



République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Amar Thelidji - Laghouat



FACULTÉ DES SCIENCES

DÉPARTEMENT DES SCIENCES AGRONOMIQUES

MÉMOIRE DE MASTER

Présenté par : Mr Mezrag Houssine

DOMAINE : SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE

FILIÈRE : SCIENCES ALIMENTAIRES

SPECIALITÉ : AGROALIMENTAIRE ET CONTRÔLE DE QUALITÉ

Optimisation par planification expérimentale d'un micro-enrobage des dattes

Jury de soutenance :

Nom et Prénom	Grade	Qualité
Mme. Aitialeff Khouloud	MCB (UAT-Laghouat)	Présidente
Mme. Medjkouh Lynda	MCA (UAT-Laghouat)	Examinatrice
M. Goudjal Yacine	Professeur (UAT-Laghouat)	Encadreur
Mlle Brahimi Imane	Doctorante	Co-encadreur

Session : Juin 2025

Remerciements

*Avant tout, le grand et le vrai merci à Allah qui m'a donné la force
et la patience d'accomplir*

Ce modeste travail.

*Ce mémoire a été réalisé aux trois laboratoires, le laboratoire
pédagogique département des*

*Sciences agronomiques l'Université Amar Telidji de Laghouat, pour
réaliser la*

*Caractérisation chimique. Le laboratoire de chimie fondamentale
Université Amar Telidji de*

*Laghouat, et le laboratoire pédagogique du département de génie des
procédés.*

*Je tiens à les remercier tous d'avoir accueilli dans leurs laboratoires,
je suis très*

Reconnaissant pour la confiance qu'ils m'ont accordé.

*Je remercie mon directeur de mémoire Monsieur, Goudjal Yacine,
Professeur à l'Université*

*de Laghouat et ma co-directrice de mémoire Mademoiselle Brahimi
Imane, Doctorante à*

*L'université de Laghouat pour leur patience, leurs multiples conseils
et leurs orientations.*



Dédicace

Je dédie humblement ce travail à :

Mes chers parents, pour leur amour infini, leurs sacrifices silencieux et leur soutien indéfectible, piliers de ma réussite.

Mes frères et sœurs, pour leur affection, leur présence rassurante et leurs encouragements constants.

Mes amis fidèles, dont le soutien, la bienveillance et les mots justes ont su illuminer les moments les plus difficiles.

À toutes celles et ceux qui ont cru en moi, m'inspirant chaque jour à donner le meilleur de moi-même.

Du fond du cœur, merci.



Résumé

Les dattes, après leur récolte et durant leur stockage, sont vulnérables à la détérioration fongique, entraînant ainsi des pertes économiques considérables. *Aspergillus niger* est parmi les champignons les plus fréquemment rencontrés. Il distingue par sa capacité à endommager les dattes, provoquant leur altération et réduisant considérablement leur valeur nutritionnelle. Cette étude vise à évaluer l'efficacité et l'optimisation de l'utilisation d'un micro-enrobage avec mélange de chitosane et de gomme arabique comme agent de biocontrôle alternatif aux fongicides chimiques pour lutter contre *Aspergillus niger* dans la variété de dattes " Deglet-nour ". À l'aide du modèle Plackett-Burman, une exploration a été menée pour déterminer les composants du milieu les plus appropriés affectant la pourriture des dattes. Parmi les cinq variables évaluées, trois (chitosane, gomme arabique et acide acétique) ont été identifiées comme les plus importantes, un effet significatif, indiquant la pertinence des conditions du modèle. Dans le cadre de la comparaison entre les dattes enrobées et non enrobées, les analyses physicochimiques ont montré que les dattes enrobées ont conservé une qualité supérieure par rapport aux dattes non enrobées après une période de stockage de 15 jours. Par conséquent, nous concluons que l'enrobage a présenté non seulement la propriété antifongique, mais permet également un maintien des paramètres de qualité, tels que l'activité antioxydante, les polyphénols et l'acidité, tout en limitant le brunissement.

Mots clés : *Aspergillus Niger*, enrobage, chitosane, gomme arabique, activité antifongique, activité antioxydante.

Abstract

Dates, after their harvest and during their storage, are vulnerable to fungal deterioration, leading to significant economic losses. Among the most frequently encountered fungi, *Aspergillus niger* stands out for its ability to damage dates, causing their deterioration and significantly reducing their nutritional value. This study aims to evaluate the effectiveness and optimization of using a micro-coating with a mixture of chitosan and gum arabic as an alternative biocontrol agent to chemical fungicides to combat *Aspergillus niger* in the "Deglet-nour" date variety. Using the Plackett-Burman model, an exploration was conducted to determine the most appropriate medium components affecting date rot. Among the five evaluated variables, three (chitosan, gum arabic, and acetic acid) were identified as the most important, showing a significant effect, indicating the relevance of the model conditions. In the context of comparing coated and uncoated dates, physicochemical analyses showed that the coated dates maintained superior quality compared to the uncoated dates after a 15-day storage period. Therefore, we conclude that the coating not only has antifungal properties but also helps maintain quality parameters such as antioxidant activity, polyphenols, and acidity, while imiting browning.

Keywords: *Aspergillus Niger*, coating, chitosan, gum arabic, antifungal, antioxidant activity.

الملخص

تُعدّ التمر عرضة للتلف الفطري بعد جنيها وخلال فترة تخزينها، مما يؤدي إلى خسائر اقتصادية كبيرة. من بين أكثر الفطريات شيوعاً، يُعتبر *Aspergillus niger* من الأنواع القادرة على إتلاف التمر، مما يُسبب تدهور جودتها ويُقلل بشكل كبير من قيمتها الغذائية. تهدف هذه الدراسة إلى تقييم فعالية تقنية التغليف الدقيق باستخدام مزيج من الكيتوسان والصمغ العربي كعامل مكافحة بيولوجية بديل للمبيدات الفطرية الكيميائية، وذلك لمكافحة فطر *Aspergillus niger* في صنف التمر دقلة نور. تم استخدام نموذج *Plackett-Burman* لاستكشاف أهم المكونات المؤثرة في وسط النمو والتي تؤثر على تعفن التمر. ومن بين خمس متغيرات تمت دراستها، تم تحديد ثلاث مكونات رئيسية (الكيتوسان، الصمغ العربي، وحمض الأسيتيك) على أنها الأكثر تأثيراً، مما يدل على أهمية الشروط المحددة في النموذج. وفي إطار المقارنة بين التمور المغلفة وغير المغلفة، أظهرت التحاليل الفزيوكيميائية أن التمور المغلفة حافظت على جودة أعلى بعد فترة تخزين دامت 15 يوماً. وبالتالي، نستنتج أن التغليف لا يقتصر فقط على امتلاكه خصائص مضادة للفطريات، بل يساهم أيضاً في الحفاظ على خصائص الجودة مثل النشاط المضاد للأكسدة، محتوى البوليفينولات، والحموضة، مع الحد من ظاهرة التلون البني.

الكلمات المفتاحية: التغليف، الكيتوسان، الصمغ العربي، مضاد للفطريات، النشاط المضاد للأكسدة.

Liste des abréviations

Aw : Activité de l'eau.

BPH : bonne pratique d'hygiène.

CMC : carboxyméthylcellulose.

DPPH : 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl.

IB : Indice de brun

PDA: Potato Dextrose Agar.

Index des figures

Figure 1: Figuration schématique du palmier dattier	3
Figure 2 : Carte de l'Algérie indiquant les différentes zones avec des palmiers dattiers.	5
Figure 3 : Fruit et graine du dattier	7
Figure 4: Stades de développement et maturation des dattes.	8
Figure 5 : La production et le rendement des dattes en Algérie les années 2015 / 2019.	11
Figure 6 : Le micro-enrobage et méthodes d'application sur les fruits	20
Figure 7: Les Principales procédés de micro-enrobage.	21
Figure 8: Site de l'échantillonnage de dattes Deglet Nour.	23
Figure 9: Activité antifongique du gel d'aloé véra à 30 %	25
Erreur ! Signet non défini. Figure 10: Photographies montrant les différentes étapes des activités antifongiques.	29
Figure 11: Photographies présentant les dattes enrobées.	30
Figure 12: Schéma représentant les étapes de préparation de la suspension dilution de datte.	31
Figure 13: Photographies représentant les caractéristiques visuelles de la chitine et du chitosane.	37
Figure 14: Photographies représentant les caractéristiques visuelles du gel d'aloé véra pasteurisé.	38
Figure 15 : Activité antifongique (MGI %) de la chitosane à différentes concentrations contre <i>Aspergillus Niger</i>	39
Figure 16 : Activité antifongique (MGI %) d'aloé véra gel à différentes concentrations contre <i>Aspergillus Niger</i>	39
Figure 17: Activité antifongique (MGI %) d'aloé véra gel à différentes concentrations contre <i>Aspergillus Niger</i>	40
Figure 18 : Activité antifongique (MGI %) de la gomme arabique à différentes concentrations contre <i>Aspergillus Niger</i>	41
Figure 19 : Représentation graphique des pH mesurée sur les dattes Deglet-Nour avec et sans enrobage, à deux temps différents (1 jour et 15 jours).	44
Figure 20 : Résultats du dosage des sucres totaux pour la variété Deglet Nour avec et sans enrobage, à deux temps différents (1 jour et 15 jours).	45
Figure 21 : Résultats du taux des sucres réducteurs pour la variété deglet-nour avec et sans enrobage, à deux temps différents (1 jour et 15 jours).	46
Figure 22 : Résultats du taux Taux d'acidité titrable pour la variété deglet-nour avec et sans enrobage, à deux temps différents (1 jour et 15 jours).	47
Figure 23 : Représentation graphique du dosage des polyphénols totaux mesurée sur des dattes Deglet-Nour avec et sans enrobage, à deux temps différents (1 jour et 15 jours).	48
Figure 24 : Représentation graphique de l'activité antioxydante des des dattes Deglet-Nour avec et sans enrobage, à deux temps différents (1 jour et 15 jours).	49

Figure 25 : Valeurs de l'indice de brun pour la variété deglet-nour avec et sans enrobage, à deux temps différents (1 jour et 15 jours)..... 50

Index des tableaux

Tableau 1: Nombre de palmiers en Algérie.	6
Tableau 2 : Classification des dattes selon leur consistance.....	8
Tableau 3: Principales variétés des dattes algériennes, classification et leur aire de culture....	9
Tableau 4 : La production de différents types de dattes dans diverses régions de l'Algérie. .	12
Tableau 5: La température et la durée optimales pour la conservation des dattes.	17
Tableau 6 : Résultats morphologies dattes étudiées (Deglet-nour) selon IPGRI.	36
Tableau 7: Paramètres morphométriques des dattes de la variété Deglet-Nour de la région de Laghouat.	37
Tableau 8 : Le nombre de colonies des dattes enrobées et dattes non enrobées.	42
Tableau 9: Représenter l'optimisation par Plackett-Burman.....	43
Tableau 10: Paramètres statiques du modèle de régression (R^2 , R^2 , RMSE , etc.).....	44
Tableau 11 : Évaluation qualitative des dattes selon le taux des sucres totaux.....	46

Liste des annexes

Annexe I. Courbe d'étalonnage de l'acide gallique utilisé pour le dosage des polyphénols totaux
..... 57

Annexe II. Courbe d'étalonnage de l'acide tannique utilisé pour le dosage des tanins
condensés.....57

TABLE DES MATIERE

Dédicaces	
Remerciements	
Liste des abréviations	
Index des figures.....	
Index des tableaux	
Liste des annexes	
Introduction	
Introduction.....	1

Chapitre I. Le palmier dattier

I. Généralité sur le palmier dattier	2
I.1. Aperçu historique	2
I.2. Morphologie du palmier dattier	2
I.2.1. Le système racinaire	4
I.2.2. Le L'appareil végétatif.....	4
I.2.3. L'Appareil de reproduction.....	4
I.2.3.1. Situation de la phéniciculteur en lgérie.....	4

Chapitre II. La datte

II. la datte	7
II.1. Description de la datte	7
II.2. Stade de maturité de la datte	7
II.3. Classification des dattes	8
II.3.1. Classification selon la consistance	8
II.4. Principales variétés de datte en Algérie	9

II.5. Compositions biochimiques des dattes	10
II.6. La production des dattes en Algérie	11

Chapitre III. Les champignons d'altération

III. Les champignons poste-récolte	13
III.1. Généralités	13
III.2. Champignons d'entrepôts	14
III.3. Mécanisme d'altération	14
III.4. Condition d'altérations par champignons	14
III.5. Moyennes des lutttes contre les champignons	15

Chapitre IV. Conservations des dattes

IV.1. IV. Méthodes de conservation des dattes.....	17
IV.2. La technique de conservation par micro-enrobage.....	18
IV.3. Principaux procédés de Technologie micro-enrobage	19
IV.4. Avantages	20
IV.5. Présentation des biomolécules étudiées.....	21

Matériel et Méthodes

1. Site d'échantillonnage	23
2. Échantillons de dattes	23
3. Caractéristiques des variétés des dattes.....	24
4. Mesures biométriques.....	25
5. Extraction des chitosane et du gel aloé véra	25
5.1. Chitosane	25
5.2. Gel d'aloé véra	25

6. Activité antifongique	27
6.1. Préparation du milieu culture	28
6.2. Activité antifongique de chitosane	28
6.3. Activité antifongique du gel d'aloé véra.....	28
6.4. Activité antifongique de carboxyméthylcellulose (CMC)	28
6.5. Activité antifongique de la gomme arabique.....	28
7. Enrobage des dattes	29
8. Dénombrement des colonies fongiques	31
9. Inoculation des dattes	31
10. Paramètres physicochimiques	32
10.1. Mesure du pH	32
10.2. Dosage des sucres totaux	32
10.3. Dosage des sucres réducteurs	32
10.4. Acidité titrable	33
10.5. Dosage des polyphénols totaux	34
10.6. Mesure de l'activité des antioxydants	34
10.7. Indice de brunissement	35

Résultats et Discussions

1. Résultats de la description des dattes	36
1.2. Résultats des données biométriques	37
2. Résultats de l'extraction du chitosane est du gel d'aloé véra.....	38
3. Résultats de l'ctivité antifongique des biomolécules	38
4. Résultats du dénombrement des colonies	41
5. Optimisation par Plackett_Burman	42

6. Résultats des analyses physicochimiques	43
6.1. Mesure du pH	44
6.2. Dosage des sucres totaux	45
6.3. Dosage des sucres réducteurs	46
6.4. Acidité titrable	47
6.5. Dosage des polyphénols totaux	47
6.6. Dosage des antioxydants	48
6.7. Indice de brunissement	49
Conclusion	51
Références bibliographiques	53
Annexes	57

Introduction

Le palmier dattier (*Phoenix dactylifera L.*) est une espèce caractéristique des régions arides, largement cultivée en Afrique du Nord et au Moyen-Orient. Grâce à sa tolérance aux conditions climatiques extrêmes, il joue un rôle socio-économique et écologique fondamental dans les oasis (Zaid & de Wet, 2002).

Les dattes (*Phoenix dactylifera L.*) sont l'un des fruits les plus importants des régions arides, en raison de leur valeur nutritionnelle et de leur rôle socio-économique (Al-Farsi *et al.*, 2007). En Algérie, le palmier dattier constitue une culture commerciale essentielle. Cultivé depuis l'Antiquité, il se distingue par ses valeurs nutritionnelles, économiques, sanitaires et environnementales, faisant de lui une ressource durable aux multiples atouts (Acourene *et al.*, 2014). Toutefois, leur richesse en sucres et en eau les rend sensibles aux altérations post-récolte, notamment d'origine microbienne (El Hadrami *et al.*, 2012). Les dattes font l'objet d'une activité commerciale importante, en particulier la variété Deglet-Nour qui détient le monopole des marchés nationaux et internationaux, sa sensibilité à l'altération et l'absence de maîtrise des méthodes de conservation sur les lieux de production, posent de sérieux problèmes aux opérateurs nationaux (Ben Sayah, 2014). Les techniques de conservation conventionnelles présentent des limites, notamment en termes de résidus chimiques ou de pertes organoleptiques (Ben Amor *et al.*, 2015). Cela a conduit les chercheurs à s'intéresser à des alternatives naturelles, comme l'utilisation de biomolécules aux propriétés antimicrobiennes ou antioxydantes, extraites de plantes ou de microorganismes (Tiwari *et al.*, 2009). Ces biomolécules peuvent prolonger la durée de conservation des dattes tout en respectant les normes de sécurité alimentaire (Bouaziz *et al.*, 2020). Parmi les techniques innovantes utilisées dans le domaine de la conservation des aliments, on trouve le micro enrobage, qui permet de protéger les composés bioactifs sensibles tels que les antioxydants contre des facteurs comme l'oxydation ou l'humidité. Cette technique repose sur l'encapsulation de la substance active dans une fine couche de polymère, souvent naturel, améliorant ainsi sa stabilité et sa durée de vie fonctionnelle (Jafari *et al.*, 2008). L'objectif de notre travail est évalué et améliorer l'efficacité d'une biomolécule naturelle dans la conservation des dattes, en analysant son effet sur la stabilité microbiologique et physicochimique du fruit pendant le stockage.

Partie bibliographique

Chapitre: I

Le palmier dattier

I. Généralité sur le palmier dattier

I.1. Aperçu historique

Le palmier dattier est à la fois mentionnée et recommandé dans des textes religieux tels que la Bible et le Coran. L'augmentation de sa culture et la croissance de la consommation de son fruit est liée à la prolifération de l'islam (Bouguedoura *et al.*, 1998). L'arbre *Phoenix*, également connu sous le nom d'arbre des Phéniciens, tire son nom du mot grec "*Phoinikes*". Le terme "*dactylifera*" fait référence aux fruits en forme de doigts du palmier dattier. (Peyron, 2000).

Le palmier-dattier est une espèce végétale cultivée par l'homme depuis des milliers d'années, et il est considéré comme l'un des plus anciens arbres fruitiers domestiqués. Ses origines remontent au Moyen-Orient, en particulier dans les régions situées autour du golfe Persique et de la péninsule arabique. Et très apprécié pour son fruit sucré et nutritif, qui a été un aliment de base dans de nombreuses cultures tout au long de l'histoire (El Hadrami *et al.*, 2009).

Anciennement, le palmier dattier (*Phoenix dactylifera L.*) sert de base aux écosystèmes des oasis, aidant à prévenir les dommages causés par le sable et offrant une protection contre le rayonnement solaire intense pour les cultures sous-jacentes telles que les arbres fruitiers, les légumes et les céréales. En existant dans ces zones désertiques, il permet la présence de diverses formes de vie animale et végétale, essentielles au bien-être et à la survie des populations (Bouguedoura *et al.*, 2022).

I.2. Morphologie du palmier dattier

Le palmier dattier est une monocotylédone arborescente (Peyron, 2000). Il présente un tronc ou stipe cylindrique, couronné par un unique bourgeon végétatif, fortement protégé par les feuilles qu'il a produites (Sané, 2007). Les palmes dont la longueur varie 2 à 6 mètres de long selon les cultivars, sont des feuilles composées, pennées dont les folioles isolées et pliées longitudinalement en gouttière sont disposées le long du rachis qui a une forme semi cylindrique et qui montre des épines vers sa base, Le tronc possède un bourgeon terminal qui assure sa croissance ascendante (Figure 1) (Bounaga, 1991).

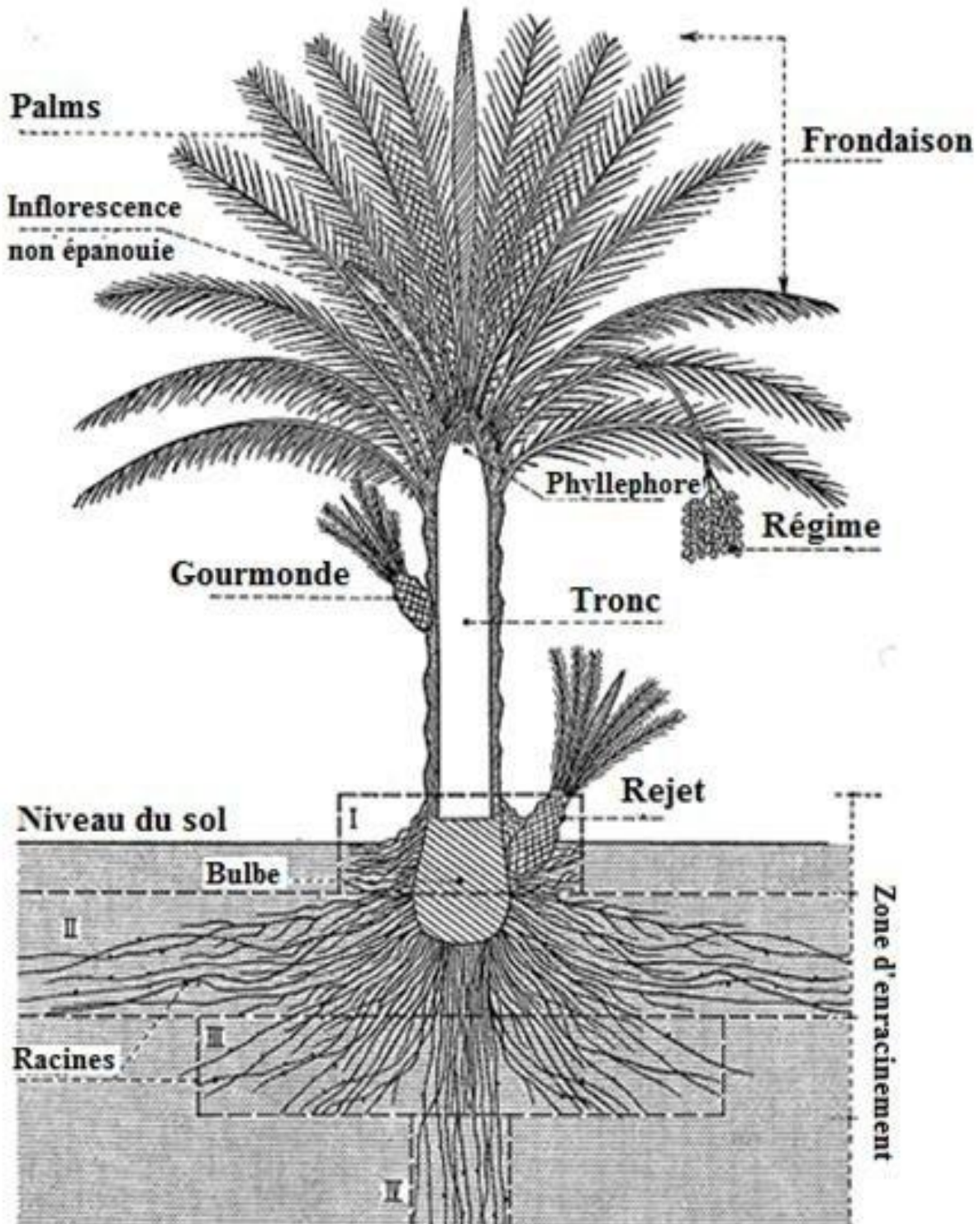


Figure 1: Figuration schématique du palmier dattier (Munier, 1973).

I.2.1. Le système racinaire

L'architecture racinaire du palmier lui confère une grande résistance à la sécheresse. Son système racinaire se caractérise par une racine pivotante puissante pouvant atteindre 6 à 8 mètres de profondeur, associée à de nombreuses racines secondaires superficielles assurant l'absorption de l'eau et des éléments nutritifs (Monciero, 2011).

I.2.2. L'appareil végétatif

Le palmier dattier présente un port élancé, non ramifié, connu sous le nom de stipe (tronc) cylindrique pouvant mesurer jusqu'à 20 mètres de hauteur, recouvert des bases engainantes des palmes (Mulet, 2015). La couronne, constituée de 30 à 150 palmes (feuilles) pennées atteignant 5 à 6 mètres de long, s'insère au sommet du stipe.

I.2.3. L'Appareil de reproduction

L'appareil reproducteur est représenté par l'inflorescence, un régime s'épanouissant à l'aisselle des palmes. Cette inflorescence, de type spadice, porte des fleurs unisexuées mâles et femelles séparées sur des régimes distincts selon les cultivars (Sedra, 2012). Les fleurs femelles, une fois pollinisées par les fleurs mâles productrices de pollen, donnent naissance aux fruits que sont les dattes. Un régime peut porter de 100 à 1000 fruits selon la variété (Benmoussa et Achouria, 2019).

I.3. Situation de la phéniculture en Algérie

L'Algérie, sixième au monde et première au Maghreb pour la phéniculture, possède de vastes zones de culture, plus de 2 millions de jardins et une production annuelle moyenne de dattes de 500 000 tonnes, principalement dans les oasis chaudes et sèches de la zone saharienne à travers le pays (Bouguedoura, *et al.*, 2022).

La culture du palmier dattier en Algérie se trouve dans diverses zones géographiques, allant du Sud-Est du pays, y compris Biskra, El-Oued et Ouargla, aux régions du sud-ouest comme Béchar et Adrar, et s'étendant vers le centre et l'extrême sud couvrant Ghardaïa, Tamanrasset, Tindouf et Ouargla, en plus de diverses autres zones dispersées à travers le pays (Figure 2) (Merrouchi et Bouammar, 2015).

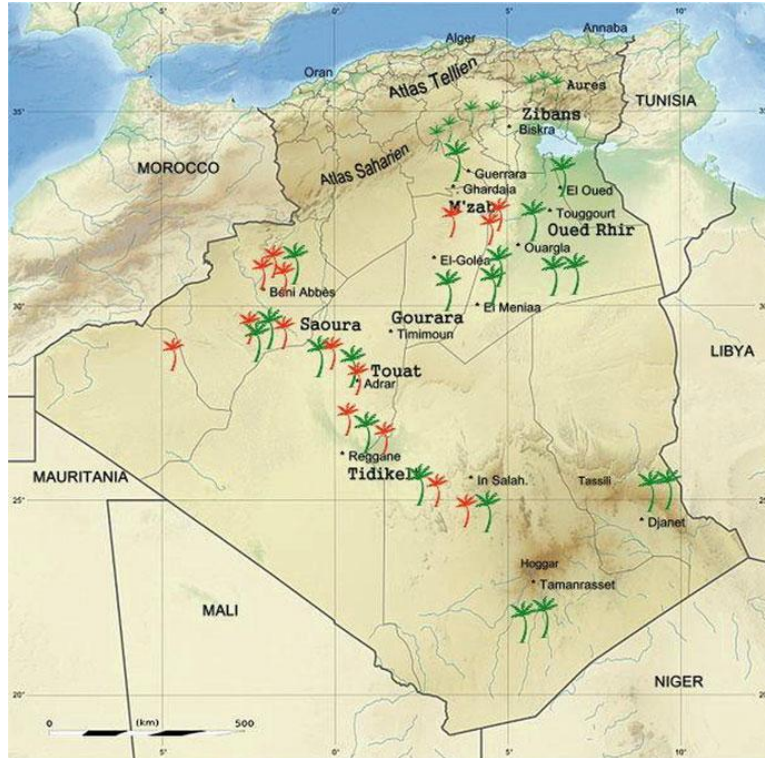


Figure 2 : Carte de l'Algérie indiquant les différentes zones avec des palmiers dattiers (Bouguedoura *et al.*, 2015).

- En rouge sont infestés par le bayoud
- En vert ne le sont pas

D'après le tableau (Tableau 1), on peut observer que la culture des palmiers dattiers est répandue dans différentes régions de l'Algérie. Les données de 2019 montrent que la wilaya de Biskra possède le plus grand nombre de palmiers dattiers, avec un total de 4 345 800 palmiers. Cette région est suivie par d'El-Oued et Adrar, avec respectivement 3 819 484 et 2 825 633 palmiers. Par contre, certaines régions comme Djelfa et Naama ont un nombre relativement faible de palmiers dattiers. Ces informations sont essentielles pour comprendre la répartition des palmiers dattiers en Algérie et peuvent aider à planifier des stratégies de développement agricole et de préservation des palmiers dattiers (D.S.A, 2019).

Tableau 1: Nombre de palmiers en Algérie (D.S.A, 2019).

WILAYA	Deglet-Nour (Dattes Demi- molles)	Ghars et Analogues (Dattes molles)	et Degla Beida et Analogues (Dattes sèches)	Total palmier dattier
	Nombre d'arbre	Nombre d'arbre	Nombre d'arbre	Nombre d'arbre
ADRAR	0	0	285 633	2 825 633
LAGHOUAT	240 9	740 12	10 260	32 240
BATNA	938 8	453 7	9 221	25 612
BISKRA	000 690 2	800 559	1 096 000	4 345 800
BECHAR	0	813 096	182 230	995 326
TAMANRASSET	0	0	643 120	643 120
TEBESSA	22 660	18 350	0	40 010
DJELFA	700 13	3 000	1 300	18 000
OUARGLA	1 258 489	942 006	152 161	2 352 656
EL-BAYADH	2 100	8 000	11 800	21 900
ILLIZI	2 362	40 123	24 613	67 088
TINDOUF	0	40 147	1 306	41 453
EL-OUED	2 436 624	723 177	632 647	3 819 484
KHENCHELA	300 44	62 100	11 342	117 742
NAAMA	450 1	20 428	0	21 878
GHARDAIA	997 471	1 804 078	488 592	110 996
TOTAL ALGERIE	860 987 6	3 430 827	6 090 225	16 505 912

Chapitre: II

La datte

II. La datte

II.1. Description de la datte

Selon Baliga et al. (2011), la datte, fruit du palmier dattier, est une baie, généralement de forme allongée, ou arrondie. Elle est composée d'un noyau ayant une consistance dure, entouré de chair. Elle pèse généralement entre 10 et 20 grammes et de 2 à 8 cm de longueur.

La datte, est constituée de trois couches distinctes. Tout d'abord, le péricarpe, ou peau, forme une fine membrane externe qui enveloppe la datte. Ensuite, le mésocarpe, souvent charnu, varie en consistance en fonction de sa teneur en sucre et présente des couleurs vives. Enfin, l'endocarpe, de couleur plus claire, offre une texture fibreuse particulière, parfois réduit à une membrane parcheminée entourant le noyau (Figure 3) (Espiard, 2002).

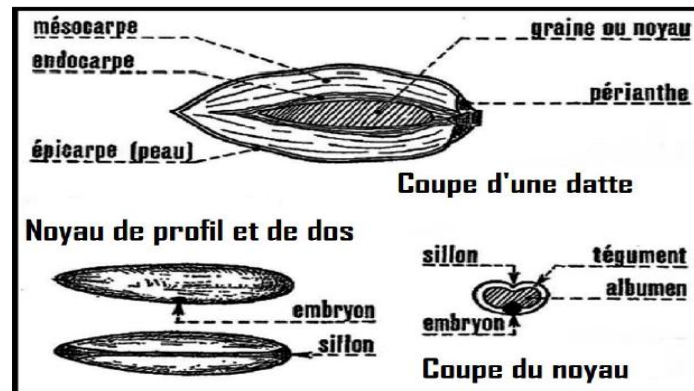


Figure 3 : Fruit et graine du dattier (Munier, 1973).

II.2. Stades de maturité de la datte

Les dattes passent par cinq stades de développement : Hababouk, Kimri, Khalal, Routab et Tamr (Figure 4), au cours desquels des changements internes et externes se produisent dans le fruit. Elles deviennent mûres et aptes à la consommation au stade Tamr, caractérisé par un ramollissement de leur texture (dû à la diminution de la teneur en pectine, cellulose, hémicellulose et lignine), la disparition de l'astringence (causée par la précipitation des tanins sous forme insoluble) et une augmentation de la teneur en sucres. De plus, à ce stade, les dattes perdent considérablement d'eau, ce qui améliore leur durabilité lors du stockage (Ashraf et Hamidi-Esfahani, 2011). Cependant, bien que pas complètement mûres, certaines variétés de dattes peuvent être appréciées et consommées dans certains pays même aux stades Khalal et Routab (Jahiel, 1998).

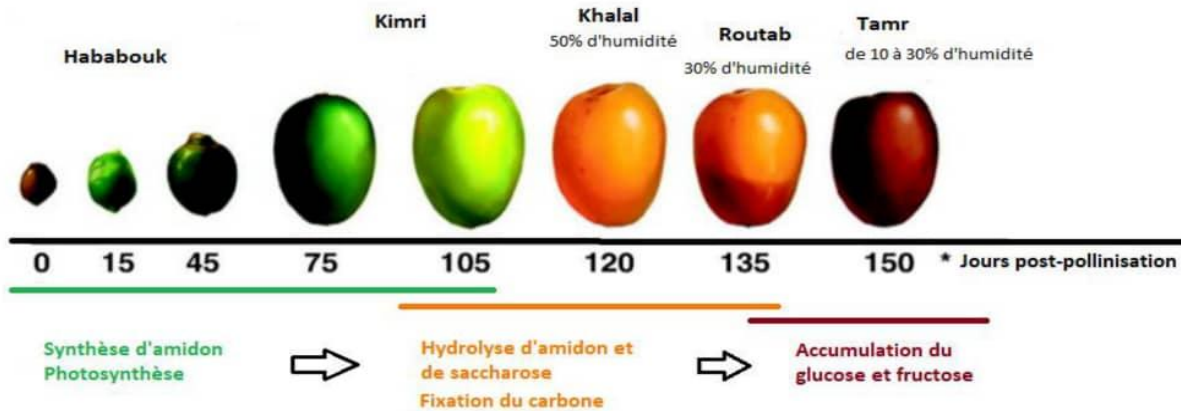


Figure 4: Stades de développement et maturation des dattes (Al-Mssallem *et al.*, 2013).

II.3. Classification des dattes

II.3.1. Classification selon la consistance

D’après Espiard (2002), La classification la plus répandue est celle liée à la consistance de la datte. On trouve trois grandes catégories qui sont :

Tableau 2 : Classification des dattes selon leur consistance (Espiard, 2002).

Consistance	Caractéristiques	Variétés et pays
Molle	Humidité supérieure ou égale à 30% ; riches en sucres invertis (fructose et glucose)	Ghars (Algérie) ; Ahmar (Mauritanie) ; Kashram et Miskrani (Egypte, Arabie Saoudite)
Demi-molle	De 20 à 30% d’humidité Sucres réducteur / saccharose ~1	Deglet-Nour (Algérie) ; Mehjoul (Mauritanie) Sifri et zahidi (Arabie Saoudite)
Sèche	Inferieur de 20% d’humidité, riches en saccharose	Degla Beida et Mech Degla (Tunisie et Algérie) et Amesrie Mauritanie

- Les dattes molles, avec un taux d'humidité égal ou supérieur à 30%, sont riches en sucres tels que le fructose et le glucose.
- Les dattes demi-molles, ayant un taux d'humidité compris entre 20 et 30%, incluent des variétés.
- Les dattes sèches, caractérisées par une texture dure et une humidité inférieure à 20%, sont riches en saccharose et ont une texture farineuse (tableau 2).

II.4. Principales variétés de dattes en Algérie

En Algérie, il existe plus de 940 cultivars de dattes, Les principales variétés sont : Deglet-Nour, Degla Beida, Mech Degla et Ghars, chacun possédant des caractéristiques et des qualités distinctes. À l'inverse, les cultivars restants présentent une importance économique minimale en raison de leur manque de popularité dans le marché international. Par conséquent, ces variétés moins connues ne suscitent pas une attention (Tableau 3) (Hannachi *et al*, 1998).

Tableau 3: Principales variétés des dattes algériennes, classification et leur aire de culture (Favier *et al.*,1993).

Variétés	Consistance	Aire de culture
Deglet-Nour	Demi molle (T)	Bas Sahara Mzab
Ghars	Molle (P)	Idem
Degla-Beïda	Sèche (T)	Oued rhir
Mech-Degla	Sèche (T)	Ziban
Tanteboucht	Demi Molle (P)	Ouargla Mzab
Tatezuine	Demi molle (P)	Ouargla Mzab
Bent-Keballah	Molle (P)	Ouargla Mzab
Tadala	Molle (N)	Mzab Laghouat
Timjouhert	Demi molle (N)	Mzab Gourara
Hmira	Demi molle (N)	Touat, Saoura
Tegaza	Demi molle (N)	Tidikelt
Tazerzait	Demi molle (N)	Sud-ouest
Ouarglia	Demi molle (N)	Sud-ouest
Tim-nacer	Sèche (N)	Sud-ouest
Taker-boucht	Demi molle (T)	Touat, Gourara
Aghrs	Sèche (T)	Touat

- P : Précoce (Période de récolte en fin Août).
- N : Normale (Période de récolte en Septembre).
- T : Tardive (Période de récolte en Novembre).

II.5. Composition biochimique des dattes

La datte se compose d'une chair et d'un noyau ; la proportion du noyau par rapport à la chair constitue l'une des caractéristiques qui dépendent non seulement de la variété mais aussi de tous les facteurs climatiques et des conditions de culture. Les sélectionneurs utilisent cette caractéristique pour évaluer la qualité d'une variété. La composition de la pulpe se compose principalement d'eau, de sucres, ainsi que de composés non sucrés tels que les protéines, la cellulose, les lipides, les sels minéraux et les vitamines (Estanov, 1990).

II.5.1. L'eau

La teneur en eau de la datte varie en fonction de la variété, du stade de maturation et des conditions climatiques. Elle est généralement comprise entre 8 et 30% du poids de la chair fraîche, avec une moyenne d'environ 19% (Boukhiar, 2009).

II.5.2. Les sucres

Les sucres jouent un rôle prépondérant dans la composition de la datte. Selon Estanov (1990), l'analyse des sucres de ce fruit a mis en évidence principalement la présence de trois types de sucres : le saccharose, le glucose et le fructose. La teneur en sucres totaux varie considérablement selon la variété de dattes et les conditions climatiques. Elle peut représenter entre 60 et 80 % du poids du fruit (Siboukeur, 1997).

II.5.3. Eléments minéraux

La teneur en minéraux atteint son apogée lors du stade hababouk pour toutes les variétés de dattes, puis diminue progressivement jusqu'au stade Rotab (Benchaban, 2007). Les cendres représentent environ 2 % du poids total des dattes à l'état frais (Ben Thabet *et al.*, 2009).

II.5.7. Protéines et acides aminés

Les dattes, bien qu'elles aient un profil en acides aminés favorable aux besoins humains, ne sont pas une source alimentaire importante en raison de leur faible teneur en protéines, Elle varie entre 0,38 et 2,5 % du poids sec (Yahiaoui, 1998).

II.5.4. Vitamines

La datte n'est pas une source majeure de vitamines, Le profil vitaminique des dattes présente des niveaux significatifs de vitamines du groupe B (Amellal, 2008).

II.5.5. Fibres

La couche externe des dattes contient divers composants tels que la pectine, la cellulose, l'hémicellulose et la lignine, contribuant à sa texture, sa cohésion et sa résistance (Benchabane,1996), Ils sont naturellement riches en fibres, et représente de 8,1 à 12,7 % de son poids sec (Al-Shahib et Marshall, 2002).

II.5.6. Matières grasses

La datte présente une faible teneur en matière grasse, concentrée principalement dans sa couche externe (2,5-7,5% de matière sèche), qui joue un rôle physiologique plus important que nutritionnel en assurant la protection du fruit (Barreveld, 1993).

II.6. La production des dattes en Algérie

La production nationale de dattes en Algérie est estimée à 11 360 249 tonnes avec un rendement de 68,8 kg/arbre (Tableau 2), couvrant une superficie de 169 786 ha, variant selon les régions, les wilayas de Biskra et El-Oued occupant 52% de la superficie totale de palmiers dattiers (D.S.A, 2019).

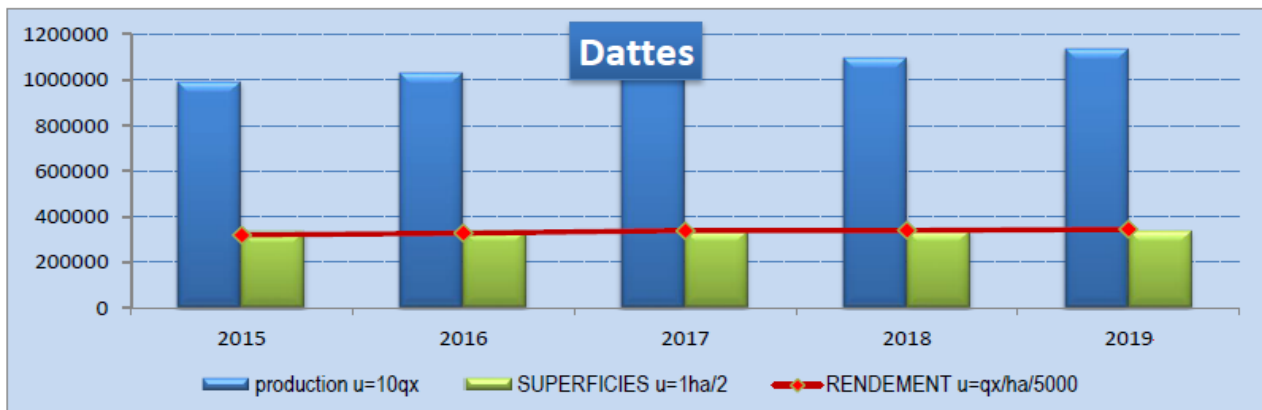


Figure 5 : La production et le rendement des dattes en Algérie les années 2015 jusqu'à 2019 (D.S.A, 2019).

Tableau 4 : La production de différents types de dattes dans diverses régions de l'Algérie
(D.S.A, 2019).

WILAYA	Deglet-Nour	Ghars et Analogues	Degla Beida et Analogues (Dattes Sèches)	Total palmier dattier
	(Dattes Demi-molles)	(Dattes molles)	(Sèches)	
	Production (qx)	Production (qx)	Production (qx)	Production (qx)
ADRAR	0	0	934 562	934 562
LAGHOUAT	3 880	5 223	4 104	13 207
BATNA	6 780	3 893	6 070	16 743
BISKRA	3 070 000	558 000	1 095 000	4 723 000
BECHAR	0	325 230	72 900	398 130
TAMANRASSET	0	0	105 181	105 181
TEBESSA	9 550	10 350	0	19 900
DJELFA	10 470	1 890	850	13 210
OUARGLA	938 022	624 831	87 311	1 650 164
EL-BAYADH	824	3 750	5 581	10 155
ILLIZI	713	10 833	6 646	18 192
TINDOUF	0	10 977	353	11 330
EL-OUED	1 823 080	498 990	430 030	2 752 100
KHENCHELA	35 300	41 670	6 900	83 870
NAAMA	436	6 069	0	6 505
GHARDAIA	240 000	100 000	264 000	604 000
TOTAL ALGERIE	6 139 055	2 201 706	3 019 488	11 360 249

Chapitre: III

Les champignons

poste-récolte

III. Les champignons poste-récolte

III.1. Généralité sur les champignons

Les infections fongiques constituent une cause majeure des maladies et de la détérioration post-récolte des légumes et des fruits. Lors du stockage et du transport, les cultures infectées par des champignons manifestent des signes de maladie. Plusieurs facteurs, incluant les stress abiotiques tels que la maturation, la récolte et les dommages mécaniques, activent et favorisent le développement des maladies post-récolte. Pour initier le processus de développement des maladies, les pathogènes fongiques germent et pénètrent la cuticule des tissus hôtes à travers les coupures et les blessures. Ces champignons pathogènes exploitent les ressources de l'hôte durant leur croissance, provoquant la mort des tissus de l'hôte par nécrotrophie et déclenchant ainsi la dégradation des tissus (Fenta, 2023).

Les champignons, également appelés Fungi ou mycètes, appartiennent à la catégorie des organismes eucaryotes qui ne possèdent pas de pigments chlorophylliens (Bouchet *et al.*, 1999). Composés d'une collection d'organismes hétérotrophes eucaryotes, les champignons sont largement répandus et comprennent environ 120 000 espèces présentant un large éventail de structures et de caractéristiques biologiques (Semal *et al.*, 1993). La majorité des champignons présentent deux mécanismes de reproduction distincts : la reproduction asexuée, également appelée reproduction imparfaite ou végétative, et la reproduction sexuée, également appelée reproduction parfaite (Larpen, 1997).

Les champignons se développent généralement dans des environnements caractérisés par un pH acide et des conditions micro aérobie. Leurs rôles principaux consistent à décomposer les sucres complexes et à participer à la dégradation des matières azotées (Pichard *et al.*, 2006).

Les moisissures sont des organismes hétérotrophes qui se nourrissent par absorption. Leur mode d'alimentation consiste à absorber les petites molécules organiques présentes dans leur environnement et à les digérer à l'extérieur de leur structure corporelle en les hydrolysant à l'aide d'enzymes puissantes. Contrairement aux organismes photosynthétiques, les moisissures sont dépourvues de chlorophylle et incapables de réaliser la photosynthèse (Tortora *et al.*, 2011).

Dans le domaine alimentaire, les champignons d'altération sont une préoccupation majeure pour l'industrie car leur croissance peut rendre les aliments impropres à la consommation. Ils

provoquent la production de mycotoxines, altèrent la qualité sensorielle des aliments et diminuent leur valeur nutritionnelle. Parmi les espèces les plus courantes impliquées, on trouve *Penicillium*, *Aspergillus* et *Fusarium*, qui peuvent se développer sur une variété d'aliments (Frisvad *et al.*, 2007).

III.2. Champignons d'entrepôts (stockage)

Les champignons présents sur les aliments stockés peuvent être classés en deux catégories, champignons des champs et champignons d'entrepôt, parfois en raison du début de leur croissance à la fois dans les champs et pendant le stockage (Mikhael, 2000).

La contamination par des champignons de stockage peut induire des altérations dans différents produits alimentaires, entraînant des pertes économiques importantes pour les industries agroalimentaires. Leur présence peut altérer la qualité sensorielle des aliments, affectant leur apparence, leur texture et leur goût. De plus, Ces champignons peuvent sécréter des enzymes qui dégradent les nutriments des aliments, Réduisant ainsi leur valeur nutritionnelle. Ces champignons peuvent causer des pertes importantes en détériorant la qualité des produits stockés et en produisant des mycotoxines potentiellement nocives pour la santé humaine et animale (Pitt et Hocking, 2009).

Les fruites sont exposés à altérations. Il s'en suit des pertes quantitatives, qualitatives et des pertes commerciales (Ndiaye, 1998).

III.3. Mécanismes d'altération par Les champignons post-récolte

Les spores pénètrent souvent dans la surface des fruits par l'air, les particules de sol, les vecteurs d'insectes, les outils de récolte, les contenants, les mains des opérateurs ou les zones de stockage (Bano *et al.*, 2023). En général, elles se développent sur les fruits avec une forte humidité. Avec leur mycélium qui se développe à l'extérieur de la datte, elles fermentent les sucres de la datte. Les genres de moisissures les plus destructeurs sont : *Aspergillus*, *Penicillium*, *Alternaria* et *Rhizopus* (Maatallah, 1970).

III.4. Conditions d'altérations par les champignons

D'après Botton *et al.*, (1999) les Conditions d'altérations par les champignons sont influencées par les facteurs suivants :

III.4.1. Teneur en eau

Après la récolte, l'humidité localisée peut entraîner la croissance de moisissures et l'accumulation d'eau dans les dattes, ce qui facilite leur développement

III.4.2. Humidité d'air

Les levures et les bactéries ont besoin de niveaux d'humidité plus élevés que les moisissures, qui ne peuvent pas se développer dans des environnements où l'humidité relative est inférieure à 70 %.

III.4.3 Présence des dattes blessées

Une fois que la datte est perforée par une force mécanique, comme celle d'un oiseau ou d'un insecte, ou par la pression de l'eau, des champignons se développent sur la pulpe si celle-ci est suffisamment humide, produisant des spores noires qui rendent le fruit non comestible.

III.4.4. Variétés sensibles

La sensibilité des quelques variétés aux changements microbiens peut être attribuée à l'épaisseur de leur épicarpe, qui facilite la perméabilité au sucre à la surface et sert de source d'énergie aux microbes.

III.5. Moyennes des luttes contre les champignons

III.5.1. Lutte chimique

Cette méthode, bien qu'efficace, implique l'utilisation de plusieurs produits chimiques, notamment des acides, des bases, des agents oxydants tels que le peroxyde d'hydrogène et l'ozone, ainsi que des agents chlorés comme le formaldéhyde. Ces substances sont couramment utilisées pour dégrader ou transformer les mycotoxines, en particulier les aflatoxines (Scott, 1998).

III.5.2. Lutte biologique

Le biocontrôle implique l'utilisation de microbes antagonistes pour gérer les maladies et les mauvaises herbes en exploitant des pathogènes spécifiques à un hôte. Il inclut aussi l'utilisation de produits naturels extraits ou fermentés. Alternative prometteuse aux pesticides, le biocontrôle utilise des antagonistes microbiens pour inhiber les phytopathogènes et protéger les cultures horticoles. Ces agents, comprenant bactéries, levures et champignons filamenteux, éradique les

ravageurs et réduisent les pertes de fruits via des métabolites antifongiques. La microflore antagoniste naturelle sur les fruits et l'introduction de microbes spécifiques diminuent les dommages post-récolte (Fenta,2023).

III.5.3. Lutte culturale

Est l'ensemble des méthodes physiques, telles que le triage des dattes contaminées, le lavage à l'eau ou avec du carbonate de sodium, peuvent diminuer la concentration des toxines. Ille comprend également l'inactivation thermique à haute température, l'emploi des rayons ultraviolets, des rayons X ou des micro-ondes, ainsi que l'extraction par des solvants organiques (Ghezzoul.2010).

Chapitre: IV

Conservations des

dattes

IV. Méthodes de conservation des dattes

IV.1. Méthodes industrielles de conservation des dattes

IV.1.1. Traitement par micro-onde

De faibles niveaux de rayonnement améliorent généralement la capacité des fruits à résister aux agents pathogènes, et se sont révélés efficaces pour améliorer la lutte contre les insectes sans compromettre la qualité initiale des dattes après le stockage (Serrano, 2010).

IV.1.2. Utilisation du froid

La réfrigération est couramment utilisée pour la conservation des aliments, ralentissant efficacement l'activité cellulaire et la croissance microbienne dans divers produits alimentaires, tels que les dattes, permettant ainsi de prolonger les périodes de conservation (Tableau) (Ben Sayah, 2014).

IV.1.3. Congélation

La congélation est une méthode de conservation des aliments dans laquelle la température est maintenue en dessous du point de solidification des aliments (-12°C à -20°C). Ce procédé provoque la cristallisation en glace de l'eau contenue dans les aliments, réduisant ainsi la teneur en eau disponible et permettant une conservation plus longue par rapport à la réfrigération (Ben Sayah, 2014).

Tableau 5: La température et la durée optimales pour la conservation des dattes (Munier, 1973).

Température	Durée de la conservation
26-27C°	1mois
15-16C°	3mois
4-5C°	8mois
2-3C°	1 an
-17--18C°	Plus d'un an

IV.1.4. Séchage

D'après (Gowen *et al.*, 2008), l'eau est extraite de l'aliment pendant la phase de séchage, réduisant ainsi les opportunités de prolifération microbienne et d'altérations chimiques néfastes, ce qui contribue à prolonger sa durée de conservation. Ce processus non seulement limite le développement des microorganismes et des réactions chimiques indésirables, comme le brunissement enzymatique, mais il garantit également une meilleure stabilité du produit final.

IV.2. La technique de conservation par micro-enrobage

Le micro-enrobage des fruits, une technique qui implique l'application d'enrobages comestibles sur les fruits frais afin d'améliorer leur durée de conservation et leur qualité. Ces enrobages agissent comme une barrière protectrice, ils réduisent la perte d'humidité, retardent les processus de maturation et préservent les caractéristiques physico-chimiques des fruits (Figure 6).

Elle est offerte une autre stratégie en tant que type d'emballage. Un enrobage comestible est, par définition, un matériau utilisé sur la surface des aliments pour les envelopper, qui est sûr à consommer avec l'aliment. Ils protègent contre les dommages mécaniques, l'exposition à la lumière et la contamination. De nombreux matériaux d'enrobage sont mentionnés dans la littérature pour divers types d'aliments. Les principaux biopolymères utilisés pour développer des enrobages comestibles sont les polysaccharides, les protéines et les lipides, ou leurs combinaisons. En général, les enrobages à base de matières grasses réduisent la capacité de transfert d'eau, tandis que ceux à base de polysaccharides ont une perméabilité aux gaz plus faible et ceux à base de protéines possèdent de meilleures propriétés mécaniques (Tanh *et al.*, 2023).

L'objectif des enrobages comestibles est de jouer un rôle de barrière pour réguler et améliorer la durée de conservation et la qualité des fruits en réduisant la perte de poids, en maintenant la fermeté et en retardant la respiration et la maturation (Harsh *et al.*, 2019).

Les revêtements comestibles à base de polysaccharides ont des effets bénéfiques sur les fruits et légumes, notamment en maintenant l'activité des enzymes antioxydantes (comme la superoxyde dismutase [SOD] et la catalase [CAT]), en protégeant notamment contre le brunissement enzymatique, causé par l'action de la polyphénol oxydase (PPO) et de la peroxydase (POD) sur les composés phénoliques, ainsi que contre le brunissement non enzymatique, résultant principalement de réactions de Maillard et de la dégradation des sucres sous l'effet de la chaleur ou

de la lumière (par exemple, en protégeant contre les UV). Les matériaux utilisés pour ces revêtements incluent le (chitosan, l'alginate, la cellulose, l'amidon, ainsi que le gel d'Aloe-véra, les gommes (telles que la gomme guar, la gomme arabique, le xanthane) (Cruz-Monterrosa *et al.*, 2023).

IV.3. Principaux procédés de Technologie micro-enrobage

Selon Tanh *et al.*, (2023) il existe plusieurs méthodes pour appliquer un enrobage comestible sur les aliments. Les principales techniques sont :

IV.3.1. Le trempage (*dipping*) est la méthode la plus simple et comprend trois étapes : (1) immersion et repos, (2) dépôt et (3) évaporation des solvants. La densité et la morphologie des enrobages précipités par trempage sont significativement affectées par plusieurs facteurs, notamment le temps d'immersion, la vitesse de retrait, le nombre de cycles de trempage, les paramètres de la solution d'enrobage tels que la densité, la viscosité, la tension de surface, les caractéristiques de la surface du substrat et les conditions de séchage (Figure 7).

IV.3.2. Spray (*Spraying*) il implique l'utilisation d'un ensemble de buses pour disperser de fines gouttelettes sur la surface des fruits. Les méthodes de spray se répartissent en trois catégories distinctes : l'atomisation par pression d'air, l'atomisation par pression, et l'atomisation sans air assistée par air. Cette technologie de spray permet des applications multicouches telles que des solutions intercalaires, tout en assurant un revêtement homogène d'épaisseur constante. De plus, l'épaisseur du revêtement est supérieure à celle obtenue par la méthode de trempage, en raison de la faible viscosité de la solution (Figure 7).

IV.3.3. L'étalement (*spreading*) est une technique efficace pour les solutions de revêtement à haute viscosité. En général, le niveau de mouillage et la vitesse d'étalement sont les principaux facteurs utilisés pour décrire la manière dont la solution de revêtement est répartie sur la surface alimentaire. Plusieurs paramètres influent sur l'efficacité du dépôt de revêtement par étalement, notamment la qualité du substrat, en particulier les conditions de séchage, les caractéristiques du liquide et la géométrie de la surface. Les opérateurs et les techniciens spécialisés réalisent généralement le brossage. Ainsi, le facteur humain a un impact significatif sur la qualité du revêtement et l'homogénéité de l'épaisseur (Figure 7).

IV.3.4. L'électro-diffusion (*electrospraying*) est une méthode qui utilise un fort champ électrique pour produire des gouttelettes chargées, avec une distribution de taille très étroite, de taille micrométrique et sub-micrométrique. Le processus d'électro-diffusion peut ajuster les spécifications des gouttelettes telles que la taille ou l'épaisseur de la couche produite en contrôlant le débit ainsi que la viscosité de la solution (Figure 7).

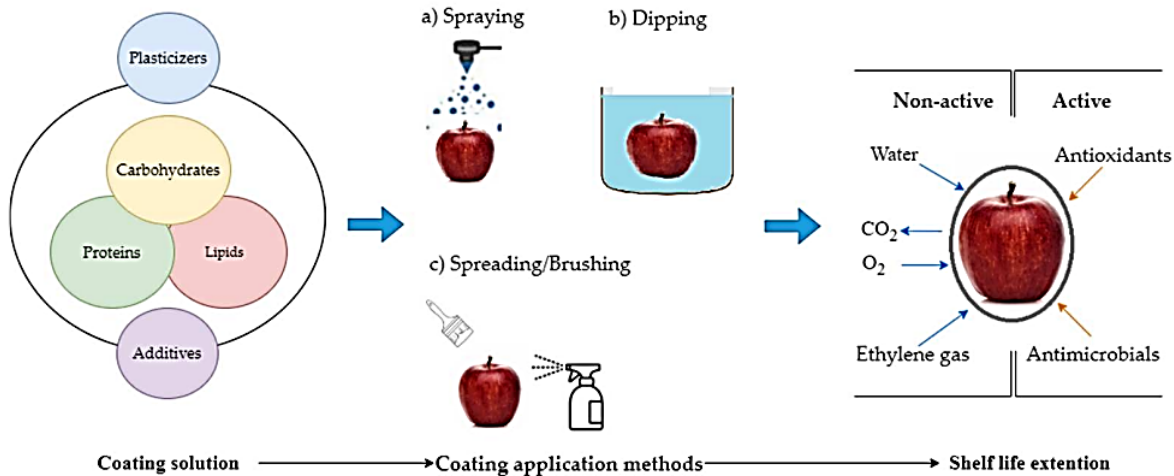


Figure 6 : Le micro-enrobage et méthodes d'application sur les fruits (Tanh *et al.*, 2023).

IV.4. Avantages

Le micro-enrobage offre de nombreux avantages pour la conservation des aliments tels que

- Protection contre l'oxydation et la dégradation des nutriments sensibles (vitamines, antioxydants, acides gras insaturés) ;
- Masquage des saveurs et arômes indésirables ;
- Amélioration de la stabilité des composés actifs lors du traitement et du stockage des aliments ;
- Possibilité d'incorporer différents types de composés actifs dans un même enrobage ;

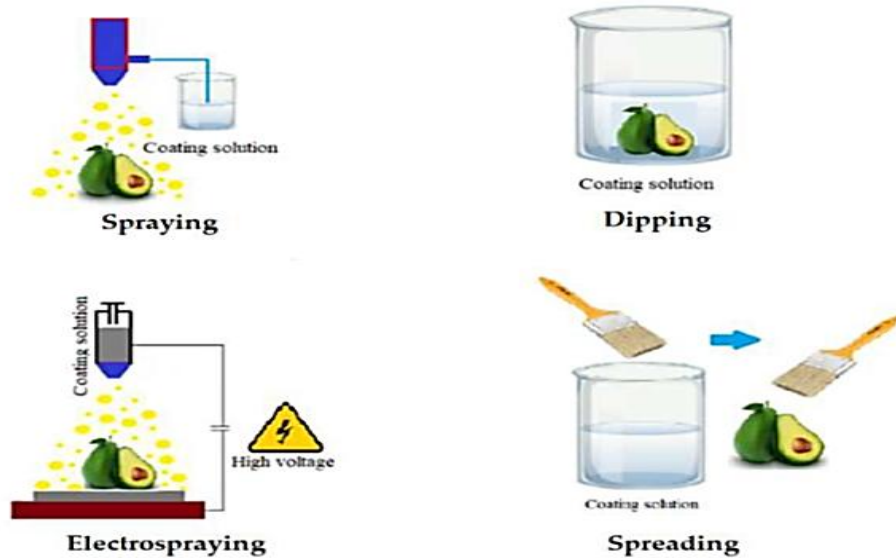


Figure 7: Les Principales procédés de micro-enrobage.

IV.5. Présentation des biomolécules étudiées

IV.5.1. Le chitosane

Le chitosane est un polysaccharide dérivé de la chitine, le constituant principal du squelette des crustacés comme les crevettes et les crabes. Cette biomolécule possède de nombreuses propriétés intéressantes, notamment des activités antimicrobiennes, antifongiques et cicatrisantes. Le chitosan est largement utilisé dans les domaines pharmaceutique, cosmétique et alimentaire en raison de sa biocompatibilité, de sa biodégradabilité et de son innocuité (Muzzarelli, 2001).

IV.5.2. La gomme arabique

La gomme arabique est un exsudat naturel provenant de certains arbres de la famille des Acacia, principalement originaires d'Afrique. C'est un polysaccharide complexe qui présente de nombreuses applications dans le domaine alimentaire et également utilisée comme agent de revêtement et d'enrobage (Shiga *et al.*, 2001)

IV.5.3. La carboxyméthylcellulose (CMC)

La carboxyméthylcellulose est un dérivé de la cellulose, le polymère naturel le plus abondant sur Terre. Obtenue par modification chimique de la cellulose, la carboxyméthylcellulose présente des propriétés uniques qui en font un excipient très utilisé dans de nombreuses applications. Ses principales caractéristiques sont sa capacité à former des gels, à épaissir et à stabiliser les formulations, ainsi que son pouvoir émulsifiant et sa solubilité dans l'eau (Dai *et al.*, 2010).

IV.5.4. Le gel d'aloè-véra

Le gel d'aloè-véra est une substance gélatineuse et transparente extraite des feuilles de la plante Aloe véra, riche en polysaccharides, ce gel possède de nombreuses propriétés bénéfiques pour la peau et la santé en général. Il est connu pour ses vertus hydratantes, apaisantes, cicatrisantes et antifongique (Michayewicz, 2013).

Matériel et méthodes

1. Site d'échantillonnage

Les échantillons de dattes Deglet Nour ont été prélevés dans le verger de palmiers de M. Moulay, situé dans le périmètre de Al-Assafia, à 13 km de la ville de Laghouat, en Algérie (: 33° 50' 00" N, 2° 59' 00" E). (Figure 8).

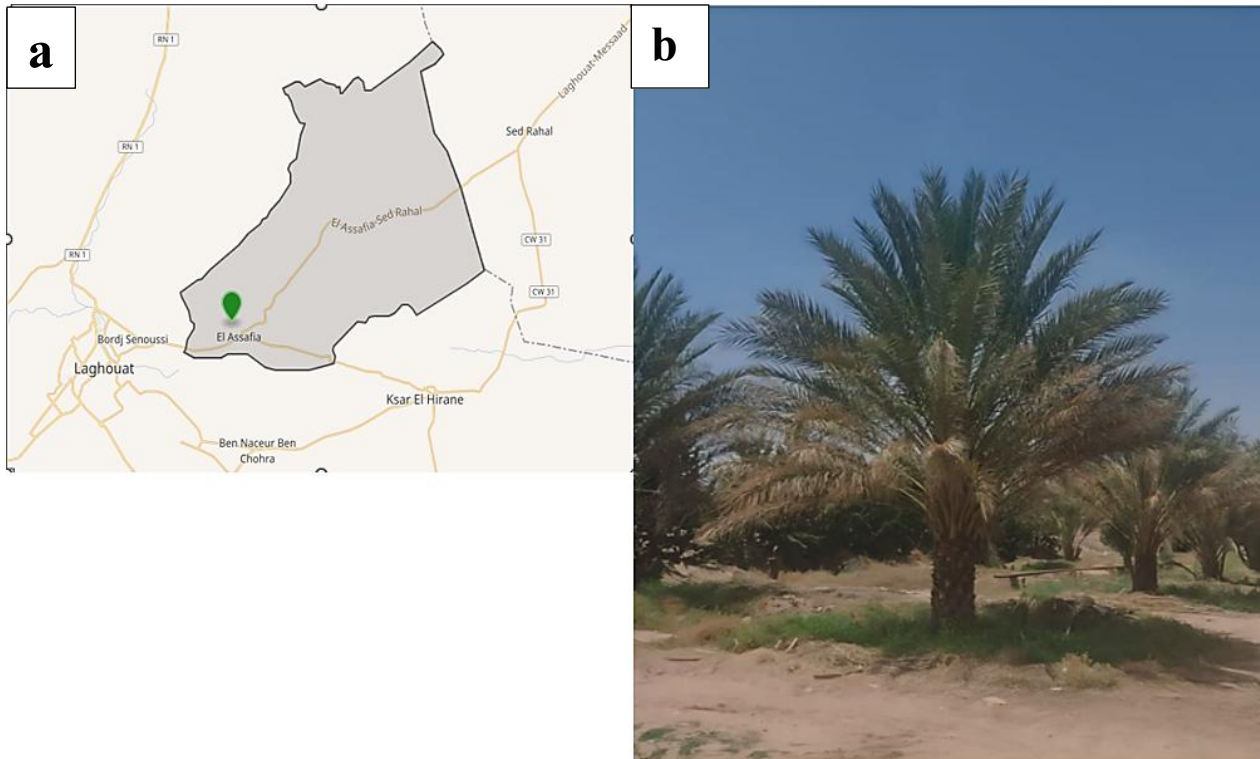


Figure 8 : Site de l'échantillonnage de dattes Deglet Nour.

A : une carte de la région (El Assafia, Laghouat), (Google Earth, 2025).

B : Palmier dattier de la variété Deglet Nour cultivé dans la région d'El Assafia.

2. Les échantillons des dattes

La variété de dattes étudiée est la Deglet-nour, reconnue pour sa haute valeur marchande, son importance dans le commerce mondial et sa capacité de conservation. Les dattes Deglet Nour ont été récoltées au stade Tamer le 25 décembre 2023. Les échantillons ont été immédiatement conditionnés dans des boîtes fermées hermétiquement réfrigérées à 4°C.

Les échantillons ont été transportés au laboratoire dans des conditions strictes pour éviter toute contamination.

3. Caractéristiques des variétés de dattes

Les caractéristiques des variétés de dattes, telles que "Deglet-nour", sont décrites en fonction de plusieurs critères, incluant des aspects visuels comme la teinte, la morphologie de la datte et de son noyau, ainsi que des éléments liés à la saveur et à la texture. Ces critères sont établis en accord avec les descripteurs publiés par l'IPGRI (International Plant Genetic Resources Institute) en 2005.

4. Mesures biométriques

Les mesures biométriques pour la variété "Deglet-nour" concernent la longueur, la largeur et le poids des dattes, selon les étapes suivantes :

- **Longueur** : La mesure de la longueur totale de la datte est réalisée avec un pied à coulisse, en prenant la distance entre les extrémités et en exprimant le résultat en millimètres (mm) ;
- **Largeur** : La largeur de la datte est mesurée au point le plus large, également à l'aide d'un pied à coulisse, et exprimée en millimètres (mm) ;
- **Poids** : Le poids de chaque datte est déterminé à l'aide d'une balance électronique de haute précision ($\pm 0,01$ g) et exprimé en grammes (g) ;

Pour chaque paramètre, la valeur retenue est la moyenne issue de 120 mesures effectuées sur des dattes de la même variété.

5. Extraction du chitosane et du gel d'aloé véra

5.1. Extraction du chitosane

La méthode utilisée pour l'extraction du chitosane est celle décrite par Sarbon *et al.*, (2015). Elle a été effectuée sur des échantillons de criquet séché.

5.1.1. Préparation de l'échantillon

Les criquets (*Schistocerca gregaria*) ont été collectés et nettoyés pour éliminer les impuretés externes. Après le nettoyage, les échantillons ont été séchés à 60°C pendant 24 heures

dans un four à convection. Les criquets séchés ont ensuite été broyés en une poudre fine (Sarbon *et al.*, 2015).

5.1.2. Déminéralisation

Pour la déminéralisation, la poudre de criquets broyés a été traitée avec une solution d'acide chlorhydrique (HCl) à 2,5 % (m/v) à température ambiante (20 °C) pendant 6 heures, en utilisant un rapport de 1:20 (m/v) entre la poudre de criquets et la solution. Ce traitement permet d'éliminer la teneur en minéraux. Après déminéralisation, les échantillons ont été filtrés et lavés à l'eau distillée pendant 30 minutes jusqu'à obtention d'un pH neutre (pH 7). Les criquets déminéralisés ont ensuite été séchés à l'étuve à 60 °C pendant 24 heures pour obtenir une poudre fine et sèche.

5.1.3. Déprotéinisation

Pour la déprotéinisation, le produit déminéralisé est traité avec une solution de NaOH à 2,0 % avec un rapport de criquet broyé à la solution de 1:20 (m/v), sous agitation constante pendant 2 heures à 90 °C pour éliminer les protéines, la chitine est lavée à l'eau distillée pendant 30 minutes jusqu'à atteindre un pH neutre (pH 7). Les criquets déprotéinés sont ensuite séchés à l'étuve à 60 °C pendant 24 heures (Sarbon *et al.*, 2015).

5.1.4. Désacétylation (conversion de la chitine en chitosane)

Pour la désacétylation de la chitine est réalisée avec une solution aqueuse de NaOH à 40% (m/p) dans un rapport de 1:15 (m/v) à 105 °C pendant 2 heures. Après filtration, la chitine est lavée à l'eau distillée jusqu'à atteindre un pH neutre (pH 7) pour obtenir le chitosane, qui est ensuite séché à l'étuve à 60 °C pendant 24 heures (Sarbon *et al.*, 2015).

5.2. Extraction du gel d'aloé vera

Les échantillons d'aloé vera (*Aloe barbadensis miller*) sont prélevés localement dans la région de Laghouat (: 33°47'29" N, 3°08'41" E). Les feuilles sont sélectionnées en fonction de leur maturité, de leur taille, de leur couleur et de leur fraîcheur. Elles sont ensuite lavées à l'eau du robinet, puis rincées à l'eau distillée. (Maan *et al.* 2021).

L'extraction du gel d'aloé vera a été effectuée comme suit : Après le lavage des feuilles d'aloé vera par l'eau distillée puis à l'éthanol, avec un couteau propre, retirez les bords épineux des feuilles. Coupez les feuilles en deux dans le sens de la longueur et utilisez une cuillère pour

extraire le gel translucide au centre des feuilles et recueillir le gel dans un récipient propre. On fait une pasteurisation du gel d'aloé véra dans un cristalliseur contenant de l'eau chaude (70-75°C) pendant environ 15 à 20 minutes et refroidie à 4°C. Cela aide à éliminer les microorganismes potentiellement présents sans dégrader les propriétés bénéfiques du gel.

6. Activité antifongique

6.1. Préparation du milieu culture

On a préparé le milieu de culture Pomme de terre Dextrose Agar (PDA), On commence par éplucher et couper en morceaux 200 g de pommes de terre. Faites-les bouillir dans 1 litre d'eau jusqu'à ce qu'elles soient bien cuites, puis filtrez pour récupérer le bouillon. Ajoutez 20 g de glucose et 15 g d'agar-agar au bouillon de pommes de terre. Remuez jusqu'à dissolution complète des composants. Verser dans des flacons et stérilisez la solution en autoclave à 121°C pendant 15 minutes. (Aneja, 2003).

6.2. Activité antifongique de chitosane

On a préparé des solutions de chitosane à différentes concentrations. Pour cela, nous avons dissous (0,5 ; 1 et 1,5 g) de chitosane dans une solution d'acide acétique à 1 %, sous agitation pendant 2 heures. Ensuite, nous avons ajouté 10 ml de milieu PDA et 5 ml de la solution de chitosane dans des boîtes de Pétri.

Dans des conditions d'asepsie respectées et à côté d'un bec benzène, on découpe des disques de 8 mm de diamètre, obtenu à partir une culture *Aspergillus Niger* âgée de 4 jours est repiquée au milieu de la boîte de Pétri qui contient le milieu de culture PDA avec la chitosane. La solution de chitosane de différentes concentrations (1 ; 1,5 et 2%) a été disposé sur le milieu PDA sous forme homogène, et placée la pastille du champignon repiqué au milieu de la boîte de pétri. Pour chaque souche un témoin est réalisé dans les mêmes conditions. Les boîtes sont portées à incubation à 25°C pendant 7 jours. Dix répétitions ont été effectuées pour chaque essai (Sempere-Ferre *et al.*, 2022).

6.3. Activité antifongique du gel d'aloé véra

On a préparé des solutions de gel d'aloé véra à différentes concentrations. Pour cela, nous avons dissous (10ml, 20ml et 30ml) de gel d'aloé véra dans 100 ml d'eau distillée stérile, sous

agitation pendant 2 heures. Ensuite, nous avons ajouté 10 ml de milieu PDA et 5 ml de la solution de gel d'aloé véra dans des boîtes de Pétri.

Dans des conditions d'asepsie respectées, et à proximité d'un bec benzène, des disques de 8 mm de diamètre, obtenus à partir d'une culture *Aspergillus Niger* âgée de 4 jours, ont été repiqués au centre des boîtes de Pétri contenant le milieu de culture PDA enrichi en gel d'aloé véra. Les solutions de gel d'aloé véra à différentes concentrations (10, 20, 30%) ont été réparties uniformément sur le milieu PDA, et les pastilles de champignon ont été placées au centre des boîtes de Pétri. Un témoin sans gel d'aloé véra a été réalisé pour chaque souche, dans les mêmes conditions. Les boîtes ont été incubées à 25°C pendant 7 jours. Dix répétitions ont été effectuées pour chaque essai (Sempere-Ferre *et al.*, 2022), Figure (9).

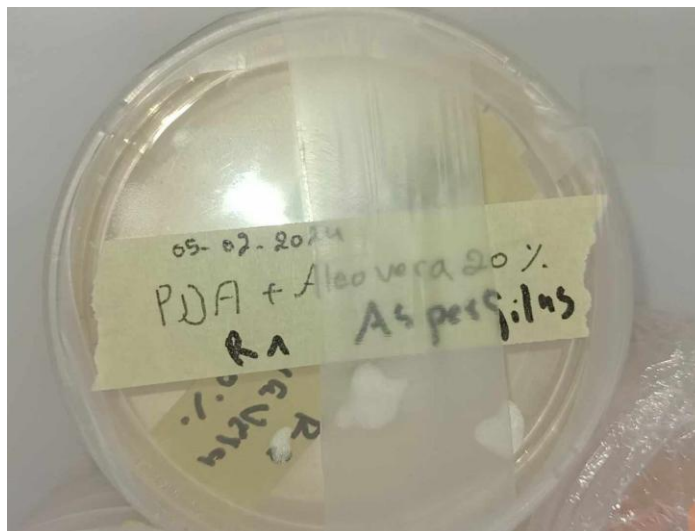


Figure 9 : Activité antifongique du gel d'aloé véra à 30 % avec gélose PDA contre *Aspergillus Niger*.

6.4. Activité antifongique de carboxyméthylcellulose (CMC)

On a préparé des solutions de carboxyméthylcellulose (CMC) à différentes concentrations. Pour cela, nous avons dissous (0,5 ; 1 et 1,5g) de CMC dans 100 ml d'eau distillée stérile, sous agitation pendant 2 heures. Ensuite, nous avons ajouté 10 ml de milieu PDA et 5 ml de la solution de CMC dans des boîtes de Pétri.

Dans des conditions d'asepsie respectées, et à proximité d'un bec benzène, des disques de 8 mm de diamètre, obtenus à partir d'une culture *Aspergillus Niger* âgée de 4 jours, ont été repiqués

au centre des boîtes de Pétri contenant le milieu de culture PDA enrichi en CMC. Les solutions de CMC à différentes concentrations (0,5 ; 1 et 1,5%) ont été réparties uniformément sur le milieu PDA, et les pastilles de champignon ont été placées au centre des boîtes de Pétri. Un témoin sans CMC a été réalisé pour chaque souche, dans les mêmes conditions. Les boîtes ont été incubées à 25°C pendant 7 jours. 10 répétitions ont été effectuées pour chaque essai (Sempere-Ferre *et al.*, 2022).

6.5. Activité antifongique de la gomme arabique

On a préparé des solutions de gomme arabique à différentes concentrations. Pour cela, nous avons dissous (0,5 ; 1 et 1,5g) de gomme arabique dans 100 ml d'eau distillée stérile, sous agitation pendant 2 heures. Ensuite, nous avons ajouté 10 ml de milieu PDA et 5 ml de la solution de gomme arabique dans des boîtes de Pétri.

Dans des conditions d'asepsie respectées, et à proximité d'un bec benzène, des disques de 8 mm de diamètre, obtenus à partir d'une culture d'*Aspergillus Niger* âgée de 4 jours, ont été repiqués au centre des boîtes de Pétri contenant le milieu de culture PDA enrichi en gomme arabique. Les solutions de gomme arabique à différentes concentrations (0,5 ; 1 et 1,5%) ont été réparties uniformément sur le milieu PDA, et les pastilles de champignon ont été placées au centre des boîtes de Pétri. Un témoin sans gomme arabique a été réalisé pour chaque souche, dans les mêmes conditions. Les boîtes ont été incubées à 25°C pendant 7 jours. 10 répétitions ont été effectuées pour chaque essai (Sempere-Ferre *et al.*, 2022).

Les boîtes ont été incubées à 25°C pendant 7 jours. 10 répétitions ont été effectuées pour chaque essai. Après la période d'incubation, la croissance fongique a été mesurée (méthode de mesure à préciser) et le pourcentage d'inhibition a été calculé en comparant la croissance dans les échantillons traités à celle du contrôle, selon la formule proposée par Albuquerque *et al.* (2006) :

$$\text{MGI} = [(\text{CD} - \text{OD}) / \text{CD}] \times 100.$$

MGI : Inhibition de croissance mycélienne.

CD : La densité optique du témoin (contrôle).

OD : La densité optique de l'échantillon traité.

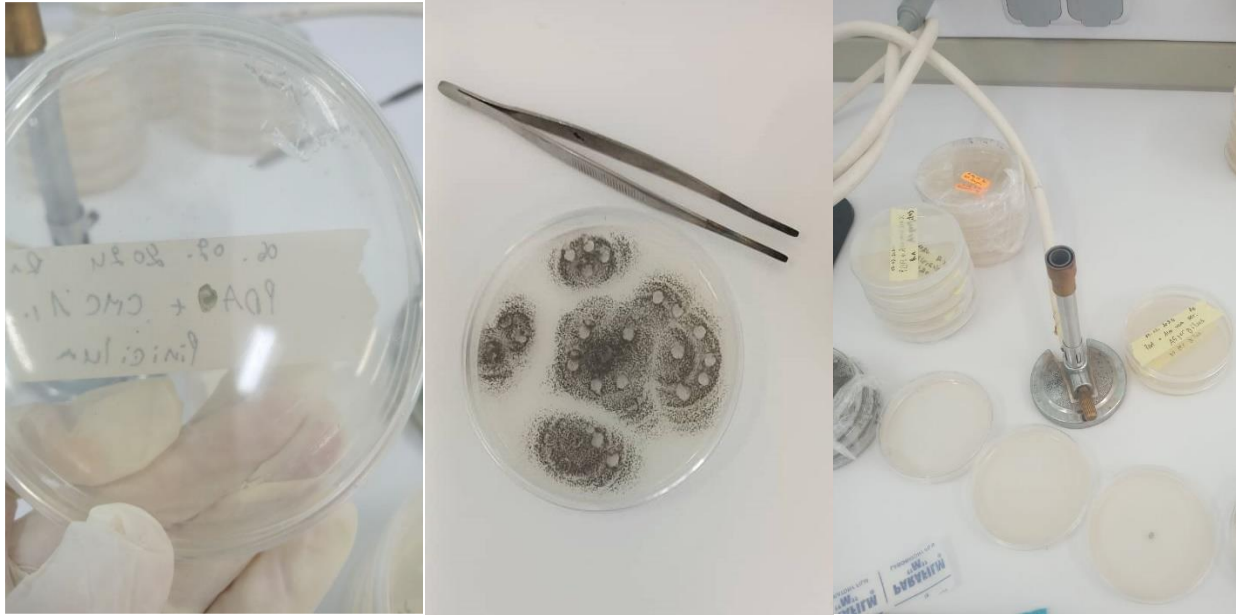


Figure 10: Photographies montrant les différentes étapes des activités antifongiques.

7. L'enrobage des dattes

Après les tests antifongiques, la sélection de la solution d'enrobage des dattes s'est portée sur le **chitosane** et la **gomme arabique**. Les fruits récoltés ont été transférés au laboratoire dans des conditions de stérile.

Ensuite, les dattes de taille uniforme, exemptes de blessures, de contusions, d'infestations parasitaires et de signes de pourriture, ont été désinfectées en surface à l'aide d'une solution d'hypochlorite de sodium à 1 %. Les fruits ont ensuite été soigneusement lavés à l'eau distillée, puis séchés à l'air libre avant leur utilisation.

7.1. Préparation de la solution d'enrobage

Pour la préparation de la solution d'enrobage, une concentration de 1 % de chitosane a été combinée avec 30 % de gomme arabique et 1 % de glycérol (utilisé comme agent plastifiant). La solution a été homogénéisée sous agitation constante afin d'assurer une dispersion uniforme des composants.

Les dattes ont été trempées dans la solution d'enrobage. Les dattes du deuxième lot (témoin) ont été trempées dans de l'eau distillée stérile. Après l'enrobage, les dattes ont été placées dans des boîtes en polyéthylène avec un couvercle perforé de petits trous, puis mises dans une étuve pour incubation à une température de 25°C pendant 15 jours (Sempere-Ferre *et al.*, 2022).



Figure 11: Photographies présentant les dattes enrobées.

On a préparé deux lots de dattes enrobées avec du chitosane / gomme arabique et deux lots de dattes trempées dans de l'eau distillée. Le premier lot de dattes enrobées avec du (chitosane / gomme arabique) a été trempé dans une solution de spores (lot positif) et le deuxième lot a servi de témoin (lot négatif). Les mêmes étapes ont été suivies pour les deux lots de dattes trempées dans de l'eau distillée. Après 15 jours, nous avons observé la pourriture des dattes causée par le champignon *Aspergillus Niger* et calculé le taux de pourriture des dattes.

8. Dénombrement des colonies

La suspension mère (1 g de dattes) est diluée successivement dans une solution physiologique stérile (9 ml) et agitée à l'aide d'un vortex pendant quelques secondes jusqu'à homogénéisation. Nous avons effectué une dilution décimale en transférant 1 ml de la suspension à diluer dans un tube contenant 9 ml de solution physiologique stérile. Pour chaque dilution, les mêmes étapes sont répétées (Figure 12).

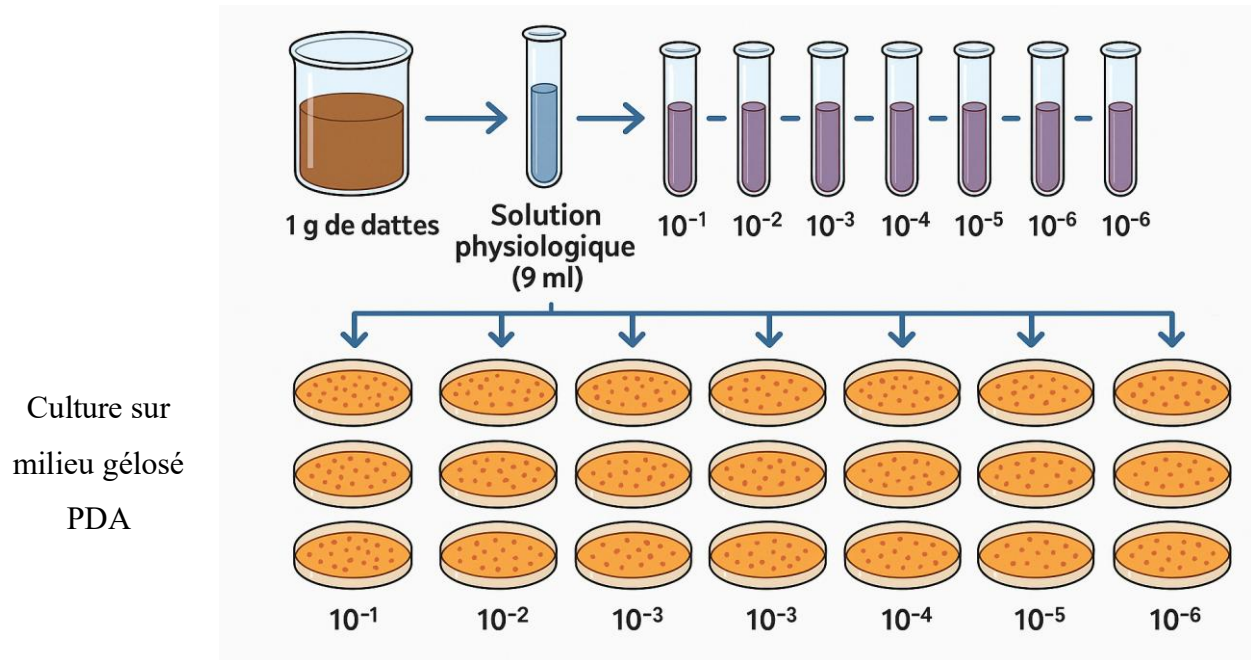


Figure 12: Schéma représentant les étapes de préparation de la suspension dilution de datte.

9. Inoculation des dattes

Pour l'inoculation des dattes, en utilisant suspension des spores, la préparation de la suspension de spores est effectuée comme suit : on met l'eau distillé stérile dans une boîte de pétri qui contient le champignon *Aspergillus niger* est on a raclé la boîte avec un racleur stérile et on a récupéré la solution obtenue dans un bécher, le comptage de spores pour ajuster la concentration à 10^6 en utilisant la cellule de Malassez.

On prend les dattes du premier lot enrobées avec (chitosane/ Aloé véra) et on les met dans la suspension des spores de champignon (*Aspergillus niger*) "lot positif" pour tester la propriété antifongique de chitosane et le gel d'aloé véra (Sempere-Ferre *et al.*, 2022).

Ensuit on a trompé les dattes sans enrobage aussi dans la solution de spores pour comparés les résultats avec les dattes enrobées.

10. Paramètres physicochimiques

10.1. Mesure du pH

Le pH des dattes est déterminé à l'aide d'un pH-mètre. Les résultats sont exprimés par moyenne de trois répétitions (Benyagoub, 2011).

10.2. Dosage des sucres totaux

La mesure des sucres solubles a été effectuée en diluant 1 gramme des dattes dans 25 ml d'eau distillée. La solution a été bien agitée et homogénéisée avant d'être filtrée avec papier filtre. La lecture a ensuite été réalisée directement avec un réfractomètre étalonné. Les résultats sont exprimés en moyenne de trois répétitions (Doukani et Tabak, 2015).

10.3. Dosage du sucres réducteurs

Les sucres réducteurs des dattes ont été dosés à partir d'une solution de 5 grammes de pulpe de date dénoyautées et broyées dans 100 ml d'eau distillée chaude. La solution obtenue a été bien agitée et homogénéisée avant d'être filtrée à l'aide de papier filtre. Ensuite, on a préparé la solution titrant (la solution du glucose), 5g du glucose dans un 500ml d'eau distillée pour le titrage, une liqueur de Fehling a été préparée en mélangeant 10 ml de la solution Fehling A avec 10 ml de la solution Fehling B. La liqueur de Fehling a été placée dans un bécher sur une plaque chauffante, puis la solution filtrée de dattes a été ajoutée lentement tout en agitant constamment. Le titrage a continué jusqu'à ce que la solution change de couleur, passant du bleu au rouge brique, indiquant la formation d'un précipité de cuivre(I) oxyde. La concentration des sucres réducteurs a ensuite été calculée en se basant sur une solution de glucose de concentration connue (Hassouna *et al.*, 1994).

Le taux de sucres réducteurs est donné par la relation suivante : $R = \frac{V1}{V2} \times C \times D$

V1 : volume de chute de glucose ;

V2 : volume de chute de solution des dattes ;

D : le facteur de dilution ;

C : la concentration connue de glucose (5g/l) ;

Les résultats, obtenus après trois répétitions ont été effectués pour chaque échantillon.

10.4. L'acidité titrable

Le titrage de l'acidité d'une solution aqueuse de dattes a été effectuées avec une solution d'hydroxyde de sodium en présence de phénolphtaléine comme indicateur coloré (Boussand *et al.*, 2020).

On a pesé 25 g de dattes broyées et placé cet échantillon dans une fiole conique avec 50 ml d'eau distillée chaude, récemment bouillie et refroidie. Mélangez le tout jusqu'à obtenir un liquide homogène. Ensuite, adaptez un réfrigérant à reflux à la fiole conique et chauffez le contenu au bain-marie à 60°C pendant 30 minutes. Après cette étape, refroidissez le mélange et transférez-le quantitativement dans une fiole jaugée de 250 ml, en complétant avec de l'eau distillée récemment bouillie et refroidie jusqu'au trait de jauge. Mélangez bien et filtrez la solution obtenue. À l'aide d'une pipette, prélevez 25 ml du filtrat et versez-le dans un bécher. Ajoutez ensuite 0,25 à 0,5 ml de phénolphtaléine et, tout en agitant, titrez avec une solution d'hydroxyde de sodium 0.1 N jusqu'à l'obtention d'une couleur rose persistante pendant 30 secondes.

Selon Benyagoub et al, (2011), l'acidité titrable est déterminée selon l'expédition suivant :

$$A\% = \frac{250 \times V1 \times 100}{V_0 \times M \times 10} \times 0,07$$

- ❖ **M** : Masse, en grammes de produit prélevé.
- ❖ **V0** : Volume en millilitre de la prise d'essai.
- ❖ **V1** : Volume en millilitres de la solution d'hydroxyde de sodium à 0.1 N utilisée.
- ❖ **0.07** : Facteur de conversion de l'acidité titrable en équivalent d'acide citrique.

10.5. Dosage des polyphénols totaux

La méthode a basé sur la réduction en milieu alcalin de la mixture phosphotungstique (WO₄²⁻) phosphomolybdique (MoO₄²⁻) de réactif de Folin par les groupements oxydables des composés phénoliques, conduisant à la formation de produits de réduction de couleur bleue. Ces derniers présentent un maximum d'absorption à 765 nm dont l'intensité est proportionnelle à la quantité de polyphénols présents dans l'échantillon (Georgé *et al.*, 2005).

La solution dattes contient 5 grammes de pulpe de dattes broyées dans 200 ml d'eau distillée chaude. La solution obtenue a été bien agitée et homogénéisée avant d'être filtrée à l'aide de papier filtre.

Dans une fiole jaugée de 20 ml on met la solution des dattes (0.2 ml), réactif de *Folin ciocalteau* (1ml) et complétée par bicarbonate ($CO_3 Na_2$) à 4.25% jusqu'à 20ml. Un témoin est préparé dans les mêmes conditions seulement avec l'eau distillée a été ajouté au lieu la solution des dattes puis les préparations sont portées au bain marie à 70°C pendant 20 min. Après refroidissement, on détermine la densité optique à 760nm par rapport au témoin blanc. Le résultat l'indice de réactif est exprimé en (g) d'acide gallique/L $[(mgEAG/gd'extract)]$. Une courbe d'étalonnage préétabli de différentes concentrations est utilisée.

La concentration en composés phénoliques extractibles totaux est déterminée en se référant à la courbe d'étalonnage de l'acide gallique.

10.6. Mesure de l'activité antioxydants

Pour évaluer l'activité anti-radicalaire, nous avons suivi la méthode de Brand-Williams *et al.* (1995). Cette méthode repose sur l'utilisation du radical libre stable DPPH (2,2-diphényl-1-picrylhydrazyle) pour mesurer la capacité antioxydante de l'extrait étudié.

La solution dattes contient 5 grammes de pulpe de dattes broyées dans 200 ml d'eau distillée chaude. La solution obtenue a été bien agitée et homogénéisée avant d'être filtrée à l'aide de papier filtre. On ajoute 1 ml de solution méthanolique de DPPH, le mélange a été vigoureusement agité. L'absorbance est mesurée à 517 nm après 30 min d'incubation à température ambiante et à l'obscurité. Tous les essais ont été effectués en triple exemplaires.

Le changement de couleur peut être suivie par spectrophotométrie à 517nm et de cette façon, le potentiel antioxydant d'une substance ou un extrait de plante peut être déterminée (Popovici *et al.*, 2010).

Les résultats sont exprimés en mg équivalent d'acide gallique par 100g de matière sèche (mg EA/100g MS) en se référant à une courbe d'étalonnage (voir Annex).

Le pourcentage de l'activité antiradicalaire est calculé selon l'équation suivante :

$$\text{Activité antiradicalaire (\%)} = [(Ac - At/Ac)] \times 100$$

❖ Ac : absorbance du contrôle ;

❖ At : Absorbance du test ;

10.7. La détermination de l'indice de brunissement

L'indice de brunissement a été mesuré à partir d'une dilution de 1 grammes de dattes broyées dans 100 ml d'eau distillée chaude avec l'addition de formaldéhyde à 36 % et l'Acide acétique à 37 %, Après filtration, dans des tubes à essai et agiter pour homogénéiser la solution. Ensuite, on verse la solution dans des cuves. La lecture a été effectuée par un spectrophotomètre étalonné à 500 nm et à 600 nm.

La relation suivante établit l'indice de brunissement : **IB = DO 500 – DO 600.**

IB : Indice de brunissement.

DO : Densité optique.

Résultats et discussions

1. Résultats de l'étude morphologique des dattes

1.1. Résultats de la description des dattes

Les résultats de l'étude morphologique des dattes selon le descripteur sont représentés dans le tableau (6).

Tableau 6 : Résultats morphologies dattes étudiées (Deglet-nour) selon IPGRI.

Caractéristiques	Variétés Deglet-nour
La couleur	Marron foncé
La forme	Ovoïde
La consistance	Demi-molle
La texture	Tendre et fibreuse
Aspet de l'épicarpe	Doigts de lumière, Peau externe fine et lisse
Gout	Parfumé, Douce et sucrée
La couleur du noyau	Marron
La forme de noyaux	Ovoïde

D'après la description morphologique des variétés de dattes étudiées, la couleur des dattes de la variété Deglet-nour est marron foncé, un critère essentiel pour leur commercialisation, étant une teinte prisée des consommateurs. La forme des dattes est ovoïde, tandis que leur épicarpe est lisse avec une peau fine, souvent décrite comme des "doigts de lumière", ce qui renforce leur attrait visuel. Leur consistance demi-molle offre une agréable expérience de consommation, et leur texture tendre et fibreuse est très appréciée. Le goût des dattes Deglet-nour est doux, parfumé et sucré, en faisant une des variétés les plus recherchées. Enfin, leur noyau, de couleur marron, présente une forme ovoïde, confirmant les descripteurs IPGRI pour cette variété de qualité supérieure.

1.2. Résultats des données biométriques

Les résultats des mesures biométriques des dattes sont représentés par la moyenne de 120 dattes. Ces résultats sont représentés dans le tableau (7).

Tableau 7: Paramètres morphométriques des dattes de la variété Deglet-Nour de la région de Laghouat.

Paramètre	Taille d'échantillon	Moyenne	Écart-type	Min-max
Masse (g)	120	9,20	1,26	5,70 – 13,03
Longueur (mm)	120	18,97	2,23	13,68-24,29
Largeur (mm)	120	37,43	3,82	27,57-46,42

2. Résultats de l'extraction du chitosane est du gel d'aloé véra

2.1. Résultats de l'extraction du chitosane

Initialement, la chitine présente une teinte brun foncé en raison de la présence de pigments. Après l'étape de déprotéinisation, sa couleur s'éclaircit pour devenir brun clair. Suite à la désacétylation, le chitosane peut varier du brun clair au blanc (figure 25).

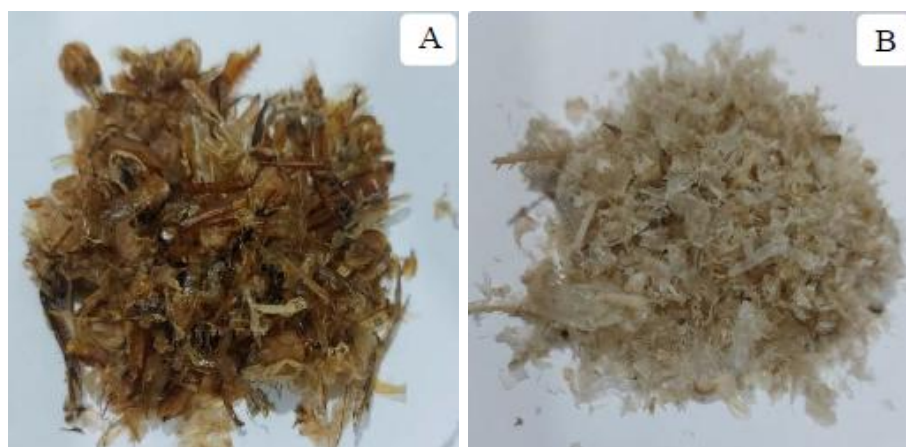


Figure 13: Photographies représentant les caractéristiques visuelles de la chitine et du chitosane.

A : chitine, **B** : chitosane.

2.2. Résultats de l'extraction du gel d'aloé véra

Le processus a permis d'obtenir un gel d'aloé véra pasteurisé, visuellement translucide, exempt de particules solides avec une texture lisse, prêt pour l'applications ultérieures (Figure 14).

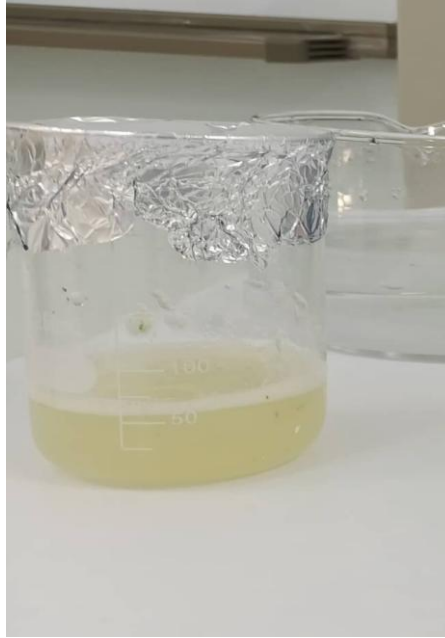


Figure 14: Photographies représentant les caractéristiques visuelles du gel d'aloé véra pasteurisé.

3. Résultats de l'activité antifongique

Les résultats obtenus montrent une activité antifongique variable des différents traitements contre la souche *Aspergillus Niger* isolée des dattes. L'efficacité a été évaluée par pourcentage d'inhibition de la croissance mycélienne (MGI) a été calculée selon la formule proposée par Albuquerque et al. (2006) : $MGI = [(CD - OD) / CD] \times 100$.

Les résultats présentés sont les moyennes de 10 répétitions pour chaque concentration testée de chitosane, gel d'Aloé véra, carboxyméthylcellulose (CMC) et la gomme arabique.

3.1. Résultats de l'activité antifongique de chitosane

Les résultats de l'activité antifongique de chitosane sont représentés par diagramme de trois concentrations. Les résultats obtenus sont donnés par la figure (15).

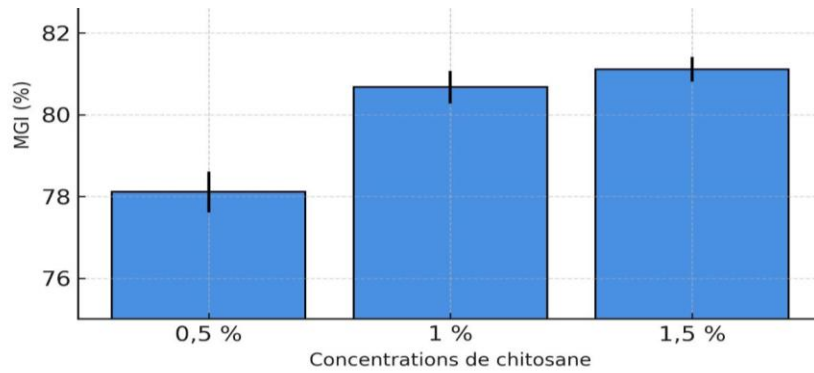


Figure 15 : Activité antifongique (MGI %) de le chitosane à différentes concentrations contre *Aspergillus Niger*.

La concentration de chitosane de 1,5% s'est avérée la plus efficace avec un pourcentage d'inhibition moyen de 81,11%. La concentration de 1% présente également une bonne efficacité avec un pourcentage d'inhibition moyen légèrement inférieur 80,67%. En revanche, la concentration de 0,5% est la moins efficace parmi les trois concentrations testées, avec un pourcentage d'inhibition moyen de 78,81%. bien qu'elle montre tout de même une activité antifongique significative. Ces résultats suggèrent que l'activité antifongique du chitosane augmente avec la concentration.

3.2. Résultats de l'activité antifongique du gel aloé véra

Les résultats de l'activité antifongique gel d'aloé véra sont représentés par diagramme de trois concentrations. Les résultats obtenus sont donnés par la figure (16).

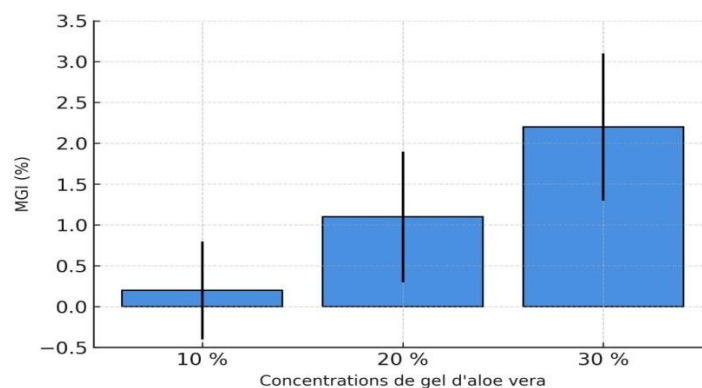


Figure 16 : Activité antifongique (MGI %) d'aloé véra gel à différentes concentrations contre *Aspergillus Niger*.

L'activité antifongique du gel d'aloé véra, bien qu'observable, reste globalement faible comparée à celle d'autres agents antifongiques testés. On constate toutefois une légère augmentation de l'efficacité avec l'élévation de la concentration, la concentration de 30 % montrant un pourcentage d'inhibition supérieur à celui des concentrations inférieures. Malgré cette tendance, les valeurs obtenues demeurent modestes,

3.3. Résultats de l'activité antifongique de carboxyméthylcellulose (CMC)

Les résultats de l'activité antifongique de carboxyméthylcellulose sont représentés par diagramme de trois concentrations. Les résultats obtenus sont donnés par la figure (17).

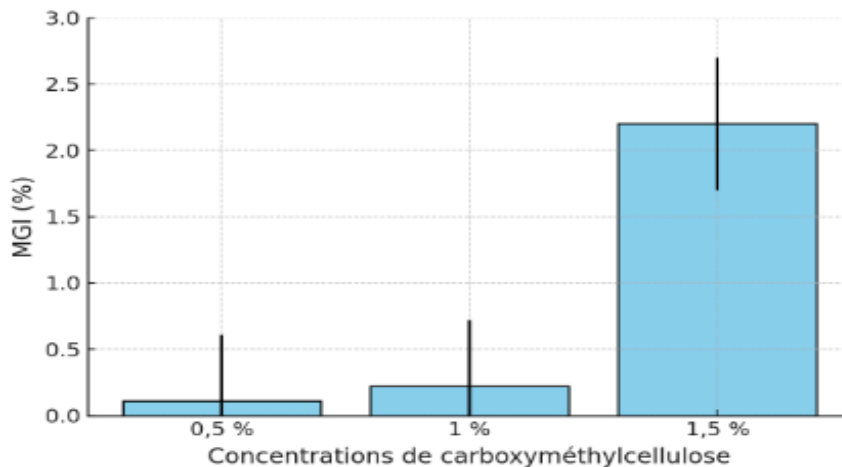


Figure 17: Activité antifongique (MGI %) de la carboxyméthylcellulose à différentes concentrations contre *Aspergillus Niger*.

L'activité antifongique de la carboxyméthylcellulose (CMC) à 1,5 % reste globalement faible comparée à celle d'autres agents antifongiques testés, avec une efficacité très limitée et insuffisante pour contrôler de manière efficace la croissance de *Aspergillus Niger*. De plus, cette activité antifongique diminue rapidement lorsque les concentrations sont réduites, atteignant des niveaux quasi nuls aux plus faibles doses testées. Ces résultats indiquent que la CMC, à elle seule, ne constitue pas un agent antifongique performant contre ce pathogène.

3.4. Résultats de l'activité antifongique de la gomme arabique

Les résultats de l'activité antifongique de la gomme arabique sont représentés par diagramme de trois concentrations. Les résultats obtenus sont donnés par la figure (18).

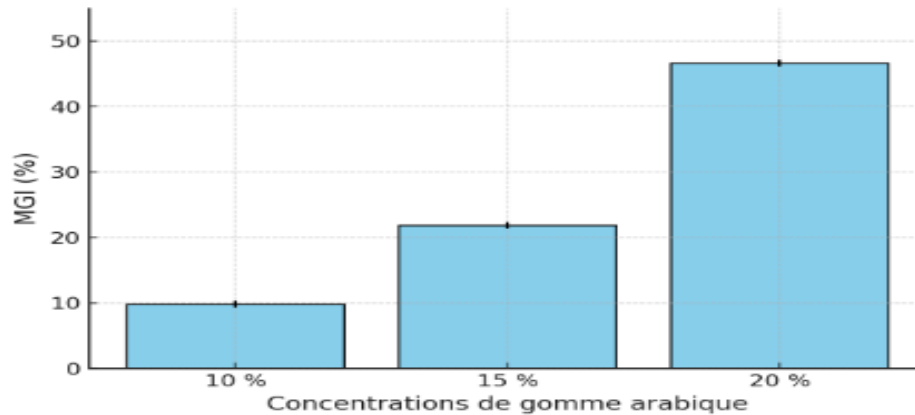


Figure 18 : Activité antifongique (MGI %) de la gomme arabique à différentes concentrations contre *Aspergillus Niger*.

Pour la gomme arabique 20% a démontré la plus grande efficacité avec un pourcentage d'inhibition moyen de 46,66%. La concentration de 15% a montré une efficacité modérée avec un pourcentage d'inhibition moyen de 21,86%. En revanche, la concentration de 10% s'est révélée la moins efficace avec un pourcentage d'inhibition moyen de seulement 9,78%. Ces résultats suggèrent que l'activité antifongique de la gomme arabique augmente avec la concentration.

Parmi les différentes solutions testées, le chitosane à 1,5% a montré l'activité antifongique la plus élevée, avec un pourcentage moyen d'inhibition atteignant 81,11%, suivi de près par la concentration à 1%, qui a également donné de très bons résultats 80,67%. La gomme arabique à 20% arrive en seconde position en termes d'efficacité parmi les autres biopolymères, avec un pourcentage moyen d'inhibition de 46,66%. En comparaison, le gel d'aloë vera, bien qu'il ait montré une certaine activité antifongique, reste globalement faible et insuffisant pour une inhibition efficace de *Aspergillus Niger*, même à la concentration la plus élevée 30%. Enfin, la carboxyméthylcellulose (CMC) a affiché une activité antifongique très limitée, avec une efficacité faible à 1,5 % et quasi nulle à des concentrations inférieures.

Ces résultats montrent clairement que le chitosane demeure l'agent antifongique naturel le plus performant parmi ceux testés, suivi de la gomme arabique, nous combinons le chitosane avec la gomme arabique pour créer un meilleur enrobage de propriété antifongique.

4. Résultats du dénombrement des colonies

Les résultats du dénombrement des colonies sont représentés dans les tableaux (8).

Tableau 8 : Le nombre de colonies des dattes enrobées et dattes non enrobées en (UFC/g).

Jour	5ème jours	
	Dattes enrobées	Dattes non enrobées
Concentration		
10^{-1}	8166 UFC/g	24433 UFC/g
10^{-3}	42×10^4 UFC/g	3×10^6 UFC/g
10^{-5}	65×10^6 UFC/g	825×10^5 UFC/g

Les résultats de dénombrement des colonies isolées à partir dattes non enrobées sont plus élevés par rapport aux résultats des nombres de colonies isolées à partir des dattes enrobées, donc on peut dire qu'il y a un effet d'enrobage sur la conservation des dattes contre les micro-organismes.

5. Optimisation par Plackett-Burman

L'établissement de conditions culturelles fondamentales pour diminuer la pourriture des dattes a été réalisé à l'aide de la conception mathématique de Plackett et Burman (Plackett et Burman, 1946). Un total de cinq variables (variable k = 5), tableau (9) ont été sélectionnées. Les cinq variables étaient les suivantes : chitosane (x1), arabique gomme (x2), acide acétique (x3), glycérol (x4), trempage (x5), Chaque variable était représentée par deux niveaux, élevé (+) et faible (-) dans 13 essais tableau (9).

Tableau 9: Représenter l'optimisation par Plackett-Burman.

Trial	Chitosane	La gomme arabique	Acide acétique	Glycérol	Trempage	La pouriture %
1	1	-1	1	-1	-1	10%
2	1	1	-1	1	-1	30%
3	-1	1	1	-1	1	10%
4	1	-1	1	1	-1	10%
5	1	1	-1	1	1	25%
6	1	1	1	-1	1	20%
7	-1	1	1	1	-1	5%
8	-1	-1	1	1	1	10%
9	-1	-1	-1	1	1	10%
10	1	-1	-1	-1	1	35%
11	-1	1	-1	-1	-1	10%
12	-1	-1	1	-1	-1	20%
13	0	0	0	0	0	25%

À l'aide du modèle Plackett-Burman, une exploration a été menée pour déterminer les composants du milieu les plus appropriés affectant la pouriture des dattes. Parmi les cinq variables évaluées, trois (chitosane, arabique gomme et acide acétique) ont été observée comme les plus importantes avec des valeur p significatives ou les valeurs de $\{prob < F\}$ inférieures à 0,05 indiquant que les conditions du modèle étaient pertinentes. Les composants restants affichent des valeurs p (0,1) supérieures au niveau de signification. L'influence principale des éléments moyens, de l'analyse de variance standard (ANOVA) et du coefficient de régression, des valeurs F et p des variables analysées dans cette étude est présentée dans le tableau (10) le R^2 prédit = 0,950 était en accord avec le R^2 ajusté = 0,93. Une précision adéquate analyse le rapport signal/brut. Un rapport d'erreur quadratique moyenne (RMSE) inférieur à 10 est optimal.

Tableau 10: Paramètres statiques du modèle de régression (R^2 , R^2 , RMSE, etc.).

R Carre	0,950799
R Carre ajuste	0,938132
Racine de l'erreur quadratique moyenne	1,663251
Moyenne de la réponse	14,93333
Observations (ou sommes pondérées)	12

6. Résultats des analyses physicochimiques

6.1.1. Résultats de la mesure du pH

Les résultats de la mesure du pH sont représentés par la moyenne de 3 répétitions. Les résultats obtenus sont donnés par la figure (19).

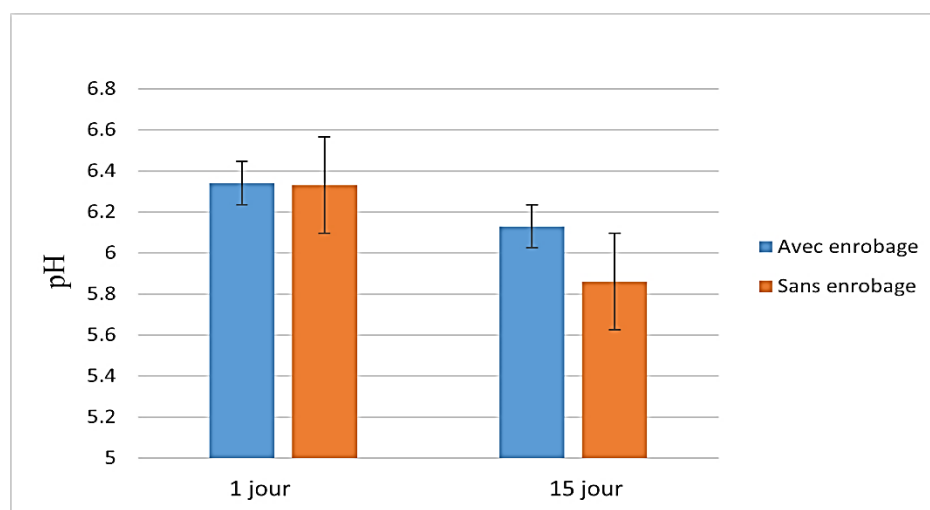


Figure 19 : Représentation graphique des pH mesurée sur les dattes Deglet-Nour avec et sans enrobage, à deux temps différents (1 jour et 15 jours).

Les barres d'erreur $p = 0,05$

Les résultats montrent que le pH initial des dattes variété Deglet-nour, qu'elles soient avec ou sans enrobage Figure (19), est similaire aux alentours de 6,33 / 6,34. Cependant, après 15 jours, une différence notable apparaît. Pour les dattes sans enrobage, le pH moyen diminue à 5,86 ; indiquant une augmentation de l'acidité probablement due à des réactions biochimiques naturelles au cours du stockage. En revanche, les dattes enrobées maintiennent un pH moyen plus élevé de 6,13 après 15 jours.

La comparaison des deux conditions suggère que l'enrobage joue un rôle protecteur en limitant l'augmentation de l'acidité dans les dattes au fil du temps. Ce phénomène pourrait s'expliquer par une barrière formée par l'enrobage, réduisant les échanges avec l'environnement extérieur et les réactions menant à l'acidification.

6.2.1. Résultats du dosage des sucres totaux

Les résultats du dosage des sucres totaux est représenté en degrés Brix. Ces résultats sont donnés par la figure (20).

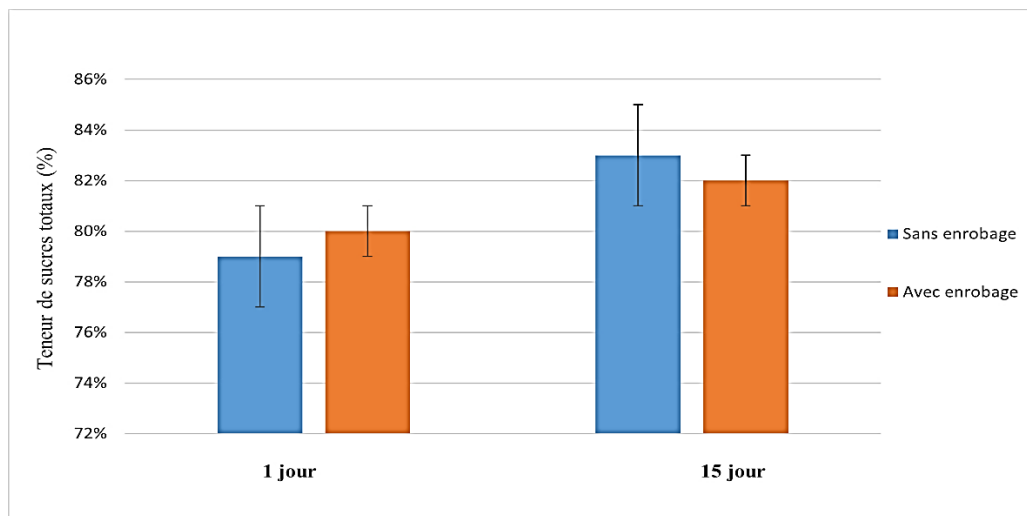


Figure 20 : Résultats du dosage des sucres totaux pour la variété Deglet Nour avec et sans enrobage, à deux temps différents (1 jour et 15 jours).

Les barres d'erreur $p = 0,05$

Nous avons observé une augmentation de la teneur en sucres totaux au cours du temps, passant d'environ 79% à 83% pour les dattes sans enrobage, et de 80% à 82% pour les dattes avec enrobage après 15 jours. Cette augmentation de la teneur en sucres totaux au cours du temps peut être attribuée à la poursuite du processus de maturation des dattes après la récolte. Ce phénomène implique la conversion de l'amidon en sucres simples par l'action d'enzymes. La modération de l'augmentation des sucres par l'enrobage pourrait contribuer à maintenir une qualité plus stable des dattes sur la durée.

D'après Acourene *et al*, (2001), les critères d'évaluation qualitative des dattes selon le taux des sucres totaux sont représentés dans le tableau (11).

Tableau 11 : Évaluation qualitative des dattes selon le taux des sucres totaux.

Le taux des sucres totaux (%).	La qualité des dattes
50 - 60 %	Mauvais caractère
60 - 70 %	Acceptable
Supérieur 70	Bon caractère

6.3.1. Résultats du dosage des sucres réducteurs

Le taux des sucres réducteurs est représenté par la moyenne de trois répétitions pour la variété Deglet-nour. Les résultats sont donnés dans la figure (21).

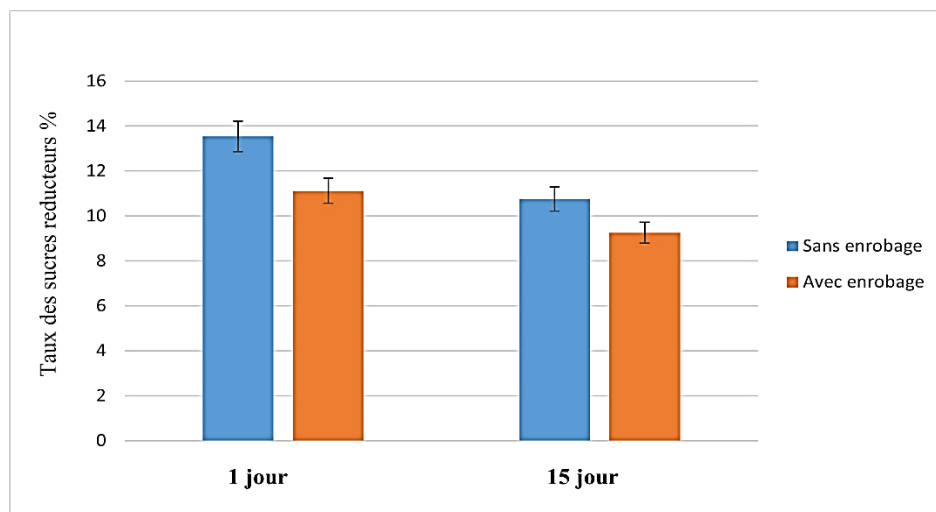


Figure 21 : Résultats du taux des sucres réducteurs pour la variété deglet-nour avec et sans enrobage, à deux temps différents (1 jour et 15 jours).

Les barres d'erreur $p = 0,05$

Les résultats montrent que l'enrobage a un impact significatif sur le taux de sucres réducteurs des dattes Deglet-nour. On observe une diminution de ce taux pour les échantillons avec et sans enrobage sur une période de 15 jours, mais les dattes enrobées maintiennent systématiquement un taux inférieur. Cette différence suggère que l'enrobage ralentit efficacement les processus biochimiques liés à la conversion des sucres, ce qui pourrait améliorer la conservation des dattes. Bien que l'enrobage ne stoppe pas complètement l'évolution du taux de sucres réducteurs, son effet protecteur reste constant sur la période étudiée.

6.4.1. Résultats de la mesure de l'acidité titrable

Les résultats de la mesure de l'acidité titrable sont exprimés en moyenne de 3 répétitions. Les résultats obtenus sont donnés dans la figure (22).

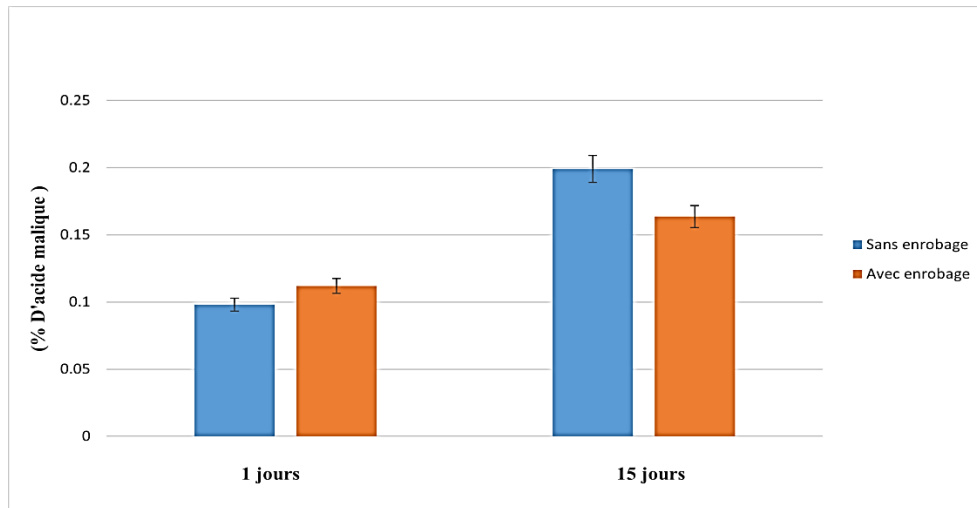


Figure 22 : Résultats du taux Taux d'acidité titrable pour la variété deglet-nour avec et sans enrobage, à deux temps différents (1 jour et 15 jours).

Les barres d'erreur $p = 0,05$

Pour les dattes sans enrobage, l'acidité titrable moyenne passe d'environ 0,098 le premier jour à 0,199 après 15 jours, soit une augmentation significative. et Pour les dattes avec enrobage, l'acidité titrable moyenne est légèrement plus élevée le premier jour (0,112) par rapport aux dattes sans enrobage. Après 15 jours, elle augmente mais dans une moindre mesure, atteignant (0,163).

Le graphique illustre clairement que l'acidité titrable des dattes enrobées reste inférieure à celle des dattes non enrobées après 15 jours de stockage Figure (22). Ces résultats suggèrent que l'enrobage semble limiter l'augmentation de l'acidité titrable dans les dattes au cours du temps, probablement en les protégeant des réactions favorisant l'acidification.

6.5.1. Résultats du Dosage des polyphénols totaux

Les résultats du dosage des polyphénols totaux sont exprimés en moyenne de trois répétitions. Ces résultats sont représentés dans la figure (23).

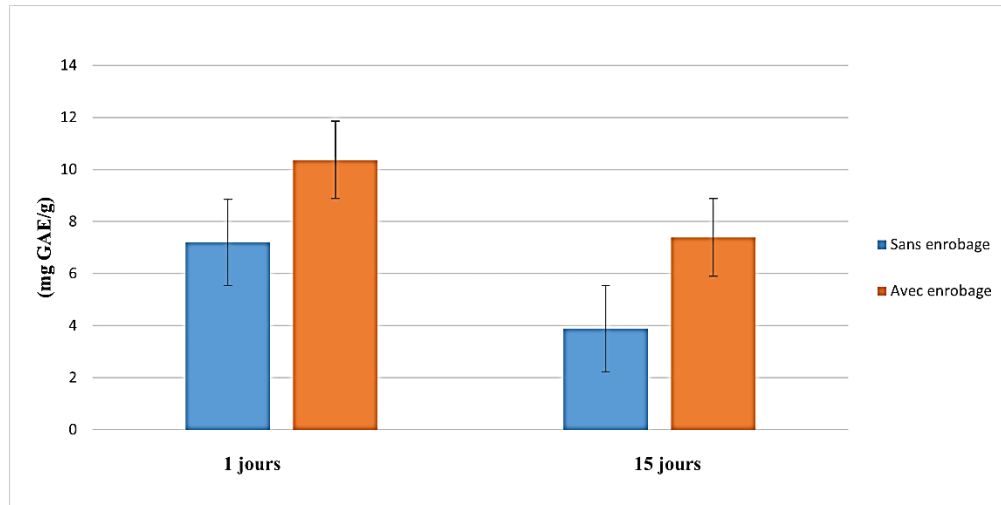


Figure 23 : Représentation graphique du dosage des polyphénols totaux mesurée sur des dattes Deglet-Nour avec et sans enrobage, à deux temps différents (1 jour et 15 jours).

Les barres d'erreur $p = 0,05$

Les résultats du dosage des polyphénols totaux (exprimés en mg équivalent acide gallique par gramme (mg GAE/g)) révèlent que les dattes Deglet-nour avec enrobage ont une teneur significativement plus élevée que celles sans enrobage, à la fois au premier jour (10,37 mg GAE/g contre 7,2 mg GAE/g) et après 15 jours de conservation (7,387 mg GAE/g contre 3,888 mg GAE/g). Cette différence pourrait être attribuée à l'enrobage lui-même qui apporte probablement des composés phénoliques supplémentaires, augmentant ainsi la teneur totale en polyphénols.

Cependant, on observe une diminution de la teneur en polyphénols totaux après 15 jours par rapport au 1er jour, à la fois pour les dattes avec et sans enrobage. Cette diminution est plus importante pour les échantillons sans enrobage. Cela suggère que l'enrobage pourrait avoir un effet protecteur sur les composés phénoliques, les préservant mieux pendant la conservation.

6.6.1. Résultats du dosage des antioxydants

Les résultats du dosage des antioxydants sont exprimés en moyenne de trois répétitions. Ces résultats sont représentés dans la figure (24).

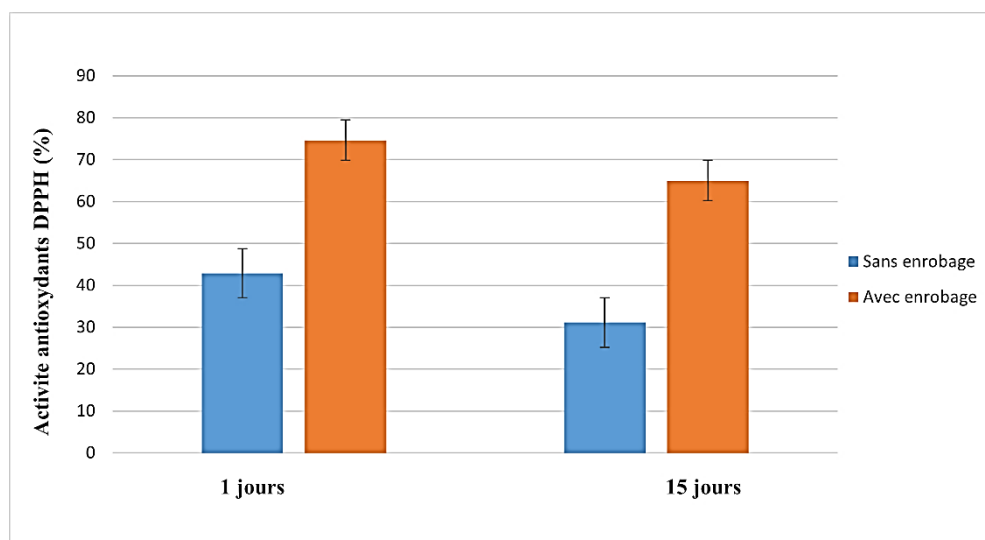


Figure 24 : Représentation graphique de l'activité antioxydante des des dattes Deglet-Nour avec et sans enrobage, à deux temps différents (1 jour et 15 jours).

Les barres d'erreur $p = 0,05$

Les résultats obtenus démontrent clairement l'impact positif de l'enrobage sur l'activité antioxydante des dattes. Initialement, les dattes enrobées présentent une activité antioxydante nettement supérieure (74,59%) à celle des dattes non enrobées (42,26%), suggérant que l'enrobage pourrait soit apporter des composés antioxydants supplémentaires, soit mieux préserver les antioxydants naturels des dattes. Au cours des 15 jours de conservation, bien qu'une diminution de l'activité antioxydante soit observée dans les deux groupes, les dattes enrobées maintiennent un niveau d'activité significativement plus élevé (64,96% contre 31,03% pour les non enrobées). Cette préservation relative de l'activité antioxydante peut être attribuée à l'effet protecteur de l'enrobage, qui pourrait réduire l'exposition à l'oxygène, à la lumière et réguler l'humidité, limitant ainsi la dégradation des composés antioxydants.

6.7.1. Résultats de la détermination de l'indice de brunissement

Les résultats de la détermination de l'indice de brunissement sont représentés dans la

Figure (25).

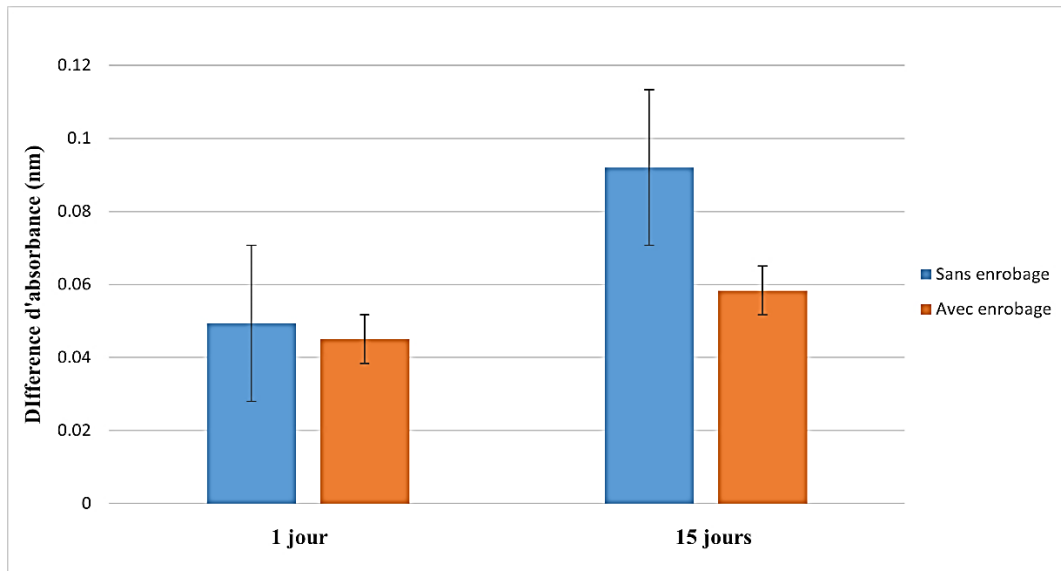


Figure 25 : Valeurs de l'indice de brun pour la variété deglet-nour avec et sans enrobage, à deux temps différents (1 jour et 15 jours).

6.7.2. Discussions des Résultats de la détermination de l'indice de brunissement

Les résultats montrent qu'à l'état initial (1 jour), l'indice de brun moyen des dattes sans enrobage était légèrement plus élevé à 0,049 par rapport à 0,045 pour les dattes avec enrobage. Cependant, après 15 jours, une nette différence est observée. L'indice de brun des dattes sans enrobage a considérablement augmenté jusqu'à 0,092 en moyenne, tandis que pour les dattes avec enrobage, l'augmentation a été plus modérée, atteignant 0,058 en moyenne. Bien qu'un certain degré de brunissement se soit produit pour les deux types de dattes, l'augmentation de l'indice de brun a été beaucoup plus prononcée pour les dattes sans enrobage, presque deux fois supérieure à celle des dattes avec enrobage après 15 jours. Ces observations mettent en évidence l'effet protecteur de l'enrobage contre le brunissement excessif des dattes Deglet-Nour au cours du temps.

Conclusion

Cette étude a porté sur la caractérisation des dattes Deglet-Nour et l'évaluation de l'efficacité et l'optimisation de l'enrobage à base de chitosane et de gomme arabique comme biocontrôle alternatif aux fongicides chimiques. Les paramètres antifongiques, physico-chimiques et biochimiques ont été analysés pour juger de l'effet de l'enrobage sur la conservation des dattes.

L'activité antifongique a montré des résultats prometteurs, avec le chitosane démontrant une efficacité avec des pourcentages d'inhibition respectifs de 81,11%, 80,67% et 78,81%. Quant à la gomme arabique, elle a montré une efficacité modérée avec des pourcentages d'inhibition de 46,66%, 21,86% et 9,78%. Les résultats ont également révélé que l'enrobage avec du chitosane et de la gomme arabique a un effet significatif sur la préservation des dattes durant 15 jours de stockage. Les dattes enrobées ont maintenu un pH stable, variant de 6,34 à 6,13 après 15 jours, tandis que les dattes non enrobées ont vu leur pH diminuer de 6,33 à 5,86. L'acidité des dattes enrobées est passée de 0,112% à 0,163%, tandis que celle des dattes non enrobées a augmenté de 0,098% à 0,199%. Les dattes enrobées ont maintenu une teneur en polyphénols plus élevée, passant de 10,37 mg GAE/g à 7,387 mg GAE/g, contre 7,2 mg GAE/g à 3,888 mg GAE/g pour les dattes non enrobées. Les dattes enrobées ont maintenu une activité antioxydante élevée (64,96%) par rapport aux dattes non enrobées (31,03%) après 15 jours. Les dattes enrobées ont montré un ralentissement de la diminution des sucres réducteurs, avec des valeurs plus faibles que les dattes non enrobées. La teneur en sucres totaux a augmenté légèrement pour les dattes enrobées (de 80% à 82%), tandis que pour les dattes non enrobées, elle a augmenté de 79% à 83%. L'indice de brunissement des dattes enrobées est resté faible, passant de 0,045 à 0,058, tandis que celui des dattes non enrobées a presque doublé, passant de 0,049 à 0,092 après 15 jours de stockage.

L'enrobage à base de **chitosane** et de **gomme arabique** a démontré son efficacité en tant que méthode de biocontrôle des champignons, notamment *Aspergillus Niger*, ainsi qu'un excellent potentiel pour préserver la qualité physico-chimique et visuelle des dattes. Ces solutions naturelles permettent non seulement de prolonger la durée de conservation des dattes, mais également de maintenir des paramètres de qualité, tels que l'activité antioxydante, les polyphénols et l'acidité, tout en limitant le brunissement. Ces résultats suggèrent que le chitosane et la gomme arabique pourraient être adoptés comme alternatives viables et durables aux fongicides chimiques, contribuant à une agriculture plus respectueuse de l'environnement.

Références bibliographiques

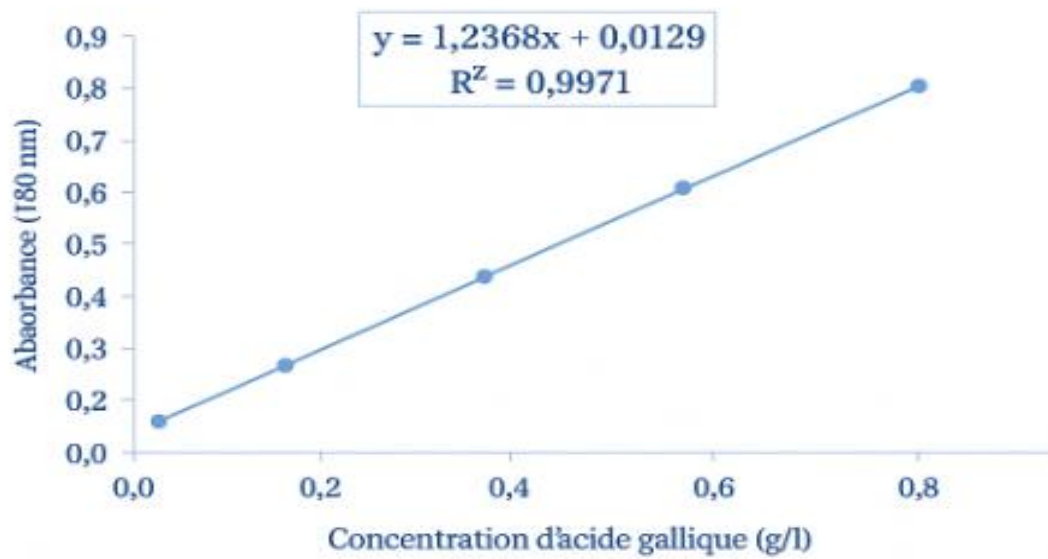
- Acourene, S., Djafri, K., Benchabane, A., Tama, M., & Taleb, B. (2014). Dates Quality Assessment of the Main Date Palm Cultivars Grown in Algeria. *Annual Research & Review in Biology*, 488p.
- Al-Mssallem, I. S., Hu, S., Zhang, X., Lin, Q., Liu, W., Tan, J., ... & Yu, J. (2013). Genome sequence of the date palm *Phoenix dactylifera* L. *Nature Communications*, 4(1), 1-9.
- Al-Shahib, W., & Marshall, R. J. (2003). The fruit of the date palm: its possible use as the best food for the future? *Int. J. Food Sci. Nutr.*, 54: 247-259.
- Bano, A., Gupta, A., Prusty, M. R., & Kumar, M. (2023). Elicitation of Fruit Fungi Infection and Its Protective Response to Improve the Postharvest Quality of Fruits. *Stresses*, 3(1), 231-255.
- Barreveled, W.H. (1993). *Date Palm Products*. FAO, Agricultural Services, Bulletin N°101, FAO, Rome, 211p.
- Belguedj, M. (2002). *Les ressources génétiques du palmier dattier...* INRA Algérie, 1, 289.
- Benchabane, A. (2007). *Composition biochimique de la datte (Deglet-Nour)*. Thèse de Doctorat, INA. El-Harrach, 27p.
- Bensayah, F. (2014). *Influence des conditions de stockage au froid...* Mémoire de magister, 128p.
- Benyagoub, E., Boulenouar, N., & Cheriti, A. (2011). *Palmier dattier et ethnonutrition au sud-ouest Algérien...* *PhytoChem & BioSub Journal*, 1–37.
- Botton, B., et al. (1990). *Moisissures utiles et Nuisibles importances industrielles*. Deuxième édition. 498p.
- Bouchet, P.H., Guignard, J.L., & Villard, J. (1999). *Les champignons*. Mycologie fondamentale et appliquée. Ed. Masson. 194p.
- Bouguedoura, N., Bennaceur, M., & Benkhalifa, A. (2010). *Le palmier dattier en Algérie...* In *Biotechnologies du palmier dattier*, pp. 15-22.
- Bouguedoura, N., Bennaceur, M., Babahani, S. S., & Benziouche, S.E. (2015). *Date palm status and perspective in Algeria*. *Date Palm Genetic Resources and Utilization*, 1: 125-186.
- Boukhiar, A. (2009). *Analyse du processus traditionnel d'obtention du vinaigre de dattes...* Mémoire Magister. 110p.
- Bounaga, N., & Djerbi, M. (1990). *Pathologie du palmier dattier*. *Les systèmes agricoles oasiens*, 127-132.

- Dai, R., et al. (2010). Gelatin/carboxymethylcellulose/dioctyl sulfosuccinate sodium microcapsule... *Colloids and Surfaces A*, 362, 84–89.
- Dewi, R., & Nur, R. M. (2017). Antifungal Activity of Chitosan on *Aspergillus* spp. *Int. Journal of Bioengineering & Biotechnology*, 2(4).
- El Hadrami, I., et al. (1998). Biotechnologies végétales et amélioration du palmier dattier... *Cahiers Agricultures*, 463p.
- Espiard, E. (2002). Introduction à la transformation industrielle des fruits. Lavoisier, Paris. pp 147-155.
- Estanova, P. (1990). Valorisation de la datte. *Options méditerranéennes, série A, N°11*, pp. 301-318.
- Favier J.C., Ireland R.J., Laussucq. et Feinberg M., 1993. Répertoire général des aliments. Table de composition des fruits exotiques, fruits de cueillette d'Afrique. Tome III. Ed. ORSTOM Edition. Lavoisier, INRA Editons, 27-28p.
- Frisvad, J. C., & Samson, R. A. (2007). Molecular Tools in Food Mycology. *Int. J. of Food Microbiology*, 119(1-2), 33-42.
- Georgé, S., et al. (2005). Rapid determination of polyphenols and vitamin C... *J. of Agricultural and Food Chemistry*. 53: 1370-1373.
- Ghezzoul, F. (2010). Les maladies fongiques des dattes en stockage... Thèse Doctorat, Université KASDI MERBAH–OUARGLA, p 68.
- Ghnimi, S., Syed, U., & Kamal-Eldin, A. (2017). Date fruit: An underutilized food... *NFS Journal*.
- Gowen, A.A., et al. (2008). Modeling dehydration and rehydration of soybeans... *Innovative Food Science*, 9: 129-137.
- HANNACHI S., KHITRI D., BENKHALIFA A., BRAC DE LA PERRIERE R. A., 1998. Inventaire variétal de la palmeraie Algérienne. Ed. Anep, Rouïba: 12-13.
- Hadrami, I. E., & Hadrami, A. E. (2009). Breeding date palm. In *Breeding Plantation Tree Crops*, pp. 191-216.
- Hassouna, M., et al. (1994). Influence de la Fumigation au Bromure de Méthyle... *Fruit* 49 (33): 197-207.
- IPGRI. (2005). Descripteurs de palmier dattier. 42p.

- Jafari, S. M., Assadpoor, E., He, Y., & Bhandari, B. (2008). Encapsulation efficiency of food flavours and oils during spray drying. *Drying Technology*, 26(7), 816–835.
- Larpent, J.P. (1997). *Microbiologie alimentaire*. Lavoisier, Paris, pp 397-408.
- Maan, A.A., et al. (2021). Aloe Vera gel, an excellent base material... *Trends in Food Science & Tech.*, 116, 329-341.
- Matallah, M.A.A. (2004). Étude de la conservation des dattes... Mémoire. INA.
- Michayewicz, N. (2013). L'Aloe Vera, plante médicinale... Thèse de Doctorat, Université de Lorraine.
- Mikhael, S. (2000). *Les maladies des semences*. Edition la connaissance.
- Munier, P. (1973). *Le Palmier dattier*. G.P Maisonneuve et Larose Paris, 221p.
- Muzzarelli, R. A. A., et al. (2001). Fungistatic activity of modified chitosans... *Biomacromolecules*, 2(1), 165-9.
- Ndiaye, A. (1998). Application du raisonnement qualitatif... Séminaire. Toulouse.
- Peyron, G. (2000). *Cultiver le palmier dattier*. Edition Quae.
- Pitt, J. I., & Hocking, A. D. (2009). *Fungi and food spoilage*. Springer.
- Sané, D. (2013). La culture du palmier dattier au Sahel... PAF, 12-14.
- Sedra, My. H. (2001). *Descripteurs du palmier dattier*. Editions INRA Maroc.
- Semal, J., et al. (1993). *Traité de pathologie végétale*. Presse agronomique de Gembloux.
- Sempere-Ferre, F., et al. (2022). Antifungal in vitro potential of Aloe vera gel... *LWT*, 163.
- Siboukeur, O. (1997). Qualité nutritionnelle du jus de dattes. Thèse Magister, INA.
- Sylvie, P. (2015). *La classification des champignons*... Université Montpellier I.
- Tortora, G.J., & Anagnostakos, N.P. (1987). *Principes d'anatomie et de physiologie*. 5e éd., pp 688-693.
- Yahiaoui, K., Bouchenak, O., Arab, K., & Benchabane, A. (2020). Évaluation du brunissement de la datte... *Revue Agriculture*, 11(1), 10-19.
- Yahiaoui, K., Hanini, S., & Bey, H. (2008). Cinétique de séchage des dattes... *Revue des Énergies Renouvelables*, 11(4), 615-6.
- Zaid, A., & de Wet, P. F. (2002). *Date palm cultivation (FAO Plant Production and Protection Paper No. 156 Rev. 1)*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Annexes

Annexe I : courbe d'étalonnage de l'acide gallique utilisé pour le dosage des polyphénols totaux.



Annexe II : courbe d'étalonnage de l'acide tannique utilisé pour le dosage des tanins condensés.

