

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
ECOLE NATIONALE SUPERIEURE AGRONOMIQUE EL-HARRACH-ALGER



THESE

En vue de l'obtention du Diplôme de Doctorat en Sciences Agronomiques

Présentée par

M^{me} HAMINI Faïza

Thème

Contribution à l'étude des interactions palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) agent causal du bayoud (*Fusarium oxysporum* f. sp. *albidinis* (Killian & Maire) Malençon) par analyses phytochimiques des composés phénoliques des racines de deux cultivars endémiques de la région de Laghouat « Tadala » et « Tizaouet ».

Soutenu le 06/05/2026, devant le jury :

M. Bouznad Zouaoui	Professeur	Président
Mme Bouraghda Houda	Professeur	Examineur
Mme Laala Samia	MCA	Examineur
M. Kameli Abdelkrim	Professeur	Examineur
M. Ouinten Mohamed	Professeur	Examineur
M. Yousfi Mohamed	Professeur	Promoteur

Alger 2025-2026

Table des matières

Dédicace	
Remerciements	
Résumé (Français)	
Abstract (Anglais)	
ملخص (عربية)	
Liste des abréviations	i
Liste des figures	ii
Liste des tableaux	iii
Liste des travaux de recherche	iv

Introduction.....	1
--------------------------	----------

Partie 1. Synthèse bibliographique.....	4
--	----------

Chapitre I. Contexte général et importance du palmier dattier	5
--	----------

1. Production et situation du marché national.....	6
2. Botanique.....	6
2.1. Classification	6
2.2. Génome du palmier dattier	7
2.3. Organisation anatomique de la plante.....	9
3. Classification des dattes selon la qualité.....	11
4. Situation des ressources phytogénétiques du dattier.....	13
5. Gestion des ressources phytogénétiques du dattier.....	15
5.1. Marqueurs morphologiques.....	15
5.2. Marqueurs biochimiques.....	15
5.3. Marqueurs moléculaires.....	16
6. Phoéniculture dans la région de Laghouat	16

Chapitre II. Maladie du bayoud : une menace majeure.....	17
---	-----------

1. Progression de la maladie.....	18
2. Symptômes	19
3. Agent causal.....	20
4. Biologie et épidémiologie et pathogenèse	22



5. Lutte	23
Chapitre III. Mécanismes de résistance chez les végétaux.....	24
1. Résistance passive.....	25
1.1. Barrières structurales constitutives.....	25
1.2. Substances chimiques préformées.....	25
2. Résistance active	25
2.1. Résistance spécifique.....	26
2.2. Résistance non spécifique	26
3. Types de relation plante/pathogène	27
Chapitre IV. Composés phénoliques et résistance.....	28
1. Définition.....	29
2. Classification des composés phénoliques.....	29
3. Propriétés physico-chimiques et effet antioxydant.....	29
4. Rôle des composés phénoliques dans la plante.....	30
5. Intérêt des composés phénoliques.....	30
6. Composés phénoliques et résistance	31
6.1. Rôle dans la défense constitutive	31
6.2. Rôle dans la défense induite	32
Partie 2. Etude expérimentale.....	33
I. Matériel et méthodes.....	34
1. Schéma de l'étude expérimentale.....	35
2. Matériel biologique.....	35
2.1. Cultivars de palmier dattier.....	35
2.2. Souches fongiques.....	36
3. Méthodes	36
3.1. Echantillonnage	36
3.2. Caractérisation morphologique et description.....	37
3.3. Caractérisation biochimique.....	37
3.3.1. Humidité	37
3.3.2. Détermination de la teneur en cendres	38



3.3.3. Détermination du pH	38
3.3.4. Dosage des sucres totaux	39
3.3.5. Extraction des composés phénoliques à partir du fruit.....	39
3.3.6. Extraction à partir des racines et feuilles.....	41
3.3.7. Rendement de l'extraction.....	41
3.3.8. Dosage des phénols totaux.....	42
3.3.9. Dosage des flavonoïdes.....	42
3.3.10. Test de l'activité antioxydante	43
3.3.11. Identification des acides phénoliques	44
3.3.12. Test de l'activité antifongique.....	44
3.3.13. Docking moléculaire.....	45
3.4. Analyse statistique.....	46
II. Résultats et discussion.....	47
1. Caractérisation morphologique du fruit.....	48
1.1. Fiches d'identifications	49
1. 2. Biométrie et critères pondéraux	47
1.3. Autres paramètres morphologiques et phénologiques	48
1.4. Analyse statistique des paramètres	52
2. Paramètres biochimiques de la datte.....	61
3. Classification et détermination de la qualité des dattes.....	65
4. Composés phénoliques et pouvoir antioxydant du fruit.....	67
5. Composés phénoliques et pouvoir antioxydant (racine/feuille)..	71
6. Identification des acides phénoliques solubles et liés	77
7. Activité antifongique.....	83
8. Résultats du docking moléculaire.....	86
Conclusion.....	92
Bibliographie.....	95
Annexes.....	116



Résumé

La maladie du Bayoud, causée par *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis* (Foa), représente un facteur limitant majeur à la phoeciculture en Algérie, les cultivars de qualité étant les plus sensibles. Dans un souci de compréhension des **interactions hôte/pathogène** et de **préservation et valorisation** de la **biodiversité locale**, nous avons évalué les qualités agronomiques, économiques et la **résistance constitutive** de deux cultivars de palmier dattier endémiques à la région de Laghouat. Après une caractérisation **morphologique** et **biochimique** des fruits, nous avons utilisé le **montage à reflux** et l'**hydrolyse alcaline** pour l'extraction des phénols totaux **solubles** et **liés** des **fruits, feuilles et racines**. Des méthodes spectrométriques ont été utilisées pour la détermination du contenu phénolique total (**TPC**) et du contenu en flavonoïdes (**TFC**). L'activité antiradicalaire des extraits fut testée par le test **DPPH** (2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl). De plus, une analyse **HPLC-DAD** a été réalisée pour l'identification des acides phénoliques impliquées dans la résistance contre Foa. Pour finir, nous avons testé l'efficacité des extraits racinaires et foliaires contre Foa par la méthode « **Food poisoning method** » et le **docking moléculaire**. Les résultats ont démontré que les fruits des cultivars se distinguaient par une **excellente qualité commerciale** et une importante variabilité morphologique que nous avons retranscrit dans des **fiches d'identification**. Ils ont également présenté des **teneurs très élevées** en **TPC** et de **TFC** dans les fruits, feuilles et racines des cultivars. Les extraits ont révélé une **efficacité antiradicalaire significative** par rapport à la vitamine C. Cela suggère que toutes les parties des cultivars représentent une bonne source d'antioxydants naturels. Au total, **douze acides phénoliques liés à la résistance à Foa** et d'autre pathogènes ont été identifiés. Les composés majoritaires des feuilles étant les acides phénoliques associés à la paroi des cellules (acide sinapique, acide p-coumarique et acide férulique) tandis que dans les racines c'est l'acide p-Hydrobenzoïc qui prévalait. À une concentration de 1000 ppm, les extraits des feuilles de TIZ ont atteint une **inhibition remarquable de 79 % de Foa**, contre 70 % pour les feuilles de TAD et 59 % pour les racines de TAD. Les résultats *in silico* des simulations ont montré que le **resvératrol** possédait la plus forte affinité de liaison avec les deux **cibles enzymatiques (3-Phytase et FGB1)** du *Fusarium*. En conclusion, les niveaux exceptionnellement élevés de TPC, associés à l'identification des acides phénoliques clés et à leur activité antifongique avérée, offrent une base solide pour l'élaboration de stratégies durables pour lutter contre Foa (résistance génétique, biopesticide). Ces résultats suggèrent aussi que ces cultivars **locaux** riches en composés phénoliques pourraient renforcer les efforts de sélection variétale visant à optimiser la **qualité** des fruits et la **résistance** aux maladies.

Mot clés: Bayoud; *Phoenix dactylifera*; TPC; TFC; DPPH; HPLC-DAD; poisoning food method; docking moléculaire.

Abstract

Bayoud disease, induced by *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis* (Foa), remains one of the most significant threats to palm date production in Algeria., with high-quality cultivars being the most susceptible. To better understand host/pathogen interactions and preserve and enhance local biodiversity, we evaluated the agronomic, economic qualities, and constitutive resistance of two endemic date palm cultivars from the Laghouat region. After morphological and biochemical characterization of the fruits, we used reflux extraction and alkaline hydrolysis to extract both soluble and bound total phenols from the fruits, leaves, and roots. Spectrometric methods were employed to assess the total phenolic content (TPC) and flavonoid content (TFC). The scavenging activity of the extracts was tested using the DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) assay. Additionally, HPLC-DAD analysis was used to identify the phenolic acids involved in resistance against Foa. Finally, we tested the effectiveness of root and leaf extracts against Foa using the "Food poisoning method." and molecular docking. We found that the fruits of the cultivars had excellent commercial quality. They also displayed important levels of TPC and TFC in the fruits, roots and leaves. The extracts demonstrated significant radical scavenging activity in comparison to vitamin C, indicating that all parts of the cultivars are a good source of natural antioxidants. In total, twelve phenolic acids associated with resistance to Foa and other pathogens were identified. The major compounds in the leaves were cell wall-bound phenolic acids (sinapic acid, p-coumaric acid, ferulic acid), while in the roots, p-hydrobenzoic acid was predominant. At a concentration of 1000 ppm, the extracts from TIZ leaves achieved a remarkable 79% inhibition of Foa, compared to 70% for TAD leaves and 59% for TAD roots. The simulation results showed that resveratrol had the highest binding affinity with the two enzymatic targets (3-Phytase and FGB1) of *Fusarium*. In conclusion, the exceptionally high levels of TPC, coupled with the identification of key phenolic acids and their proven antifungal activity, provide a strong foundation for developing sustainable strategies to combat Foa (genetic resistance, biopesticides). These findings also suggest that these phenolic-rich local cultivars could contribute to improving breeding programs aimed at optimizing fruit quality and disease resistance.

Keywords: Bayoud; *Phoenix dactylifera*; TPC; TFC; DPPH; HPLC-DAD; Food poisoning method; molecular docking.

ملخص

إنتاج تواجه التي التهديدات أخطر من ، Bayoud disease *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis* الفطر عن الناجم ، البيوض مرض عدّ ، والممرض العائل النبات لتفاعلات أفضل فهم أجل ومن . للإصابة عرضة الأكثر العالية الجودة ذات الأصناف تُعتبر حيث ، الجزائر في التمور من محليين لصنفين التأسيسية المقاومة إلى إضافة ، والاقتصادية الزراعية الخصائص بتقييم قمنا ، وثمينة المحلي الحيوي التنوع على والحفاظ الأغواط منطقة إلى ينتميان التمر نخيل

والتحلل المائي بالارتجاع الاستخلاص تقنية استُخدمت ، للثمار الحيوي والكيميائي المورفولوجي التوصيف إجراء بعد كما . والجذور والأوراق الثمار من الخلوي بالجدار والمرتبطة الحرة الكلية الفينولية المركبات لاستخلاص القاعدي (TFC). الكلي الفلافونويدات ومحتوى (TPC) الفينولية المركبات من الكلي المحتوى لتقدير الطيفية الطرق استُخدمت DPPH 2,2(-diphenyl-1-picrylhydrazyl) اختبار باستعمال للمستخلصات الحرة الجذور اقتناص على القدرة تقييم وتم مقاومة في المتدخلة الفينولية الأحماض لتحديد HPLC-DAD تحليل استُخدم ، ذلك إلى بالإضافة . البيوض لمرض المسبب الفطر طريقة باستعمال الفطر ضد والأوراق الجذور مستخلصات فعالية اختبار تم ، وأخيرًا . البيوض لمرض المسبب الفطر الجزئي الإرساء تقنية جانب إلى ، (Food poisoning method) "الغذائي الوسط تسمم"

الكلية الفينولية المركبات من مرتفعة مستويات سجلت كما ، ممتازة تجارية بجودة تتمتع الصنفين ثمار أن النتائج أظهرت بفيتامين مقارنة الحرة الجذور تثبيط في معتبرًا نشاطًا المستخلصات وأبدت . والأوراق والجذور الثمار في والفلافونويدات الطبيعية الأكسدة لمضادات جيدًا مصدرًا تُعد الصنفين هذين أجزاء مختلف أن على يدل مما ، C

الفينولية الأحماض وكانت . أخرى وممرضات البيوض فطر بمقاومة مرتبطًا فينوليًا حمضًا عشر اثني على التعرف تم وقد في السائدة المركبات هي ، الفيروليك وحمض ، كوماريك-بارا وحمض ، السينابيك حمض مثل ، الخلوي بالجدار المرتبطة ، المليون في جزء 1000 تركيز وعند . الجذور في الرئيسي المركب هو بنزويك هيدروكسي-بارا حمض كان بينما ، الأوراق لجذور 59% و TAD لأوراق 70% بـ مقارنة ، 79% بلغت للفطر ملحوظة تثبيط نسبة TIZ أوراق مستخلصات حققت 3- الإنزيمين الهدفين مع ارتباط ألفة أعلى يمتلك الريسفيراترول مركب أن الجزئية المحاكاة نتائج أظهرت كما . TAD الفيزاريوم لفطر (Phytase وFGB1)

وإثبات الرئيسية الفينولية الأحماض تحديد جانب إلى ، الكلية الفينولية للمركبات جدًا المرتفعة المستويات فإن ، الختام وفي من سواء ، البيوض فطر لمكافحة مستدامة استراتيجيات لتطوير قويًا علميًا أساسًا توفر ، للفطريات المضادة فعاليتها بالمركبات الغنية المحلية الأصناف أن إلى النتائج هذه تشير كما . حيوية مبيدات تطوير أو الوراثة المقاومة تعزيز خلال الأمراض مقاومة وتعزيز الثمار جودة من الرفع إلى الهادفة التربية برامج تحسين في تُسهم قد الفينولية

الكلمات المفتاحية: البيوض الإرساء الجزئي: ؛ *Phoenix dactylifera* ؛ TPC ؛ TFC ؛ DPPH ؛ HPLC-DAD ؛ Food poisoning method