignon-fusarium	2.000		B	
concentration-5*champignon-verticilium	0.975			C
concentration-10*champignon-fusarium	0.825			C D
concentration-10*champignon-verticilium	0.675			D

**Tableau 34 :** Groupes homogènes de l'interaction (variétés, concentration, champignon).

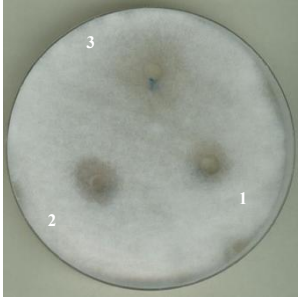
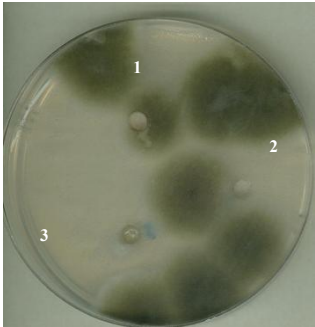
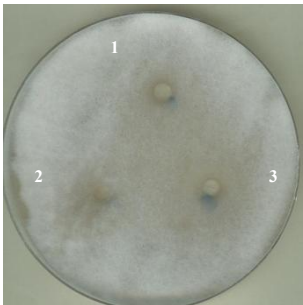
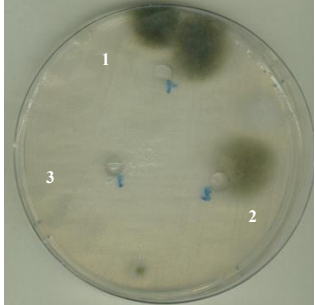
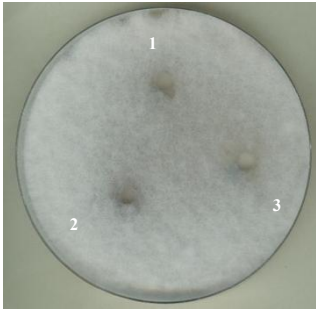
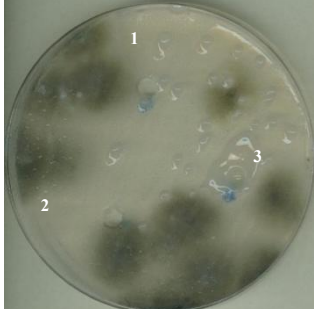
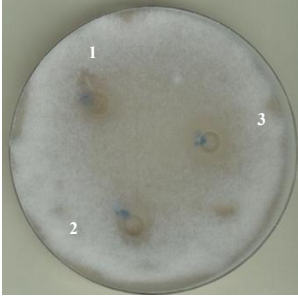
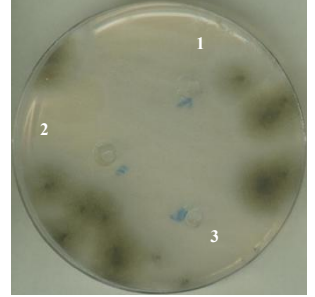
Modalités	Moyenne	Regroupements					
extrait -Ghers*concentration-2.5*champignon-verticilium	3.750	A					
extrait -Degla beida*concentration-2.5*champignon-fusarium	3.150		B				
extrait -Ghers*concentration-2.5*champignon-fusarium	2.600			C			
extrait -Degla beida*concentration-5*champignon-fusarium	2.350			C D			
extrait -Degla beida*concentration-2.5*champignon-verticilium	2.200				D		
extrait -Ghers*concentration-5*champignon-fusarium	1.650					E	
extrait -Degla beida*concentration-5*champignon-verticilium	1.000						F
extrait -Ghers*concentration-5*champignon-verticilium	0.950						F
extrait -Degla beida*concentration-10*champignon-fusarium	0.900						F
extrait -Ghers*concentration-10*champignon-fusarium	0.750						F
extrait -Ghers*concentration-10*champignon-verticilium	0.700						F
extrait -Degla beida*concentration-10*champignon-verticilium	0.650						F

## Résultats et discussion

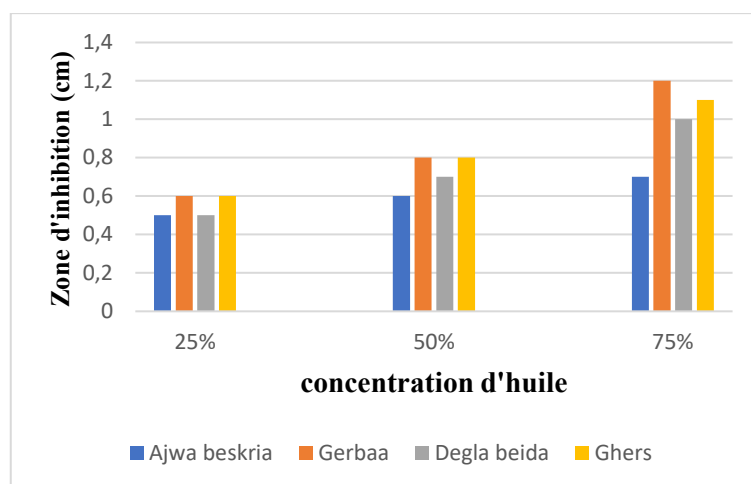
### 7.1.2. L'huile

Le tableau 35 et la figure 48 montrent une activité inhibitrice positive des huiles vis-à-vis de *Fusarium*, tandis qu'aucune inhibition n'a été observée contre *Verticillium*.

**Tableau 35** : les résultats d'inhibition d'huile vis-à-vis de *Fusarium* sp.

Les variétés	<i>Fusarium</i> sp.	<i>Verticillium</i> sp.
<b>Ghers</b>		
<b>Degla beida</b>		
<b>Ajwa beskria</b>		
<b>Gerbaa</b>		

## Résultats et discussion



**Figure 48 :** Pourcentages d'inhibition d'huile vis-à-vis de *Fusarium sp.*

L'histogramme montre que les huiles Ghers et Gerbaa sont les plus efficaces contre *Fusarium sp.*, avec une inhibition accrue à des concentrations plus élevées (75%). En revanche, Degla beida et Ajwa beskria ont une faible activité, surtout aux concentrations inférieures (25% et 50%).

L'analyse de la variance à deux facteurs révèle une différence non significative entre les variétés, entre les concentration, et aussi pour l'interaction de deux facteurs huile et concentration.

**Tableau 36:** Analyse de variance du concentration des huiles.

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F	Signification
L'huile	3	0.129	0.043	1.914	0.478	NS
concentration	2	0.412	0.206	9.148	0.228	NS
L'huile*concentration	6	0.047	0.008	0.349	0.859	NS

\*\*\* Très hautement significatif \*\* Hautement significatif, \* Significatif, NS non significatif

Le test Newman- associe les quatre variétés en un seule groupes : Degla beida, Ajwa beesria, Gerbaa, Ghers (A).(tableau 37)

**Tableau37:** Groupes homogènes des variétés.

Modalités	Moyenne	Regroupements
Gherbaa	0.867	A
Ghers	0.833	A
Degla beida	0.733	A

## Résultats et discussion

Ajwa beskria	0.600	A
--------------	-------	---

**Tableau38** : Groupes homogènes des concentrations.

Modalités	Moyenne	Regroupements
0.75	1.000	A
0.5	0.725	A
0.25	0.550	A

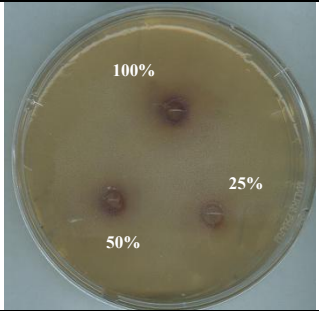
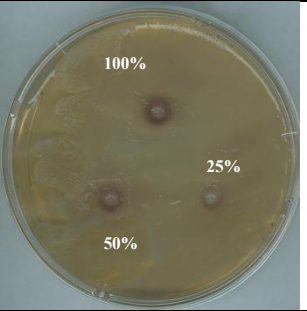
Le test Newman-keuls englobe les trois concentrations en un seule groupes : Degla beida, Ajwa beesria, Gerbaa, Ghers (A).(tableau38).

### 7.2. Activité antibactérienne

#### 7.2.1. Extrait methanolique

Un résultat négatif a été observé pour les deux variétés testées vis-à-vis d'*Escherichia coli*, indiquant une absence d'activité antibactérienne notable.

**Tableau 39** : les résultats d'inhibition des extraits vis-à-vis de *E.coli*.

Les variétés	Ghers	Degla beida
<b>E.coli</b>		

L'absence d'inhibition observée dans les tests effectués avec les extraits méthanoliques des noyaux de dattes Ghers et Degla Beida contre *Escherichia coli* suggère que ces extraits ne possèdent pas ou très peu d'activité antibactérienne vis-à-vis de cette souche. Ce résultat peut s'expliquer par plusieurs facteurs. Tout d'abord, *E. coli* est une bactérie à Gram négatif, caractérisée par une membrane externe riche en lipopolysaccharides, qui agit comme une barrière protectrice réduisant la perméabilité aux composés antimicrobiens, en particulier ceux de nature phénolique ou tannique.

Par ailleurs, bien que les noyaux de dattes soient connus pour leur richesse en composés bioactifs (tanins condensés, flavonoïdes, polyphénols), il est possible que la

## Résultats et discussion

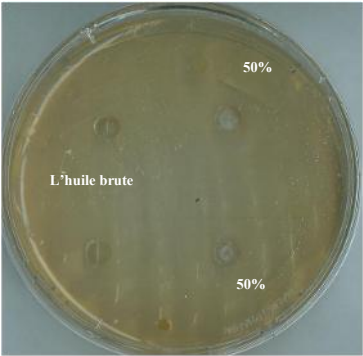
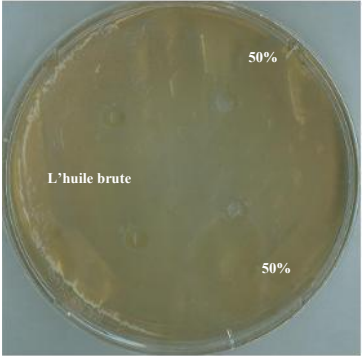
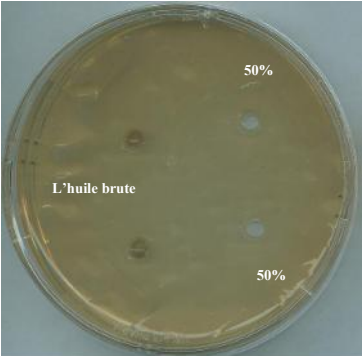
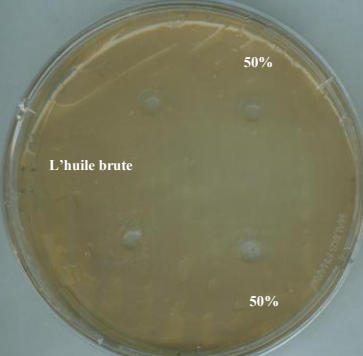
concentration utilisée ou le profil chimique spécifique des extraits méthanoliques ne soit pas suffisant ou pas adapté pour exercer une action inhibitrice sur *E. coli*.

Enfin, la nature du solvant d'extraction peut jouer un rôle important. Le méthanol extrait principalement des composés polaires, mais certains antimicrobiens plus efficaces contre *E. coli* pourraient être de nature différente (lipophile, alcaloïdes, etc.) et nécessiteraient l'usage d'autres solvants (éthanol, acétate d'éthyle, etc.) ou d'extractions combinées. (Sasidharan et al, 2011)

### 7.2.2. L'huile

Un résultat négatif a été observé pour les quatre variétés testées vis-à-vis d'*Escherichia coli*, indiquant une absence d'activité antibactérienne notable.

**Tableau 40** : les résultats d'inhibition d'huile vis-à-vis de *E.coli*.

Les variétés	Degla beida	Ghers
<b>E.coli</b>		
	Ajwa beskria	Gerbaa
		

## Résultats et discussion

L'absence d'inhibition de l'huile des noyaux de dattes contre *E. coli* peut s'expliquer par la résistance naturelle des bactéries Gram négatif, dont la membrane externe limite l'action des composés lipophiles. De plus, l'huile contient peu de composés antimicrobiens actifs, ce qui réduit son efficacité antibactérienne directe.

# Conclusion



## Conclusion

### Conclusion générale

Dans le cadre de notre étude, une exploration approfondie du potentiel phytochimique et biologique des noyaux de palmier dattier (*Phoenix dactylifera L.*), issus de variétés locales algériennes, notamment *Ghars* et *Degla Beida*, a été menée. Les résultats obtenus soulignent la richesse et la diversité biochimique de cette ressource végétale longtemps sous-exploitée.

Les analyses morphologiques ont révélé une augmentation significative des dimensions des noyaux (longueur, largeur et poids) après une période d'imbibition d'une semaine dans l'eau, confirmant l'activation des processus physiologiques et métaboliques liés à la germination. Ces variations suggèrent la présence de composés hormonaux endogènes tels que les gibbérellines, impliqués dans la stimulation de l'absorption d'eau et la levée de dormance.

Sur le plan chimique, l'étude des rendements d'extraction méthanoliques et des huiles végétales a mis en évidence des différences intervariétales notables, tant en quantité qu'en qualité. La couleur des extraits et des huiles a également varié selon les variétés, reflétant une composition pigmentaire et lipidique spécifique.

Les analyses phytochimiques (criblage) ont confirmé la présence marquée de polyphénols, flavonoïdes et tanins condensés dans les noyaux des deux variétés, corroborant leur potentiel antioxydant. *Degla Beida* a montré une activité antioxydante supérieure à celle de *Ghars*, probablement en raison de sa teneur plus élevée en composés bioactifs capables de piéger efficacement les radicaux libres.

En revanche, les résultats de la chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (GC-MS) de l'huile n'ont révélé aucun pic exploitable, indiquant une absence probable de composés volatils ou semi-volatils détectables dans les conditions d'analyse utilisées. Malgré cela, les tests biologiques ont montré une activité antifongique différenciée, notamment une inhibition partielle des huiles vis-à-vis de *Fusarium*, tandis qu'aucune activité n'a été détectée contre *Verticillium*.

Concernant l'activité antibactérienne, les extraits méthanoliques des deux variétés n'ont pas montré d'inhibition vis-à-vis de *Escherichia coli*, suggérant une efficacité limitée contre cette souche gram-négative. Ce constat est en accord avec certaines études antérieures qui

## Conclusion

soulignent la variabilité de la réponse antimicrobienne selon la nature des extraits, la souche bactérienne et le mode d'extraction.

Ce travail met en lumière l'intérêt des noyaux de dattes comme source de métabolites secondaires valorisables dans une optique de développement durable et de valorisation des sous-produits agricoles. Toutefois, plusieurs pistes méritent d'être approfondies dans le cadre de futures recherches :

Amélioration des méthodes analytiques par des techniques de détection de haute sensibilité

L'analyse des huiles par GC-MS n'a pas permis d'identifier de composés volatils dans les conditions appliquées. Cette limitation technique peut être surmontée par l'intégration de méthodes spectroscopiques avancées, notamment :

- La spectroscopie UV-Visible à l'échelle nanométrique, qui permet une détection fine des composés absorbants dans l'huile, en particulier les pigments et composés phénoliques. Cette approche pourrait révéler des signatures optiques spécifiques invisibles au GC-MS classique.
- La spectrométrie de masse à haute résolution (HR-MS) et la chromatographie liquide couplée à la MS (LC-MS/MS) pourraient compléter le profil moléculaire des extraits en détectant des composés thermo-labiles ou non volatils.
- La RMN (Résonance Magnétique Nucléaire) permettrait, quant à elle, d'identifier les structures carbonées complexes présentes dans la fraction lipidique.

Expérimenter des systèmes d'extraction binaire ou ternaire, combinant plusieurs solvants polaires et apolaires (ex : méthanol/hexane, éthanol/acétate d'éthyle), afin de couvrir un spectre plus large de métabolites secondaires (lipophiles et hydrophiles).

Utiliser des techniques modernes telles que :

- L'extraction assistée par ultrasons (UAE) pour améliorer le rendement tout en préservant l'intégrité des molécules sensibles.
- L'extraction par micro-ondes (MAE) ou à fluide supercritique (SFE) comme alternatives vertes et performantes, en réduisant l'usage de solvants toxiques.

## **Conclusion**

### **Applications industrielles et éco-innovation**

À long terme, une approche intégrée de bioraffinerie des noyaux de dattes pourrait être envisagée, où chaque fraction (fibres, huile, extraits phénoliques) est exploitée dans une logique de zéro déchet. Ceci permettrait de développer :

- Des cosmétiques naturels riches en antioxydants.
- Des additifs alimentaires fonctionnels ou agents conservateurs naturels.
- Des biomatériaux ou films actifs, enrichis en composés antioxydants ou antifongiques issus des noyaux.

# **Références bibliographiques**

## Références bibliographiques

**Abudabos, A. M., Al-Haidary, A. A., Samara, E. M., Al-Harbi, M. S., Al-Saiady, M. Y., & Aljumaah, R. S. (2022).** Effects of date palm kernel meal supplementation on performance, blood metabolites, nutrient digestibility, and ruminal fermentation in dairy cows. *Tropical Animal Health and Production*.54(1). P : 75.

**Ahmed, I. A., Ahmed, A. W. K., & Robinson, R. K. (1995).** Chemical composition of date varieties as influenced by the stage of ripening. *Food chemistry*, 54(3), 305-309.

**Alfaifi, M. I., Alshalmani, M. S., Ababneh, O., Alomar, S. Y., & Almeelbi, T. (2022).** Phytochemical Composition and Functional Properties of Date Palm (*Phoenix dactylifera* L.) Seeds: A Review. *Applied Sciences*, 13(21), 11922.

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

**Al-Farsi, M., & Lee, C. Y. (2005).** Nutritional and functional properties of dates. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 45(5), 461–482.

**Al-Farsi, M., et al. (2007).** *Journal of Agricultural and Food Chemistry*.

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

**Al-Harrasi, A., Rehman, N. U., Hussain, J., Al-Rawahi, A., Gilani, S. A., & Ali, L. (2014).** *Proximate analysis of the chemical composition of different Omani date palm (Phoenix dactylifera L.) cultivars at different development stages. Foods*, 3(3), 390–403.

**Ali, A., Ben-Youssef, M., & Jadhav, A. (2015).** Effect of solvent polarity on oil yield from date seeds using Soxhlet extraction. *Journal of Food Composition and Analysis*, 40, 24–30.

**Al-Juhaimi, F., Ghafoor, K., Özcan, M. M., Jahurul, M. H. A., Babiker, E. E., & Jinap, S. (2018).** The effect of different solvents on the phenolic contents and antioxidant activity of date palm (*Phoenix dactylifera* L.) seeds. *Journal of Food Science and Technology*, 55(5), 1918-1925.

**Amany, M. M., & Shaker, M. A. (2018).** *Chemical composition, antioxidant, and antimicrobial activities of date pits from three Egyptian cultivars. Journal of Food and Dairy Sciences*, 9(5), 201–210.

## Références bibliographiques

- Amorsi g., 1975.** Le palmier dattier en Algérie, Ed, Tlemcen, 131p.  
androgénétiques du palmier dattier *Phoenix dactylifera L.* et culture in vitro d'anthères.
- Atlas, R. M. (2010).** *Handbook of Microbiological Media* (4th ed.). CRC Press.
- Azmir, J. et al. (2013).** *Techniques for extraction of bioactive compounds from plant materials.* Journal of Food Engineering, 117(4), 426–436.
- Azmir, J., Zaidul, I. S. M., Rahman, M. M., Sharif, K. M., Mohamed, A., Sahena, F., ... & Omar, A. K. M. (2013).** Techniques for extraction of bioactive compounds from plant materials: A review. *Journal of Food Engineering*, \*117\*(4), 426-436.
- Baidoo, S. K., Owusu-Kwarteng, J., Ellis, W. O., & Barimah, J. (2021).** Valorisation of date (*Phoenix dactylifera*) seed flour for the production of composite bread. *Journal of Food Science and Technology*, 58(1), 114-122.
- Bakkaye, S. (2006).** Lexique phœnicicole en arabe et en mozabite. CWANA, HCA et RAB98/G31. 14-16, 24-25, 31P.
- 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.
- Belguedj M., 2007.** Evaluation du sous-secteur des dattes en Algérie., INRAA El-Harrach.
- Belguedj, M. (2002).** Les ressources génétiques du palmier dattier : Caractéristiques des cultivars de dattiers dans les palmeraies du Sud-Est Algérien. Revue Annuelle de l'INRAA, Dossier No 1. El Harrach, Algérie : Institut National de la Recherche Agronomique d'Algérie. 289 p.
- Belhabib. S., 1995.** Contribution à l'étude de quelques paramètres biologiques (croissance végétative et fructification) chez deux cultivars (Deglet-Nour et Ghars) du palmier dattier (*Phoenix dactylifera. L.*) dans la région de Oued Righ. Mémoire, Ing, Agro. Batna. 54p.
- Belitz, H.-D., Grosch, W., & Schieberle, P. (2009).** *Food Chemistry* (4th ed.). Springer. Chapitre 19 – Fats and Oils, pp. 570–599.
- Ben Abdallah A., 1990** – « La phœniciculture », Ciheam opt. Médit. Sér. A n° 11, p. 105-120.
- Ben Chennouf A., 1971.** le palmier dattier. Station expérimentale d'Ain Ben Naoui. Biskra, 22 p.

## Références bibliographiques

**Benmehdi, E., Mebarki, R., & Boulal, A. (2019).** Valorisation des noyaux de dattes par production de bioénergie dans la région d'Adrar (Doctoral dissertation, Université Ahmed Draïa-Adrar).

**Bensouilah, J., & Buck, P. (2007).** *Aromadermatology: Aromatherapy in the treatment and care of conditions of the skin*. Churchill Livingstone Elsevier.

**Besbes S., Christophe B., Claude D., Neila B., Georges L., Nour-eddine D., HamadiAttia., 2004b.** Date seed oil phenolic, tocopherol and Sterol profiles. *Journal of Food Lipids*.11: 251–265.

**Besbes S., Christophe B., Claude D., Nour-Eddine D., Hamadi A.(2004).** Date seeds: chemical composition and characteristic profiles of the lipid fraction. *Food Chemistry*. 84: 577– 58.

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

**Biglari, F., et al. (2008).** *International Journal of Food Sciences and Nutrition*.

*Biotechnology, Agronomy, Society and Environment (BASE)*, 6(4), 201-207.

**Boudechiche, L., Araba, A., Tahar, A., &Ouzrout, R. (2009).** Etude de la composition chimique des noyaux de dattes en vue d'une incorporation en alimentation animale. *LivestockResearch for Rural Development*, 21(5).

**Bouguedoura, N., Bennaceur, M., Babahani, S., & Benziouche, S. E. (2015).** Date palm status and perspective in Algeria. *Date Palm Genetic Resources and Utilization: Volume 1: Africa and the Americas*, 125-168.

**Bouhlali, E. D. T., Ennassir, J., Alem, C., Benlyas, M., Mbark, A. N., & Zegzouti, Y. F. (2015).** *Phytochemical compositions and antioxidant capacity of three date (Phoenix dactylifera L.) seed varieties grown in the south-east of Morocco*. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 14(2), 153–160.

## Références bibliographiques

**Bouhlali, E. D. T., et al. (2017).** Phenolic profile and antioxidant activities of five date seed varieties. *J. Food Meas. Charact.*, 11, 1153–1161.

**Bouhlali, E. T., Derouich, M., Meziani, R., & Bourkhis, B. (2020).** Nutritional, mineral and organic acid composition of syrups produced from six Moroccan date fruit varieties. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 14, 604-612.

**Boulekbache-Makhlouf, L., et al. (2013).** Food Chemistry.

**Brain, K.R., & Turner, T.D. (1975).** The Practical Evaluation of Phytopharmaceuticals. Wright-Scientifica.

**Chaibi, N., Abdallah, A. B., Harzallah, H., & Lepoivre, P. (2002).** Potentialités

**Chelli A., 1996.** Etude bio-écologique de la cochenille blanche du palmier dattier *Parlatoria blanchardi* Targ (Hom. Diaspididae). A Biskra et ses ennemis naturels. Mémoire. Ing. INA. El-Harrach, 101 p.

**Wertheimer, M., 1956.** Recherche et observations sur la plantation des palmiers dattiers

**Chemat, F. et al. (2017).** *Green extraction of natural products*. International Journal of Molecular Sciences, 18(4), 708.

**CLSI. (2023).** *Performance Standards for Antimicrobial Susceptibility Testing*. 33rd edition. CLSI supplement M100. Clinical and Laboratory Standards Institute, Wayne, PA.

**Dammak I., Ben Abdallah F., Boudaya S., Besbes S., Keskes L., El Gaied A., Turki H., Attia H., Hentati B., 2007.** Date seed oil limit oxidative injuries induced by hydrogen peroxide in human skin organ. *BioFactors*. 29: 137-145.

dans le Ziban (région de Biskra). *Fruits*. Vol 11 : Pp 481 – 487.

**Dewanto, V., Wu, X., Liu, R.H.(2002).** Processed sweet corn has higher antioxidant activity. *J.Agric. Food Chem.*, 50, 17, 59-64.

**Djaoudene, O., et al. (2019).** *Phoenix dactylifera* L. seeds: A source of bioactive compounds. *J. Food Biochem.*, 43(8), e12900.

**Djerbi M., (1994),** Précis de phoeniciculture. Food and agriculture organization, 192p.

**Djerbi, M., 1994.** Précis de phoeniciculture. FAO, pp 192.



## Références bibliographiques

- Edeoga, H.O., Okwu, D.E., & Mbaebie, B.O. (2005).** Phytochemical constituents of some Nigerian medicinal plants. *African Journal of Biotechnology*, 4(7), 685–688.
- El Hadrami, I., & El Hadrami, A. (2009).** Breeding date palm, *Breeding Plantation Tree Crops: Tropical Species*. Springer, pp 191-216.
- Elhoumaizi M., Saaidi M., Oihabi A., Cilas C., (2002).** Phenotypic diversity of date-palm cultivars (*Phoenix dactylifera* L.) from Morocco. *Genet. Resource. Corp. Evolved* 49, 483–490 pp.
- El-Juhany, L. I. (2010).** Study on the extraction of date palm seed oil using Soxhlet apparatus.
- El-Shishtawy, R.M., Ali, T.H., El-Kassem, L.T.A., El-Sheikh, M.A., & El-Baz, A.F. (2019).** Utilization of date pits for biomass production of *Saccharomyces cerevisiae*. *Egyptian Journal of Chemistry*, 62(1), 141-151.
- Espiard, E., 2002.** Introduction à la transformation industrielle des fruits. Ed. Lavoisier, pp 147-155.
- Espiard, E., 2002.** Introduction à la transformation industrielle des fruits. Ed. Lavoisier, pp 147-155.
- Evans, W. C. (2009).** *Trease and Evans' Pharmacognosy*, Elsevier Health Sciences.
- Evans, W.C. (2009).** *Trease and Evans' Pharmacognosy* (16th ed.). Saunders Elsevier.
- FAO, 2010.** FAOSTAT. Food and Agriculture Organization
- FAO, 2018.** FAOSTAT. Food and Agriculture Organization
- Fikry, M., Yusof, Y. A., Al-Awaadh, A. M., Abdul Rahman, R., Chin, N. L., & Ghazali, H. M. (2019).** Antioxidative and Quality Properties of Full-Fat Date Seeds Brew as Influenced by the Roasting Conditions. *Antioxidants*, 8(7), 226.
- Franchomme, P., & Pénöel, D. (1990).** *L'aromathérapie exactement – Encyclopédie scientifique et médicale des huiles essentielles*. Roger Jollois.
- Francis, G., et al. (2002).** The biological action of saponins. *Br. J. Nutr.*, 88(6), 587–605.
- Gasmi Abdelkrim.(2012).** Le palmier dattier, Edition Elaourassia, Algérie.

## Références bibliographiques

- Gharby, S. et al. (2013).** *Chemical characterization and oxidative stability of seeds and oil of sesame grown in Morocco.* Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences, 12(1), 89–96.
- Ghnimi S., Almansoori R., Jobe B., Hassan M.H., Kamal-eldin A. (2015).** Quality Evaluation of Coffee-Like Beverage from Date Seeds (*Phoenix dactylifera*, L.). Arab Journal of Food Processing and Technology. 6 (12), pp : 1-6.
- Ghouri, F., Al-Naqeb, G., Azlan, A., & Ismail, A. (2021).** Extraction of bioactive compounds from date seeds using Soxhlet apparatus. *International Journal of Food Properties*, 24(1), 1272–1284.
- Gros-Balthazard, M. (2012).** Sur les origines, l’histoire évolutive et biogéographique du palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) : L’apport de la génétique et de la morphométrie (Thèse de doctorat). Université Montpellier II, p27.
- Gros-Balthazard, M. (2012).** Sur les origines, l’histoire évolutive et biogéographique du palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) : L’apport de la génétique et de la morphométrie [Thèse de doctorat, Université Montpellier 2], p27.
- Grover, R. K., & Moore, J. D. (1962).** Toximetric studies of fungicides against brown rot organisms *Sclerotinia fructicola* and *S. laxa*. *Phytopathology*, 52, 876–880.
- Habib, H. M., Ibrahim, W. H., Abdel-Al, E. S., & Al-Rawahi, A. S. (2013).** Effect of date seeds on oxidative damage and antioxidant status in vivo. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 93(8), 1952-1957.
- Habibi, F., et al. (2019).** Chemical composition and antioxidant activity of date palm seeds. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 13(1), 125-134.
- Hamada, J. S., Hashim, I. B., & Sharif, F. A. (2018).** *Preliminary characterization of date seed oil from two date cultivars (Phoenix dactylifera L.) grown in Egypt.* Journal of Food Science and Technology, 55(6), 2254–2261.
- Harborne, J. B. (1998).** *Phytochemical Methods: A Guide to Modern Techniques of Plant Analysis* (3rd ed.). Springer.
- Hasan, M., et al. (2022).** Phytochemical and pharmacological studies of date seeds. *J. Ethnopharmacol.*, 293, 115291.

## Références bibliographiques

**Hussein., F., Moustafa., S., El-Samirafa, F. et El-Zeid, A., 1976.** Studies on physical and chemical characteristics of eighteen date cultivars grown in Saudi Arabia, *Indian J Horti*, 33, 107.

**International Plant Genetic Resources Institute [IPGRI]. (2005).** Descripteurs du Palmier dattier (*Phoenix dactylifera L.*). IPGRI, P 33.

**International Plant Genetic Resources Institute [IPGRI]. (2005).** *Descripteurs du Palmier dattier (Phoenix dactylifera L.)*. IPGRI, P21.

**Ishrud, O., Ali, Y., Wei, W., Bashir, F., Ali, A., Ashour, A., Pan, Y. (2003).** *An alkali-soluble heteroxylan from seeds of Phoenix dactylifera L. Carbohydrate Research*, 338(15), 1609–1612.

**Ishrud, O., Zahid, M., Zhou, H., Pan, Y. (2001).** *A water-soluble galactomannan from the seeds of Phoenix dactylifera L. Carbohydrate Research*, 335(4), 297–301.

**Jassim S, Naji M (2007).** In vitro Evaluation of the Antiviral Activity of an Extract of Date Palm (*Phoenix dactylifera L.*) Pits on a *Pseudomonas* Phage. General Authority for Health Services for the Emirate of Abu Dhabi.

**Karakas, F. P., Kocaadam-Bozkurt, B., & Turgut-Kara, N. (2021).** Antifungal activity of plant extracts: A review. *Journal of Fungi*, 7(5), 364.

**Kchaou, W., Hajlaoui, H., Ksouri, R., Slama, R.B., Rebai, A., & Falleh, H. (2017).** *Effect of solvent extraction on phytochemical components and biological activities of Tunisian date seeds (var. Korkobbi and Arechti). BMC Complementary and Alternative Medicine*, 17, 284.

**Khandelwal, K.R. (2008).** *Practical Pharmacognosy: Techniques and Experiments* (19th ed.). Nirali Prakashan.

**Khoddami, A. et al. (2014).** *Techniques for the extraction of oil from oilseeds: A review. Food and Bioproducts Processing*, 92(3), 340–352.

**Larbi, B., Farouk, M., Mohammed, M., Bounaga, N., & Dore, J. C. (1994).** Analyse typologique d'une population de palmiers dattiers mâles (*Phoenix dactylifera L.*) au moyen de différentes approches multiparamétriques. l'amélioration de la productivité agricole en

## Références bibliographiques

**Lecheb, F. (2010).** Extraction et caractérisation physico-chimique et biologique de la matière grasse du noyau des dattes: essai d'incorporation dans une crème cosmétique de soin (Doctoral dissertation).114p.

**Luque de Castro, M. D., & Priego-Capote, F. (2010).** Soxhlet extraction: Past and present panacea. *Journal of Chromatography A*, 1217(16), 2383–2389.

**Maache-Rezzoug, Z., Rezzoug, S. A., & Allaf, K. (2018).** Study of the physicochemical modifications and volatiles compounds of date seeds during torrefaction treatment. *Arabian Journal of Chemistry*, 11(6), 835-844.

Mabry, T.J., Markham, K.R., & Thomas, M.B. (1970). *The Systematic Identification of Flavonoids*. Springer-Verlag.

**Maqsood, S., et al. (2020).** Date pits: A novel source of dietary fiber and antioxidant phenolic compounds. *Food Chemistry*, 309.

**Meradi, S., Dakhia, N., & Aouachria, M. (2016).** Déchets de palmeraie: alternative alimentaire du cheptel prometteuse en régions arides Algérie. *Livestock Research for Rural Development*, 28.

milieu aride, 6, 263-280.

**Mohammed, M. H., Al-Rimawi, F., & Qabajah, M. M. (2020).** Total phenolics, flavonoids and tannins content and antioxidant activity of different date palm (*Phoenix dactylifera* L.) cultivars grown in Saudi Arabia. *Current Research in Nutrition and Food Science Journal*, 8(1), 267–275.

**Msaada M., Jemia A., Salem A., et al. (2015).** Phenolic compounds, flavonoids and antioxidant activities of *Phoenix dactylifera* L. leaves and seeds extracts.

**Munier P., 1973.** Le palmier dattier. Paris: Ed. Maison-neuve, 217 p.

**Munier P., (1973).** Le palmier-dattier, Paris, Maisonneuve & Larose, 221 p.

**National Institute of Standards and Technology. (2017).** *NIST/EPA/NIH Mass Spectral Library with Search Program (NIST 17)*. Gaithersburg, MD: NIST.

**Nde, D.B. et al. (2015).** Optimization of solvent extraction of oil from cocoa beans using response surface methodology. *Journal of Food Process Engineering*, 38(2), 158–166.

## Références bibliographiques

**Nehdi, I. A., et al. (2010).** Characteristics and chemical composition of date palm seed oil. *Ind. Crops Prod.*, 32(3), 360–365.

**Nehdi, I. A., 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.

**Nonogaki, H., Bassel, G.W., & Bewley, J.D. (2010).** *Germination – still a mystery*. *Plant Science*, 179(6), 574–581.

**Odebiyi, A., & Sofowora, E.A. (1978).** Phytochemical screening of Nigerian medicinal plants. Part III. *Lloydia*, 41(3), 234–246.

**Platat, C., et al. (2014).** Date seed as a new ingredient of functional food. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 54(12), 1523–1530.

**Rashed, M. N., Taha, A. A., Amin, N. K., Alqadami, A. A., & Alshehri, S. M. (2021).** Activated carbon production from date pits and its application in the removal of dyes from aqueous solutions. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 9(2), 105-173.

**Reverchon, E. & De Marco, I. (2006).** *Supercritical fluid extraction and fractionation of natural matter*. *Journal of Supercritical Fluids*, 38(2), 146–166.

**Saafi-Ben Salah, A., Krichen, F., Damak, M., & Achour, L. (2012).** *Antioxidant and antimicrobial activities of Phoenix dactylifera L. leaf extracts*. *Medicinal Plants – International Journal of Phytomedicines and Related Industries*, 4(1), 36–43.

**Saha, S., Barua, B. and Sikdar, D. 2017.** Phytochemical screening, phenolic content and antioxidant activity of wild date palm (*Phoenix sylvestris* Roxb.) fruit extracted with different solvents.

**Sasidharan, S., Chen, Y., Saravanan, D., Sundram, K. M., & Yoga Latha, L. (2011).** Extraction, isolation and characterization of bioactive compounds from plants' extracts. *African Journal of Traditional, Complementary and Alternative Medicines*, 8(1), 1–10.

**Sasidharan, S., et al. (2011).** Extraction, isolation and characterization of bioactive compounds from plants' extracts. *African Journal of Traditional, Complementary and Alternative Medicines*, 8(1), 1–10.

**Sayeed, M. A., et al. (2004).** Steroids and terpenoids with therapeutic potentials. *Int. J. Pharm. Sci.*

**Sofowora, A. (1993).** Medicinal Plants and Traditional Medicine in Africa. Spectrum Books Ltd.

**Sparkman, O.D., Penton, Z., & Kitson, F.G. (2011).** *Gas Chromatography and Mass Spectrometry: A Practical Guide*. Academic Press.

**Sun, B., Ricardo-da-Silva, J. M., & Spranger, I. (1998).** Critical factors of vanillin assay for catechins and proanthocyanidins. *Journal of agricultural and food chemistry*, 46(10), 4267- 4274.

**Toghueo, R. M. K., Boyom, F. F. (2019).** Antifungal activity of essential oils and plant extracts against fungal pathogens. In: Mérillon, J. M., Ramawat, K. (Eds.), *Fungal Metabolites*. Springer.

**Toutain G., 1967. Al Awamia. 25 Octobre 1967.** Le palmier dattier culture et production, p85-86-87-88-89-90-91-92.

**Toutain, G., & Station Centrale d'Agronomie Saharienne, M. (1979).** Eléments d'agronomie saharienne: de la recherche au développement.

**Trease, G.E. & Evans, W.C. (2002).** Pharmacognosy (15th ed.). Saunders Publishers.

**Valgas, C., De Souza, S. M., 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.

**Wallis, T.E. (1985).** Textbook of Pharmacognosy (5th ed.). CBS Publishers.

**Wrigley, G. (1995)** Palmier-dattier. In : Smart, J. et Simonds, N.W. (eds.), *Evolution of Crop Plants*, 2ème édition, Longman, Londres, p. 399-403.

**Yadav, M., Yadav, A., & Dhillon, N. (2014).** Evaluation of antifungal activity of plant extracts against *Fusarium oxysporum* causing wilt in tomato. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 6(4), 278–282.

## Références bibliographiques

**Zohary, D. et Hopf, M. (2000)** La domestication des plantes dans l'Ancien Monde : origine et diffusion des plantes cultivées en Asie occidentale, en Europe et dans la vallée du Nil. Oxford University Press, Oxford, 316 p.

# Annexe



## Annexe

## Méthode de préparation des réactifs pour tests phytochimiques

## -Réactif de Mayer :

- **Solution A** : 1,358 g de chlorure de mercure  $\text{HgCl}_2$  sont dissous dans 60 ml d'eau distillé.
- **Solution B** : 5 g d'iode de potassium KI sont dissous dans 10 ml d'eau distillé ; les solutions A et B sont mélangées extemporanément et le volume final est ajusté à 100 ml avec l'eau distillé.

-Alcool de chlorure ferrique 2% ( $\text{FeCl}_3$ ) : 2g dans 100ml méthanol.

-FeCl 1% : 1g FeCl dans 100 ml  $\text{H}_2\text{O}$ .

## Remarques :

- Ces réactifs doivent être préparés extemporanément (juste avant usage) pour garantir leur efficacité.
- Manipuler  $\text{HgCl}_2$  avec précaution : c'est un composé toxique et polluant.

**Tableau 01:** Les dimensions et du poids des fruits et des graines de dattes avant et après l'imbibition.

Caractéristiques			Fruit				Graine			
			GR	DB	AJ	GA	GR	DB	AJ	GA
Avant l'imbibition	Longueur moyenne (cm)		3.71	3.43	3.70	4.02	2.11	1.85	1.88	2.42
	Largeur moyenne		1.80	1.74	2.37	2.07	0.70	0.78	0.88	0.39
	Poids moyen (g)	1	6.02	4.28	13.27	7.34	0.98	0.60	1.19	1.26
		10	58	43.48	86.85	62.35	7.64	6.68	10.60	10.55
Après l'imbibition	Longueur moyenne		-	-	-	-	2.51	2.44	2.27	2.64
	Largeur moyenne		-	-	-	-	0.75	0.92	0.95	0.93
	Poids moyen (g)	1	-	-	-	-	1.11	0.93	1.33	1.38
		10	-	-	-	-	9.77	9.46	13.07	13.91

**Tableau 02:** Le rendement d'extraction

	<b>Ghars</b>	<b>Degla beida</b>	<b>Ajwa beskria</b>	<b>Gerbaa</b>
<b>Le rendement de l'extrait (%)</b>	6.97%	4.35%	-	-
<b>Le rendement d'huile (%)</b>	7.72%	7.31%	7.51%	5.62%

<b>Année universitaire : 2024-2025</b>	<b>Présenté par : MESSIKH Zineb</b>
<b>Étude phytochimique et valorisation biologique des extraits et de l'huile des noyaux de palmier dattier (<i>Phoenix dactylifera L.</i>)</b>	
<b>Mémoire pour l'obtention du diplôme de Master en Biologie et Physiologie de la Reproduction.</b>	
<p><b>Résumé</b></p> <p>Dans un contexte de valorisation des sous-produits agroalimentaires, cette étude s'est intéressée aux noyaux de palmier dattier (<i>Phoenix dactylifera L.</i>), plus précisément aux variétés algériennes Ghars, Degla Beida, Ajwa beskria et Gerbaa en vue d'évaluer leur richesse phytochimique et leur potentiel biologique. Après imbibition, une augmentation significative des dimensions (longueur, largeur) et du poids des noyaux a été observée, traduisant une activité physiologique interne.</p> <p>Des extractions méthanoliques et lipidiques ont été réalisées, et les rendements ont varié selon la variété. Le criblage phytochimique des extraits méthanolique a mis en évidence la présence importante de polyphénols, flavonoïdes, tanins condensés, saponines, stéroïdes et terpènes, confirmant la complexité chimique de ces matrices végétales.</p> <p>La teneur élevée en composés phénoliques confirmée par des dosages spécifiques et se traduit par une activité antioxydante marquée, notamment chez Degla Beida. L'analyse GC-MS de l'huile n'a pas révélé de composés volatils exploitables, mais des tests biologiques ont montré une activité antifongique partielle contre <i>Fusarium</i>. Par contre les extraits méthanoliques possèdent une activité antifongique positive contre les deux champignons <i>Fusarium</i> et <i>Verticillium</i>. En revanche, aucune activité antibactérienne notable n'a été détectée contre <i>Escherichia coli</i>.</p> <p>Ces résultats mettent en lumière le potentiel des noyaux de dattes comme source naturelle de composés bioactifs à visée antioxydante et antifongique, ouvrant ainsi des perspectives intéressantes pour leur intégration dans les domaines pharmaceutique, agroalimentaire et cosmétique. Des améliorations méthodologiques, notamment via des techniques analytiques plus sensibles et des méthodes d'extraction optimisées, sont à envisager pour approfondir cette valorisation.</p>	
<b>Mots clés :</b> <i>Phoenix dactylifera L.</i> , Noyaux de dattes, métabolites secondaires, activités biologiques, extraction végétale, l'huile.	
<b>Laboratoires de recherche :</b> laboratoire de Développement et de Valorisation des Ressources Phytogénétiques (DVRP) (U Constantine 1 Frères Mentouri).	
<b>Président du jury :</b> MADI Aicha (MCA - U Constantine 1 Frères Mentouri). <b>Encadrant :</b> CHAIB Ghania (PROF - U Constantine 1 Frères Mentouri). <b>Co-encadrant :</b> HARRAT Wahiba (MRB – INRAA-Unité de recherche constantine). <b>Examineur(s) :</b> BOULACEL Mouad (MCA - U Constantine 1 Frères Mentouri).	

