

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
Université A. MIRA-BEJAIA



جامعة بجاية  
Tasdawit n Bgayet  
Université de Béjaïa

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie  
Département des Sciences Alimentaires  
Laboratoire de Biochimie Appliquée

## THÈSE

EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE  
DOCTORAT

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité : Agro-ressources, Bioprocédés et Sciences Alimentaires

Présentée par  
TASSOULT Malika

*Thème*

Valorisation de l'agro-biodiversité du palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) : Cas de l'étude de la qualité nutritionnelle et sanitaire de variétés de dattes de la Vallée de M'zab

Soutenue le : 07/10/2021

Devant le Jury composé de :

**Nom et Prénom**

**Grade**

Mr TAMENDJARI Abderezak	Professeur	Univ. de Bejaia	Président
Mr KATI Djamel Edine	Professeur	Univ. de Bejaia	Rapporteur
Mr BENOUADAH Ali	Professeur	Univ. d'Alger 3	Co-rapporteur
Mme BENDALI Farida	Professeur	Univ de Bejaia	Examinatrice
Mr BELIK Yuva	MCA	Univ. de B.BA	Examineur
Mr RODRIGUEZ GUTIERREZ Guillermo	Professeur	Institut GRASA, Espagne	Invité

Année Universitaire :2020/2021.

# Remerciements

*Avant tout Je remercie "Allah", le tout puissant, qui m'a donné le courage, la volonté et la force pour accomplir ce modeste travail. Merci de m'avoir éclairé le chemin tout au long de mon parcours*

*Je tiens à remercier mon directeur de thèse : Dr KATI Djamel Edine d'avoir accepté de m'encadrer. Je le remercie aussi pour le choix du sujet intéressant et d'actualité, son aide, ses conseils, ses orientations et pour sa disponibilité.*

*Je suis particulièrement reconnaissante au Pr : BENOUADAH Ali qui a codirigé ma thèse et pour son étroite contribution à la réalisation de ce modeste travail.*

*J'exprime ma profonde gratitude à Monsieur RODRIGUEZ-GUIETEREZ Guillermo pour sa collaboration malgré ses charges professionnelles.*

*J'adresse mes plus vifs remerciements à Mr TAMANDJARI Abderezek, Mr BELIK Yuva et M<sup>me</sup> BENDALI Farida : qui m'ont fait l'honneur de jurer mon travail.*

*Je suis particulièrement reconnaissante à l'association Tazdait des phoenicicultures de Beni-Izguen à Ghardaia pour les échantillons de dattes et le partage d'expériences, ainsi que l'association BEDE initiatrice des échanges entre notre université et les acteurs du terrain versés dans la production de la datte en protégeant sa biodiversité.*

*Mes remerciements s'adressent également à toute personne ayant participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail*

## *Merci à tous et à toutes.*

# *Dédicaces*

## *Je dédie ce modeste travail à*

*L*a mémoire de mon défunt papa, pour son soutien moral et matériel, ses encouragements, ses sacrifices. Lui qui attendait, plus qu'une autre personne, ce jour avec impatience. Que Dieu le Tout Puissant l'accueille dans son Vaste Paradis.

*M*a très chère mère pour son soutien, son inquiétude, son doâa. Elle qui m'a guidée durant mon cursus vers le chemin de la réussite.

*M*es chères sœurs et mes chères amies qui ne se sont jamais arrêtées de m'encourager pour continuer le chemin malgré toutes les difficultés.

*M*oi-même, un cadeau que je m'offre après un long chemin plein d'obstacles, de challenges et d'amertume.

# Sommaire

INTRODUCTION.....	1
ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE .....	4
CHAPITRE I : GENERALITES SUR LES DATTES.....	4
I. Le palmier dattier .....	4
I.1 Généralités.....	4
I.2 Taxonomie.....	4
I.3 Ecologie.....	4
I.4 Répartition géographique .....	5
I.4.1 Mondiale .....	5
I.4.2 Nationale .....	5
II. Les dattes.....	6
II.1 Morphologie .....	6
II.2 Formation et maturation .....	7
II.3 Les variétés.....	8
II.3.1 Les variétés communes .....	9
II.3.2 Les variétés secondaires .....	9
II.4 Classification des dattes .....	9
II.4.1 Les dattes molles .....	9
II.4.2 Les dattes demi-molles.....	9
II.4.3 Les dattes sèches .....	9
II.5 Production des dattes.....	9
II.5.1 Production mondiale .....	9
II.5.2 Production nationale.....	10
II.6 Composition biochimique .....	11
II.6.1 Composition de la pulpe.....	12
II.6.1.1 Les constituants majeurs.....	12
II.6.1.2 Constituants mineurs .....	13
II.6.1.3 Autres constituants.....	14
II.6.2 La composition biochimique du noyau .....	14
II.7 Microbiologie des dattes .....	14

II.8	Usage thérapeutique des dattes.....	16
III.	Technologie des dattes .....	16
III.1	Conditionnement de la datte.....	16
III.2	Transformation de la datte.....	17
III.2.1	La pâte de datte .....	17
III.2.2	La farine de datte.....	18
III.2.3	Les Sirops, les crèmes et les confitures de dattes .....	18
III.3	La mise en valeur des déchets .....	19
III.3.1	La biomasse et protéines unicellulaires .....	19
III.3.2	Les alcools.....	19
III.3.3	Le vinaigre .....	19
III.3.4	Les aliments de bétail.....	19
III.3.5	Autres produits .....	19
Chapitre II : Les composés phénoliques .....		21
I.	Généralités.....	21
II.	Classification des composés phénoliques .....	21
II.1	Les acides phénoliques.....	21
II.1.1	Acides benzoïques.....	21
II.1.2	Acides cinnamiques.....	22
II.2	Les flavonoïdes .....	22
II.2.1	Les anthocyanes .....	23
II.2.2	Les flavanones.....	24
II.2.3	Les flavanes.....	24
II.2.4	Les flavonols (hydroxy-3-flavone).....	24
II.2.5	Les flavones .....	24
II.2.6	Les isoflavones.....	24
II.3	Les tanins.....	24
II.3.1	Les tanins hydrosolubles .....	25
II.3.2	Les tanins condensés .....	25
III.	Méthodes d'extraction des composés phénoliques .....	26
Chapitre III : Intérêts des composés phénoliques.....		29
I.	Rôle physiologique.....	29
II.	Propriétés technologiques .....	29
III.	Propriétés thérapeutiques .....	29
IV.	Propriétés antioxydantes .....	30
V.	Propriétés antimicrobiennes .....	32

VI.	Propriétés anti-inflamatoires .....	32
VII.	Rôle modulateur de réactions enzymatiques .....	33
VIII.	Rôle anti-cancéreux .....	33
	Etude expérimentale .....	35
	Chapitre I : Matériel et méthodes .....	35
I.	Échantillonnage .....	35
II.	Analyses pomologiques.....	35
III.	Analyses physico-chimiques .....	36
III.1	Détermination du pH et de l'acidité .....	36
III.2	Détermination de la teneur en eau .....	36
III.3	Détermination du taux de cendres .....	37
III.4	Détermination de la teneur en Protéines.....	37
III.4.1	Détermination de la teneur en glucides .....	38
III.4.2	Le profil en sucres .....	38
III.5	Détermination de la teneur en lipides.....	38
III.6	Dosage des composés phénoliques.....	39
III.6.1	Extraction des composés phénoliques .....	39
III.6.2	Détermination de la teneur en polyphénols totaux .....	39
III.6.3	Détermination de la teneur en flavonoïdes .....	40
III.6.4	Détermination de la teneur en flavonols.....	40
III.6.5	Détermination de la teneur en anthocyanines.....	40
III.6.6	Détermination de la teneur en proanthocyanidines (tanins condensés).....	41
III.6.7	Le profil en polyphénols .....	41
IV.	Analyses microbiologiques .....	42
IV.1	Dénombrement de la flore totale aérobie mésophile.....	42
IV.2	Dénombrement des levures et moisissures.....	42
IV.3	Recherche et dénombrement des coliformes fécaux et totaux .....	42
IV.4	Dénombrement des entérocoques.....	42
IV.5	Dénombrement des clostridies sulfito-réducteurs .....	43
V.	Activités biologiques des dattes .....	43
V.1	L'activité antimicrobienne .....	43
V.1.1	Préparation des extraits et concentrations .....	43
V.1.2	Revivification et standardisation des souches pathogènes .....	43

V.1.3	Mise en évidence de l'activité antimicrobienne .....	44
V.1.4	Calcul des concentrations minimales inhibitrice, bactéricide et fongicide.....	44
V.2	L'activité antioxydante.....	45
V.2.1	Le pouvoir antiradicalaire du DPPH .....	45
V.2.2	Le pouvoir antiradicalaire de l'ABTS <sup>+</sup> .....	45
V.2.3	Le pouvoir réducteur .....	45
V.2.4	La capacité de chélation du fer ferreux .....	46
VI.	Transformation des fruits en pâte de dattes.....	46
VI.1	Préparation des pâtes de dattes.....	46
VI.2	Analyses physicochimique des pâtes de dattes .....	48
VI.3	Analyses microbiologiques des pâtes de dattes.....	48
VI.4	Activités biologiques des pâtes de dattes .....	48
VI.5	Analyses sensorielles des pâtes de dattes .....	48
VI.5.1	Test triangulaire.....	49
VI.5.2	Test de classement.....	49
VI.5.3	Test hédonique .....	50
VII.	Etude statistique et corrélations.....	50
I.	Analyses pomologiques.....	52
II.	Analyses physico-chimiques .....	54
II.1	Le pH.....	54
II.2	L'acidité .....	55
II.3	Teneurs en eau.....	56
II.4	Teneurs en matière grasse .....	58
II.5	Teneurs en protéines.....	59
II.6	Teneurs en cendres .....	60
II.7	Teneurs en sucres .....	61
II.7.1	Profil en sucres.....	62
II.8	Les teneurs en composés phénoliques.....	65
II.8.1	Teneurs en polyphénols.....	65
II.8.2	Teneurs en flavonoïdes.....	66
II.8.3	Teneurs en flavonols .....	68
II.8.4	Teneurs en anthocyanes .....	68
II.8.5	Teneurs en tannins condensés .....	69

II.8.6	Le profil phénolique .....	70
III.	Les analyses microbiologiques.....	76
III.1	Dénombrement de la flore totale aérobie mésophile FTAM.....	76
III.2	Dénombrement des levures et moisissures.....	78
III.3	Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux .....	79
III.4	Dénombrement des entérocoques.....	80
III.5	Dénombrement des Clostridies sulfito-réducteurs .....	81
IV.	Les activités biologiques des dattes .....	81
IV.1	L'activité antimicrobienne .....	81
IV.1.1	Les concentrations minimales inhibitrices, bactéricides et fongicides .....	90
IV.2	L'activité antioxydante.....	92
IV.2.1	Le pouvoir réducteur .....	92
IV.2.2	L'activité chélatrice de fer.....	94
IV.2.3	Le piégeage des radicaux libres DPPH .....	95
IV.2.4	Le piégeage des radicaux libres ABTS .....	95
V.	Pâte de dattes .....	97
V.1	Caractérisation physico-chimique .....	97
V.1.1	Profil en sucres des pâtes de dattes.....	99
V.1.2	Teneurs en polyphénols des pâtes de dattes .....	100
V.1.3	Profil phénolique des pâtes de dattes.....	101
V.2	Qualité hygiénique des pâtes de dattes .....	103
V.3	Activité antimicrobienne des pâtes de dattes.....	104
V.3.1	Les concentrations minimales inhibitrices, bactéricides et fongicides des pâtes de dattes.....	106
V.4	Activité antioxydante des pâtes de dattes .....	107
V.5	Analyses sensorielles.....	108
V.5.1	Test triangulaire.....	108
V.5.2	Test de classement.....	110
V.5.3	Test hédonique .....	111
V.5.3.1	Corrélation entre les paramètres physico-chimiques et le profil hédonique des pâtes de dattes	113
CONCLUSION	.....	117
Références bibliographiques	.....	120
Annexes	.....	138

## *Liste des tableaux*

<b>Tableau 1.</b> Répartition (Hectare) des palmiers dattiers en Algérie, .	6
<b>Tableau 2.</b> Appellations des stades de maturation.	7
<b>Tableau 3.</b> Production mondiale (tonnes) de dattes en 2019.	10
<b>Tableau 4.</b> Production nationale (quintaux) des dattes en 2019.	10
<b>Tableau 5.</b> Composition physico-chimique (%) de la pulpe des dattes	11
<b>Tableau 6.</b> Composition biochimique (%) des noyaux de dattes Algériennes.....	14
<b>Tableau 7.</b> Composition biochimique des dattes et pâte de dattes.	18
<b>Tableau 8:</b> Visées thérapeutiques des phénols extraits de variétés de dattes.....	30
<b>Tableau 9.</b> Souches cibles utilisées lors de l'étude du pouvoir antimicrobien.....	43
<b>Tableau 10.</b> Pomologie des dattes.....	52
<b>Tableau 11.</b> Composition en monosaccharides (mg/kg) des dattes	64
<b>Tableau 12.</b> Profil phénolique des extraits hygrothermiques des dattes.	73
<b>Tableau 13.</b> Profil phénolique des extraits acétoniques des dattes.	74
<b>Tableau 14.</b> Profil phénolique des extraits méthanoliques des dattes.	75
<b>Tableau 15.</b> Diamètres moyens des zones d'inhibition (mm) des extraits hygrothermiques..	82
<b>Tableau 16.</b> Diamètres moyens des zones d'inhibition (mm) des extraits acétoniques.....	84
<b>Tableau 17.</b> Diamètres moyens des zones d'inhibition (mm) des extraits méthanoliques. ....	86
<b>Tableau 18.</b> Concentrations minimales inhibitrices, bactéricides et fongicides des dattes.....	91
<b>Tableau 19.</b> Activités antioxydantes des extraits organiques et hygrothermiques des dattes.	93
<b>Tableau 20.</b> Composition physico-chimique des pâtes de dattes.....	97
<b>Tableau 21.</b> Composition en monosaccharides des pâtes de dattes (mg/kg).	99
<b>Tableau 22.</b> Teneurs en composés phénoliques des pâtes de dattes (mg/100 g).....	100
<b>Tableau 23.</b> Profil phénolique des pâtes de dattes (mg/kg).....	102
<b>Tableau 24.</b> Dénombrement des flores microbiennes des pâtes de dattes (x 10 <sup>2</sup> UFC/g).....	103
<b>Tableau 25.</b> Diamètres moyens des zones d'inhibition des extraits de pattes de dattes. ....	105
<b>Tableau 26.</b> Concentrations minimales inhibitrices, bactéricides et fongicides (mg/ml) des pâtes de dattes.....	106
<b>Tableau 27.</b> Activité antioxydante des pâtes de dattes.....	107
<b>Tableau 28.</b> Valeurs $\mu$ pour l'aspect externe te le goût des pâtes de dattes. ....	108
<b>Tableau 29.</b> Classements attribués aux pâtes de dattes. ....	110
<b>Tableau 30.</b> Différences entres les totaux de classement des pâtes de dattes. ....	111

# Liste des figures

<b>Figure 1.</b> Carte de répartition mondiale du genre Phoeni.....	5
<b>Figure 2.</b> Datte et noyau du fruit de dattes. ....	7
<b>Figure 3.</b> Structures chimiques des acides benzoïques.....	22
<b>Figure 4.</b> Structures chimiques des acides cinnamiques. ....	22
<b>Figure 5.</b> Structures chimiques des flavonoïdes. ....	23
<b>Figure 6.</b> Structure générale d'un tanin hydrosoluble. ....	25
<b>Figure 7.</b> Structures chimiques des unités monomériques des tanins condensés.....	26
<b>Figure 8.</b> Pouvoir antioxydant des polyphénols .....	31
<b>Figure 9.</b> Échantillons de dattes selon leurs stades de maturation. ....	35
<b>Figure 10.</b> Échantillons de pâtes de dattes étudiées. ....	47
<b>Figure 11.</b> pH moyens des dattes.....	54
<b>Figure 12.</b> Acidités moyennes des dattes .....	55
<b>Figure 13.</b> Teneurs moyennes en eaux des dattes.....	56
<b>Figure 14.</b> Teneurs moyennes en lipides des dattes. ....	58
<b>Figure 15.</b> Teneurs moyennes en protéines des dattes .....	59
<b>Figure 16.</b> Teneurs moyennes en cendres des dattes.....	60
<b>Figure 17.</b> Teneurs moyennes en sucres des dattes. ....	61
<b>Figure 18.</b> Teneurs moyennes des polyphénols des dattes.....	65
<b>Figure 19.</b> Teneurs moyennes des flavonoïdes des dattes.....	67
<b>Figure 20.</b> Teneurs moyennes en flavonols des dattes .....	68
<b>Figure 21.</b> Teneurs moyennes en anthocyanes des dattes .....	68
<b>Figure 22.</b> Teneurs moyennes en tannins condensés des dattes.....	69
<b>Figure 23.</b> Charges moyennes en FTAM des dattes.....	76
<b>Figure 24.</b> Charges moyennes en levures et moisissures des dattes.....	78
<b>Figure 25.</b> Charges moyennes en coliformes totaux. ....	79
<b>Figure 26.</b> Charges moyennes en entérocoques. ....	80
<b>Figure 27.</b> Les zones d'inhibition de l'extrait hygrothermique de tamjouhert vis-à-vis L.monocytogenes (3a) et S.aureus (3b).....	81
<b>Figure 28.</b> Scores moyens d'appréciation hédonique des pâtes de dattes. ....	112
<b>Figure 29.</b> Corrélation entre les paramètres physico-chimiques et le profil hédonique.....	113

# Liste des abréviations

AAO : Activité antioxydante

ABTS : l'acide 2,2'-azinobis-3-éthylbenzothiazoline-6-sulfonique

ATCC: American type culture collection

Aw : Activity of water

BHI: Brain Heart Infusion

BCPL : Bromocresol purple lactose

BGT : Bouillon glucosé tamponné

BHT : Butyl Hydroxy Toluène

BN : Bouillon nutritif

CF : Coliformes fécaux

CMB : Concentration minimale bactéricide

CMI : Concentration minimale inhibitrice

ACP: Analyses en composantes principales

CPG : Chromatographie en phase gazeuse

CSR : Clostridies sulfito-réducteurs

CT : Coliformes totaux

DAD : Diode Array Detector

DMSO : Diméthylsulfoxyde

DPPH : 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl

EA : Extrait acétonique

EAG : Equivalent acide gallique

EHT : Extrait hygrothermique

EC : Equivalent Catéchine

ECG: Equivalent cyanidine-3-glucoside

EM : Extrait méthanolique

EPEI : Eau "Peptonée Exempte d'Indole

EQ : Equivalent Quercétine

ER : Equivalent Rutine

ET : Equivalent Trolox

FIC : Ferrous Ion Chelating Assay

FRAP : Ferric Reducing Antioxidant Power

FTAM : Flore Totale Aérobie Mésophile

GC : Giolitti et Cantoni

GC/MS : Gas Chromatography/Mass Spectrometry

HMF : Hydroxyméthylfurfural

HPLC : High Performance Liquid Chromatography

IC50 : Median Inhibitory Concentration

LC/MS : Liquid Chromatography/Mass Spectrometry

LDL : Low Density Lipoprotein

LM : Levures et moisissures

MA/DSAAE : Ministère de l'agriculture , Direction des statistiques agricoles et des études économique

MH : Muller Hinton

OGA : Oxytétracycline Glucose agar

ONS : l'Office Nationale des Statistiques

PCA : Plate Count Agar

PDA : Potato Dextrose agar

PDB : Potato Dextrose Broth

PDG : Peptidoglycane

PDS : Produits de Dégradation des Sucres

PF: Poids Frais

PHBA : Phosphohydroxybenzoic Acid

Phe: Phenylalanine

PS: Poids Sec

SB : Slanetz et Bartley

SF : Entérocoques Fécaux

SNR : Sucres Non Réducteurs

SR : Sucres Réducteur

TBHQ : Tert-butylhydroquinone

TEAC : Trolox Equivalent Antioxidant Capacity

TFA : Trifluoroacetic Acid

TFO : Teneur en Flavonols

TPP : Teneur en Polyphénols

Tr : Temps de rétention

TTC: Teneur en Tanins Condensés

UFC : Unité Formant Colonie

UV : Ultraviolet

VF : Viande-Foie

VRBG : Violet Red Bile Glucose Agar

ZI : Zone d'inhibition

# **INTRODUCTON**

## INTRODUCTION

Les plantes, particulièrement leurs fruits suscitent un intérêt de plus en plus croissant aussi bien chez les consommateurs que chez les diététiciens, les nutritionnistes et les industriels (Abdillah *et al.*, 2015). Ils servent, en outre, à l'élaboration de produits alimentaires de grandes valeurs : pâte, miel, confiture, sirop, marmelade, etc. (Khraiwesh *et al.*, 2013).

C'est le cas justement des dattes, matériel végétal de notre étude. Ces fruits ont été considérés, depuis des temps immémoriaux, un élément très important dans l'alimentation aussi bien humaine qu'animale (El-far *et al.*, 2019). Cette importance est due à leur richesse en glucides (70- 80%), sels minéraux (K, Ca et Mg), fibres diététiques et en vitamines (Mrabet *et al.*, 2019 ; Alothman *et al.*, 2020). En effet des macromolécules et d'autres micronutriments essentiels, à savoir les polyphénols, y sont également présents (Hachani *et al.*, 2018). Ces composés acquièrent un intérêt croissant qui prend de l'ampleur vu leurs propriétés pharmacologiques importantes (Al Juhaimi *et al.*, 2018). Ainsi, maintes activités biologiques ont été attribuées aux composés phénoliques extraits des dattes (Qadir *et al.*, 2019). En sus, des études *in vivo* et *in vitro* ont confirmé qu'ils sont dotés d'effets antimicrobien, antioxydant, antiviral, anti-cancérogène, anti-inflammatoire, antiallergique et vasodilatateur (Benmezziane, 2019 ; Djaoudene *et al.*, 2019 ; Al Alawi *et al.*, 2020). En plus de leur valeur nutritionnelle, les dattes se conservent bien et sont résistants à la contamination microbienne (Al-Hammadi *et al.*, 2019 ; Hassani *et al.*, 2020). Il convient de souligner que toutes ces propriétés nutritionnelles et biologiques varient en fonction de la variété et de stade de maturation en particulier (Awad *et al.*, 2011a ; Qadir *et al.*, 2019 ; Karra *et al.*, 2020).

La production mondiale des dattes s'élève à plus de 9 millions de tonnes en 2019, plaçant ainsi l'Algérie au 4<sup>ème</sup> rang des producteurs de dattes dans le monde et le premier dans l'union arabe maghrébine, avec plus de 940 variétés et 1136025 t/an, dont 30% sont des dattes communes (FAOSTAT, 2019). Les dattes font l'objet d'une activité commerciale importante, en particulier la célèbre variété *deglet nour*, celle-ci détient le monopole dans les marchés nationaux et internationaux (Mrabet *et al.*, 2016). Elle bénéficie même d'un certain marketing à savoir la présentation l'emballage et l'humidification (Belguedj *et al.*, 2015). Par contre, les autres variétés communes sont peu appréciées et ont une faible valeur marchande ; elles sont soit utilisées que par quelques populations de manière empiriques pour leurs particularités nutritionnelles et thérapeutiques ou soit destinées à l'alimentation du bétail (Heuzé *et al.*, 2015; Manach *et al.*, 2004). Cela a engendré de nouvelles tendances agricoles poussant les



phœniciculteurs vers la monoculture de *deglet nour* au détriment des autres variétés ; exposant ainsi le patrimoine phœnicole au danger de disparition (Abekhti *et al.*, 2013). L'érosion de la biodiversité du palmier dattier a donc bien commencé en Algérie.

Face ce constat et pour mieux valoriser ces variétés, la transformation des dattes demeure une des solutions les plus adéquates. Les dattes peuvent être utilisées comme matière première pour l'élaboration artisanale ou industrielle de nouveaux produits (Homayouni *et al.*, 2015 ; Saikiran *et al.*, 2018). Les populations locales ont développé plusieurs sortes de produits dattiers tels que la pâte de dates, le robb et le vinaigre (Abekhti *et al.*, 2013 ; Siddeeg *et al.*, 2019 ; Marcial-Coba *et al.*, 2019). D'autres produits sont élaborés industriellement : le ketchup (Mikki *et al.*, 1987), la farine de dattes (Amellal *et al.*, 2011) et les compléments alimentaires (Benmeziane, 2019). En Algérie, la transformation des dattes a peu évolué alors qu'il est possible d'en obtenir de nombreux dérivés alimentaires et/ou non alimentaires importées actuellement à coup de devises fortes (Ould El Hadj *et al.*, 2013).

Sur le plan artisanal, *el ghars* est une véritable forme de conservation populaire et traditionnelle des dattes ; il s'agit d'une transformation des dattes cuites en pâte selon des connaissances locales (Abekhti *et al.*, 2013). Après transformation, les pâtes peuvent être conservées plus de deux ans (Marcial-Coba, *et al.*, 2019). Elles conservent également la valeur nutritionnelle et la composition physico-chimique des fruits (Sánchez *et al.*, 2011). De plus, la pâte de datte possède des activités biologiques similaires à celles des dattes qui ont servi de matière première (Parn *et al.*, 2015). Sur le plan industriel, la technologie de transformation des dattes, en Algérie, se limite à son conditionnement et à la production de pâtes à partir de la variété molle *ghars* (Ould El Hadj *et al.*, 2013). Pourtant un développement réfléchi de cette technologie par une meilleure maîtrise des procédés peut être d'un grand apport quant à la recherche de nouveaux débouchés pour les variétés communes. Il est devenu impératif, pour la sauvegarde de cette agro-biodiversité et par la même pour la survie des populations de ces régions, de recourir à des formulations aussi bien alimentaires que non alimentaires pouvant leur apporter une valeur ajoutée.

C'est dans ce contexte précis que s'inscrit notre étude qui a pour but de valoriser six cultivars secondaires de dattes de la Vallée de M'zab à Ghardaia, Algérie. Il s'agit des cultivars : *dalt*, *deglet nour*, *ghars*, *tamezwert n'telet*, *tamjouhert* et *tazarzeit* ; par l'évaluation de la qualité microbiologique, de la qualité nutritionnelle (composition et paramètres physico-chimiques) et de la qualité fonctionnelle (propriétés biologiques) des fruits et de pâtes préparées avec les dattes des cultivars considérés de faible valeur marchande. Cette première

transformation est la forme la plus simple de valorisation et la plus connue pouvant également être utilisée pour une deuxième transformation.

A cet égard, le présent travail est structuré en trois parties, la première est consacrée à une synthèse bibliographique articulée autour de trois chapitres. Le premier présente des généralités sur le palmier dattier, les dattes et ses produits dérivés, particulièrement la pâte de dattes. Le contenu en biomolécules d'intérêt dans les dattes, notamment les composés phénoliques et leurs intérêts sont détaillés dans le deuxième et le troisième chapitre. La seconde partie du manuscrit présente le matériel et les méthodes mis en œuvre dans le cadre de la réalisation de ce travail, où sont détaillées : l'étude de la qualité microbiologique des dattes, l'estimation de leur composition physico-chimique et l'étude *in vitro* de leurs activités antioxydante et antimicrobienne. L'essai de fabrication de pâtes de dattes et l'étude de leurs qualités microbiologique, physicochimique, sensorielle et de leurs activités biologiques y sont également présentées. Les résultats obtenus au cours de cette étude sont ensuite exposés dans la troisième partie et y sont discutés. Enfin, une récapitulation des principaux résultats de ce travail avec une présentation des principales perspectives envisagées pour la poursuite de cette thématique de recherche sont détaillées en conclusion générale. Il est utile de préciser que cette étude rentre dans une initiative dite « laboratoire hors-murs » lancée par l'association BEDE (Biodiversité Echanges et Diffusion d'Expériences) en collaboration avec l'association des phoeniculteurs « *Tazdait* : palmier en tamazight » à Ghardaia et le Laboratoire de Biochimie Appliquée de l'Université de Bejaia.

*Partie I*

---

*Etude Bibliographique*

# *Chapitre I*

---

## *Généralités sur les dattes*

## ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

## CHAPITRE I : GENERALITES SUR LES DATTES

**I. Le palmier dattier****I.1 Généralités**

Le palmier dattier est l'une des plantes primitives dont la culture est datée à la plus haute antiquité (Aamir *et al.*, 2013). Il a été dénommé *Phoenix dactylifera* L. par Linné en 1734. Le terme « *Phoenix* » provient du mot grec « *Phoinix* » qui signifie dattier. Le terme « *dactylifera* » dérive du terme grec « *dactylus* » signifiant doigt, associé au mot latin « *fero* » signifiant porté, allusion faite à la forme du fruit (Sallon *et al.*, 2020). Il constitue l'une des espèces fruitières les plus cultivées dans le monde, surtout dans la péninsule arabe, en raison de l'importance économique et de la valeur nutritionnelle de ses fruits (Lim, 2012). En sus, cette herbe géante est utilisée également comme une plante d'ornementation (Sirisena *et al.*, 2015).

**I.2 Taxonomie**

Le palmier est représenté par 200 genres et 2700 espèces réparties en six sous familles dont certaines sont divisées en tribus (Atia *et al.*, 2017). La classification botanique du palmier dattier est rappelée ci-dessous (Mohamoud *et al.*, 2019) :

**Règne :** Plantae

**Groupe :** Spadiciflores

**Division :** Angiospermes

**Classe :** Lilioopsidaea

**Ordre :** Arecales

**Famille :** Arecaceae

**Genre :** Phoenix

**Espèce :** dactylifera

Le genre Phoenix comporte quatorze espèces, la plus connue est le dactylifera, dont les fruits « dattes » font l'objet d'un commerce international important (Awan *et al.*, 2017).

**I.3 Ecologie**

C'est une espèce arborescente très connue par son adaptation aux conditions climatiques très sévères des régions chaudes et arides où elle est essentiellement cultivée (Al-Daihan *et al.*,

2013). C'est une herbe géante thermophile qui exige un climat chaud, sec et ensoleillé et qui s'adapte à tous les sols (Yaish & Kumar, 2015). Les étapes de la pollinisation et de la maturation des fruits sont sensibles à l'humidité (Idder-Ighili *et al.*, 2015). Le palmier dattier commence à produire des fruits à un âge moyen de 5 ans et continue la production avec un taux de 400 à 600Kg /arbre/an pour plus de 60 ans (Thareja *et al.*, 2018).

## I.4 Répartition géographique

### I.4.1 Mondiale

Le palmier dattier fait l'objet d'une plantation intensive en Afrique méditerranéenne et au Moyen-Orient (Zineb *et al.*, 2012). En Europe, l'Espagne est le seul pays producteur de dattes, principalement dans la célèbre palmeraie d'Elche (Toutain, 1996). Il fût introduit au XVIII<sup>ème</sup> siècle en Amérique et sa culture n'a débutée réellement que vers les années 1900 aux Etats-Unis (Bouguedoura, 1991). Il est aussi cultivé à plus faible échelle au Mexique, en Argentine, au sud de l'Asie et en Australie (Mazri & Meziani, 2015). La répartition mondiale des palmiers est représentée dans la Figure 1.

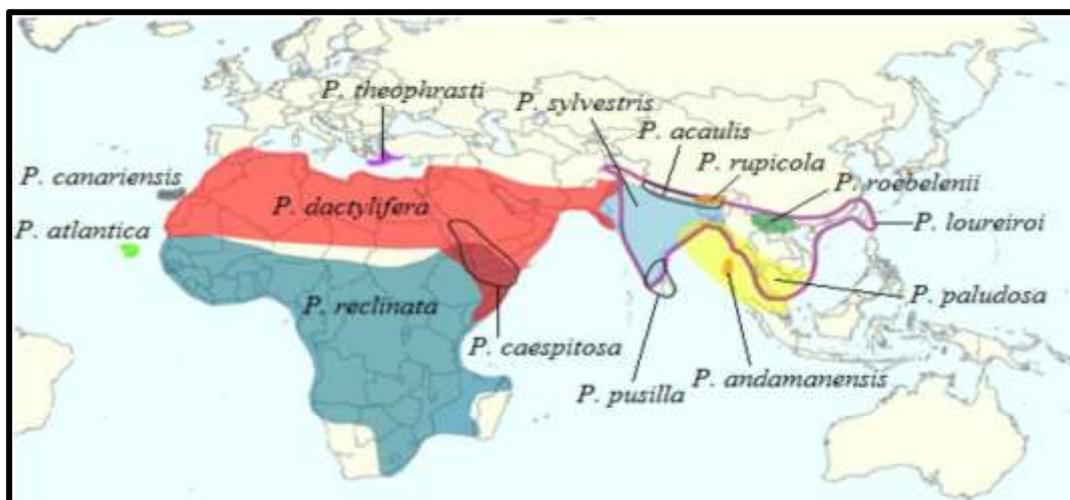


Figure 1. Carte de répartition mondiale du genre Phoenix (Munier, 1973).

### I.4.2 Nationale

D'après Aberlenc-Bertossi (2017), la culture du palmier dattier, en Algérie, s'étend depuis la frontière Marocaine à l'ouest jusqu'à la frontière tuniso-libyenne à l'Est et depuis l'Atlas Saharien au nord jusqu'à Reggane (sud-ouest), Tamanrasset (centre) et Djanet (sud-est). Généralement, les palmeraies algériennes sont essentiellement localisées au Nord-Est du Sahara au niveau des oasis (Faci, 2019). Le palmier dattier est cultivé au niveau de 17 wilayas seulement, pour une superficie de 120830 hectares ; cependant 4 wilayas représentent 83,6% du patrimoine phœnicicole national : Biskra 23%, Adrar 22%, El-oued 21% et Ouargla 15% (FAOSTAT, 2019). Notons que sur un nombre de 13,50 millions de plants cultivés, 69,4 % sont

productifs avec une biodiversité extrême (ONS, 2019). Le Tableau 1 récapitule la répartition des palmiers dattiers en Algérie.

**Tableau 1.** Répartition (Hectare) des palmiers dattiers en Algérie, (MA/DSAEE, 2019).

Wilaya	<i>Deglet nour</i>	<i>Ghars</i>	<i>Degla beida</i>	Total
Adrar	0	0	2150904	2904150
Laghouat	8470	7650	11580	27700
Batna	700	3900	21270	25870
Biskra	1964460	436530	748200	3149190
Bechar	5650	0	0	770030
Tamanrasset	2970	0	0	167760
Tebessa	49550	49550	10650	68970
Djelfa	2610	860	210	3680
M'sila	18000	0	0	18000
Ouargla	1092330	783850	193130	2310069
El Bayedh	0	45900	0	193130
Illizi	2250	16340	73030	91260
Tindouf	350	24250	0	24600
El Oued	18844030	703330	296300	2660883
Khenchla	21290	44800	7370	73460
Naama	0	19600	2600	22200
Chardia	3559930	1660761	4048710	910400
Total	3559930	160761	4048710	13505880

## II. Les dattes

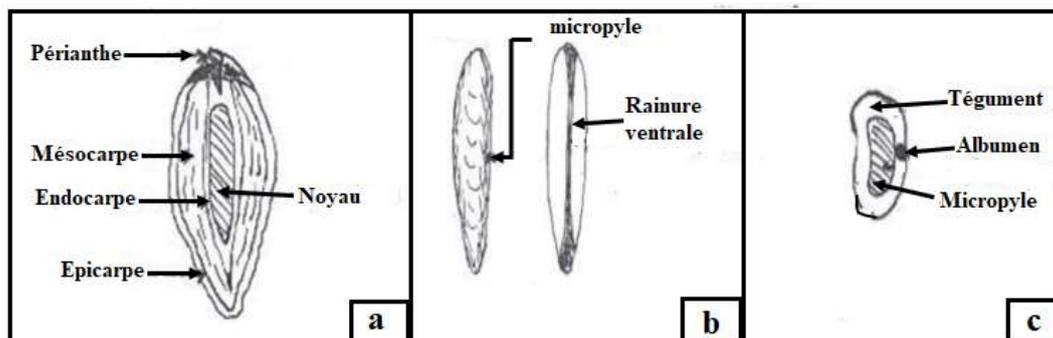
### II.1 Morphologie

La datte, fruit du palmier dattier (Figure 2a), est une baie de forme généralement allongée, oblongue ou ovoïde mais on rencontre également des dattes sphériques (Ghnimi *et al.*, 2018). Ses dimensions sont très variables selon les variétés, de 2 à 8 cm de longueur et d'un poids de 2 à 8 grammes (Hachani *et al.*, 2018). Sa couleur va de blanc jaunâtre au noir passant par les couleurs ambre, rouge, brune plus au moins foncées (Mrabet *et al.*, 2016).

Selon Al Qroom and Momani (2014), la datte est constituée de deux parties : une partie non comestible « noyau » ayant une consistance dure (Figure 2b, 2c) qui est entourée d'une partie comestible « pulpe ou chair ». Cette dernière est à son tour composée de :

- ✚ Un péricarpe : Une enveloppe cellulosique fine dénommée peau.
- ✚ Un mésocarpe : Tissu charnu de consistance variable, selon sa teneur en sucre, et de couleur soutenue.

- ✚ Un endocarpe : Une membrane parcheminée entourant le noyau de teinte plus clair et d'une texture fibreuse.



**Figure 2.** Dattes et noyau du fruit de dattes (Belguedj *et al.*, 2015).

a : Coupe longitudinale d'une datte , b : Noyau de profil et de dos , c : coupe transversale du noyau d'une datte

## II.2 Formation et maturation

Après pollinisation, les fleurs fécondées, à la nouaison, donnent un fruit qui évolue en taille, en consistance et en couleur jusqu'à la récolte (Shahdadi *et al.*, 2015). Durant leur développement, les dattes passent par différents stades d'évolution identifiés sur la base des changements de la couleur, de la texture, de l'arôme et de la saveur (Awad *et al.*, 2011b, Haider *et al.*, 2014). Chaque stade porte une appellation particulière selon les pays. Le Tableau 2 représente les stades de maturation des dattes et les appellations utilisées dans quelques pays.

**Tableau 2.** Appellations des stades de maturation (Boukhiar, 2009).

Pays	Stades de développement de la datte				
	I	II	III	IV	V
<b>Irak</b>	<i>Habbaouk</i>	<i>kimri</i>	<i>Khalal</i>	<i>rotab</i>	<i>tamr</i>
<b>Algérie</b>	<i>Loulou</i>	<i>khlal</i>	<i>Besr</i>	<i>martouba</i>	<i>tmar</i>
<b>Lybie</b>	/		<i>Bser</i>	<i>rotab</i>	<i>tamr</i>
<b>Mauritanie</b>	<i>zeï</i>	<i>tefejena</i>	<i>Engueï</i>	<i>balah</i>	<i>tamr</i>

De nombreux auteurs ont adopté la terminologie utilisée en Irak (Awad *et al.*, 2011a, Guido *et al.*, 2011, Haider *et al.*, 2014). Ainsi, les différents stades peuvent être définis comme suit :

### II.2.1 Hababouk

Ce stade commence juste après la fécondation et se termine à la chute des deux carpelles non fécondés. Il dure environ cinq semaines durant lesquelles le fruit n'est pas mûr ; il est de couleur crémeuse au vert pâle et il est entièrement recouvert par le péricarpe. Ce stade se caractérise par une croissance lente (Awad *et al.*, 2011a).

### **II.2.2 Kimri**

Ce stade dure neuf à quatorze semaines. Le fruit est caractérisé par une couleur verte, une augmentation rapide du poids, de la taille, de la concentration en tanins et en amidon et une accumulation des sucres réducteurs (50%). Cette phase présente aussi une forte acidité et un taux d'humidité élevé, environ 80% (Guido *et al.*, 2011).

### **II.2.3 Khalal**

Ce stade dure trois à cinq semaines. La couleur du fruit passe du vert au jaune clair, puis vire au jaune, au rose ou au rouge selon les variétés. Cette phase est marquée par une augmentation rapide de la teneur en sucres totaux et de l'acidité, par contre la teneur en eau diminue. On assiste également à une diminution de la vitesse d'accroissement de la taille et du poids (Haider *et al.*, 2014).

### **II.2.4 Rotab**

Ce stade dure de deux à quatre semaines. La couleur du fruit passe au marron foncé ou au noir et la datte devient molle et perd son astringence. Cette phase se caractérise par la condensation des tanins sous l'épicarpe, la diminution progressive du poids, la perte d'eau (35-40%) et l'accumulation des monosaccharides. A ce stade certaines variétés peuvent être comestibles (Awad *et al.*, 2011b).

### **II.2.5 Tamr**

Ce dernier stade dure quatre à cinq semaines. C'est la phase de maturation complète où le fruit se déshydrate et accumule plus de sucres et la plupart des dattes peuvent être récoltées car elles sont comestibles (Eid *et al.*, 2013).

## **II.3 Les variétés**

Il existe plusieurs variétés de dattes dans le monde avec des particularités et différences dans la saveur, la consistance, la forme, la couleur, le poids et les dimensions (Belguedj *et al.*, 2015; Mrabet *et al.*, 2019). Cependant, seulement quelques-unes sont commercialisées (Manach *et al.*, 2004).

L'Algérie est connue par la biodiversité des dattes avec un réservoir variétale de plus de 940 cultivars (Faci, 2019). La principale variété cultivée est *Deglet-Nour*. C'est la variété commerciale par excellence qui représente 47% de la production. Elle est très appréciée à l'échelle nationale et internationale (Hannachi *et al.*, 1998). A maturité, la datte est demi-molle et d'une couleur brune ambrée avec un épicarpe translucide, lisse et brillant. Le mésocarpe présente une texture fine légèrement fibreuse (Amellal-Chibane & Benamara, 2011).

### **II.3.1 Les variétés communes**

Ces variétés sont de moindre importance économique par rapport à *deglet-nour*. Leur production est estimée à 43%. Les variétés les plus répandues sont : *ghars*, *degla-beïda*, *mech-degla* et *kentichi* (Chibane *et al.*, 2007)

### **II.3.2 Les variétés secondaires**

On compte plus de 150 variétés marginalisées et très peu appréciées, dont la production et la consommation est restreinte aux régions endémiques (Abekhti *et al.*, 2013; Mansouri *et al.*, 2005).

## **II.4 Classification des dattes**

A la récolte, quand le fruit est entièrement mûr, les cultivars du palmier dattier sont divisés en trois principaux groupes selon leur consistance et leur teneur en eau (Assirey, 2015)

### **II.4.1 Les dattes molles**

Les dattes dont la teneur en eau est supérieure ou égale à 30% sont molles. Ces dattes sont caractérisées par des fortes teneurs en sucres réducteurs (fructose et glucose). La variété *ghars* est à la tête des variétés molles préférées par les consommateurs et les producteurs.

### **II.4.2 Les dattes demi-molles**

Les dattes sont considérées demi-molles quand la teneur en eau varie de 20 à 30%. Elles sont riches en saccharose.

### **II.4.3 Les dattes sèches**

Une datte est dite sèche lorsque sa teneur en eau est inférieure à 20%. Elle renferme des quantités considérables de saccharose.

## **II.5 Production des dattes**

### **II.5.1 Production mondiale**

La production mondiale des dattes, en 2019, (Tableau 3) est estimée à 9 075 446 tonnes (FAOSTAT, 2019) ; elles sont produites dans plus de 25 pays et cultivées sur environ 1 381 434 Hectare de terre. Aujourd'hui, dans le monde entier, la production, l'utilisation et l'industrialisation des dattes augmentent sans interruption pour certains pays producteurs, principalement l'Egypte (1 603 762 tonnes), l'Arabie Saoudite (1 539 756 tonnes), l'Iran (1 307 908 tonnes) et l'Algérie (1 136 025 tonnes).

**Tableau 3.** Production mondiale (tonnes) de dattes en 2019 (FAOSTAT, 2019).

Pays	Production annuelle (tonnes)
<b>Egypte</b>	1603762
<b>Arabie Saoudite</b>	1539756
<b>Iran</b>	1307908
<b>Algérie</b>	1136025
<b>Irak</b>	639315
<b>Pakistan</b>	483071
<b>Oman</b>	372572
<b>Tunisie</b>	288700
<b>Emirates Arabe Unie</b>	233478
<b>Mauritanie</b>	219226
<b>Lybie</b>	174850
<b>Chine</b>	172587
<b>Maroc</b>	101537

### II.5.2 Production nationale

Selon FAOSTAT (2019), l'Algérie est le premier pays producteurs de dattes dans l'union arabe Maghrébin et le quatrième dans le monde avec 1 136 025 tonnes en 2019, soit 12.52 % de la production mondiale. Selon ONS (2019), la production de dattes pour la campagne 2017/2018 a été estimée à 10,9 millions de quintaux dont près de 54% de la production provient de la variété *deglet nour*, 28% de dattes sèches et le reste soit 18% de dattes molles. Comparativement à la campagne écoulée, la production globale de dattes a affiché un taux de croissance positif de 3%. Par variété, cette croissance est attribuée à la *deglet nour* et les dattes sèches respectivement de 5% et 4%. Le Tableau 4 récapitule la production des dattes en Algérie.

**Tableau 4.** Production nationale (tonnes) de dattes en 2019 (MA/DSAEE, 2019).

Wilaya	<i>Deglet nour</i>	Dattes molles	Dattes sèches	Total
<b>Biskra</b>	101962	13476	29228	144666
<b>Ouargla</b>	4011	20776	6674	31461
<b>Tebessa</b>	30462	400	174	31036
<b>Ghardaia</b>	900600	3860	13140	917600
<b>El-Oued</b>	10923	234	105	11262
<b>Total</b>	1047958	38746	49321	1136025

D'après ce tableau, près 86% de la production nationale est représentée par les deux wilayas Biskra (54.30%) et Ouargla (32.16%). La production des palmeraies Ghardaouies ne dépasse pas 13%. La variété *deglet nour* occupe la première place avec une production de 60.04%.

## II.6 Composition biochimique

Les dattes renferment des constituants majeurs et mineurs dont les teneurs (Tableau 5) varient en fonction de plusieurs facteurs (Ramchoun *et al.*, 2017).

**Tableau 5.** Composition physico-chimique (%) de la pulpe des dattes

Variétés		Sèche	demi-molle	Molle	Références
<b>pH</b>		5,6	6,01	5,98	(Abdul-Hamid <i>et al.</i> , 2020)
<b>Teneur en eau</b>		< 20	20-30	> 30	(Rambabu <i>et al.</i> , 2020)
<b>Sucres</b>	Sucres totaux	90,00	78,10	72,70	
	Sucrose	6,9	4,2	6,1	
	Glucose	47,4	34,6	3,4	
	Fructose	35,7	39,3	33,2	
<b>Protéines</b>	Total	2,58	2,73	3,12	
	Glutamine	32,64	33,58	34,25	
	Aspartate	24,48	29,17	30,5	
	Glycine	16,74	14,46	11,6	
	Proline	12,59	10,05	9,83	
	Histidine	4,15	3,55	4,53	
	Valine	9,41	9,19	9,28	
<b>Lipides</b>		0,37	0,29	1,96	
<b>Minéraux (mg/100g)</b>	Total (%)	1,85	1,96	1,72	
	Calcium	30,14	42,39	40,25	
	Phosphore	74,17	65,84	52,19	
	Sodium	17,52	14,73	8,41	
	Potassium	424,81	444,69	431,17	
	Magnésium	67,53	70,83	46,28	
	Fer	0,89	1,37	1,42	
<b>Fibres</b>	fibres totaux	12,53	14,40	18,40	(Mrabet <i>et al.</i> , 2019)
	fibres solubles	8,45	9,19	11,70	
	fibres insolubles	4,22	5,16	6,68	
<b>Polyphénols (mg/100g)</b>	polyphénols totaux	277,26	225,82	229,92	(Hachani <i>et al.</i> , 2018)
	Flavonoïdes	3,89	7,85	8,63	
	Tanins	16,71	33,36	60,05	
<b>Vitamines</b>	thiamine (vit.B1)	0,06	1,42	1,18	(Nadeem <i>et al.</i> , 2019)
	riboflavine (vit.B2)	0,10	0,05	0,03	
	niacine (vit.B3)	1,70	0,019	0,015	
	pantothénate (vit.B5)	0,80	0,53	0,02	
	Folate (Vit.B9)	8,00	2,64	1,31	
	vitamine C	2,00	1,53	0,95	

## II.6.1 Composition de la pulpe

La pulpe de la datte représente environ 80 à 95% du poids total du fruit. Sa composition biochimique est différente de celle du noyau (Karra *et al.*, 2020). Le Tableau 5 présente la composition physico-chimique de la pulpe des dattes.

### II.6.1.1 Les constituants majeurs

#### II.6.1.1.1 L'eau

Les dattes sont caractérisées par de faibles teneurs en eau qui varie de 10 à 40% ce qui les classe parmi les aliments à humidité intermédiaire (Al Hazzani *et al.*, 2014). Leur humidité décroît des stades verts au stades mûrs (Haider *et al.*, 2014).

#### II.6.1.1.2 Les sucres

Les glucides sont les constituants majeurs des dattes, ils représentent environ 70 –90 % du poids de la datte (Belguedj *et al.*, 2015). Selon Haider *et al.* (2014), les sucres dominants sont le saccharose (8,69-17,95 %), le fructose (15,25-30,58%) et le glucose (16,92-31,66%). D'autres monosaccharides à savoir le galactose, le mannose, le xylose, le rhamnose et le fucose y sont présents en faibles quantités, soient 8%, 5% , 4%, 3% et 1% de la fraction glucidique respectivement (Mrabet *et al.*, 2017a). La proportion et le type de sucres varient en fonction du stade de la maturation (Awad *et al.*, 2011a). La fraction glucidique augmente tout au long du processus de maturation du fruit (Ismail *et al.*, 2013). Les sucres non réducteurs (SNR) sont caractéristiques des stades précoces de développement alors que les sucres réducteurs (SR) sont présents dans les fruits mûrs (Guido *et al.*, 2011). Au fait l'accumulation des SNR dans la pulpe permettrait de constituer une excellente source de sucres assimilables disponibles (Haider *et al.*, 2014).

#### II.6.1.1.3 Les fibres

Les dattes sont riches en fibres, elles en apportent 8,1 à 12,7 % du poids sec, (Mrabet *et al.*, 2019). Elles sont essentiellement riches en pectine, la cellulose, l'hémicellulose et en lignine (Alothman *et al.*, 2020). Toutefois, les dattes fines, comme *deglet nour*, n'en contiennent qu'une faible proportion, environ 6% (Amellal-Chibane & Benamara, 2011).

#### II.6.1.1.4 Les protéines

Les dattes possèdent de faibles teneurs en protéines ne dépassant pas 3% de la matière sèche (Benmeziane-Derradji, 2019; Besbes *et al.*, 2009). Parmi ces protéines on note la présence d'un certain nombre d'enzymes (l'invertase, la cellulase, la pectinméthylestérase, la peroxydase et polyphénoloxydase) qui catalysent des réactions importantes lors du

développement et la maturation ainsi que dans leur conservation (Maronedze *et al.*, 2014a). Les acides aminés détectés dans les dattes sont : l'Isoleucine, la leucine, la lysine, la méthionine, la cystéine, la phénylalanine, la tyrosine, la thréonine, le tryptophane, la valine, l'arginine, l'histidine, l'alanine, l'acide aspartique, l'acide glutamique, la proline et la sérine (Ali *et al.*, 2014).

#### **II.6.1.1.5 Les lipides**

La matière grasse est pratiquement absente dans la pulpe ;le taux varie de 0,43 à 1,9 % du poids frais (Habib *et al.*, 2013). La pulpe de dattes contient des acides gras tels que l'acide oléique, palmique, laurique, linoléique et palmitique (Al Juhaimi *et al.*, 2018).

#### **II.6.1.1.6 Les minéraux**

La caractéristique la plus remarquable des dattes réside dans la présence de minéraux et d'oligoéléments particulièrement abondants (de l'ordre de 4%) dépassant nettement les autres fruits secs.(Abass *et al.*, 2018). Selon.Rahman and Al-Farsi (2005), les minéraux dominants dans les dattes sont le calcium (55,0-81,9 mg/100g), le magnésium (60,9-76,2 mg/100g) et le phosphore (59,3-74,0 mg/100g) , le sélénium a été également détecté dans les dattes (0,36-0,53mg/100g).

#### **II.6.1.2 Constituants mineurs**

Mis à part les précédents constituants majeurs, les dattes renferment des constituants mineurs en faibles quantités dont les principaux sont cités ci-dessous :

##### **II.6.1.2.1 Les vitamines**

La pulpe de dattes contient des vitamines en quantités variables avec les types de dattes et leur provenance (Homayouni *et al.*, 2015). En général, elle contient des caroténoïdes et des vitamines du groupe B en quantités appréciables, mais peu de vitamine C (Boudries *et al.*, 2007).

##### **II.6.1.2.2 Les composés phénoliques**

Les composés phénoliques occupent une grande partie des métabolites secondaires de la datte et dont les teneurs varient de 225,57 à 945,54 mg EAG/ 100g (Benmeddour *et al.*, 2013). Les travaux de Mrabet *et al.* (2017a) et de Hachani *et al.* (2018) ont mis en évidence la richesse des dattes en acides phénoliques (acide gallique, acide cinnamique, etc.), en flavonoïdes (quercétine, lutéoline, etc.) et en tanins (tanins galliques et éllagiques). En passant des stades non mûrs aux stades mûrs, la fraction phénolique diminue, ceci est due principalement à la diminution des teneurs en tannins (Benmeziane-Derradji, 2019). Qualitativement parlant, il

existe peu d'études dans la littérature portant sur l'évolution du profil phénolique au cours de la maturation des dattes (El-Far *et al.*, 2019).

### II.6.1.3 Autres constituants

En plus des constituants majeurs et mineurs cités ci-dessus, d'autres composés sont présents sous forme de traces (Benmeziane-Derradji, 2019; Ghnimi *et al.*, 2018):

- ✚ Les acides organiques, dont les plus dominants sont les acides citrique et malique.
- ✚ Les substances volatiles, dont les plus dominants sont l'éthanol, l'isobutanol, l'isopentanol.
- ✚ Les pigments, dont les plus dominants sont la chlorophylle.

## II.6.2 La composition biochimique du noyau

Le noyau représente 7 à 30 % du poids de la datte (Djaoudene *et al.*, 2019b). Il est composé d'un albumen blanc, dur et corné (Dawood *et al.*, 2020). Sa composition biochimique diffère de celle de la pulpe, tant pour la quantité que pour la qualité (Habib *et al.*, 2013). Les études menées sur sa composition ont montré la présence de minéraux, protéines, de glucides et de lipides (Al Juhaimi *et al.*, 2018). Le Tableau 6 montre la composition biochimique des noyaux de quelques variétés de dattes Algériennes.

**Tableau 6.** Composition biochimique (%) des noyaux de dattes Algériennes (Djaoudene *et al.*, 2019).

Variétés	Teneurs en cendres	Teneurs en eau	Teneurs en sucres	Teneurs en protéines
<i>Ourous</i>	11,93	11,37	20,97	1,39
<i>Tazarzeit</i>	12,08	11,36	17,36	2,64
<i>Tazoughart</i>	11,13	10,66	24,11	2,83
<i>Tazizaout</i>	11,77	11,5	25,67	2,98
<i>Ouaouchet</i>	11,01	10,86	19,93	2,51
<i>oukasaba</i>	11,58	11,43	29,47	3,10
<i>delat</i>	11,8	11,09	17,61	2,83
<i>Tamezwert n'telet</i>	12,06	10,80	27,78	3,34

## II.7 Microbiologie des dattes

La microflore naturelle des fruits et légumes crus est usuellement non pathogène pour l'homme et peut être présente au moment de la consommation. Toutefois, durant la récolte, le transport, le traitement post-récolte et manutention, le produit peut être contaminé avec des microorganismes pathogènes par l'intermédiaire de l'homme, l'animal ou l'environnement

(Ramos *et al.*, 2013). Il est admis que les dattes peuvent être contaminées à tous les stades de la chaîne alimentaire. La formation de poches de gaz sous la peau, des agrégats blancs, d'une chair décolorée et d'une odeur d'alcool caractérise les dattes infectées (Yahia *et al.*, 2014).

La microflore endogène des dattes est estimée à environ  $10^2$  UFC/g (Umar *et al.*, 2014) dont la flore fongique s'est révélée la flore dominante. Les dattes sont caractérisées par un pH légèrement acide et une faible  $A_w$ . Toutes ces conditions sont favorables au développement des champignons au détriment des bactéries. Des espèces saccharolytiques et xérophiles de levures dont *Zygosaccharomyces* et *Hansenula* peuvent s'y développer (Abass, 2013a). Quant à la flore d'altération, les moisissures contaminant les dattes incluent *Aspergillus sp.*, *Alternaria sp.*, *Stemphylium botryosum*, *Cladosporium sp.*, *Macrosporium sp.*, *Cytomycesramousus*, *Phomopsisdiospyri* et *Penicillium* (Al-Sheikh, 2009). La prolifération de souches toxigènes d'*Aspergillus parasiticus* et la production d'aflatoxine (plus de 300 mg au stade *khalal*) a été rapportée (Abass, 2013a). Ces germes peuvent engendrer des pertes significatives avant ou juste après récolte durant les périodes pluvieuses ou très humides et attaquer les fruits aux stades *khalal* ou *rutab* (Al-Hammadi *et al.*, 2019).

Al Hazzani *et al.* (2014) ont montré que les bactéries lactiques sont les espèces bactériennes dominantes des dattes. Quelques espèces appartenant au genre *Bacillus* et *Clostridium* peuvent également y exister. Les travaux de Aleid *et al.* (2014) ont confirmé qu'en plus de cette flore résidente, une flore d'altération peut y croître et elle est principalement représentée par des coliformes fécaux ( $10^2$  UFC/g) et *Acetobacter*. Ces derniers convertissent l'éthanol en acide acétique. Par conséquent, l'aigreur éventuelle des dattes serait due à une accumulation d'éthanol et/ou d'acide acétique. Ainsi, les cultivars mous, sont soumises à une fermentation si elles ne sont pas stockées à basse température environ 4 °C (Yahia *et al.*, 2014). Certaines espèces pathogènes (*Staphylococcus aureus*, *E.coli*, *Pseudomonas aeruginosa*) ont été également isolées des dattes (Hamad, 2012, Risiquat, 2013).

Le degré de contamination des dattes dépend de plusieurs facteurs, notamment la variété, sa composition physico-chimique (pH, acidité,  $A_w$ , teneur en sucres, présence de molécules inhibitrices) et son stade de maturation (Al-zoreky & Al-Taher, 2015). La microflore des dattes varie également en fonction du stade de la maturation. Elle est élevée au stade *kimri*, puis elle augmente légèrement au stade *rotab* et en fin elle diminue significativement au stade final *tamr* dont l'activité d'eau est faible et le taux de sucre est important (Shenasi *et al.*, 2002). La

présence à des taux élevés de polyphénols peut prévenir la contamination microbienne (Abekhti *et al.*, 2013).

## **II.8 Usage thérapeutique des dattes**

Les dattes sont traditionnellement utilisées pour des fins thérapeutiques (Qadir *et al.*, 2019). Vu leur valeur énergétique et leur richesse en minéraux, la prise régulière des dattes permettrait de lutter contre l'anémie et la déminéralisation. Ainsi, elles sont recommandées aux femmes enceintes et allaitantes (Eid *et al.*, 2014). Ces fruits ont également un effet hypocholestérolémiant (Al Alawi *et al.*, 2020). Les dattes vertes tonifiantes sont utilisées pour le traitement des diarrhées alors que celles pilées dans de l'eau soignent l'ictère (jaunisse) et aussi les constipations. En sus, les dattes en infusion ou en décoction traitent les rhumes alors qu'elles soignent les maux de gorge en gargarisme (Benchelah & Maka, 2006, Maqsood *et al.*, 2019). En sus, elles sont aussi utilisées pour les maladies nerveuses et dans les affections broncho-pulmonaires (Baliga *et al.*, 2011). Les dattes sont également indiquées contre plusieurs maladie telles que l'inflammation, l'hypertension, l'ostéoporose et les cancers colo-rectaux et ceux du pancréas (El-Far *et al.*, 2019).

## **III. Technologie des dattes**

La technologie de la datte recouvre toutes les opérations qui, de la récolte à la consommation, ont pour but de préserver toutes les qualités des fruits et de transformer ceux qui ne sont pas consommés, ou consommables en l'état, en divers produits, bruts ou finis, destinés à la consommation humaine ou animale et à l'industrie (Ould El Hadj *et al.*, 2013; Saikiran *et al.*, 2018). L'industrie de conditionnement joue un rôle primordial dans la préservation, l'amélioration de la qualité et l'augmentation de la valeur marchande des fruits, surtout ceux qui sont destinés à l'exportation (Marcial-Coba *et al.*, 2019).

### **III.1 Conditionnement de la datte**

Le conditionnement des dattes concerne l'ensemble des opérations effectuées après la cueillette et destinées à présenter un produit fini prêt à être consommé. Ces opérations sont : la désinsectisation, le triage, le lavage éventuel, l'humidification et/ou le séchage, l'enrobage éventuel par le sirop, la mise en caisse ou en boîte et l'entreposage frigorifique (Homayouni *et al.*, 2015). Ces différentes opérations de conditionnement sont très personnalisées dans chaque entreprise et selon la clientèle destinataire (Sánchez-Zapata *et al.*, 2011).

### III.2 Transformation de la datte

La transformation des dattes regroupe l'ensemble des opérations effectuées, après la récolte, pour obtenir un nouveau sous-produit à base de datte. Ces opérations varient selon le produit final souhaité, elles peuvent inclure le dénoyautage, la cuisson, le séchage, le broyage, l'emballage, etc. (Ahmed *et al.*, 2005). La transformation des dattes peut contribuer fortement à la valorisation des excédents de production, à la formulation de nouveaux produits à haute valeur ajoutée. Ainsi, elle joue un rôle primordial dans la préservation de l'agrobiodiversité du palmier dattier en trouvant des issues commerciales aux fruits des variétés/cultivars secondaires (Homayouni *et al.*, 2015).

#### III.2.1 La pâte de datte

La pâte de dattes est fabriquée à partir de variétés molles (telle que la variété *ghars*) ou ramollies par humidification. En Algérie, leur fabrication est faite selon une méthode ancestrale artisanale qui consiste à cuire les dattes dénoyautées à la vapeur. S'en suit le malaxage et l'ajout d'additifs aromatisant (eau de fleur d'oranger) et texturant (huile de tournesol). Toutefois, elle demeure personnalisée par les producteurs dont certains ont recours à l'ajout de la pulpe de noix de coco, de la farine d'amande douce ou même des colorants pour améliorer la qualité rhéologique et marchande des pâtes (Abekhti *et al.*, 2013, Ahmed & Ramaswamy, 2006).

Selon un procédé récent, visant la production de barre de fruits à base de pâte de dattes, l'élaboration de la pâte passe par la sélection de dattes molles et saines sans altérations physiques. Les fruits sont ainsi coupés à l'aide d'un matériel stérile et sont dénoyautés manuellement dans des conditions d'asepsie. La pulpe obtenue est broyée mécaniquement et puis cuite à la vapeur, avec homogénéisation continue durant plus de 10 mn (Parn *et al.*, 2015).

La pâte de datte est utilisée en biscuiterie et en pâtisserie (Marcial-Coba *et al.*, 2019). Parmi tous les sous-produits dattier, la pâte de dattes est à leur tête. Ceci s'explique par la conservation de la valeur nutritive, de la composition physico-chimique et de la qualité hygiénique même après transformation. Lors de la fabrication de certains produits dérivés de dattes on assiste à une perte et une détérioration plus au moins importante de certains composés essentiels. Le même constat est observé lors de la transformation de la pulpe ou bien du noyau (Sánchez-Zapata *et al.*, 2011).

Malgré la forte production des pâtes de dattes dans le monde, peu d'études ont été menées sur cette matrice. Les travaux de Parn *et al.* (2015) ont montré que la valeur énergétique et la composition physico-chimique des pâtes de dattes sont proches de celles des variétés

utilisées comme matière première. Le Tableau 7 montre une comparaison entre la composition biochimique des fruits et des pâtes de dattes.

**Tableau 7.** Composition biochimique des dattes et pâte de dattes (Parn *et al.*, 2015).

Variétés	Nabtat Ali		sukkari	
	Fruit	Pâte	Fruit	Pâte
Paramètres				
Teneurs en eau (%)	15,73	24,53	18,26	26,25
Teneurs en sucres (%)	72,65	57,72	69,93	56,77
Teneurs en protéines (%)	2,22	3,70	2,84	4,06
Teneurs en lipides (%)	1,93	6,64	2,54	6,43
Teneurs en minéraux (%)	1,88	1,90	1,93	1,89
Teneurs en fibres (%)	5,59	5,51	4,50	4,60
Valeur énergétique (K/100g)	1323,09	1276,04	1311,02	1258,27

Quant à la flore microbienne des pâtes, Abekhti *et al.* (2013) ont constaté une diminution significative de la population microbienne après transformation et en fin du stockage. Les souches pathogènes (*S. aureus*) et des coliformes fécaux initialement présents sur les fruits ont disparu. Selon ces auteurs, ceci s'explique par le choc thermique (70°C) au cours de la cuisson, l'acidité des pâtes, les faibles  $A_w$ , et la présence de molécules inhibitrices tels que les polyphénols.

La pâte de dattes est riche en substances bioactives. Elle possède de fortes teneurs en polyphénols (225 mg EAG/100 g) ce qui laisse supposer qu'elles sont douées d'activités biologiques (Sánchez-Zapata *et al.*, 2011).

### III.2.2 La farine de datte

La farine de datte est préparée par broyage de dattes sèches ou desséchées (Harrak & Jaouan, 2010). Vue ses fortes teneurs en sucres, elle est utilisée en biscuiterie, pâtisserie et comme aliments pour enfants (Ait Ameer, 2001). Dans certain yaourts les farines de dattes sont incorporées (Benamara *et al.*, 2004).

### III.2.3 Les sirops, les crèmes et les confitures de dattes

Ces produits sont également fabriqués à partir des dattes. Leur fabrication est basée sur l'extraction des sucres par diffusion de ces derniers et des autres composants solubles de la datte. Les dattes utilisées doivent être saines car il est important d'éviter tout arrière-goût de fermentation (Abbès *et al.*, 2011). Des crèmes ou des confitures d'excellente qualité à savoir le *robb* peuvent être obtenus par mélange et cuisson de pâte ou de morceaux de dattes et de sirop (Besbes *et al.*, 2009; El Hadrami & Al-Khayri, 2012).

### III.3 La mise en valeur des déchets

Les dattes abîmées et de faible valeur marchande peuvent être utilisées en raison de leur forte teneur en sucre pour la production d'une gamme de produits :

#### III.3.1 La biomasse et protéines unicellulaires

Des essais de production de protéines d'organismes unicellulaires par culture de la levure *Saccharomyces cerevisiae* sur un milieu à base de dattes ont été réalisés (Tang *et al.*, 2014)

#### III.3.2 Les alcools

Les dattes constituent un substrat de choix pour la production d'alcools. En effet, Djelal *et al.* (2017) ont pu produire de l'éthanol par culture en continue des souches endogènes *Saccharomyces cerevisiae*, *Zygosaccharomyces rouxii* et *Bacillus amyloliquefaciens* avec un rendement de 40,6%, 29,5% et 43% respectivement. La production simultanée d'acétone, butanol et d'éthanol a été réalisée par fermentation des souches natives de *Clostridium* sur des dattes (Abdillah *et al.*, 2015).

#### III.3.3 Le vinaigre

Les dattes peuvent être utilisées pour l'élaboration de nombreux produits alimentaires parmi lesquels le vinaigre (Ould El Hadj *et al.*, 2013). Les populations du sud le produisaient déjà naturellement de manière artisanale grâce à leur flore acétique. Il a été également produit par des techniques poussées ; à savoir par culture de la levure *Saccharomyces cerevisiae* sur un extrait de pulpe de dattes traitées par ultrasons (Siddeeg *et al.*, 2019). Cette levure initie la fermentation et produit de l'alcool (éthanol) qui est converti en acide acétique par *Acétobacter*.

#### III.3.4 Les aliments de bétail

Les rebuts et la farine des noyaux de dattes et les noyaux de dattes constituent des sous-produits intéressants pour l'alimentation du bétail, ils peuvent y être incorporés, avec un taux de 10 %, sans influencer négativement leurs performances (Heuzé *et al.*, 2015).

#### III.3.5 Autres produits

Selon Rao *et al.* (2012), les dattes constituent un substrat de choix pour la production de nombreux autres produits à savoir le vin (Espiard, 2002), le jus (Chandrasekaran & Bahkali, 2013), le ketchup (Mikki *et al.*, 1987), la mayonnaise (Basuny & Al-Marzooq, 2011) et les polyols (Briones *et al.*, 2011).

## *Chapitre II*

---

### *Les composés phénoliques*

## Chapitre II : Les composés phénoliques

### I. Généralités

Les composés phénoliques, communément appelés les polyphénols, sont des métabolites secondaires spécifiques du règne végétal (Djaoudene *et al.*, 2019b). Ce sont des composés organiques qui possèdent un ou plusieurs noyaux aromatiques, auxquels sont directement liés un ou plusieurs groupements hydroxyles libres ou engagés dans une fonction ester, éther ou hétéroside (Bruneton, 1999, Hilary *et al.*, 2020). Leur fonction principale est la protection contre les pathogènes et les herbivores ainsi que la limitation des dommages dus aux radiations (Benmeziane-Derradji, 2019). Ils forment une immense famille de plus de 8000 composés organiques (Bahorun, 1998; Macheix, 2018), qui sont tous issus de deux voies principales de biosynthèses : la voie shikimate et acétate (Lugasi, 2003; Seymour *et al.*, 2013).

### II. Classification des composés phénoliques

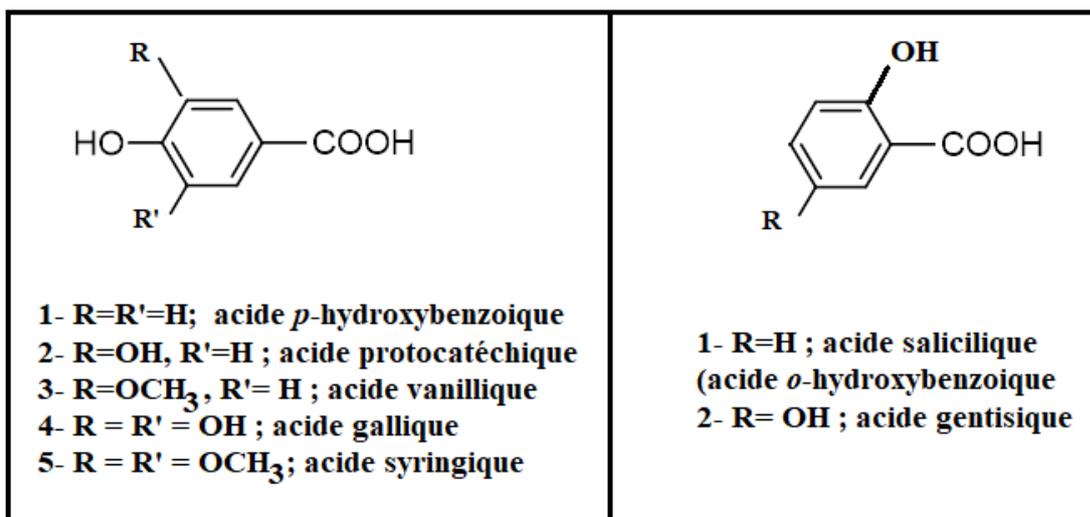
Il existe plusieurs classifications des polyphénols, la classification rappelée ci-dessous est celle de (Macheix, 2018).

#### II.1 Les acides phénoliques

Les acides phénoliques sont très diversifiés, les variations des structures se situent dans l'hydroxylation et la méthylation du noyau aromatique (Ferreira *et al.*, 2017; Häkkinen, 2000). Ils sont eux même classés, selon Seymour *et al.* (2013) en :

##### II.1.1 Acides benzoïques

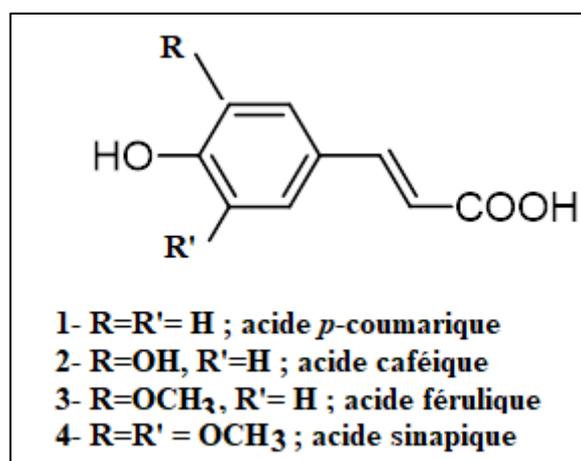
Les acides benzoïques ont une structure générale de C<sub>6</sub>-C<sub>1</sub> (Figure 3), c.-à-d. qu'ils possèdent un noyau aromatique (C<sub>6</sub>) reliée à une chaine en C<sub>1</sub> (COOH). Ils peuvent être libres ou liés aux sucres ou aux acides organiques, dont ils sont libérés par hydrolyse alcaline (Lima *et al.*, 2019; Ribéreau-Gayon, 1964). Les acide benzoïques les plus répandus dans les dattes sont : les acides p-hydroxybenzoïque (APHB), gallique, vanillique, protocatéchique, syringique, et l'acide élлагique (Ibrahim *et al.*, 2021).



**Figure 3.** Structures chimiques des acides benzoïques (Ribéreau-Gayon, 1968).

### II.1.2 Acides cinnamiques

Les acides cinnamiques ont une structure générale de C<sub>6</sub>-C<sub>3</sub> (Figure 4). Selon Macheix (2018), ils peuvent se retrouver sous forme libre ou associée à d'autres composés (sucres ou acides organiques). L'analyse qualitative des composés phénoliques des dattes a révélé la présence des acides cinnamiques suivants : l'acide cinnamique, *p*-coumarique caféique, férulique et l-acide sinapique (Hachani *et al.*, 2018)



**Figure 4.** Structures chimiques des acides cinnamiques (Ribéreau-Gayon, 1968).

## II.2 Les flavonoïdes

Les flavonoïdes sont des substances généralement colorées (flavus = jaune) dissoutes dans les vacuoles à l'état d'hétérosides ou comme constituant des plastes particuliers, les chromoplastes (Naczka & Shahidi, 2006; Wen *et al.*, 2017). Ils possèdent un squelette de base de quinze atomes de carbones (Figure 5), constitué de deux unités aromatiques en C<sub>6</sub> (A et B) reliées par une chaîne (C) en C<sub>3</sub> (Bruneton, 1999; Perez-Vizcaino & Fraga, 2018). La famille

comprend plus de 5000 dérivés qui peuvent se diviser en six classes (Ahmed & Eun, 2018; Medić-Šarić *et al.*, 2004) :

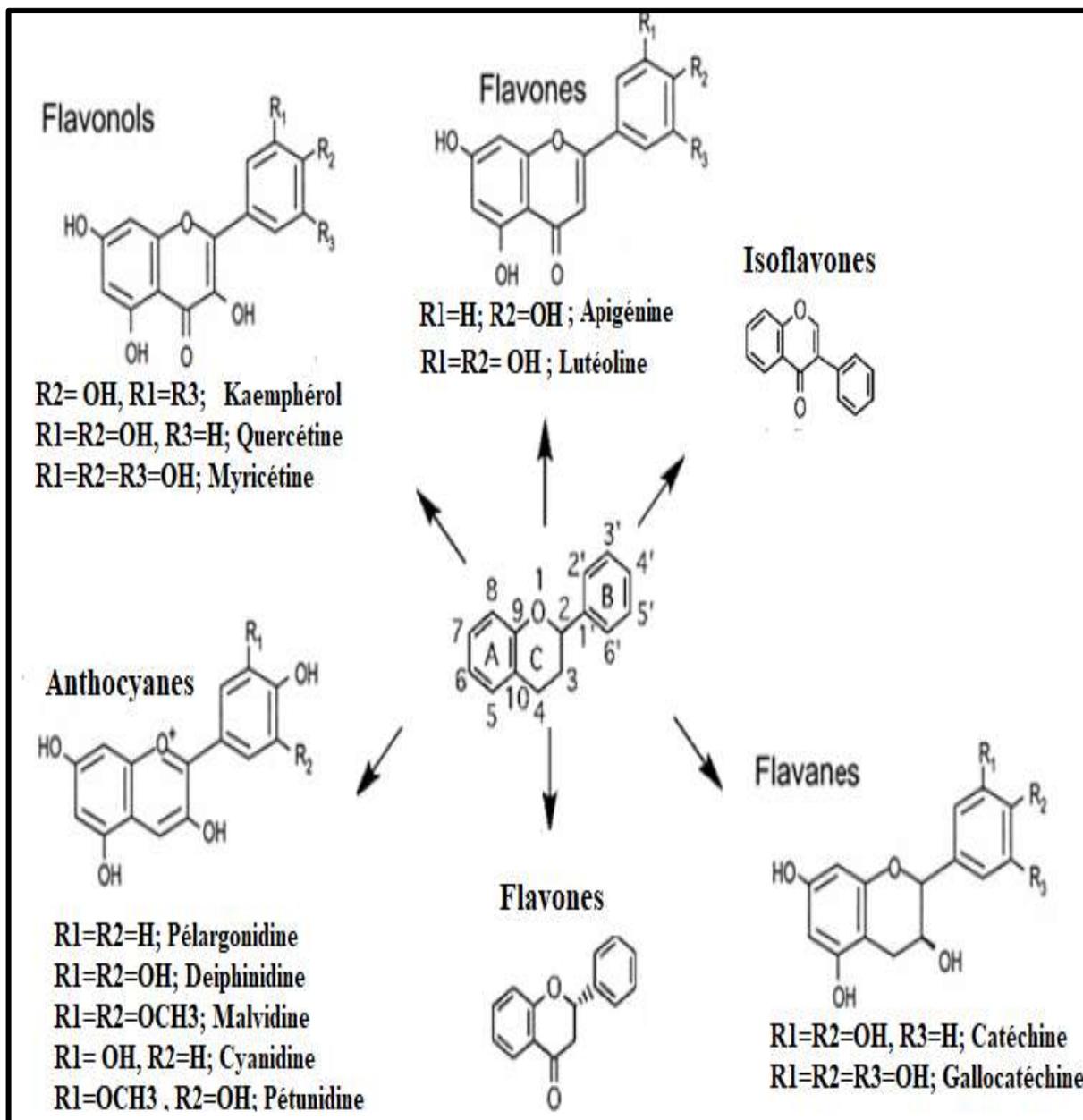


Figure 5. Structures chimiques des flavonoïdes (Manach *et al.*, 2004).

### II.2.1 Les anthocyanes

Les anthocyanes (du grec anthos, fleur et Kuanos, bleu violet) sont des pigments qui colorent les plantes en bleu, rouge, mauve, rose ou orange. Leur structure de base est caractérisée par un noyau "flavon" généralement glucosylé en position C3. Ils se différencient par leur degré d'hydroxylation et de méthylation et par la nature, le nombre et la position des oses liés à la molécule. Selon (Rambabu *et al.*, 2020), les anthocyanes sont représentés dans les cultivars sombres de dattes, tel que *Ajwa*, par la cyanidine.

### II.2.2 Les flavanones

Ces composés ne comportent pas de groupements OH en position 3 et présentent de fortes similitudes de structures avec les flavonols. La naringénine, l'héspéridine et l'érédictyol sont les flavanones responsables de l'amertume de certains fruits tels que les pamplemousses, les citrons et les oranges (Alais & Linden, 1997; Joseph *et al.*, 2016). Des flavanones glucosidés non identifiés ont été détectés dans les variétés de dattes algériennes *tafiziouine*, *akerbouche*, *ougherouss* et *tazizaout* (Mansouri *et al.*, 2005).

### II.2.3 Les flavanes

Les flavanes contiennent un hétérocycle central entièrement saturé et qui ne possède pas de groupement CO. Ces molécules se différencient des autres composés phénoliques par leur existence sous forme d'aglycones, le plus souvent polymérisés, tandis que les autres molécules sont toujours sous forme hétérosidique (Ribéreau-Gayon, 1968, Seymour *et al.*, 2013). Les flavanes des dattes les plus identifiées sont les catéchines et les gallocatéchines (Mrabet *et al.*, 2019).

### II.2.4 Les flavonols (hydroxy-3-flavone)

Les flavonols sont les flavonoïdes les plus répandus. Ils se différencient des flavones par l'existence d'un OH en position 3. Les principaux flavonols extraits des dattes sont la quercétine, la quercétrine, l'isoquercétine, la rutine et le kaempférol (Lima *et al.*, 2019; Ribéreau-Gayon, 1968). Ce dernier a été défini pour la première fois dans les dattes (Al-Farsi *et al.*, 2007; Maqsood *et al.*, 2019).

### II.2.5 Les flavones

Les flavones sont des flavonoïdes peu abondants dont l'hydroxylation donne des flavonols. L'apigénine et la lutéoline, sont des constituants assez fréquents dans les dattes (Joseph *et al.*, 2016; Ribéreau-Gayon, 1968).

### II.2.6 Les isoflavones

Les isoflavones n'ont pas la structure classique en C6-C3-C6 des autres flavonoïdes. Elles sont beaucoup moins répandues que les précédentes. La génistéine est l'isoflavone la plus connue (Křížová *et al.*, 2019; Ribéreau-Gayon, 1968). Ainsi, ces molécules n'ont pas été détectées dans les dattes.

## II.3 Les tanins

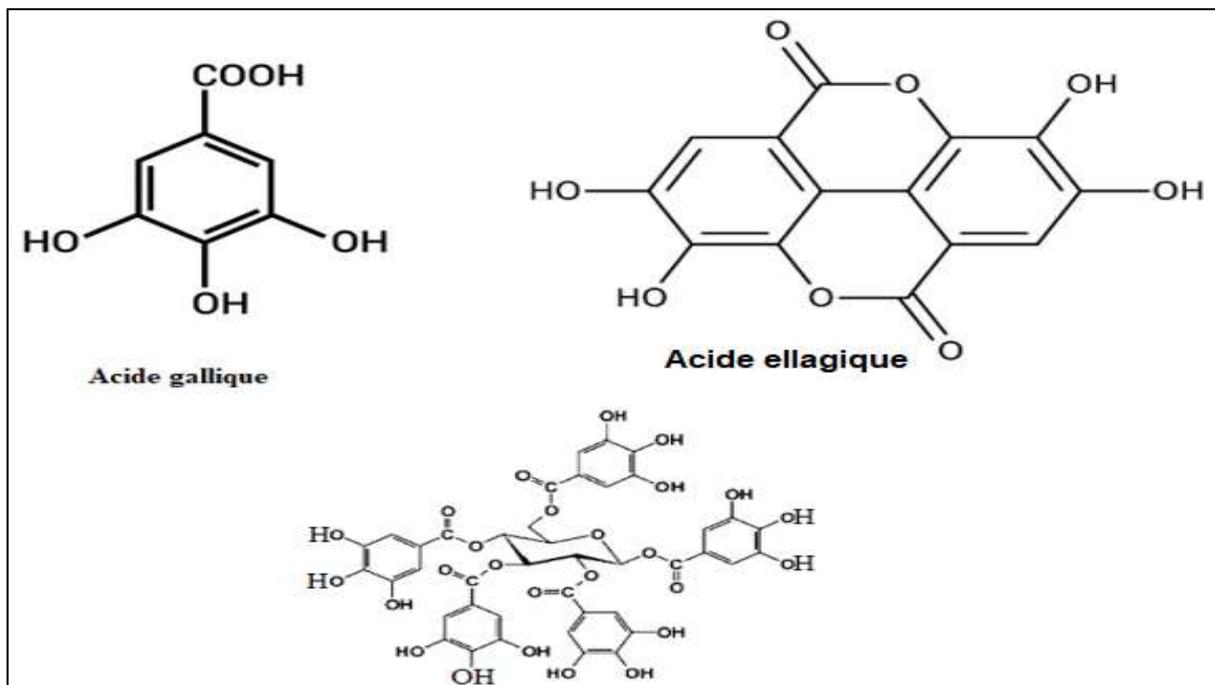
Les tanins résultent de la polymérisation d'autres phénols. Ils représentent les molécules responsables de l'astringence des fruits. Ils sont divisés en deux groupes :

### II.3.1 Les tanins hydrosolubles

Ce sont des esters de glucose (ou des molécules apparentées) et d'acides phénoliques qui sont :

- ✚ Soit d'acide gallique, on parle alors de tanins galliques.
- ✚ Soit d'acide ellagique, on parle alors de tanins ellagiques.

Dans les deux cas, la fraction osidique est estérifiée par plusieurs molécules d'acide gallique ou ellagique comme le montre la Figure 6 (Dhiman *et al.*, 2018).



### II.3.2 Les tanins condensés

Les tanins condensés, appelés également proanthocyanidines, sont des polymères formés d'unités répétitives monomériques qui varient par leur centre asymétrique et leur degré d'oxydation. Les formes naturelles monomériques des flavan-3-ols se différencient par la stéréochimie des carbones asymétriques C2 et C3 et par le niveau d'hydroxylation du noyau B (Figure 7). On distingue ainsi les catéchines (dihydroxylées) des gallocatéchines (trihydroxylées). Les polymères de ces tanins se forment sous l'action d'acides ou d'enzymes, ils sont constitués généralement de 2 à 50 unités monomériques (Dhiman *et al.*, 2018; Hemingway, 1989).

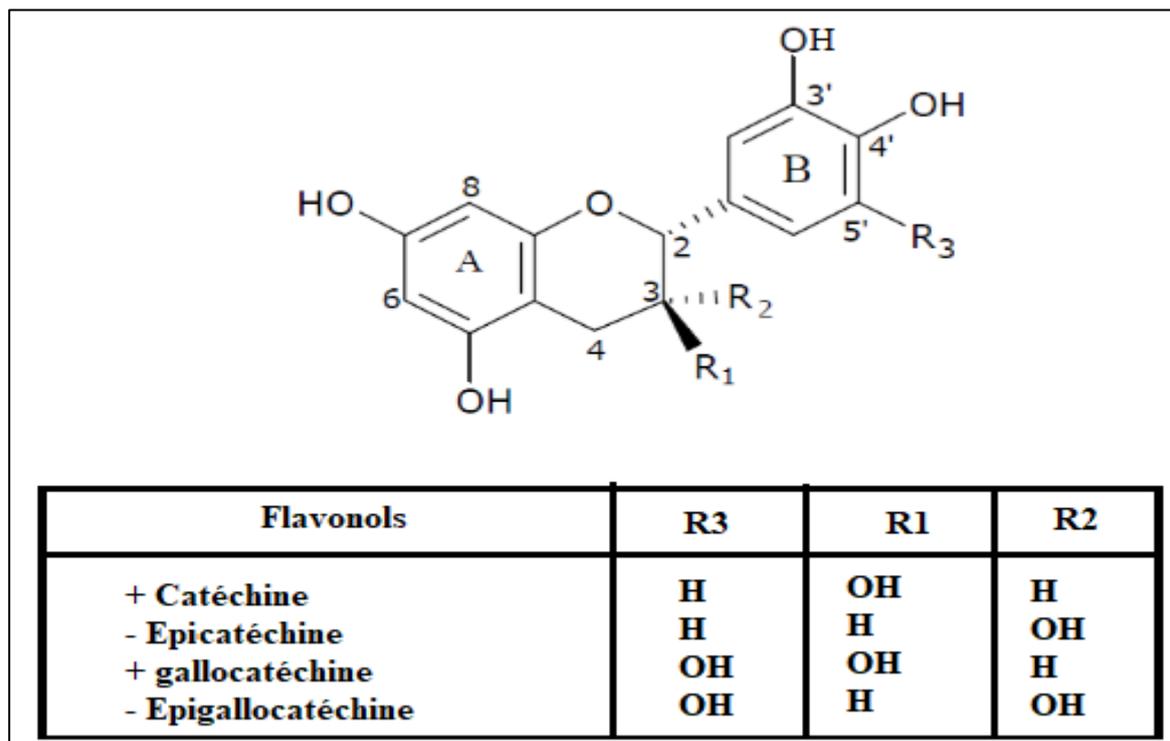


Figure 7. Structures chimiques des unités monomériques des tanins condensés (Perret, 2001).

### III. Méthodes d'extraction des composés phénoliques

Il est admis que l'extraction des composés phénoliques à partir des plantes est influencée par plusieurs facteurs à savoir leur nature chimique, les conditions d'extraction (méthode et solvant d'extraction, le ratio masse de l'échantillon/volume du solvant), la durée et les conditions de stockage ainsi que la présence de substances interférentes (Karra *et al.*, 2020). Cette extraction peut être aqueuse ou organique, cette dernière peut se faire par des solvants organiques (polaires et/ou apolaires) pures et/ou dilués ou même par mélange de solvants (Hachani *et al.*, 2018).

Les études récentes de Al-zoreky and Al-Taher (2015) ont mentionné que les solvants polaires (le méthanol 80% ) peuvent extraire plus de phénols des dattes en comparaison avec les solvants apolaires (l'éther de pétrole). En sus, l'étude d'optimisation d'extraction des composés phénoliques des dattes menée par Benkerrou *et al.* (2018) a montré que l'acétone à 66,71% est le solvant idéal. En revanche, l'extraction aqueuses à chaud des phénols des dattes a donné des rendements très élevés qui sont proportionnels avec la sévérité du traitement thermique (Mrabet *et al.*, 2017a). De plus, de nombreux travaux ont montré que l'extraction des acides phénoliques et les tanins des dattes est faite par une mixture de méthanol-eau ou de méthanol-acétone-eau à température ambiante (Perret, 2001). L'extraction des proanthocyanidines avec de l'eau bouillante a été réalisée avec succès (Naczka & Shahidi, 2006). Il est à noter que leur extraction

avec des enzymes spécifiques a été également réalisée (Hurst, 2008). Toutefois, plus d'attention est orientée, ces dernières années, vers l'utilisation de biosolvants qui sont moins toxiques et respectueux de l'environnement (Djaoudene *et al.*, 2019b).

Quant aux méthodes physiques d'extraction, il y en a plusieurs. Ainsi, différentes méthodes d'extraction ont été adoptées pour extraire les composés phénoliques des dattes. Al-zoreky and Al-Taher (2015) ont mentionné que le broyage par ultraturax permet d'améliorer le rendement d'extraction (0,83 ; 1,41, et 28,9 % pour les extraits éthanoliques, hygrothermiques et méthanoliques respectivement). Benkerrou *et al.* (2018) ont rapporté que la sonication à une amplitude de 64,78% est la méthode optimale pour leur extraction. L'extraction par micro-onde a été également utilisée pour extraire les polyphénols des dattes (Juhaimi *et al.*, 2017).

## *Chapitre III*

---

### *Intérêts des composés phénoliques*

## **Chapitre III : Intérêts des composés phénoliques**

### **I. Rôle physiologique**

Plusieurs travaux ont rapporté que les phénols seraient associés à de nombreux processus physiologiques : la croissance cellulaires, la différenciation, l'organogenèse, la dormance des bourgeons, la floraison et la tubérisation (ALIBERT, 1977). Ils participent aux mécanismes d'inhibition tégumentaire : au moment de la germination, l'oxydation des phénols capte une partie de l'oxygène nécessaire à la reprise de l'activité respiratoire de l'embryon ce qui retarde la sortie de la plantule (Guignard, 1996). Ils offrent à l'espèce végétale une résistance à l'attaque des insectes et des micro-organismes (Aron, 2007). Ils sont impliqués dans la réaction de défense du palmier dattier contre le bayoud, maladie infectieuse due au champignon *Fusarium oxysporum albidinis* (Daayf *et al.*, 2003).

### **II. Propriétés technologiques**

Au fait certains phénols interviennent dans la qualité alimentaire des fruits. Ainsi, les anthocyanes et certains flavonoïdes participent à la coloration des fruits murs, ils confèrent aux fruits et légumes leurs teintes rouge ou bleutée (Ahmed & Eun, 2018). Ils déterminent également la saveur des fruits : les tanins sont à l'origine de l'astringence des fruits non mûrs (Dhiman *et al.*, 2018; Lugasi, 2003), les flavanones sont responsables de l'amertume des citrus et peuvent donner naissance, par transformation chimique, à des déhydrochalcones à saveur sucrée (Bahorun, 1998; Křížová *et al.*, 2019). Les polyphénols sont également responsables du brunissement enzymatique qui peut survenir lors des étapes technologiques de transformation des aliments. La réaction est catalysée par la polyphénol-oxydase

### **III. Propriétés thérapeutiques**

Il est admis que les polyphénols possèdent plusieurs effets pharmacologiques et thérapeutiques. A titre d'exemple, des études ultérieures ont démontré qu'une consommation importante de phénols, à savoir la quercétine, est corrélée avec une baisse significative des décès par athérosclérose, en diminuant l'oxydation des LDL (Frankel *et al.*, 1994). De plus, Ils peuvent exercer des effets protecteurs contre les maladies hormonodépendantes telle que l'ostéoporose en modulant la réponse aux œstrogènes endogènes (Scalbert & Williamson, 2000). Les rats diabétiques traités avec 4 ml/kg de poids corporel d'extrait phénolique aqueux et éthanolique de fruit de datte ont significativement atténué la glycémie à jeun (Hussein *et al.*, 2015). Le tableau 8 représente les visées thérapeutiques de phénols extraits de dattes.

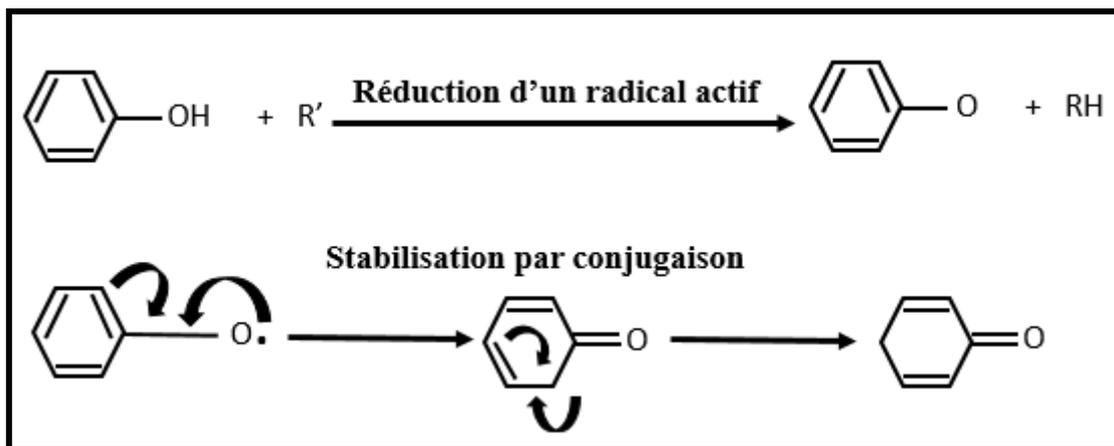
**Tableau 8.** Visées thérapeutiques des phénols extraits de variétés de dattes

<b>Classes de polyphénols</b>	<b>Visée thérapeutique</b>	<b>Références</b>
- Flavonoïdes (Quercétine, résveratrol, catéchine, lutéoline, kaempférol)	Maladies neurodégénératives (Alzheimer, parkinson, etc)	(Djaoudene <i>et al.</i> , 2021) (Saleh <i>et al.</i> , 2020)
- Acides phénoliques (Acides cinnamique et benzoïque) - Flavonoïdes (Quercétine, résveratrol) - Proanthocyanidines	Stress oxydant dans le Cancer et propriétés anti tumorales	(El Abed <i>et al.</i> , 2018) (Alam <i>et al.</i> , 2021)
- Flavonoïdes - Proanthocyanidines	Propriétés anti-inflammatoire	(Hussain <i>et al.</i> , 2020). (Hmidani <i>et al.</i> , 2020)
- Acides phénoliques (Acide Ferrulique)	Antidiabétique	(Mia <i>et al.</i> , 2020) (Chaari <i>et al.</i> , 2020)
- Flavonoïdes	Maladie cardiovasculaire	(Younas <i>et al.</i> , 2020) (Al-Jaouni <i>et al.</i> , 2019)

#### **IV. Propriétés antioxydantes**

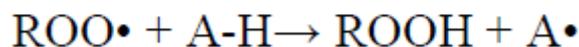
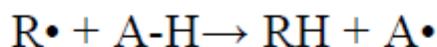
De nombreux auteurs ont mis en évidence l’effet antioxydant que possèdent les extraits de dattes. Benmeddour *et al.* (2013) ont constaté une corrélation hautement significative entre l’activité antioxydante des extraits de dattes algériennes et de leurs teneurs en composés phénoliques. Ceci a été également confirmé par les travaux de Mrabet *et al.* (2017b), Hachani *et al.* (2018), Djaoudene *et al.* (2019a) et Karra *et al.* (2020).

D’après Macheix (2018), les mécanismes d’action des polyphénols en tant qu’antioxydants peuvent comprendre : le piégeage direct des radicaux libres et l’inhibition des enzymes et de la chélation des traces métalliques responsables de leur production. Les polyphénols neutralisent les radicaux libres vecteurs de stress oxydatif responsable de la détérioration et du vieillissement cellulaire qui est à l’origine de l’alzheimer, le parkinson, l’athérosclérose, la polyarthrite chronique ou encore le cancer (Khraiweh *et al.*, 2012). Le mécanisme global de cette réaction est schématisé dans la Figure 8.

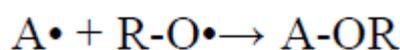
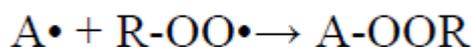
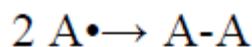


**Figure 8.** Pouvoir antioxydant des polyphénols (Rolland, 2004).

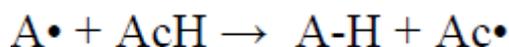
Dans le cas particulier des lipides, les polyphénols (A-H) réagissent avec un radical libre lipidique pour le convertir soit en acide gras de départ R-H soit en hydro peroxyde ROOH ou en dérivé hydroxy lipidique de type R-OH. Simultanément, un radical A• issu de l'antioxydant est formé. Celui-ci est plus stable que le radical lipidique (Favier, 2003; Lima *et al.*, 2019; Perveen *et al.*, 2012).



En règle générale, les formes radicalaires de l'antioxydant peuvent soit subir des réactions de réarrangement interne, soit réagir entre elles pour donner des dimères ou encore réagir avec un second radical lipidique pour stopper la chaîne radicalaire.



De plus, le radical phénolique A• peut être régénéré par un synergisant comme l'acide citrique (AcH) qui est un chélateur des métaux largement utilisé en technologie des corps gras (Rolland, 2004).



## V. Propriétés antimicrobiennes

A l'heure actuelle, l'effet antimicrobien des phénols est certain et il a été démontré par de nombreuses recherches expérimentales. Moroh *et al.* (2008) ont démontré l'effet antibactérien des flavonoïdes de *Morinda morindoides*, sur *Escherichia coli*. L'action inhibitrice des flavanes sur la croissance bactérienne était démontrée par Ulanowska *et al.* (2007) sur des souches bactériennes à Gram négatif et à Gram positif. Les flavones isolés de la plante *Artemisia girdaldi* ont inhibé la croissance d'*Aspergillus flavus*. Al Qroom and Momani (2014) ont démontré que les extraits de dattes ont exhibé un fort pouvoir antimicrobien vis-à-vis des souches pathogènes *S. aureus* ATCC 6538 et *P. aeruginosa* ATCC9027. Ayachi *et al.* (2009) ont mis en évidence le pouvoir antagoniste des extraits de dattes vis-à-vis *E. coli* et *S.typhimurium*. De plus, la croissance des souches *B.subtilis* et *C.diphtheriae* a été inhibée par des extraits de dattes (Sufiya & Thigle, 2014; Daoud *et al.*, 2015) ont rapporté que les dattes sont douées d'un effet antifongique modéré contre plusieurs souches d'*Aspergillus*, *Fusarium* et de *Penicillium*. Lima *et al.* (2019) ont mis en évidence l'activité antimicrobienne des phénols sur les bactéries pathogènes. Aussi, plusieurs auteurs ont mis l'accent sur le pouvoir antagoniste que possèdent les extraits de dattes et le mécanisme d'action des polyphénols reste mal connu. Les études réalisées par Al-zoreky and Al-Taher (2015) ont mené à conclure que l'effet antimicrobien des produits polyphénoliques est dû partiellement à une perturbation des fractions lipidiques de la membrane plasmique des microorganismes, qui en résulte une altération de la perméabilité de la membrane et la perte (fuite) de ses organites intracellulaires.

## VI. Propriétés anti-inflammatoires

Depuis longtemps, les dattes ont été traditionnellement utilisées de manière empirique pour traiter certains troubles inflammatoires telles que l'asthme, l'œdème et les troubles gastriques et intestinaux (Yasin *et al.*, 2015). Ainsi, des études *in vitro* et *in vivo* ont été initiées pour évaluer l'activité anti-inflammatoire des fruits du *Phoenix dactylifera* L. (El Arem *et al.*, 2014; El Hilaly *et al.*, 2018; Hilary *et al.*, 2020; Shabani *et al.*, 2013). Une étude sur les extraits méthanoliques et éthanoliques de dattes (1 µg/mL) a montré une réduction significative de l'inflammation induite par les lipopolysaccharide (LPS) d' *E. coli* (Taleb *et al.*, 2016). De plus, les extraits aqueux de la variété *ajwa* ont réduit l'expression des cytokines pro-inflammatoires (IL-6, IL-10 et TNF- $\alpha$ ) et des marqueurs apoptotiques (caspase-3 et Bax) dans les tissus cardiaques de rats blessés (Al-Yahya *et al.*, 2016). Le prétraitement avec 100 µg/mL d'extraits aqueux et méthanoliques de datte a significativement inhibe les enzymes cyclo-oxygénase (COX-1 et COX-2) impliqué dans les processus pro-inflamatoire , l'extrait en question agit

aussi efficacement que le Naproxen et Celebrex (Zhang *et al.*, 2017). Des extraits hygrothermiques de dattes ont été même incorporées à certains analgésiques commerciaux à savoir le paracétamol et l'ibuprofène (Maryam *et al.*, 2015; Sani *et al.*, 2015). Bien que les dattes aient montré une efficacité contre l'inflammation induite expérimentalement, les mécanismes impliqués semblent complexes (Joseph *et al.*, 2016). Cependant, l'effet anti-inflammatoire des dattes pourrait être attribué aux polyphénols qui, piègeraient les radicaux libres produits pendant le processus inflammatoire et qui moduleraient le comportement enzymatique (superoxyde dismutase et catalase), déclenchant ainsi une cascade de signalisation du système de défense antioxydant dans une situation inflammatoire (Taleb *et al.*, 2016).

## **VII. Rôle modulateur de réactions enzymatiques**

Les polyphénols ont montré une efficacité contre certaines maladies d'origine enzymatique telle que la maladie d'Alzheimer (Khalid *et al.*, 2017). Ainsi, une supplémentation alimentaire de 2 et 4% d'extraits acétoniques de dattes pendant 14 mois a considérablement atténué l'activité des enzymes antioxydants chez les souris nourries par rapport aux témoins (Subash *et al.*, 2015). De plus, Djaoudene *et al.* (2019b) ont montré que les extraits acétoniques des noyaux de dattes ont inhibé la tyrosinase (65,69 %), l'acétylcholinestérase (48,66 %), la lipase (39,94%) et l' $\alpha$ -glucosidase (12,09 %). Selon ces auteurs, les mécanismes impliqués demeurent mal connus quoiqu'ils suggèrent que certains composés de dattes présentent une affinité vis-à-vis des sites actifs de ces enzymes et du coup entrent en compétition avec les substrats.

## **VIII. Rôle anti-cancéreux**

Les composés phénoliques sont réputés pour avoir des potentiels anti-cancéreux et qu'ils sont actifs contre de nombreux cancers (colon, estomac, foie, sein, prostate, poumons, peau, vessie, pancréas...) à tous les stades de cancérogénèse (Fine, 2000). Kampa *et al.* (2004) ont signalé des effets antiprolifératifs et apoptotiques des acides phénoliques sur les cellules cancéreuses du sein T47D. De plus, une étude récente, portant sur les composés phénoliques des dattes métabolisés par le microbiote intestinal, a montré que ces derniers ont pu induire l'apoptose des lignées cellulaires cancéreuses (Eid *et al.*, 2014). En sus, Al Alawi *et al.* (2020) ont montré que les extraits hygrothermiques et organiques (éthanol, acétone et l'acétate d'éthyle) ont considérablement réduit la prolifération des cellules cancéreuses du pancréas où le plus fort effet anti-fibrotique est observé pour l'éthanol (de 6000 à 2000 UA).

Les mécanismes impliqués peuvent être très variés : prévention du stress oxydant ; inhibition des réactions inflammatoires associées ; l'inhibition de la protéine kinase C et de la prolifération cellulaire ; l'induction de l'apoptose et l'inhibition de l'angiogénèse. Ces mécanismes diffèrent selon le stade. Au stade d'initiation, les polyphénols, particulièrement des dattes, agissent comme agent bloquant en empêchant l'activation de pro-carcinogène. Au stade de promotion et de progression, ils agissent comme agent suppresseur de tumeurs (Al Alawi *et al.*, 2020; Eid *et al.*, 2014). Ainsi, toutes ces études ont bien mis en évidence que les polyphénols de dattes ont une activité antioxydante, antimicrobienne, anti-inflammatoire et anti-cancérigène et que ce comportement bioactif est maintenu après le métabolisme.

## *Partie II*

---

# *Etude expérimentale*

# *Chapitre I*

---

## *Matériels et Méthodes*

## Etude expérimentale

### Chapitre I : Matériel et méthodes

#### I. Échantillonnage

Notre étude expérimentale a porté sur 06 cultivars de dattes (Figure 9) : *dalt* (FDT), *deglet nour* (FDN), *ghars* (FGR), *tamezwert n'telet* (FTN), *tamjouhert* (FTJ) et *tazarzeit* (FTZ) endémiques de la vallée de M'zab, Ghardaia, Algérie. Les fruits (5 kg) ont été collectés dans trois stades de maturations : *kimri* (Janvier 2015), *rotab* (Mars 2016) et *tamr* (Avril 2016). Les échantillons ont été transportés au laboratoire dans une glacière. Ils ont été ensuite conservés à +4°C jusqu'aux analyses ultérieures.

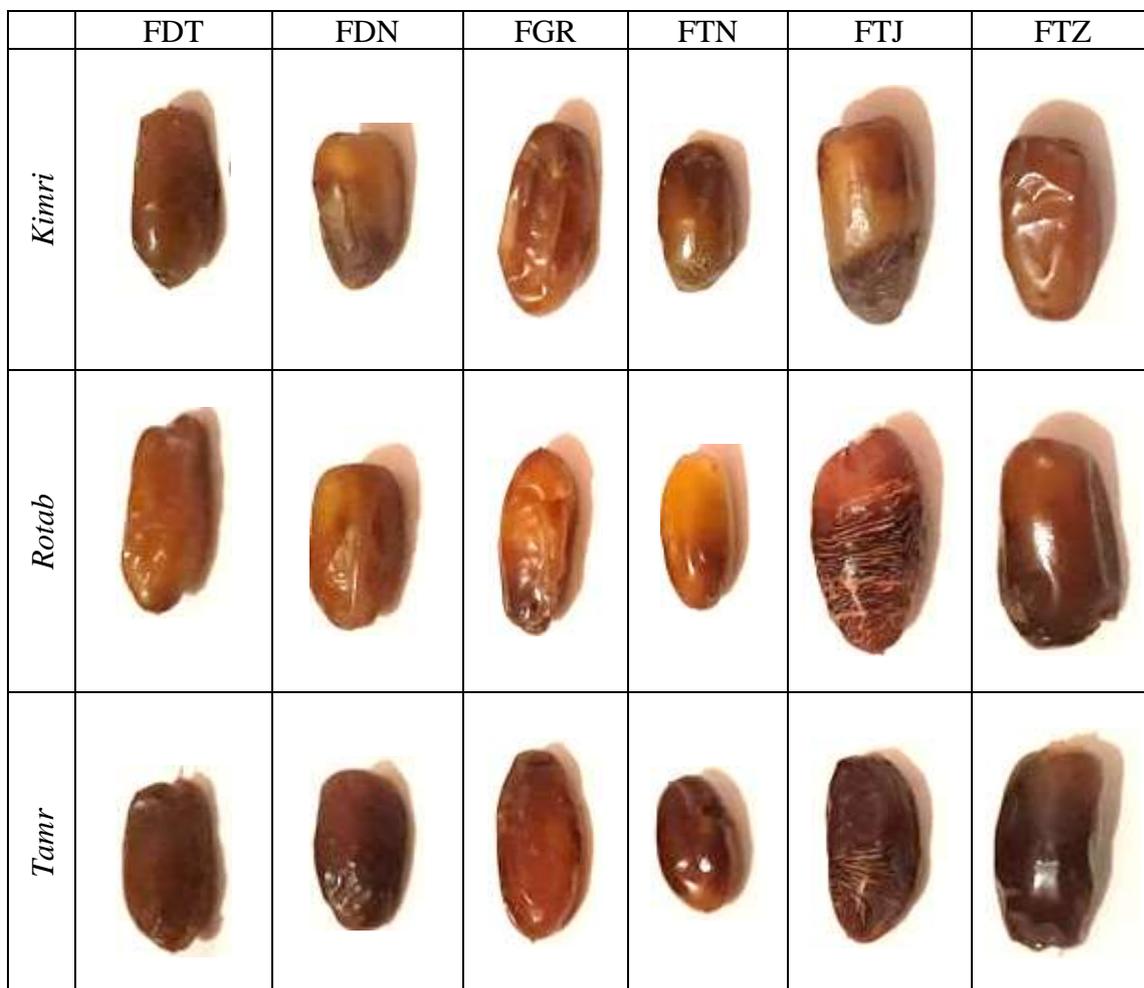


Figure 9. Échantillons de dattes selon leurs stades de maturation.

#### II. Analyses pomologiques

Le poids des dattes a été mesuré au moyen d'une balance analytique de précision (Eid *et al.*, 2013). Les résultats (la moyenne de trois répétitions  $\pm$  de l'écart-type) sont exprimés en « g ».

La longueur et la largeur des dattes ont été mesurées à l'aide d'un pied à Coulisse (Guido *et al.*, 2011). Les résultats (la moyenne de trois répétitions  $\pm$  de l'écart-type) sont exprimés en « cm ».

### III. Analyses physico-chimiques

#### III.1 Détermination du pH et de l'acidité

Dans une fiole de 200 ml, 4g de dattes dénoyautées et broyées, ont été dispersées dans de l'eau chaude. Après refroidissement, le volume a été ajusté jusqu'au trait de Jauge avec de l'eau distillée. La solution obtenue sert à la détermination du pH en utilisant un pH mètre (Guido *et al.*, 2011).

Quant à l'acidité, elle a été dosée par titrage potentiométrique d'un volume de 50 ml de la solution précédente avec une solution de NaOH (0,1 N) en présence de phénolphthaléine comme indicateur coloré, jusqu'au virage de la couleur au rose, qui doit persister 30 secondes (Guido *et al.*, 2011). L'acidité titrable est déterminée par la formule suivante et les résultats sont exprimés en g d'acide malique par 100 g de dattes comme étant la moyenne de trois répétitions  $\pm$  de l'écart-type :

$$\text{Acidité} = (V_1 / V_0) * 100 * 0.067$$

$V_1$  : Volume ajouté du NaOH ;

$V_0$  : volume de la prise d'essai ;

0.067 : Facteur de correction correspondant à l'acide malique.

#### III.2 Détermination de la teneur en eau

La teneur en eau a été déterminée par dessiccation d'un échantillon de 2 g de dattes dans une étuve isotherme à une température de 70°C pendant 48 h pour éviter la caramélisation des sucres (Djaoudene *et al.*, 2019a). Les capsules d'étuvage ont été ensuite transférées dans un dessiccateur pendant quelques minutes, puis elles ont été pesées. Le taux d'humidité (Hm) est calculé selon la formule suivante et les résultats (la moyenne de trois répétitions  $\pm$  de l'écart-type) sont exprimés en g/100 g du poids sec :

$$\text{Hm} = [(P_3 - P_1) / (P_2 - P_1)] * 100$$

$P_1$  : Le poids en « g » de la capsule vide ;

$P_2$  : Le poids en « g » de la capsule plus celui de la datte avant étuvage ;

$P_3$  : Le poids en « g » de la capsule plus celui de la datte après étuvage et dessiccation,

### III.3 Détermination du taux de cendres

Un gramme (01 g) de la pulpe de datte a été incinéré dans un four à moufle à 530°C pendant 5h. Les cendres contenues dans les creusets ont été par la suite transférées dans un dessiccateur puis pesées par une balance de précision (Guido *et al.*, 2011). La teneur en cendres est déterminée par la formule suivante et les résultats (la moyenne de trois répétitions  $\pm$  de l'écart-type) sont exprimés en g/100 g du poids sec :

$$\% \text{ Cendres} = [(M_f - M_0)/P] * 100$$

$M_f$  : Masse en « g » de l'échantillon incinéré + la masse du creuset ;

$M_0$  : Masse en « g » du creuset vide ;

P : Poids en « g » Prise d'essai.

### III.4 Détermination de la teneur en Protéines

La fraction protéique a été déterminée par la méthode d'Azote Kjeldahl (Rahman & Al-Farsi, 2005). Elle consiste à transformer l'azote organique en azote minéral (minéralisation), puis à déplacer l'ammoniac du sel d'ammonium obtenu (distillation) pour le neutraliser par une solution acide de titre connu (titration). Brièvement, 2,5 g de poudre de dattes ont été minéralisés avec 25 ml d'acide sulfurique concentré, en présence d'un mélange de catalyseurs (10 g de  $K_2SO_4$  et 2 g de  $CuSO_4$ ) pendant 4 à 5 heures à chaud. L'azote total a été donc obtenu sous sa forme minérale  $NH_4^+$  (ion ammonium). La distillation a été faite dans un distillateur automatique tout en utilisant la lessive de Soude (33%). Tous les ions ammonium sont transformés en ammoniac ( $NH_3$ ) qui se dégage sous forme de vapeurs. Cette dernière est captée et recueillie dans une solution d'acide borique. L'ammoniac alcalinise ainsi le milieu qui vire au vert. Le milieu est par la suite neutralisé par une solution étalonnée d'acide fort (HCl) jusqu'à récupération de la couleur initiale. La teneur en Azote a été calculée par la relation suivante et les résultats (la moyenne de trois répétitions  $\pm$  de l'écart-type) sont exprimés en g/100 g du poids sec :

$$N = (V_{aj} * 1.4) / P$$

N : Teneur en Azote ;

$V_{aj}$  : Volume d'HCl ajouté ;

P : Poids en « g » de la prise d'essai.

La teneur en protéines (P) a été calculée par la relation suivante et les résultats (la moyenne de trois répétitions  $\pm$  de l'écart-type) sont exprimés en g/100 g du poids sec :

$$P = N \times 6.25$$

#### III.4.1 Détermination de la teneur en glucides

Le taux des sucres totaux et sucres réducteurs a été évalué par la méthode de Dubois (1956). À 100  $\mu$ l d'extrait de datte, 500  $\mu$ l de phénol (5%) et 2,5 ml d'acide sulfurique pur ont été ajoutés. Les tubes ont été placés dans un bain d'eau bouillante (95°C) pendant 5 minutes. L'absorbance a été mesurée à 480 nm. Les concentrations en sucres ont été alors déduites à partir d'une courbe d'étalonnage au glucose (Ismail *et al.*, 2013) et les résultats (la moyenne de trois répétitions  $\pm$  de l'écart-type) sont exprimés en g/100 g du poids sec (Annexe 2).

#### III.4.2 Le profil en sucres

Avant de procéder à la détermination du profil en sucres, la fraction glucidique a été hydrolysée avec de l'acide trifluoroacétique (TFA) pendant 1 heure à 121 °C. Les sucres libérés ont été ensuite réduits, acétylés et enfin identifiés et quantifiés en tant qu'acétates d'alditol à l'aide d'une chromatographie en phase gazeuse CPG (HP 6890 Plus) équipée d'une colonne capillaire (30 m  $\times$  250  $\mu$ m  $\times$  0,20 mm). La durée d'analyse était de 40,7 min. Le débit du gaz vecteur (Hélium) était de 2,2 ml/min à une pression de 148,24 kPa. La température de l'injecteur et celle du détecteur, à ionisation de flamme (FID), étaient 250 °C et 300 °C respectivement. Après 2 min d'injection (mode splitless), la température du four initiale est de 50 °C. Puis augmentée progressivement à 180 °C et finalement portée à 220 °C pendant 22 min. Le standard interne était le Myo-inositol. Les résultats ont été exprimés en milligrammes par kg de poids sec (mg/kg PS) comme étant la moyenne de trois répétitions  $\pm$  de l'écart-type (Mrabet *et al.*, 2017a).

#### III.5 Détermination de la teneur en lipides

La teneur en lipides a été mesurée par la méthode de Soxhlet. Son principe consiste en une extraction répétée de la matière grasse par un solvant approprié. Environ 20 g de la poudre de dattes ont été introduits dans une cartouche d'extraction. L'extraction des lipides a été effectuée avec 250 ml d'éther de pétrole pendant 8 heures de siphonage répété jusqu'au épuisement de la matière grasse. Le miscella obtenu a été recueilli dans un ballon séché et pesé au préalable. Le résidu d'évaporation a été séché dans une étuve à 75°C jusqu'à poids constant et enfin pesé (Al-Farsi *et al.*, 2007). La teneur en matière grasse a été déterminée par la formule

suivante et les résultats (la moyenne de trois répétitions  $\pm$  de l'écart-type) sont exprimés en g/100 g du poids sec :

$$MG = [(M_i - M_g)/P] * 100$$

MG : Matière Grasse ;

$M_i$  : Poids en «g» du ballon avec la matière grasse ;

$M_g$  : Poids en «g» du ballon vide sec ;

P : Poids en «g» de la prise d'essai.

### III.6 Dosage des composés phénoliques

#### III.6.1 Extraction des composés phénoliques

En se référant aux études d'optimisation d'Al-zoreky and Al-Taher (2015), Mrabet *et al.* (2017a) et Benkerrou *et al.* (2018), nous avons utilisé trois solvants à polarité croissante : l'eau, le méthanol (65%) et l'acétone (65%). Ceux-ci possèdent l'avantage d'être facilement éliminés par évaporation. L'extraction a été réalisée selon la méthode de Al-zoreky and Al-Taher (2015) avec de légères modifications. En bref, cinq grammes (05 g) de chaque variété ont été homogénéisés, au moyen d'un ultra-turax T25, avec 20 ml de chaque solvant pendant 2 minutes à 20000 rpm. Les extraits aqueux ont été incubés dans un autoclave pendant 1 heure à 120 ° C. Les extraits méthanoliques (EM), acétoniques (EA) et hygrothermiques (EHT) ont été par la suite centrifugés à 4000 g pendant 5 min, filtrés à travers un papier filtre et enfin conservés à 4 ° C jusqu'aux analyses ultérieures.

#### III.6.2 Détermination de la teneur en polyphénols totaux

Le dosage des polyphénols totaux a été réalisé par le Folin-Ciocalteu, selon la méthode décrite par Singleton and Rossi (1965). En principe, le réactif du Folin-Ciocalteu est un acide jaune constitué par un mélange d'acide phosphotungstique ( $H_3PW_{12}O_{40}$ ) et d'acide phosphomolybdique ( $H_3PMo_{12}O_{40}$ ). En présence de phénols, ce mélange est réduit en oxydes bleus de tungstène ( $W_8O_{23}$ ) et de molybdène ( $Mo_8O_{23}$ ), que l'on détermine par colorimétrie. La coloration bleue absorbe à 750 nm et est proportionnelle au taux de composés phénoliques (Ribéreau-Gayon, 1968). Un volume de 200  $\mu$ l d'extrait a été ajouté à 750 $\mu$ l de réactif de Folin-Ciocalteu ( $10^{-1}$ ). Après 5 min, le mélange a été additionné de 400 $\mu$ l de la solution de carbonate de sodium (7,5%). Après incubation pendant 1 heure à température ambiante et à l'obscurité, l'absorbance a été lue à 730 nm (Benmeddour *et al.*, 2013; Hachani *et al.*, 2018). Tous les tests ont été réalisés en triplicata. La teneur en polyphénols (TPP) extractibles totaux a été déterminée

en se référant à une courbe d'étalonnage à l'acide gallique (Annexe 2) et les résultats sont exprimés en mg équivalent d'acide gallique par 100 g de poids sec d'extrait (mg EAG/ 100 g PS).

### III.6.3 Détermination de la teneur en flavonoïdes

L'estimation de la teneur en flavonoïdes est réalisée par le chlorure d'aluminium, selon la méthode décrite par Bahorun (1998). Cette méthode est basée sur la chélation des métaux par l'antioxydant (Perez-Vizcaino & Fraga, 2018. Ribéreau-Gayon, 1968). Il se forme ainsi un complexe entre l'aluminium et les atomes d'oxygène présent sur les C<sub>4</sub> et C<sub>5</sub> des flavonoïdes (Ahmed & Eun, 2018). Ceci se traduit par une couleur jaune dont l'intensité est proportionnelle à la concentration en flavonoïdes. Un volume de 500µl d'extrait a été mélangé avec 150µl du nitrite de sodium (5%) et 300µl de chlorure d'aluminium (10%). Après 5 min d'incubation, 1ml d'hydroxyde de sodium (1M) a été ajouté. L'absorbance a été mesurée à 510 nm (Kim *et al.*, 2013). Tous les tests ont été réalisés en triplicata. La concentration en flavonoïdes est exprimée en mg équivalent de quercétine par 100g de poids sec d'extrait (mg EQ/ 100g PS) en se référant à une courbe d'étalonnage à la quercétine (annexe 2).

### III.6.4 Détermination de la teneur en flavonols

La teneur en flavonols est déterminée par le chlorure d'aluminium, selon la méthode préconisée par Bahorun (1998). Cette méthode repose sur le principe de la formation d'un chromophore rouge mesurable à 430nm, résultant de la réaction entre les flavonols et l'AlCl<sub>3</sub> (Ferreira *et al.*, 2017). Un volume de 500 µl d'extrait a été mélangé avec un volume égal de chlorure d'aluminium (2%) et d'acétate de sodium (5%) respectivement. L'absorbance a été mesurée à 440 nm après 2.5 heures d'incubation à température ambiante (Al Juhaimi *et al.*, 2018). Tous les tests ont été réalisés en triplicata. La méthode a été standardisée par rapport à la rutine (courbe d'étalonnage en Annexe 2) et les résultats sont exprimés en mg équivalent de rutin par 100g de poids sec d'extrait (mg RE/ 100g PS).

### III.6.5 Détermination de la teneur en anthocyanines

La teneur en anthocyanines est déterminée par le bisulfite de sodium, selon la méthode décrite par Al Juhaimi *et al.* (2018). Le principe s'appuie sur la décoloration des solutions bleues d'anthocyanes, en utilisant une solution de bisulfite de sodium ; suite à la formation d'un complexe incolore entre son groupement d'hydrogénosulfite (HSO<sub>3</sub>) et le cation flavylium, squelette des anthocyanes. Un volume de 04 ml de bisulfite de sodium a été ajouté à une solution composée de 900 µl d'extrait, 900 µl d'éthanol-HCL (0,1N) et 20 ml d'HCL (2%). Après 20

mn d'incubation, l'absorbance a été mesurée à 530 nm. Tous les tests ont été réalisés en triplicata. La concentration en anthocyanines a été calculée selon la loi de Beer-Lambert, en utilisant le coefficient d'extinction molaire de la cyanidine 3- glucoside. La teneur en anthocyanines a été exprimée en mg d'équivalent cyanidine-3-glucoside par 100 g de poids sec d'extrait (mg ECG/ 100g PS).

$$C = (A * MM * 1000) / (\epsilon * L)$$

C : Concentration des anthocyanes ;

A : Absorbance à 530 nm ;

MM : Masse molaire du cyanidine-3-glucoside (449.2g/ mol) ;

$\epsilon$ : Coefficient d'extinction molaire du cyanidine-3-glucoside (26900 L/mol/cm) ;

1000: Conversion du g en mg ;

L: longueur de la cuve en cm.

### III.6.6 Détermination de la teneur en proanthocyanidines (tanins condensés)

Le dosage des tanins condensés (TTC) est réalisé par la vanilline, selon la méthode décrite par Hagerman (1988). Cette méthode se base sur la capacité de la vanilline à réagir avec les unités libres des tanins condensés (flavan 3-ols), en présence d'acide, pour produire un complexe rougeâtre dosable à 500 nm dont l'intensité de la couleur est proportionnelle à la teneur en tanins condensés. Un volume de 500  $\mu$ l d'extrait a été mélangé avec 3 ml de vanilline (4%) et 1,5 ml d'HCl (37%). L'absorbance a été mesurée à 500nm, après 15 mn d'incubation à température ambiante et à l'obscurité. Tous les tests ont été réalisés en triplicata. La concentration a été déterminée en se référant à une courbe d'étalonnage à la catéchine (annexe 2). Les résultats sont exprimés en mg équivalent de la catéchine par 100g de poids sec d'extrait (mg EC/ 100g PS).

### III.6.7 Le profil en polyphénols

La chromatographie en phase liquide à haute performance (HPLC) a été utilisée pour étudier le profil en composés phénoliques des extraits. Un volume de 20  $\mu$ l de chaque extrait a été injecté dans HPLC - DAD pendant 55 min. La séparation a été effectuée sur une phase inversée équipée d'une colonne C-18 (2, 250 mm - 4,6 mm). Le débit de la phase mobile (éluant A = eau / acide trichloroacétique à 0,01%, éluant B = acétonitrile) était de 1 ml/min. Le système du gradient était : 95% A initialement, 75% A à 30 min, 50% A à 45 min, 0% A à 47 min, 75% A à 50 min et 95% A à 52 min jusqu'à la fin.(Mrabet *et al.*, 2017b). Concernant l'identification des acides phénoliques et des flavonoïdes, elle a été réalisée non seulement en comparant le temps de rétention (Tr) des échantillons et les spectres UV aux standards, mais également en

analysant les échantillons après l'ajout d'étalons purs (Benmeddour *et al.*, 2013). Quant au dosage des phénols identifiés, il a été effectué tel que décrit par Benmeddour *et al.* (2013), à l'aide des courbes d'étalonnage (Annexe 2) et les résultats ont été exprimés en milligrammes par kilogramme du poids sec d'extrait (mg/Kg PS).

#### **IV. Analyses microbiologiques**

Différents groupes microbiens ont été dénombrés selon la méthode décrite par Umar *et al.* (2014). Dix grammes (10 g) de dattes broyées ont été mélangés de manière aseptique avec 90 ml d'eau physiologique stérile, ensuite une série de dilutions décimales a été préparée.

##### **IV.1 Dénombrement de la flore totale aérobie mésophile**

La flore totale aérobie mésophile (FTAM) a été dénombrée par culture en masse sur gélose PCA et les boites ont été incubées en aérobiose à 30 °C pendant 72 h.

##### **IV.2 Dénombrement des levures et moisissures**

Les levures et moisissures (LM) ont été comptées par culture en surface sur OGA (Oxytétracycline d'agar-glucose) contenant 10 µg / ml d'oxytétracycline. Les boites ont été incubées en aérobiose à 25 °C pendant 5 jours.

##### **IV.3 Recherche et dénombrement des coliformes fécaux et totaux**

La recherche des coliformes totaux (CT) a été réalisé sur le bouillon lactosé au pourpre de bromo-crésol (BCPL : Bromocresol Purple Lactose). Les tubes, munis d'une cloche de Durham, sont incubés à 37°C pendant 24h. La présence des CT se traduit à la fois par le virage de la couleur au jaune et le dégagement du gaz qui est emprisonné dans la cloche. La recherche des coliformes fécaux (CF) est réalisée par repiquage des tubes BCPL positif à la fois sur la gélose au glucose à la bile rouge violette (VRBG) et l'eau peptonée exempte d'indole (EPEI). L'incubation est faite à 44°C pendant 24h. La présence des CF se traduit à la fois par l'apparition des colonies sur VRBG et d'un anneau rouge à la surface de l'EPEI après addition de 2 à 3 gouttes de réactif de Kowacs (test de Mac Kenzie). Leur dénombrement a été réalisé par la méthode du nombre le plus probable (NPP) en utilisant la table de Mac Grady.

##### **IV.4 Dénombrement des entérocoques**

Les entérocoques ont été dénombrés par culture en surface sur la gélose Slanetz et Bartley (SB). L'incubation a été effectuée à 42 °C pendant 48 h.

#### IV.5 Dénombrement des clostridies sulfite-réducteurs

Le dénombrement des spores des clostridies Sulfite-réducteurs (CSR) a été réalisé sur le milieu viande –foie (VF) additionné de silfute de sodium et d'allun de fer, par culture en masse de 1 ml de dilution préalablement chauffée à 80 ° C pendant 10 min et refroidie rapidement (pour détruire la forme végétative).

### V. Activités biologiques des dattes

#### V.1 L'activité antimicrobienne

##### V.1.1 Préparation des extraits et concentrations

Tous les extraits obtenus ont été évaporés et les résidus secs obtenus ont été dissous par la suite dans le diméthylsulfoxyde (DMSO) et conservés à 4°C.

##### V.1.2 Revivification et standardisation des souches pathogènes

Les souches cibles utilisées (Tableau 9) nous proviennent de l'Institut Pasteur d'Algérie.

**Tableau 9.** Souches cibles utilisées lors de l'étude du pouvoir antimicrobien

		Souches indicatrices	Références	Milieux de culture	Conditions d'incubation
<b>Bactéries</b>	A Gram négatif (-)	<i>Escherichia coli</i>	ATCC 25922	BGT	24 h / 37°C
		<i>Vibrio cholerae</i>	/	BGT	24 h / 37°C
		<i>Salmonella typhimurium</i>	ATCC 19430	BGT	24 h / 37°C
		<i>Salmonella enterica</i>	/	BGT	24 h / 37°C
		<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	ATCC 91853	BGT	24 h / 37°C
		<i>Proteus mirabilis</i>	/	BGT	24 h / 37°C
	A Gram positif (+)	<i>Staphylococcus aureus</i>	ATCC 6538	BHI	24 h / 37°C
		<i>Listeria monocytogenes</i>	ATCC 7644	BHI	24 h / 37°C
		<i>Bacillus cereus</i>	/	BHI	24 h / 37°C
		<i>Bacillus subtilis</i>	/	BHI	24 h / 37°C
		<i>Enterococcus faecalis</i>	/	BHI	24 h / 37°C
		<i>Micrococcus luteus</i>	/	BHI	24 h / 37°C
	<b>Levures</b>	<i>Candida albicans</i>	ATCC 2091	PDB	48 h / 37°C
<i>Candida glabrata</i>		ATCC 90030	PDB	48 h / 37°C	
<b>Champignons</b>	<i>Aspergillus niger</i>	/	PDB	48 h / 37°C	
	<i>Penicillium sp</i>	/	PDB	48 h / 37°C	

ATCC : American Type Culture Collection , BGT : Bouillon glucosé tamponné , PDB : Potato Dextrose Broth, BHI : Brain Heart Infusion

Toutes les souches indicatrices ont été revivifiées à partir de cryotubes préalablement conservés à -80°C dans du glycérol 80%, par repiquages successifs sur des bouillons relatifs puis par strie sur des boîtes gélosées. Après incubation (48h à 30°C ou 37°C selon la souche), un clone a été inoculé dans 10 ml de bouillons relatifs à chaque souche. Les tubes ont été incubés

pendant une nuit à 30 ou 37°C en fonction de la souche. Les pré-cultures jeunes (18h d'incubation) ont été standardisées pour avoir une charge totale de  $10^6$  cellules/ml (DO) et ont par la suite utilisées pour l'interaction.

### V.1.3 Mise en évidence de l'activité antimicrobienne

La détermination de l'action antagoniste de tous les extraits a été réalisée *in vitro* selon la méthode de diffusion sur gélose, en utilisant le milieu de culture Mueller-Hinton (MH). Dans une première étape, un écouvillonnage de la suspension microbienne en surface du milieu MH a été réalisé. Des puits y ont été creusés à l'aide de la partie inférieure d'une pipette Pasteur stérile. Le fond des puits a été obturé par une goutte de gélose molle pour limiter la diffusion des extraits sous la gélose. Ensuite, un volume de 20  $\mu$ l de chaque extrait a été introduit aseptiquement dans chaque puits. Les boîtes ont été laissées diffuser pendant 1h à 4°C. L'incubation a été faite à 37°C, pendant 24h. Les essais témoins négatifs ont été effectués par les solvants (le DMSO, le méthanol et l'acétone) alors que les essais témoins positifs ont été effectués par le chloramphénicol, le miconazole et la tétracycline. Le pouvoir antimicrobien se révèle par l'apparition des zones d'inhibition autour des puits dont le diamètre est supérieur ou égal à 02mm (Lima *et al.*, 2019). La mesure du diamètre d'inhibition ( $Z_i$ ), a été effectuée selon la formule suivante :

$$Z_i \text{ (mm)} = \text{diamètre de la zone d'inhibition obtenu (mm)} - \text{diamètre du puits (6mm)}$$

### V.1.4 Calcul des concentrations minimales inhibitrice, bactéricide et fongicide

La méthode de la dilution en série doublée a été utilisée pour déterminer la concentration minimale inhibitrice (CMI), la concentration minimale bactéricide (CMB) et la concentration minimale fongicide (CMF). Les extraits ont été dilués, dans de l'eau distillée, à des concentrations finales 12,5 ; 25 ; 50 ; 75 et 100 mg/ml. Séparément, Un volume de 2 ml de chaque dilution et un volume égal du bouillon nutritif (BN) ou du bouillon dextrosé à la pomme de terre (PDB) ont été introduits dans un tube à essai. Ensuite, les tubes ont été inoculés de 100  $\mu$ l de la suspension microbienne active et standardisée ( $10^6$  cellules / ml). Enfin, l'incubation a été faite à 37 °C/24h et à 30 °C/3 jours pour les bactéries et les champignons respectivement. La CMI a été ainsi déterminée comme étant la concentration la plus basse requise pour l'inhibition complète de la croissance microbienne (Al-Daihan *et al.*, 2013, Bhat & Al-Daihan, 2014). La CMB a été déterminée par repiquage à 37 °C/24 h, de tous les tubes sans croissance évidente lors de l'identification de la CMI. La CMB a été ainsi calculée comme étant la concentration la plus faible empêchant la croissance des bactéries (Daoud *et al.*, 2015).

La CMF a été déterminée par repiquage des tubes sans croissance visible (10 µl) dans le milieu PDA (Potato Dextrose Agar) et par une incubation de 3 à 4 jours à 30 ° C. La CMF a été alors considérée comme étant la concentration la plus faible empêchant la croissance du mycélium (Zarrin *et al.*, 2010).

## V.2 L'activité antioxydante

### V.2.1 Le pouvoir antiradicalaire du DPPH

L'activité antiradicalaire se révèle par la décoloration d'une solution violette de DPPH. En effet, les antioxydants piègent ce radical libre en lui cédant un atome d'Hydrogène ; ce qui conduit à sa décoloration (Popovici *et al.*, 2010). La capacité de piégeage du DPPH\* a été déterminée selon la méthode décrite par Al Juhaimi *et al.* (2018). Soixante microlitres (60 µl) de l'extrait ont été ajoutés à 1500 µl de DPPH ( $6 \cdot 10^{-5}$  M). Le mélange a été incubé pendant 30 min à l'obscurité et à température ambiante. L'absorbance a été mesurée à 515 nm. Le pourcentage d'inhibition (I%) a été déterminé par la formule suivante :

$$I \% = [(A_c - A_e) / A_c] * 100$$

$A_c$  : L'absorbance du contrôle ;

$A_e$  : L'absorbance de l'extrait.

### V.2.2 Le pouvoir antiradicalaire de l'ABTS<sup>•+</sup>

Le test TEAC (Trolox Equivalent Antioxidant Capacity : capture du radical-cation ABTS<sup>•+</sup>) se manifeste par une décoloration d'une solution bleue verte d'ABTS. Ce dernier est ainsi réduit en présence d'un antioxydant ; ce qui se traduit par une décoloration suite au piégeage d'un proton (Liang & Kitts, 2014). L'activité antiradicalaire de l'ABTS<sup>•+</sup> est évaluée en additionnant 187 µl de la solution d'ABTS<sup>•+</sup> (7mM) à 13 µl de l'extrait. Le mélange a été incubé pendant 6 min à température ambiante puis l'absorbance a été mesurée à 750 nm. Les résultats ont été exprimés en mmol équivalent de Trolox par gramme d'extrait sec (mmol ET/g d'extrait) (Mrabet *et al.*, 2017a).

### V.2.3 Le pouvoir réducteur

Le pouvoir réducteur (FRAP : Ferric Reducing Antioxidant Power) est l'aptitude des antioxydants à réduire le fer ferrique ( $Fe^{+3}$ ) en fer ferreux ( $Fe^{+2}$ ) ; ce qui résulte en une coloration verdâtre proportionnelle au FRAP des extraits (Bourgou *et al.*, 2008). Le FRAP a été évalué selon le protocole préconisé par Oyaizu (1988). L'extrait (500 µl) a été ajouté à 1,25 ml de ferricyanure de potassium (1%) et à 1,25 ml de tampon phosphate (0,2 M, pH 6,6). Le

mélange a été incubé à 50 ° C pendant 20 minutes ; puis 1,25 ml d'acide trichloroacetic (10%) ont été ajoutés. Le mélange (1,25 ml) a été combiné avec 1,25 ml d'eau distillée et 0,25 ml de FeCl<sub>3</sub> (1%). L'absorbance a été mesurée à 700 nm. Les résultats sont exprimés en milligrammes équivalent d'acide gallique par 100 g de poids sec (mg EAG/100 g PS).

#### V.2.4 La capacité de chélation du fer ferreux

La capacité de chélation du fer ferreux (FIC : Ferrous Ion Chelating) reflète le pouvoir réducteur par l'inhibition de la réduction de la ferrozine (Bourgou *et al.*, 2008). En principe, la forme réduite de la ferrozine se traduit par une couleur violette intense. En présence d'un antioxydant, ce dernier entre en compétition avec la ferrozine pour se lier avec les ions Fe<sup>2+</sup>. Ceci inhibe la réduction de la ferrozine et limite la formation du complexe coloré fer-ferrozine. La FIC a été déterminée tel que rapporté par Ramchoun *et al.* (2017). A 250 µl d'extrait, ont été ajoutés respectivement 800 µl d'eau distillée, 50 µl de ferrozine (5 mM) et 25 µl de FeCl<sub>2</sub> (2 mM). L'absorbance a été mesurée à 562 nm après une incubation de 10 mn à l'obscurité. Le pouvoir chélateur du fer a été estimé selon l'équation ci-dessous :

$$EC \% = [1 - (A_1 - A_2) / A_0] * 100$$

A<sub>0</sub>: Absorbance du control ;

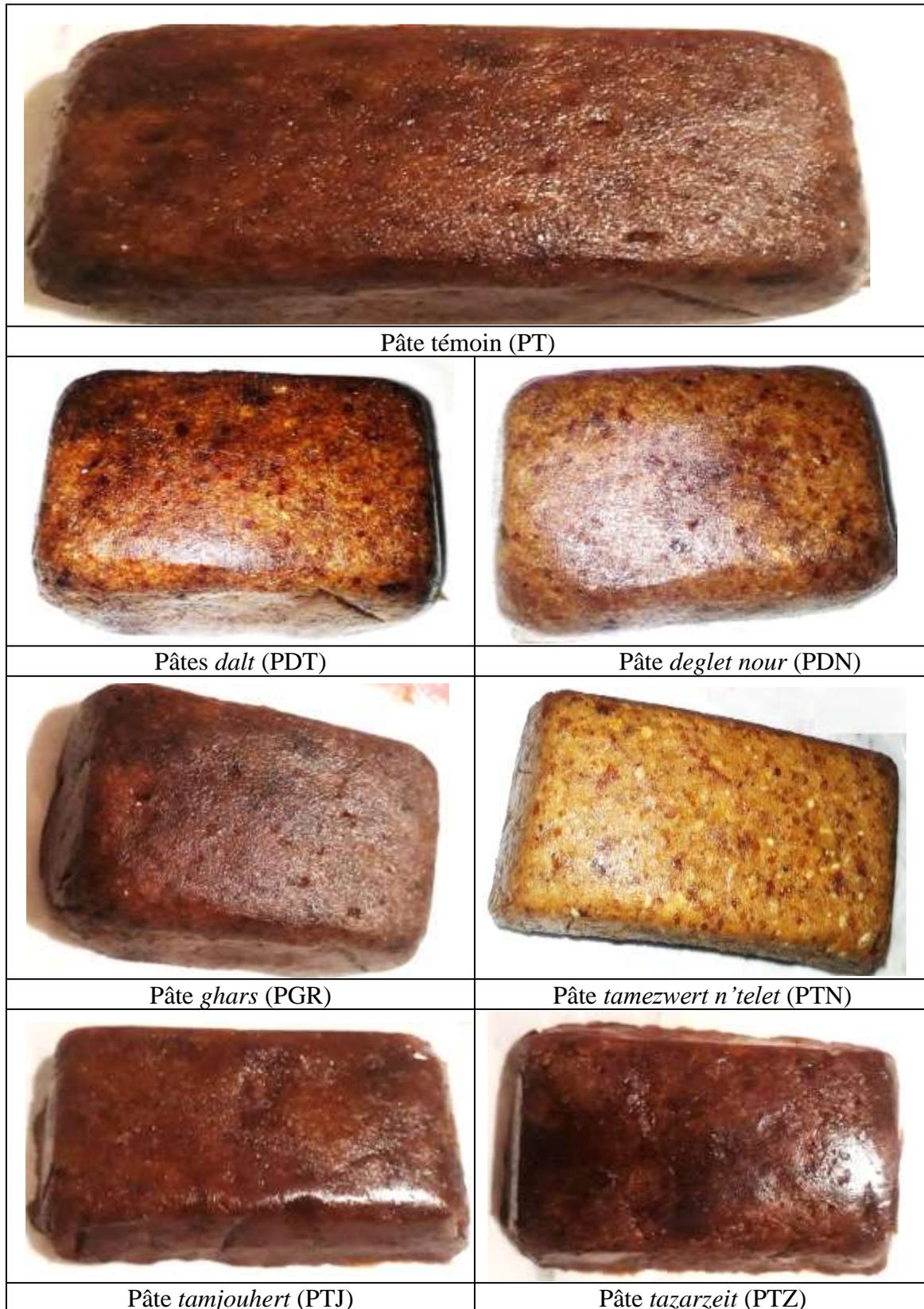
A<sub>1</sub> : Absorbance de l'extrait ;

A<sub>2</sub> : Absorbance sans ferrozine.

## VI. Transformation des fruits en pâte de dattes

### VI.1 Préparation des pâtes de dattes

Six pâtes de dattes ont été préparées aseptiquement à partir des fruits mûrs des six variétés étudiées selon la méthode modifiée de Ahmed and Ramaswamy (2006) En bref, environ 500 g de dattes dénoyautées ont été cuites à la vapeur pendant 15 minutes. Après cuisson, les résidus obtenus ont été mélangés pendant 4 min (2000rpm) avec 5 ml de l'huile de tournesol et 5 ml d'eau de fleur d'oranger. Enfin, les pâtes obtenues ont été aseptiquement pesées, aliquotées, conservées dans des contenants en verre stériles et immédiatement stockées à différentes températures pour des analyses ultérieures. En plus de ces pâtes préparées au laboratoire, un septième échantillon de pâte de dattes provenant du commerce en Algérie a fait également l'objet de différentes analyses (Figure 10).



**Figure 10.** Échantillons de pâtes de dattes étudiées.

## VI.2 Analyses physicochimiques des pâtes de dattes

Les échantillons de pâtes de dattes ont été soumis aux analyses physico-chimiques (pH, acidité, teneurs en eau, sucres, protéines, lipides, minéraux et en composés phénoliques et les profils en sucres en et polyphénols). Les paramètres étudiés et les méthodes utilisées sont ceux illustrés dans la section III.1-III.6.7

## VI.3 Analyses microbiologiques des pâtes de dattes

Les sept pâtes de dattes ont été soumises aux analyses microbiologiques (recherches et dénombrement de FTAM, LM, CF, CT, entérocoques et CSR). Les flores dénombrées et les conditions d'incubation (milieux de culture, temps et température d'incubation) sont ceux illustrés dans la section IV.1- IV.5.

## VI.4 Activités biologiques des pâtes de dattes

L'activité antimicrobienne et les activités antioxydantes (FRAP, FIC, TEAC, DPPH) des pâtes de dattes ont été déterminées tel que décrit dans les sections V.1 et V.2 respectivement

## VI.5 Analyses sensorielles des pâtes de dattes

Les pâtes préparées ainsi que la pâte témoin ont fait l'objet d'analyses sensorielles selon la méthode décrite par ISO (2004). Dix-huit personnes choisies au hasard parmi les étudiants et le personnel de l'université, dans une tranche d'âge allant de 18 à 60 ans, ont accepté de participer aux analyses sensorielles. Nous leur avons fourni les échantillons et un questionnaire que chacun devait remplir (fiche du questionnaire en Annexe 3). Pour réduire la confusion et rendre la tâche plus facile aux dégustateurs, nous avons évité de discuter de l'aliment qui sera soumis aux essais tout en leur expliquant la méthode et les protocoles d'analyses utilisées. Nous leur avons également indiqué de ne pas utiliser de produits à odeur prononcée comme les savons, les lotions et les parfums avant de participer au test de dégustation et de ne pas manger, de boire ou de fumer au moins 30 minutes avant de procéder aux essais. Lors de cette caractérisation sensorielle, les échantillons de pâtes de dattes ont été codés comme suit :

- ✚ A : pour PT ou la pâte témoin ;
- ✚ B : pour PDT ou la pâte préparée à partir du cultivar *dalt* ;
- ✚ C : pour PDN ou la pâte préparée à partir du cultivar *deglet nour* ;
- ✚ D : pour PGR ou la pâte préparée à partir du cultivar *ghars* ;
- ✚ E : pour PTN ou la pâte préparée à partir du cultivar *tamezwert n'telet* ;
- ✚ F : pour PTJ ou la pâte préparée à partir du cultivar *tamjoughert* ;
- ✚ G : pour PTZ ou la pâte préparée à partir du cultivar *tazarzeit* .

En vue de cette caractérisation, trois types de tests ont été réalisés :

### VI.5.1 Test triangulaire

Le test triangulaire est une forme de test de différence dont on se sert couramment pour déterminer s'il y a des différences perceptibles entre deux échantillons. Ce test s'utilise aussi pour déterminer l'aptitude des dégustateurs à distinguer les différences d'apparence, d'odeur, de saveur ou de texture des aliments (Watts *et al.*, 1991). Nous avons présenté trois échantillons dont un a été répété. Chaque dégustateur a donc reçu trois pâtes codées et il a été invité à déterminer la pâte non répétée. Deux épreuves triangulaires ont été effectuées, la première relative à l'aspect externe et la seconde au goût où la décision statistique a été prise après calcul d'une valeur  $\mu$  obtenue par approximation d'une loi binomiale :

$$\mu = (|3x - n| - 1,5) / \sqrt{2n}$$

n : nombre de répétitions (nombre de sujets quand chaque sujet réalise une seule épreuve) ;

x : nombre de réponses correctes observées.

Pour être valide, l'approximation suppose que n fois 1/3 soit supérieur à 5 (donc n > 15) ; ce qui est le cas dans l'étude (n=18).

-Si  $\mu$  observée > 1,64 : Les différences sont significatives à 5% ;

-Si  $\mu$  observée > 2,33 : Les différences sont significatives à 1% ;

-Si  $\mu$  observée > 2,81 : Les différences sont significatives à 1%.

### VI.5.2 Test de classement

Ce test a pour objectif de déterminer la mesure dans laquelle le consommateur accepte un produit. L'acceptation d'un produit alimentaire indique en général la consommation réelle de ce produit. Nous avons présenté les sept échantillons codés et nous avons demandé aux dégustateurs de les classer en fonction de l'acceptation en allant du moins acceptable au plus acceptable. En règle générale, on ne permet pas les égalités. L'échantillon qui avait la note la plus élevée était noté '1' et celui qui avait la note la plus basse était noté '7'.

Nous avons réalisé trois épreuves de classement : la première pour la consistance, la seconde pour le goût et la dernière pour l'arôme. Aux fins des analyses des données, on a fait le total des classements attribués à chaque échantillon. On a procédé ensuite à la détermination de la signification des différences, en comparant les totaux des classements pour toutes les paires possibles des échantillons, en se servant du test de Friedman. Les différences entre toutes

les paires possibles des classements totalisés ont été comparées à la valeur critique du tableau donné dans l'annexe 4, pour un niveau de signification de 5 %.

### **VI.5.3 Test hédonique**

Dans cette étude, nous avons suivi une démarche de réalisation des profils sensoriels. Nous nous sommes intéressés à l'analyse réelle des échantillons sur la base de la liste des descripteurs de la texture (la tranchabilité, la tartinabilité l'aspect liquide et l'aspect cassant de la texture), du goût (amer, sucré, salé et acide), de la couleur et de l'odeur. Nous avons présenté les sept échantillons codés et nous avons demandé aux dégustateurs de leur attribuer une note de 0 à 9 selon l'intensité de chacun des descripteurs cités ci-dessus.

## **VII. Etude statistique et corrélations**

Toutes les analyses statistiques ont été réalisées par le logiciel XL-Stat. Pour chaque test réalisé, les résultats sont présentés comme étant la moyenne de trois répétitions  $\pm$  de l'écart-type. L'ANOVA nous a permis de déterminer la signification des différences ( $P \leq 0.05$ ) entre les échantillons, ensuite le test T-Tukey a été réalisé pour les classer en groupes. Le test Dunnet a été également réalisé afin de comparer les pâtes préparées à la pâte témoin. Quant à l'analyse en composantes principale (ACP), elle nous a servi à visualiser la corrélation entre

- ✚ Les paramètres physicochimiques des dattes et leur qualité hygiénique, représentée par les flores microbiennes détectées.
- ✚ La teneur en composés phénoliques des dattes et leurs activités biologiques (antioxydante et antimicrobienne).
- ✚ Le profil sensoriel des pâtes de dattes et leurs paramètres physicochimiques.

## *Chapitre II*

---

# *Résultats et Discussion*

## I. Analyses pomologiques

Le poids, la longueur et la largeur des dattes ont été mesurés et les résultats sont illustrés dans le tableau 10.

**Tableau 10.** Pomologie des dattes.

	Poids (g)			Longueur (cm)			Largeur (cm)		
	<i>kimri</i>	<i>Rotab</i>	<i>Tamr</i>	<i>kimri</i>	<i>Rotab</i>	<i>Tamr</i>	<i>kimri</i>	<i>Rotab</i>	<i>Tamr</i>
FDT	9,51±0,97	12,69±0,55	15,15±0,06	4,86±0,07	5,03±0,03	5,15±0,04	1,70±0,17	1,83±0,16	1,92±0,14
FDN	8,75±0,43	11,96±0,56	14,75±0,26	3,97±0,10	4,07±0,06	4,22±0,20	1,50±0,17	1,61±0,13	1,80±0,07
FGR	8,04±0,04	11,20±0,06	14,25±0,21	4,18±0,06	4,31±0,08	4,57±0,09	1,51±0,03	1,51±0,08	1,74±0,08
FTN	7,11±0,11	10,33±0,18	13,01±0,03	3,41±0,15	3,56±0,06	4,01±0,03	1,40±0,26	1,65±0,25	1,84±0,14
FTJ	9,12±0,13	12,69±0,34	15,27±0,49	4,16±0,04	4,27±0,07	4,62±0,08	1,76±0,10	1,86±0,04	1,89±0,02
FTZ	8,45±0,51	11,23±1,01	14,64±0,23	4,13±0,12	4,06±0,09	4,50±0,44	1,71±0,14	1,80±0,01	1,90±0,04

Les différentes lettres indiquent la séparation des échantillons en différents groupes ( $P \leq 0,05$ ,  $b < a$ ).

FDT : Dalt , FDN : Deglet Nour , FGR : Ghars , FTN : Tamezwert n'telet , FTJ : Tamjoughert , FTZ : Tazarzeit

Le tableau 10 montre clairement qu'il y a une augmentation significative du poids de tous les cultivars au cours de la maturation. En sus, il y a eu des différences variétales significatives. Le cultivar *dalt* présente le poids le plus élevé au stade *tamjoughert*, soit  $15,27 \pm 0,49$  g, pour le même stade, le cultivar *tamezwert n'telet* possède le poids le moins élevé ( $13,01 \pm 0,03$  g).

Les dattes mûres sont nettement plus longues que celles non mûres, issue des deux stades précoces, qui ne présentent pas de différences significatives. Néanmoins, les variétés du même stade présentent des longueurs significativement différentes. La longueur la plus élevée est de 5,15 cm ; elle est constatée dans le cas du cultivar *dalt* au stade *tamr*. Alors que la longueur la moins élevée (3,41 cm) est enregistrée au stade *kimri* pour le cultivar *tamezwert n'telet*.

La largeur augmente significativement plus les dattes mûrissent, avec des différences variétales plus ou moins importantes. La largeur la plus élevée est enregistrée pour le cultivar *dalt* au stade *tamr* (1,92 cm). Tandis que la largeur la moins élevée (1,40 cm) est enregistrée pour le cultivar *tamezwert n'telet* au stade *kimri*.

Des résultats similaires ont été publiés par Rhouma (1994). Le poids moyen varie entre 15,2 g (*boufaggous*) et 17,40 g (*deglet nour*). Néanmoins, nos résultats sont supérieurs à ceux rapportés par Acourene et Tama (1997) pour *mech degla* et *degla beida* (4,37 g et 7,13 g respectivement). Chibane *et al.* (2007) ont signalé un poids de 6,16 g et de 6,06 g pour ces mêmes variétés. De plus, l'augmentation du poids de dattes iraniennes, en allant des stades précoces aux stades avancés, a été également signalée

par Tafti and Fooladi (2006). Le poids des fruits a augmenté progressivement de 6,10 à 8,13 g au stade *rotab* puis il a diminué jusqu'au 6,30 g au stade *tamr*. Selon ces mêmes auteurs, cette augmentation est due à l'augmentation de la teneur en extrait sec et de la diminution de la teneur en eau. Selon le Codex Alimentarius FAO and UNICEF (2017), les dattes non dénoyautées sont classées selon leurs poids (P) en :

- ✚ Petite : Si  $P = 5\text{ g}$  ;
- ✚ Moyenne : si  $5\text{ g} < P < 6,25$  ;
- ✚ grande : si  $P > 6,25\text{ g}$ .

Ainsi, tous nos cultivars sont grands vu que le poids des dattes mûres est compris entre 13 et 15g.

Concernant la longueur, nos résultats sont proches de ceux signalés par Chibane *et al.* (2007) et El Arem *et al.* (2012), où les longueurs des fruits varient de 3,59 cm à 4,11cm et de 2,75 à 4,30 cm respectivement. En sus, Tafti and Fooladi (2006), Guido *et al.* (2011) et Amorós *et al.* (2009) ont également signalé l'augmentation progressive de la longueur du stade *kimri* au stade *rotab*, de 2,60 cm à 2,97 cm et de 2,77 à 4,63 respectivement.

De même, nos résultats sont proches de ceux rapportés par Ismail *et al.* (2013) dont la largeur varie de 1,33 cm (*khalt emmwachim*) à 2,63 cm (*tezerzit safra*). De plus, Chibane *et al.* (2007) ont publié des valeurs similaires qui varient de 1,75 cm pour *frezza* à 1,90 cm pour *mech degla*. En ce qui concerne la variation de la largeur au cours de la maturation, nos résultats vont de même avec ceux de Guido *et al.* (2011) et Amorós *et al.* (2009) pour lesquels la largeur augmente de 1,40 à 2,40 cm et de 1,75 à 2,10 cm respectivement. Toutefois, ils ne vont pas dans le même sens de ceux de Tafti and Fooladi (2006). Selon ces auteurs, la largeur des dattes diminue progressivement de 2,10 cm au stade *kimri* à 2,07 cm au stade *tamr*.

En effet, la variation de la pomologie des dattes est due aux facteurs génétiques et environnementaux tels que les conditions de culture, et la fertilisation (Hussain *et al.*, 2020). Ces différences peuvent s'expliquer par plusieurs facteurs, notamment la variabilité due aux différences entre les caractéristiques intervariétales, mais aussi à l'effet de la saisonnalité les conditions culturales (le type de sol, la teneur en eau et aux fertilisants) et l'origine géographique (Thareja *et al.*, 2018). D'après Yahia *et al.* (2014),

mis à part la variabilité génétique, le poids frais de la datte ainsi que sa taille augmentent avec l'apport de la fertilisation azotée.

Selon Meligi *et al.* (1982), Mohammed *et al.* (1983) et Acourene and Belguedj (2005), une datte est dite de qualité physique acceptable quand :

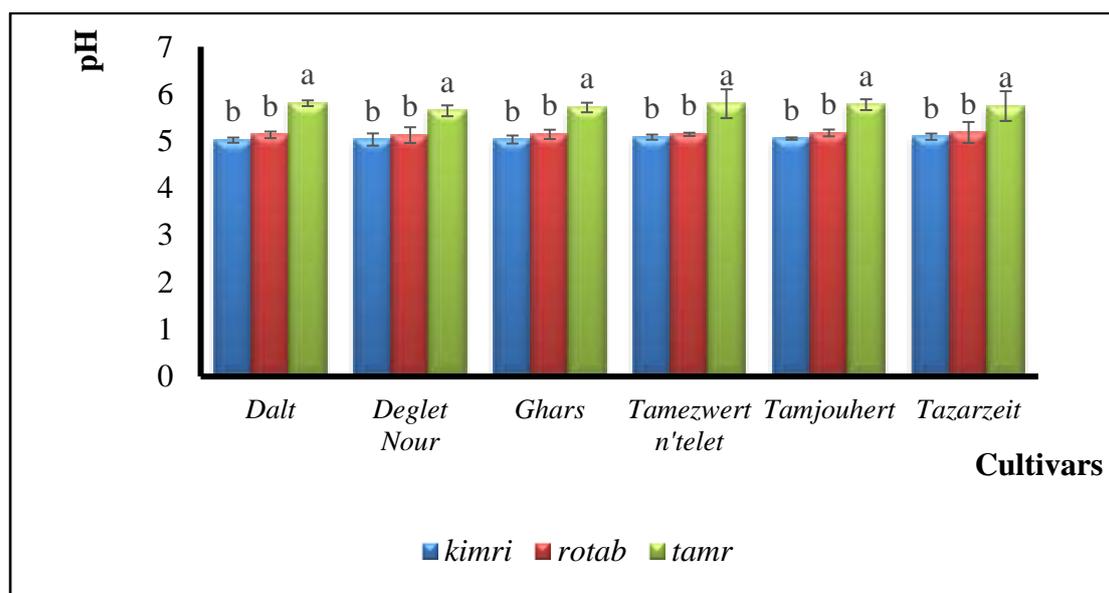
- ✚ Le poids de la datte entière est supérieur ou égal à 6,25 g ;
- ✚ La longueur de la datte est supérieure ou égale à 3,5 cm ;
- ✚ La largeur de la datte est supérieure ou égale à 1,5 cm.

Ainsi, Nous pouvons retenir que les caractéristiques physiques sont conformes, en dépit des différences variétales tant pour le poids que pour la taille.

## II. Analyses physico-chimiques

### II.1 Le pH

La Figure 11 représente les moyennes du pH des différents échantillons.



**Figure 11.** pH moyens des dattes

Les différentes lettres indiquent des différences significatives ( $P \leq 0,05$ ,  $b < a$ ).

D'après ces résultats, les dattes mûres sont caractérisées par un pH légèrement acide, compris entre  $5,64 \pm 0,12$  pour le cultivar *deglet nour* et  $5,80 \pm 0,06$  pour cultivar *dalt*. De plus, les valeurs du pH augmentent significativement ( $p \leq 0,05$ ) en allant du stade *kimri* ( $5,02 \pm 0,06 - 5,09 \pm 0,06$ ) au stade *tamr* ( $5,64 \pm 0,12 - 5,80 \pm 0,06$ ).

Ces résultats concordent avec ceux signalés par Kulkarni *et al.* (2008) pour d'autres variétés non mûres ( $6,03 \pm 0,3$ ). De même, les études effectuées par Khalil *et*

*al.* (2002) et Ahmed *et al.* (2005), sur des variétés mûres, ont donné des valeurs qui sont en accord avec les nôtres (de 5,6 à 5,8 et de 5,68 à 5,76 respectivement).

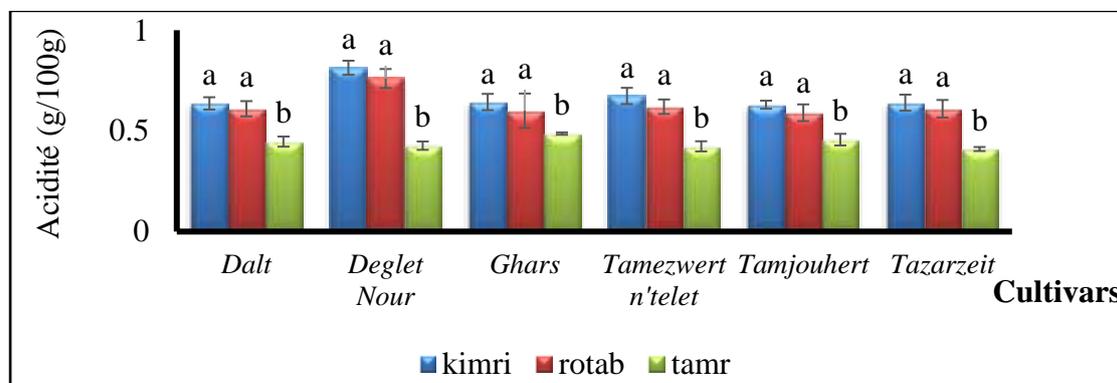
Dans leurs études sur la variation de la composition physico-chimiques des dattes au cours de la maturation, Tafti and Fooladi (2006), Amorós *et al.* (2009) et Guido *et al.* (2011) ont également constaté une augmentation significative du pH au stade *tamr* par rapport aux autres stades. Toutefois, leurs valeurs sont supérieures aux nôtres, elles atteignent 7 au cours du dernier stade.

Le pH acide des dattes peut être expliqué par la présence d'acides organiques, notamment en acide malique (Ismail *et al.*, 2013). Selon Haider *et al.* (2014), la teneur en acides organiques tend à diminuer durant la maturation, ceci explique l'augmentation du pH durant ce phénomène. Toutefois le métabolisme de ces acides est faiblement rapporté dans la littérature (Sánchez-Zapata *et al.*, 2011).

La détermination du pH est primordiale parce que c'est un paramètre déterminant l'aptitude de la conservation de l'aliment. Ainsi, un pH compris entre 5 et 6 (le cas de nos échantillons) est favorable pour la conservation de certaines vitamines du groupe B telles que B1, B2, B5, B9, et B12 (Bourgeois, 2003). De plus, l'augmentation du pH des dattes est en faveur de leur qualité marchande. Dans ce contexte, Barreveld (1993) a montré qu'il y a une corrélation positive entre l'augmentation du pH des dattes (*deglet nour*) et leur commercialisation. Suivant ces résultats, nous pouvons dire que nos cultivars sont d'une bonne qualité commerciale.

## II.2 L'acidité

La Figure 12 représente les moyennes de l'acidité des différents échantillons.



**Figure 12.** Acidités moyennes des dattes  
Les différentes lettres indiquent des différences significatives ( $P \leq 0.05$ ,  $b < a$ ).

Comme le montre la figure, nous constatons une légère diminution de l'acidité de toutes les variétés du stade *kimri* au stade *rotab*. Toutefois cette diminution est significative du stade *rotab* au stade *tamr*. L'acidité des dattes mûres est comprise entre  $0,41 \pm 0,01$  pour le cultivar *tazarzeit* et  $0,49 \pm 0,01$  g d'acide malique/100g pour le cultivar *ghars*.

Nos résultats sont supérieurs à ceux rapportés par Khalil *et al.* (2002), soient 0,18 et 0,22 % pour les deux variétés égyptiennes *siwi* et *ambat* respectivement. De plus, nos résultats sont inférieurs à ceux publiés par Chibane *et al.* (2007) ; soient 2,93% et 4,38 % pour les variétés algériennes *degla baida* et *frezza* respectivement.

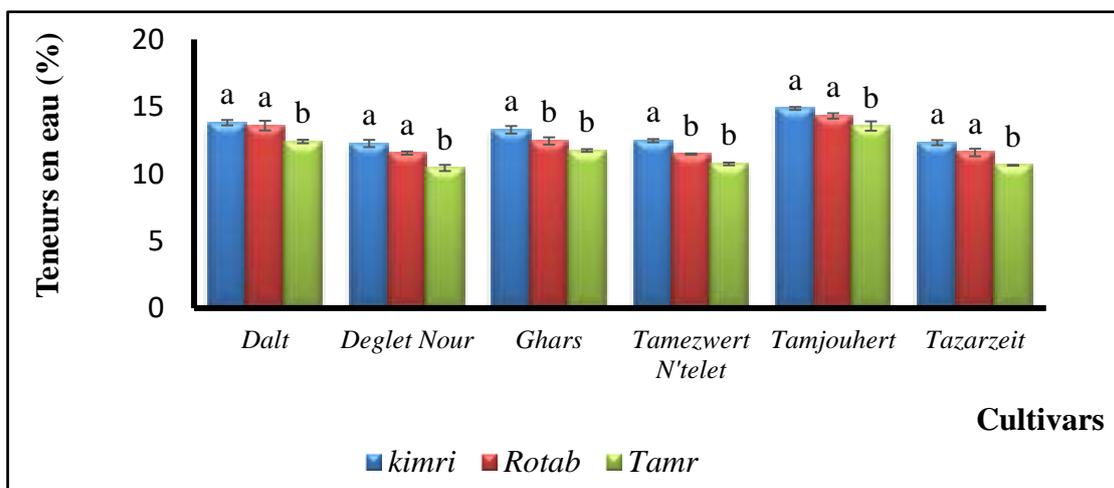
Concernant la variation de l'acidité au cours de la maturation, Tafti and Fooladi (2006) ont rapporté que l'acidité diminue de 0,49% au stade *kimri* jusqu'au 0,39% au stade *rotab* ; puis elle augmente jusqu'au 0,68% au stade *tamr*.

Selon Ismail *et al.* (2013), l'acidité des dattes est proportionnelle à leur teneur en acides organiques, en particulier le malate et le lactate (El Arem *et al.*, 2012; Guido *et al.*, 2011). Ces derniers sont souvent issus de la dégradation du glucose par les bactéries lactiques.

De plus, la diminution de l'acidité au cours de la maturation est due à la diminution de la teneur en acides organiques (Haider *et al.*, 2014) . Leur diminution pourrait être expliquée, à son tour, par la diminution des sucres réducteurs. En sus, ces teneurs peuvent diminuer sous certaines conditions (une forte température, une humidité élevée) de récolte et/ou de stockage (Tafti & Fooladi, 2006).

### II.3 Teneurs en eau

La teneur en eau a été calculée et les résultats (%) sont illustrés dans la Figure 13.



**Figure 13.** Teneurs moyennes en eaux des dattes  
Les différentes lettres indiquent des différences significatives ( $P \leq 0,05$ ,  $b < a$ ).

Il ressort des résultats obtenus qu'il y a des différences significatives dans les teneurs en eau des différentes variétés. Parmi toutes les variétés étudiées, *deglet nour* a les teneurs les plus faibles en eau ; soient  $12,25 \pm 0,27$  ;  $11,54 \pm 0,12$  et  $10,43 \pm 0,23$  % aux stades *kimri*, *rotab* et *tamr* respectivement. De plus, les plus faibles teneurs en eau ont été enregistrées durant le stade *tamr* ; elles y varient de  $10,43 \pm 0,23$  (*deglet nour*) à  $13,55 \pm 0,35$  % (*tamjouhert*), tandis que les dattes issues du stade *kimri* possèdent les teneurs les plus élevées ( $13,80 \pm 0,20$  –  $14,86 \pm 0,11$  %).

Nos résultats sont similaires à ceux de Chibane *et al.* (2007), dont les teneurs en eau des dattes mûres sont comprises entre 13,03% (*mech degla*) et 14,80% (*frezza*). Néanmoins, ces teneurs sont beaucoup moins élevées non seulement que celles publiées par Ismail *et al.* (2008) ; soient 23,2 % (*khalas*) et 23,7 % (*bahree*) mais également que celles publiées par Tafti and Fooladi (2006) ; soient 54,83% (*shamsaei*).

La diminution de la teneur en eau au cours de la maturation a été également rapportée par Haider *et al.* (2014) et Tafti and Fooladi (2006). Toutefois, les valeurs trouvées par ces auteurs sont supérieures aux nôtres ; soient un taux de diminution de l'humidité de 71,41 à 55,55 et de 81,77% à 54,83% respectivement.

La teneur en eau a été rapportée en tant qu'un paramètre critique affectant la qualité rhéologique et ainsi la texture de l'aliment, qui est en relation avec sa composition en glucides. En effet, la teneur en eau dépend essentiellement de la teneur en sucres. Ces derniers se lient aux molécules d'eau laissant ainsi de petites quantités d'eau libre. Ce qui explique les faibles teneurs en eau de nos variétés. (Ghnimi *et al.*, 2017). Ceci est confirmé par le commencement de la diminution à partir du stade *rotab* suite à la formation de quantités considérables du saccharose. Au cours du stade *tamr*, la diminution est accélérée et le fruit devient plus frais grâce à la conversion du sucrose en sucres simples (Ghnimi *et al.*, 2018).

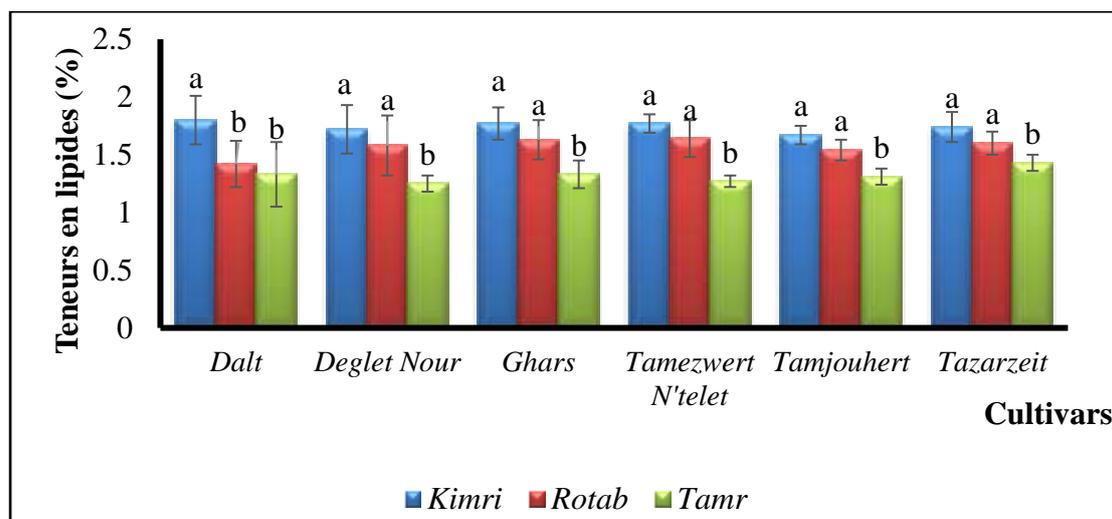
Selon Ismaïl *et al.* (2013), les dattes sont classées selon leurs teneurs en eau en trois principaux groupes :

- ✚ Variétés molles : si la teneur en eau est supérieure ou égale à 30% ;
- ✚ Variétés demi-molles : si la teneur en eau est comprise entre 20 et 30% ;
- ✚ Variétés sèches : si la teneur en eau est inférieure à 20%.

Par conséquent les variétés étudiées sont considérées sèches. Toutefois, pour les mêmes variétés étudiées (*deglet nour* et *ghars*) d'autres auteurs les ont classés comme étant des variétés demi-molles à molles en fonction du taux d'humidité qu'elles renferment. Aussi, concernant nos échantillons, aux facteurs génétique, culturaux et environnementaux, une perte d'eau lors de la réfrigération (+4°C) est également probable.

#### II.4 Teneurs en matière grasse

Les teneurs en matière grasse (%) sont illustrées dans la Figure 14.



**Figure 14.** Teneurs moyennes en lipides des dattes.

Les différentes lettres indiquent des différences significatives ( $P \leq 0.05$ ,  $b < a$ ).

Comme le montre la figure 14, le taux de la matière grasse est très faible. Il est beaucoup moins élevé pour le cultivar *deglet nour* ( $1,25 \pm 0,07\%$ ) au stade *tamr* par rapport au cultivar *dalt* au stade *kimri* ( $1,80 \pm 0,21\%$ ). Il est à noter que la diminution des taux des lipides durant la maturation n'est pas significative ( $p \leq 0,05$ ).

Nos résultats sont en accord avec ceux trouvés par plusieurs auteurs dont Hasnaoui *et al.* (2011) et El Arem *et al.* (2012), qui ont trouvé des valeurs comprises entre 0,19 et 0,20% et entre 0,24 à 0,42% respectivement.

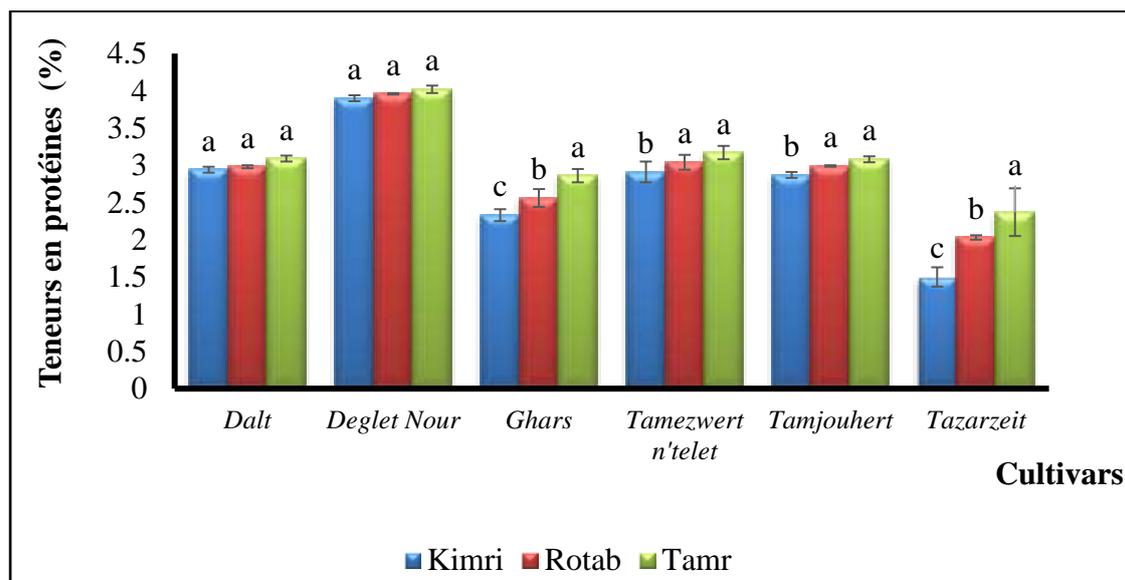
Les travaux de El Arem *et al.* (2014) confirment la diminution du taux de la matière grasse avec la maturation du fruit. Selon ces auteurs, les teneurs en matière grasse varient de 0,40 à 0,55%, de 0,19 à 0,44% et de 0,14 à 0,25% aux stades *kimri*, *rotab* et *tamr* respectivement.

La faible teneur des dattes en matière grasse a été largement rapportée dans la littérature. Cette faible teneur est due aux faibles teneurs en enzymes entrant dans les

voies de biosynthèse des acides gras, à savoir D12-désaturase et la phosphatidyl choline oléoyl désaturase (Habib *et al.*, 2013). Selon El Arem *et al.* (2012), la fraction lipidique est composée de 50% d'acides gras saturés (acide palmitique), 40% d'acides gras monoinsaturés (acide oléique) et 10% d'acides gras polyinsaturés (acide linoléique).

## II.5 Teneurs en protéines

Les teneurs en protéines (%) sont illustrées dans la Figure 15.



**Figure 15.** Teneurs moyennes en protéines des dattes

Les différentes lettres indiquent des différences significatives ( $P \leq 0.05$ ,  $b < a$ ).

Il a été clairement montré que les dattes ont des teneurs en protéines plus au moins faibles qui ne dépassent pas  $4,02 \pm 0,04$  % pour le cultivar *deglet nour* au stade *tamr* et  $3,90 \pm 0,05$  % pour le même cultivar au stade *kimri*. De même, la fraction protéique augmente d'une manière non significative ( $p \leq 0,05$ ) au cours de la maturation.

Ces résultats sont similaires à ceux rapportés par la littérature qui situent les protéines dans la fourchette 2,18 – 3,50% (Chibane *et al.*, 2007) et 2,4 – 3,6% (Ismail *et al.*, 2008). Concernant la variation des teneurs en protéines en fonction du stade de la maturation, nos résultats sont similaires à ceux publiés par El Arem *et al.* (2012) qui ont constaté une augmentation des taux des protéines de 2,22 % au stade *kimri* à 5,02 % au stade *tamr*. Toutefois ces résultats sont contradictoires à ceux trouvés par Haider *et al.* (2014), ces auteurs ont trouvé que la fraction protéique diminue de 5,73% à 2,75% du stade *kimri* au stade *rotab*. En parallèle avec les teneurs en protéines totales, les travaux de Maronedze *et al.* (2014b) renseignent sur la variabilité interne dans la

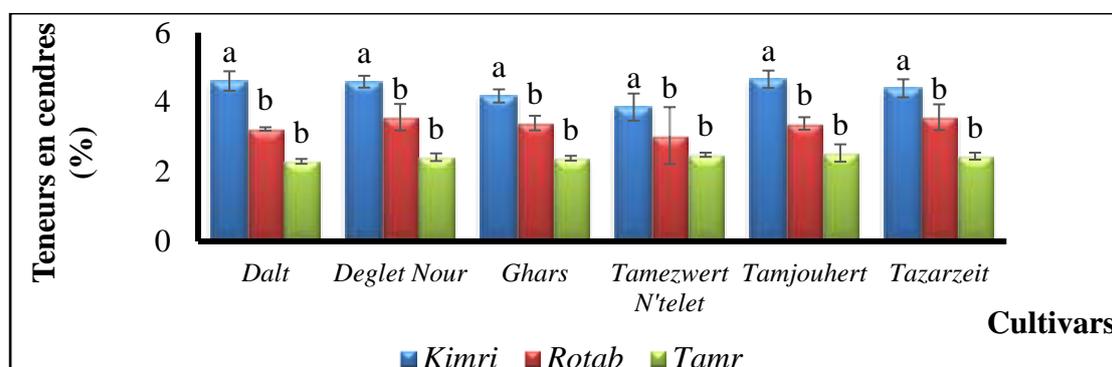
biosynthèse de types de protéines (principalement des enzymes) en fonction des stades de maturation des dattes.

Les tables de composition FAOSTAT donnent des teneurs proches de nos résultats, oscillant entre 2,4 et 3%. Bien qu'elles soient faibles, ces teneurs ne sont pas négligeables comme compléments ou suppléments protéiques et sont qualitativement et quantitativement bien équilibrées à celles dont l'organisme a besoin (Booij *et al.*, 1992; Maronedze *et al.*, 2014a). De plus, les dattes contiennent des acides aminés qui ne sont pas présents chez d'autres fruits tels que l'Isoleucine, la leucine, la lysine et la méthionine (Ali *et al.*, 2014).

Selon Eid *et al.* (2013), l'augmentation de la teneur en protéines au cours de la maturation pourrait être expliquée par l'augmentation de la teneur en enzymes telles que la cellulase et la polygalacturonase dont l'activité est nécessaire pour la maturation du fruit.

## II.6 Teneurs en cendres

Les teneurs en cendres (%) sont illustrées dans la Figure 16.



**Figure 16.** Teneurs moyennes en cendres des dattes.

Les différentes lettres indiquent des différences significatives ( $P \leq 0.05$ ,  $b < a$ ).

Concernant les teneurs en cendres, elles diminuent progressivement de  $4,66 \pm 0,25$  % pour le cultivar *tamjoughert* au stade *kimri* à  $2,30 \pm 0,07$ % pour le cultivar *dalt* au stade *tamr*. Toutefois cette diminution n'est pas significative ( $p \leq 0,05$ ).

De nombreux auteurs dont Ahmed *et al.* (2005) et Assirey (2015) affirment que les dattes renferment des teneurs moyennes en cendres ne dépassant pas 4% ;soient des valeurs comprises entre 2,7- 2,8% et entre 1,68 – 3,94% respectivement.

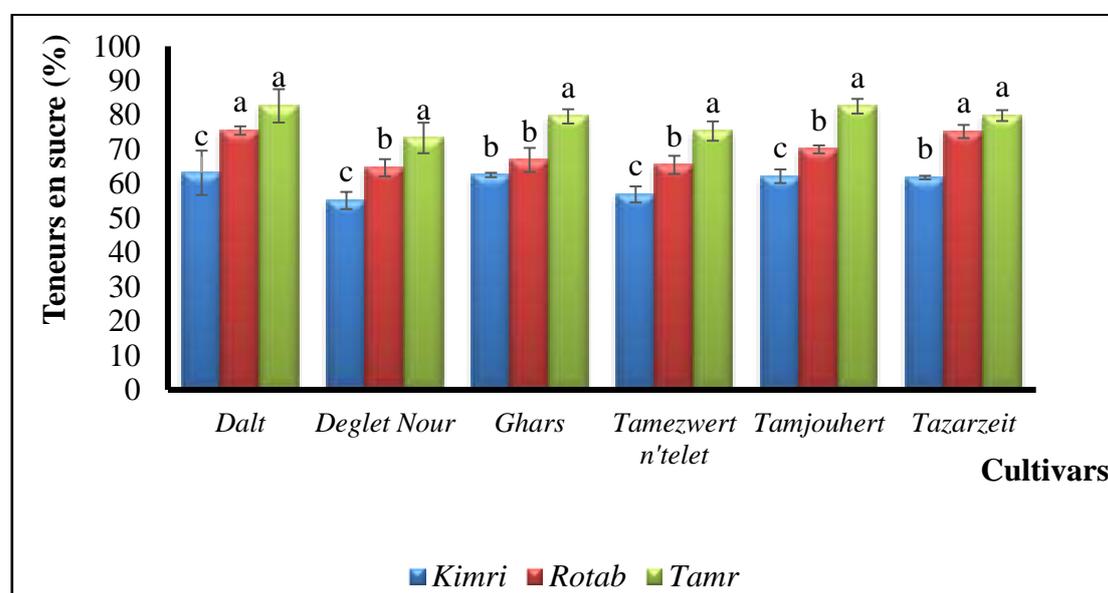
En dépit de sa faiblesse, la fraction minérale des dattes est qualitativement importante et non négligeable. Al-Farsi *et al.* (2007) ont signalé que les variétés

Omanies contiennent du potassium (603-742 mg/100 g), calcium (55-84,7 mg/100 g), magnésium (60,9-76,2 mg/100 g), phosphore (59,3-74,0 mg/100 g), fer (0,58-1,09 mg/100 g), cuivre (0,64-0,77 mg/100 g), manganèse (0,19-0,30 mg/100 g) et du sélénium (0,36-0,53 mg/100 g).

Les résultats publiés par El Arem *et al.* (2012) ne corroborent pas avec les nôtres. Ces auteurs ont rapporté une augmentation significative de la fraction minérale de 1,06 à 3,69 % au cours de la maturation. Néanmoins, Ahmed *et al.* (1995) ont affirmé que les dattes contiennent de faibles taux de cendres du *kimri* au stade *tamr*.

## II.7 Teneurs en sucres

Les teneurs en sucres (%) sont illustrées dans la Figure 17.



**Figure 17.** Teneurs moyennes en sucres des dattes.

Les différentes lettres indiquent des différences significatives ( $P \leq 0,05$ ,  $b < a$ ).

En allant du stade avancé au stade mûr, la teneur en sucre augmente significativement ( $p \leq 0,05$ ). Elle oscille entre  $55,09 \pm 2,51\%$  pour le cultivar *deglet nour* au stade *kimri* et entre  $82,65 \pm 4,86$  pour le cultivar *dalt* au stade *tamr*.

En effet la détermination de la teneur en sucre est importante car ils sont responsables de la saveur sucrée des dattes qui constitue un des critères de leur qualité (Ghnimi *et al.*, 2018).

Nos résultats sont en accord avec ceux publié précédemment et qui ont rapporté que les sucres sont les composants majoritaires des dattes. Des valeurs similaires ont été publiées pour d'autres variétés dont les teneurs varient de 81 à 88% (Mrabet *et al.*,

2012) et de 90 à 92 % (Ziadi *et al.*, 2014). En outre, Rahman and Al-Farsi (2005) ont trouvé qu'elles ne dépassent pas 62.2% dans les variétés Omanies.

Selon Al-Farsi *et al.* (2007), la composition quantitative et qualitative en sucres varie largement en fonction de la variété, le type de sol, pratiques de culture et le stade de maturation.

L'augmentation de la teneur en sucre du stade *kimri* au stade *tamr* est également rapportée par Haider *et al.* (2014) qui ont également constaté une augmentation progressive avec la maturation des fruits. Au fait la forte teneur en sucres du dernier stade rend le fruit extrêmement résistant à la contamination bactérienne (Guido *et al.*, 2011).

La forte teneur en sucres a montré leur valeur nutritionnelle à travers leur saveur sucrée et leur valeur énergétique (calorie fournie) classant ainsi la datte comme étant un aliment énergétique.

### **II.7.1 Profil en sucres**

Le profil en sucre monosaccharides a été étudié qualitativement et quantitativement en utilisant la CPG et les résultats sont illustrés dans le Tableau 11.

Les résultats obtenus confirment que les stades mûrs possèdent des teneurs en sucres plus élevées ( $59,41 \pm 3,26 - 644,45 \pm 64,83$  mg/kg) que ceux non mûres ( $20,28 \pm 0,93 - 194,24 \pm 23,77$ mg/kg), quel que soit le solvant d'extraction. En termes d'effet du solvant d'extraction, il a été clairement démontré que les EHT ( $20,28 \pm 0,93 - 143,49 \pm 31,69$  mg/kg) présentent les taux les plus faibles par rapport aux EA ( $76,82 \pm 4,06 - 644,45 \pm 64,83$  mg/kg) et aux EM ( $71,42 \pm 0,38 - 698,57 \pm 2,61$  mg/kg). De même, ces résultats montrent qu'il y a eu des différences significatives ( $P < 0,05$ ) dans la composition en sucre et que le glucose est le sucre principal ( $11,11 \pm 1,48 - 677,59 \pm 7,60$  mg/kg) dans tous les échantillons, à tous les stades et quel que soit le solvant d'extraction. L'arabinose ( $4,74 \pm 0,00 - 36,23 \pm 1,06$  mg/kg) et le rhamnose ( $1,43 \pm 0,02 - 8,24 \pm 1,64$  mg/kg) figurent également parmi les sucres majoritaires. Le fucose est détecté en faibles quantités ne dépassant pas  $5,44 \pm 1,04$  mg/kg pour le cultivar *tamezwert n'telet* mûre, tandis que le galactose n'est présent que chez certains cultivars non mûrs, tel que *tamjoughert* ( $0,29 \pm 0,37 - 9,48 \pm 2,26$  mg/kg). Quant aux pentoses,

les teneurs les plus élevées en mannose et en xylose sont respectivement  $69,61 \pm 11,3$  et  $18,86 \pm 11,66$  mg/kg dans les EM pour le cultivar *tamjoughert* mûre.

Le profil en sucre des dattes a été largement étudié. Elleuch *et al.* (2008) ont rapporté que les dates sont essentiellement composées du glucose (8,8–9,4%) et du xylose (8,7–9,2%). Cependant, Mrabet *et al.* (2017a) ont trouvé que le xylose est le sucre dominant (50%) suivi de l'arabinose (17-22%), le galactose (8-16%), le mannose (5%), le glucose (5%), le rhamnose (2-3%) et du fucose (1-2%). En revanche Allaith *et al.* (2012) ont trouvé que les polysaccharides sont composés de 10 % glucanes, 5% xylanes, 4% galactanes, 2% arabinanes and 0,5% mananes. De plus, il est rapporté que l'analyse de la fraction glucidique, par HPLC, a montré qu'elle est composée essentiellement du glucose, fructose et du sucrose et de faibles quantités de xylose, mannose, lactose et du lactulose (El-Sohaimy & Hafez, 2010). Ces mêmes auteurs ont rapporté que les teneurs en glucose (16,92–31,66%) et en fructose (15,25–30,58%) au stade *khalal* sont inférieures à celles aux stades *tamr*. Alors que le sucrose est présent seulement aux stades *khalal* et *rotab*. Des résultats similaires ont été trouvés par Haider *et al.* (2014), ils ont constaté que la teneur en sucres réducteurs augmente de 40.8 à 79,8% (*Bami*), de 37,1 à 70.9% (*Ruzeiz*) et à de 41,4 à 76.1% (*Sifri*) au stade *tamr*. Selon Ziadi *et al.* (2014), le sucrose est uniquement détecté en hiver (18%). Au stade *kimri*, en plus du sucrose, de faibles quantités de glucose (1,00-2,47%) et de fructose (1,04-1,79%) ont été détectées. L'explication la plus adéquate de la diminution soudaine des sucres non réducteur (SNR) et de l'augmentation des sucres réducteurs (SR) au stade *tamr* est l'augmentation de l'activité de l'enzyme invertase qui hydrolyse le sucrose en glucose et en fructose (Ghnimi *et al.*, 2018). La dominance des SR au stade comestible fournirait l'énergie nécessaire au déroulement des processus métaboliques grâce à leur haute digestibilité (Ziadi *et al.*, 2014).

En sus, le rapport SR/SNR est communément utilisé pour avoir une idée sur la douceur et la fraîcheur du fruit. Plus le rapport est élevé plus le fruit est frais (Rygg, 1975). Par conséquent, la dominance des SR dans tous nos échantillons a montré que nos variétés sont fraîches.

Tableau 11. Composition en monosaccharides (mg/kg) des dattes.

Extrait	Stade	Cultivars	Monosaccharides							Total
			Rhamnose	Fucose	Arabinose	Xylose	Manose	Galactose	Glucose	
Extrait hydrothermique	Rotab	<i>dalt</i>	2,47 ± 0,07 <sup>c</sup>	nd	5,17 ± 0,32 <sup>b</sup>	1,82 ± 2,36 <sup>c</sup>	2,43 ± 0,21 <sup>c</sup>	Nd	19,03 ± 2,61 <sup>a</sup>	30,93 ± 5,68
		<i>Deglet nour</i>	2,52 ± 0,27 <sup>c</sup>	nd	8,46 ± 2,64 <sup>b</sup>	5,42 ± 2,02 <sup>b</sup>	3,18 ± 1,49 <sup>c</sup>	0,64 ± 0,83 <sup>c</sup>	32,08 ± 0,27 <sup>a</sup>	52,29 ± 9,87
		<i>ghars</i>	2,66 ± 0,13 <sup>c</sup>	nd	nd	4,92 ± 0,53 <sup>c</sup>	Nd	Nd	12,70 ± 1,48 <sup>a</sup>	20,28 ± 0,93
		<i>Tamezwert n'telet</i>	2,95 ± 0,19 <sup>c</sup>	nd	5,58 ± 0,02 <sup>c</sup>	3 ± 3,77 <sup>c</sup>	13,94 ± 2,65 <sup>c</sup>	Nd	11,11 ± 1,48 <sup>a</sup>	36,57 ± 8,11
		<i>tamjoughert</i>	2,4 ± 0,47 <sup>c</sup>	1,86 ± 0,35 <sup>c</sup>	4,74 ± 0 <sup>c</sup>	3,69 ± 0,03 <sup>c</sup>	2,52 ± 0,02 <sup>c</sup>	Nd	26,88 ± 2,15 <sup>a</sup>	42,09 ± 3,02
		<i>tazarzeit</i>	2,34 ± 0,5 <sup>c</sup>	1,16 ± 0,05 <sup>c</sup>	7,1 ± 2,56 <sup>c</sup>	4,6 ± 0,39 <sup>c</sup>	9,5 ± 2,18 <sup>b</sup>	0,72 ± 0,08 <sup>c</sup>	12,35 ± 0,46 <sup>a</sup>	37,77 ± 6,22
	Tamr	<i>dalt</i>	2,54 ± 0,06 <sup>c</sup>	nd	nd	nd	3,11 ± 0,02 <sup>c</sup>	Nd	61,45 ± 5,40 <sup>a</sup>	67,10 ± 5,47
		<i>Deglet nour</i>	2,48 ± 0,09 <sup>c</sup>	nd	5,36 ± 0,17 <sup>b</sup>	4,03 ± 0,05 <sup>c</sup>	2,89 ± 0,9 <sup>c</sup>	Nd	79,83 ± 7,66 <sup>a</sup>	94,59 ± 8,87
		<i>ghars</i>	2,32 ± 0,02 <sup>c</sup>	nd	nd	nd	2,15 ± 0,12 <sup>c</sup>	Nd	58,54 ± 1,15 <sup>a</sup>	63,01 ± 1,30
		<i>Tamezwert n'telet</i>	2,69 ± 0,26 <sup>c</sup>	1,26 ± 0 <sup>c</sup>	nd	nd	2,28 ± 0,15 <sup>c</sup>	Nd	53,18 ± 2,85 <sup>a</sup>	59,41 ± 3,26
		<i>tamjoughert</i>	2,25 ± 0 <sup>c</sup>	nd	5,2 ± 0,05 <sup>b</sup>	3,93 ± 0,04 <sup>c</sup>	2,17 ± 0,02 <sup>c</sup>	Nd	115,85 ± 9,22 <sup>a</sup>	129,39 ± 9,33
		<i>tazarzeit</i>	2,35 ± 0,05 <sup>c</sup>	nd	nd	3,66 ± 0,01 <sup>c</sup>	2,31 ± 0,11 <sup>c</sup>	Nd	135,16 ± 31,52 <sup>a</sup>	143,49 ± 31,69
Extrait acétonique	Rotab	<i>dalt</i>	4,28 ± 0,11 <sup>c</sup>	nd	8,49 ± 0,87 <sup>b</sup>	2,99 ± 3,87 <sup>c</sup>	3,77 ± 0,71 <sup>c</sup>	0,29 ± 0,37 <sup>c</sup>	51,61 ± 5,55 <sup>a</sup>	71,42 ± 0,38
		<i>Deglet nour</i>	3,34 ± 0,57 <sup>c</sup>	0,96 ± 1,25 <sup>c</sup>	8,06 ± 0,49 <sup>b</sup>	6,63 ± 0,79 <sup>b</sup>	9,52 ± 0,05 <sup>b</sup>	1,23 ± 0,46 <sup>c</sup>	62,87 ± 4,99 <sup>a</sup>	92,62 ± 4,02
		<i>ghars</i>	4,41 ± 0,36 <sup>c</sup>	2,48 ± 0,26 <sup>c</sup>	8,95 ± 0,84 <sup>b</sup>	7,09 ± 0,59 <sup>b</sup>	29,97 ± 1,13 <sup>a</sup>	Nd	63,10 ± 1,53 <sup>a</sup>	116,00 ± 1,00
		<i>Tamezwert n'telet</i>	4,12 ± 0,18 <sup>c</sup>	2,75 ± 0,06 <sup>c</sup>	23,74 ± 18,63 <sup>a</sup>	23,57 ± 0,89 <sup>a</sup>	7,25 ± 1,36 <sup>b</sup>	9,48 ± 2,26 <sup>b</sup>	62,89 ± 0,19 <sup>a</sup>	133,80 ± 14,03
		<i>tamjoughert</i>	1,43 ± 2,02 <sup>c</sup>	3,61 ± 0,16 <sup>c</sup>	19,07 ± 1,98 <sup>a</sup>	12,24 ± 0,99 <sup>a</sup>	49,79 ± 15,89 <sup>a</sup>	Nd	78,98 ± 4,80 <sup>a</sup>	165,13 ± 12,02
		<i>tazarzeit</i>	3,77 ± 0,05 <sup>c</sup>	1,96 ± 0 <sup>c</sup>	8,86 ± 0,33 <sup>b</sup>	6,24 ± 0,15 <sup>b</sup>	20,52 ± 5,16 <sup>a</sup>	Nd	98,50 ± 0,42 <sup>a</sup>	139,86 ± 6,12
	Tamr	<i>dalt</i>	3,78 ± 0,54 <sup>c</sup>	nd	8,23 ± 0,81 <sup>b</sup>	6,29 ± 0,2 <sup>b</sup>	4,17 ± 0,65 <sup>c</sup>	Nd	168,46 ± 4,13 <sup>a</sup>	172,22 ± 4,64
		<i>Deglet nour</i>	3,59 ± 0,75 <sup>c</sup>	1,68 ± 2,17 <sup>c</sup>	7,78 ± 0,08 <sup>c</sup>	2,99 ± 3,87 <sup>c</sup>	10,59 ± 2,6 <sup>c</sup>	Nd	235,14 ± 3,39 <sup>a</sup>	261,77 ± 4,63
		<i>ghars</i>	1,59 ± 2,25 <sup>c</sup>	1,98 ± 2,54 <sup>c</sup>	9,93 ± 0,68 <sup>b</sup>	15,03 ± 1,02 <sup>a</sup>	10,82 ± 4,76 <sup>a</sup>	Nd	222,67 ± 16,11 <sup>a</sup>	262,04 ± 8,47
		<i>Tamezwert n'telet</i>	4,28 ± 0,22 <sup>c</sup>	1,95 ± 0,01 <sup>c</sup>	7,98 ± 0,23 <sup>b</sup>	5,44 ± 0,72 <sup>b</sup>	4,41 ± 5,52 <sup>c</sup>	Nd	192,41 ± 2,10 <sup>a</sup>	216,47 ± 4,58
		<i>tamjoughert</i>	3,65 ± 0,3 <sup>c</sup>	0,91 ± 1,18 <sup>c</sup>	7,64 ± 0,28 <sup>b</sup>	6,29 ± 0,48 <sup>b</sup>	10,29 ± 0,67 <sup>a</sup>	Nd	393,99 ± 36,38 <sup>a</sup>	422,78 ± 38,73
		<i>tazarzeit</i>	4,33 ± 0,18 <sup>c</sup>	nd	8,56 ± 0,85 <sup>b</sup>	3,56 ± 4,51 <sup>c</sup>	4,53 ± 0,53 <sup>c</sup>	Nd	677,59 ± 7,60 <sup>a</sup>	698,57 ± 2,61
Extrait méthanolique	Rotab	<i>dalt</i>	5,13 ± 1,51 <sup>b</sup>	nd	12,5 ± 0,01 <sup>a</sup>	10,33 ± 1,61 <sup>a</sup>	15,3 ± 12,11 <sup>a</sup>	Nd	58,51 ± 1,43 <sup>a</sup>	93,02 ± 16,67
		<i>Deglet nour</i>	6,24 ± 0 <sup>b</sup>	nd	11,6 ± 0 <sup>a</sup>	nd	7,5 ± 0 <sup>b</sup>	Nd	57,63 ± 4,06 <sup>a</sup>	76,82 ± 4,06
		<i>ghars</i>	7,67 ± 0,24 <sup>b</sup>	3,3 ± 3,81 <sup>c</sup>	36,23 ± 14,06 <sup>a</sup>	12,83 ± 3,12 <sup>a</sup>	48,74 ± 37,28 <sup>a</sup>	3,5 ± 4,04 <sup>c</sup>	78,41 ± 10,96 <sup>a</sup>	155,59 ± 73,51
		<i>Tamezwert n'telet</i>	4,86 ± 0,6 <sup>c</sup>	nd	11,82 ± 0,06 <sup>a</sup>	8,89 ± 0,3 <sup>b</sup>	18,6 ± 0,01 <sup>a</sup>	Nd	68,56 ± 14,69 <sup>a</sup>	100,10 ± 15,66
		<i>tamjoughert</i>	5,2 ± 0 <sup>b</sup>	4,4 ± 0 <sup>c</sup>	11,88 ± 0 <sup>a</sup>	10,48 ± 0 <sup>a</sup>	46,21 ± 0 <sup>a</sup>	Nd	78,21 ± 1,63 <sup>a</sup>	144,80 ± 1,63
		<i>tazarzeit</i>	8,6 ± 2,19 <sup>b</sup>	1,94 ± 2,48 <sup>c</sup>	12,85 ± 0,38 <sup>a</sup>	12,76 ± 3,99 <sup>a</sup>	30,03 ± 12,88 <sup>a</sup>	0,95 ± 1,21 <sup>c</sup>	147,75 ± 0,63 <sup>a</sup>	194,24 ± 23,77
	Tamr	<i>dalt</i>	8,24 ± 3,64 <sup>b</sup>	2 ± 2,83 <sup>c</sup>	17,21 ± 4,41 <sup>a</sup>	nd	19,1 ± 11,75 <sup>a</sup>	Nd	229,86 ± 6,9 <sup>a</sup>	276,41 ± 29,53
		<i>Deglet nour</i>	6,55 ± 0,62 <sup>b</sup>	nd	13,57 ± 2,14 <sup>a</sup>	10,99 ± 1,12 <sup>a</sup>	33,81 ± 18,97 <sup>a</sup>	Nd	312,42 ± 1,86 <sup>a</sup>	377,34 ± 24,70
		<i>ghars</i>	8,13 ± 1,88 <sup>b</sup>	3,69 ± 0,7 <sup>c</sup>	11,72 ± 0,06 <sup>a</sup>	9,49 ± 0,97 <sup>b</sup>	14,01 ± 0,93 <sup>a</sup>	Nd	117,91 ± 0,46 <sup>a</sup>	149,44 ± 5,00
		<i>Tamezwert n'telet</i>	5,42 ± 1,02 <sup>c</sup>	5,44 ± 1,04 <sup>c</sup>	12,14 ± 0,07 <sup>c</sup>	10,04 ± 0,62 <sup>c</sup>	18,6 ± 6,39 <sup>c</sup>	Nd	242,31 ± 5,57 <sup>a</sup>	260,44 ± 14,70
		<i>tamjoughert</i>	6,1 ± 0,44 <sup>b</sup>	nd	24,34 ± 16,71 <sup>a</sup>	18,86 ± 11,66 <sup>a</sup>	69,61 ± 11,3 <sup>a</sup>	Nd	586,18 ± 24,72 <sup>a</sup>	644,45 ± 64,83
		<i>tazarzeit</i>	7,55 ± 0,74 <sup>b</sup>	4,84 ± 0,6 <sup>c</sup>	12,22 ± 0,33 <sup>a</sup>	11,75 ± 0,76 <sup>a</sup>	48,24 ± 0,08 <sup>a</sup>	Nd	489,48 ± 28,06 <sup>a</sup>	514,37 ± 30,57

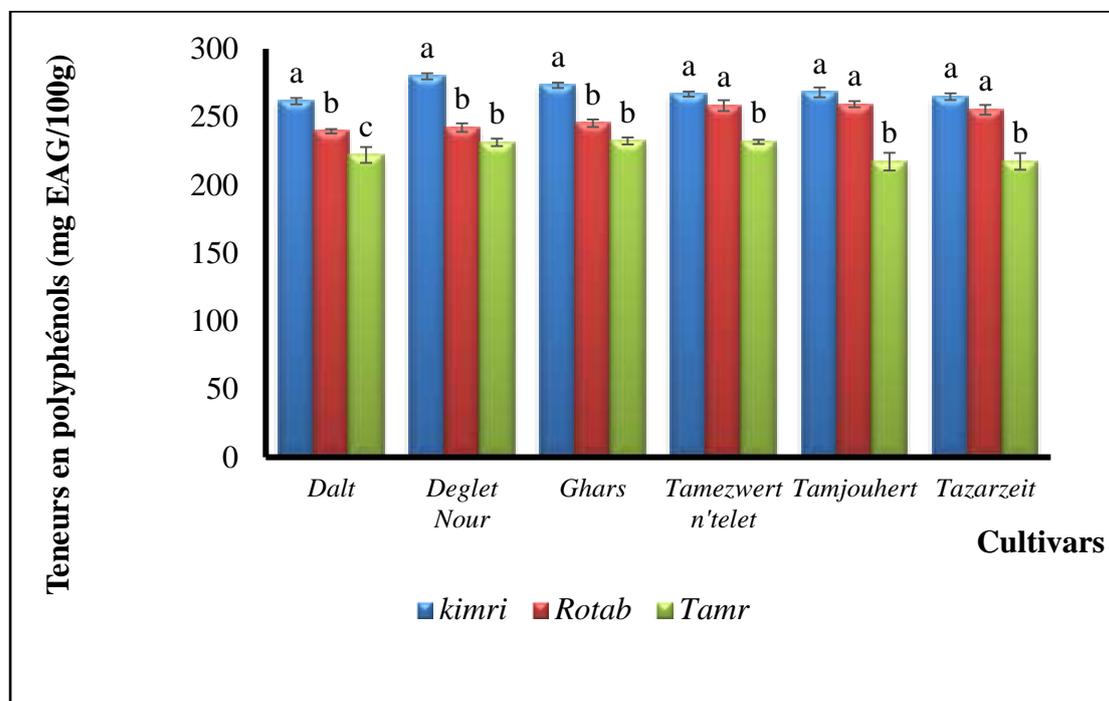
Pour chaque ligne, les différentes lettres indiquent des différences significatives ( $P \leq 0,05$ , b<a). nd = valeur non déterminée..

FDT = *dalt*, FDN = *deglet nour*, FGR = *ghars*, FTN = *tamezwert n'telet*, FTJ = *tamjoughert*, FTZ = *tazarzeit*.

## II.8 Les teneurs en composés phénoliques

### II.8.1 Teneurs en polyphénols

Les teneurs en polyphénols ont été calculées et les résultats sont illustrés dans la Figure 18.



**Figure 18.** Teneurs moyennes des polyphénols des dattes.

Les différentes lettres indiquent des différences significatives ( $P \leq 0,05$ ,  $b < a$ ).

D'après la figure, les teneurs en polyphénols varient de  $261,57 \pm 3,62$  mg EAG/100 g (*dalt*) à  $279,82 \pm 2,24$  (*deglet nour*) au stade *kimri*. Au cours du stade *rotab* on observe une diminution non significative ( $P \leq 0,05$ ) de ces composés jusqu'au  $239,46 \pm 1,62$  mg EAG/100 g (*tamezwert n'telet*). Toutefois, ces teneurs diminuent d'une manière significative ( $P \leq 0,05$ ) au dernier stade ( $217,32 \pm 6,12$  –  $231,69 \pm 1,59$  mg EAG/100 g).

Des valeurs similaires oscillant de 108 à 468,99 mg EAG/100g ont été publiés par Haider *et al.* (2014). De plus, ces résultats sont supérieurs à ceux rapportés par Mansouri *et al.* (2005) pour des variétés algériennes (2,49 à 8,36 mg EAG/100 g). En revanche, Benmeddour *et al.* (2013) ont publié des teneurs très élevées en polyphénols comprises entre 226 et 955 mg EAG/100 g. De mêmes, les conditions optimales d'extraction (acétone 66,71% ; amplitude de sonication 64,78% ; 29,58 min) ont permis d'extraire des teneurs allant de 416,21 à 727,03 mg EAG/100 g en polyphénols (Benkerrou *et al.*, 2018). De plus, une teneur optimale de 1393,5 mg EAG/100g a été

obtenue par bio-extraction (acide lactique/glucose : 3/1) assistée par ultrasons (Djaoudene *et al.*, 2019a).

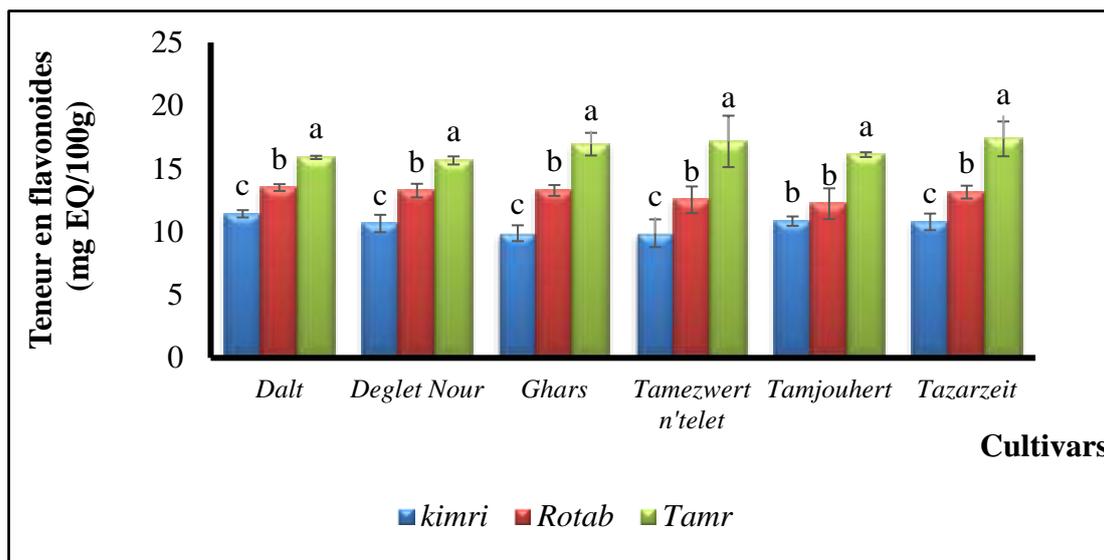
Selon Ghnimi *et al.* (2018), les variations observées peuvent être dues à la variabilité variétale, au stade de maturation, à la région, à la saison, aux facteurs environnementales, à la durée et aux conditions de stockage. L'intensité des rayons solaires absorbés est également cruciale car elle renforce les réactions de Maillard, notamment les réactions entre les acides aminés et les SR où certains produits sont des produits phénoliques (Al-Farsi *et al.*, 2007; Besbes *et al.*, 2009; Ghnimi *et al.*, 2017). La durée de stockage affecte également ces teneurs en raison de l'action de l'éthylène qui stimule l'activité de la phénylalanine ammonialyase, l'enzyme clé des voies de biosynthèse des composés phénoliques (Hwang *et al.*, 1994; Ritenour *et al.*, 1995).

D'autres facteurs incluant les conditions d'extraction, à savoir le solvant d'extraction, le ratio matrice/solvant peuvent influencer ces teneurs. Ceci est appuyé par l'étude de Hachani *et al.* (2018) qui ont trouvé que les TPP varient de 20,38 à 69,85 mg EAG/100g dans les extraits méthanoliques (80%) et de 11,13 à 18,23 mg EAG/100 g MS dans les extraits acétoniques (70%).

De plus la TPP diminue significativement du stade *kimri* au stade *tamr*. Des études ultérieures Amorós *et al.* (2009), Awad *et al.* (2011a) et Haider *et al.* (2014) ont trouvé que TPP sont élevées au stade *khalal* mais elles déclinent au dernier stade de 500 à 400 mg/100 g, de 2,5 à 0,5 mg/g et de 468,99 à 356,99 mg EAG/100 g respectivement. Cette diminution a été également rapportée par les travaux de Eid *et al.* (2014) qui ont signalé des teneurs élevées en polyphénols au stade *kimri* (290 mg/100 g), suivi par *rutab* (20 mg/100 g), et en fin *tamr* (10 mg/100 g). Le même constat a été observé par Shahdadi *et al.* (2015), en allant du stade *khalal* (1074 mg EAG/100 g) au stade *tamr* (782,8 mg EAG/100 g) passant par le stade *rotab* (856,4 mg EAG/100 g). Selon Degefa *et al.* (2017), la diminution des TPP au cours de la maturation pourrait être expliquée non seulement par leur oxydation par la polyphénol oxydase caractéristique du stade *tamr*, mais également par la diminution de la teneur en tanins.

### II.8.2 Teneurs en flavonoïdes

Les teneurs en flavonoïdes ont été mesurées et les résultats sont illustrés dans la Figure 19.



**Figure 19.** Teneurs moyennes des flavonoïdes des dattes.

Les différentes lettres indiquent des différences significatives ( $P \leq 0.05$ ,  $b < a$ ).

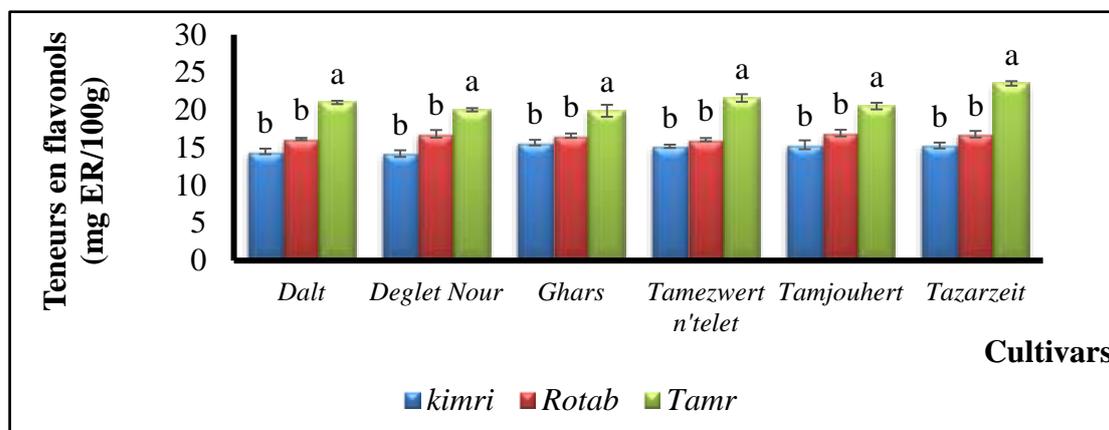
Les teneurs en flavonoïdes, augmentent significativement ( $P \leq 0.05$ ) en allant du stade *kimri* au stade *tamr*. La plus faible teneur enregistrée est  $9.88 \pm 0.63$  mg EQ/100g pour le cultivar *ghars* (*kimri*) et la plus forte teneur enregistrée est  $17.36 \pm 1.38$  mg EQ/100g pour le cultivar *tazarzeit* (*tamr*).

Chaira *et al.* (2009) ont trouvé des valeurs assez proches de les nôtres ; avec des teneurs de 14,46 mg EQ/100g et de 12,70 mg/100g. De plus, nos résultats sont supérieurs à ceux publiés par Mansouri *et al.* (2005) qui sont de l'ordre de 0,136 mg EQ/100g. Par contre, ils sont largement inférieurs à ceux rapportés par Abbès *et al.* (2013) et Al-Mamary *et al.* (2014) qui ont obtenu des valeurs qui varient de 92.2 à 194.5 mg EQ/100g à et de 310 à 554 mg EQ/100g. Ces différences peuvent être dues aux variétés de datte, l'origine géographique, le stade de maturité, les conditions de stockage, et les conditions d'extraction (Al-Farsi *et al.*, 2007; Maqsood *et al.*, 2019).

Concernant l'évolution des teneurs en flavonoïdes au cours de la maturation, nos résultats concordent avec ceux de Amira *et al.* (2012). Ces auteurs ont trouvé que la teneur la plus élevée (87,34 à 246,83 mg EC/100g MF) a été enregistrée au stade *besser* et la teneur la plus faible (41,77 à 111,39 mg EC/100g MF) a été détectée au stade *tamr*. Ce même constat a été rapporté par Mohamed Lemine *et al.* (2014), la teneur moyenne en flavonoïdes était de 119,6 (stade *balah*) et 67,3 mg EQ/100 g MS (stade *tamr*),

### II.8.3 Teneurs en flavonols

Les teneurs en flavonols ont été calculées et les résultats sont illustrés dans la Figure 20.



**Figure 20.** Teneurs moyennes en flavonols des dattes

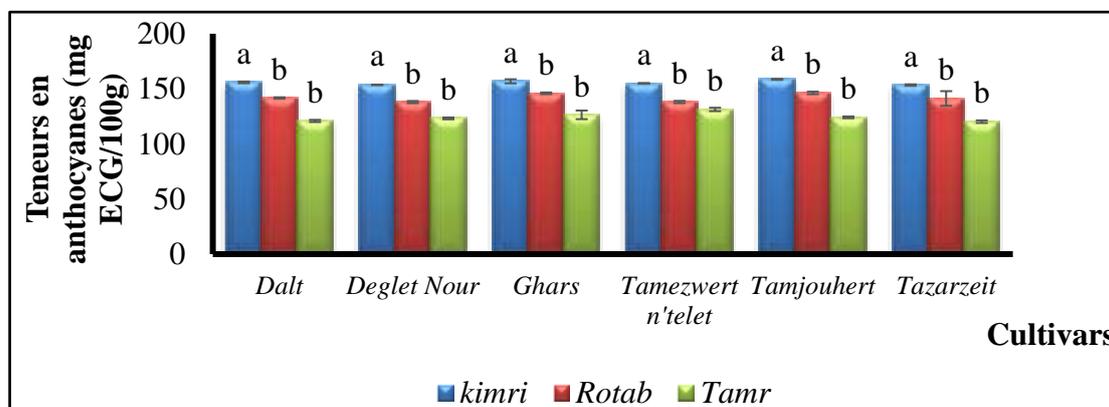
Les différentes lettres indiquent des différences significatives ( $P \leq 0.05$ ,  $b < a$ ).

Concernant les teneurs en flavonols, plus les fruits mûrissent plus les teneurs en flavonols augmentent significativement ( $P \leq 0,05$ ) de  $14,21 \pm 0,44$  mg ER/ 100g pour le cultivar *deglet nour* à  $23,53 \pm 0,30$  mg RE/ 100g pour le cultivar *tazarzeit*.

Nos résultats sont proches de ceux rapportés par Benmeddour *et al.* (2013) qui ont trouvé que la TFO varie de 6,73 à 36,64 mg ER/100 g. Leur augmentation au cours de la maturation coïncident également avec les résultats de Li *et al.* (2019) . Selon ces auteurs, la régulation d'enzyme F3'5'H (F3', 5'H, Flavonoid 3',5'-hydroxylase : enzyme clé de la biosynthèse des flavonols) a entraîné une augmentation des taux de certains flavonols (la quercétine et myricétine) au cours de la maturation des bleuets.

### II.8.4 Teneurs en anthocyanes

Les teneurs en anthocyanes ont été calculées et les résultats sont illustrés dans la Figure 21.



**Figure 21.** Teneurs moyennes en anthocyanes des dattes

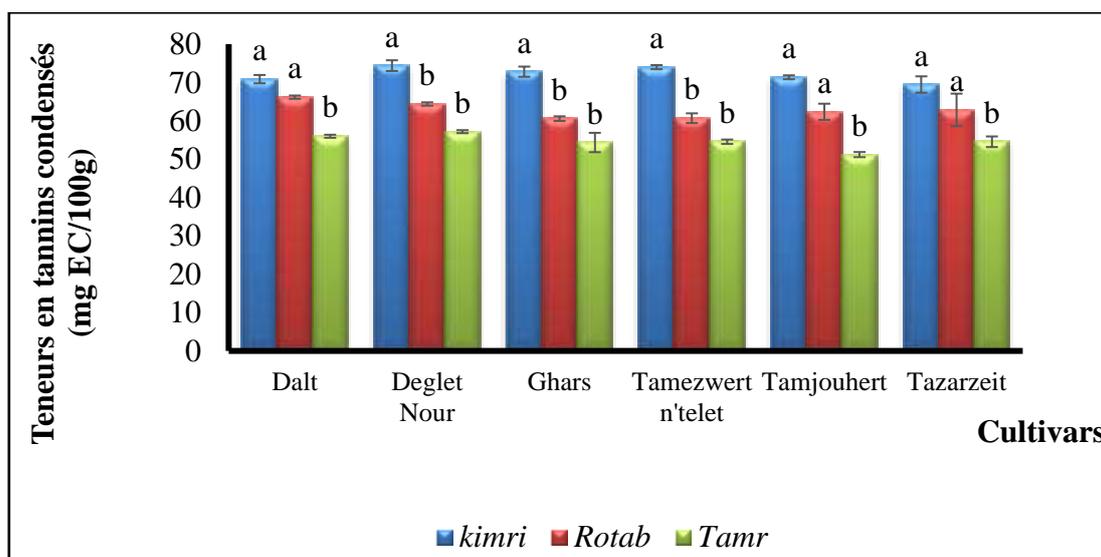
Les différentes lettres indiquent des différences significatives ( $P \leq 0.05$ ,  $b < a$ ).

A propos des teneurs en anthocyanes, il y a une diminution significative ( $P \leq 0,05$ ) des teneurs en anthocyanes au cours de la maturation. Ces teneurs varient de  $153,46 \pm 0,67$  à  $158,64 \pm 0,44$  mg ECG/ 100g au stade *kimri* et de  $120,23 \pm 1,17$  à  $131,31 \pm 1,55$ mg ECG/ 100g au stade *tamr*.

A notre connaissance, aucun travail n'a porté sur le dosage des teneurs en anthocyanes au cours de la maturation des dattes pour pouvoir comparer nos résultats. Cependant, l'analyse protéomique, réalisée par Maroundedze (2017) au cours de la maturation des dattes, a permis de comprendre la variation des teneurs en anthocyanes. Les résultats trouvés confirment la diminution du taux de l'enzyme anthocyanidine synthase, enzyme clé de la biosynthèse des anthocyanes, et par conséquent la diminution des teneurs en anthocyanes.

### II.8.5 Teneurs en tannins condensés

Les teneurs en tannins condensés ont été calculées et les résultats sont illustrés dans la Figure 22.



**Figure 22.** Teneurs moyennes en tannins condensés des dattes.

Les différentes lettres indiquent des différences significatives ( $P \leq 0,05$ ,  $b < a$ ).

Quant aux tannins condensés, leurs teneurs diminuent significativement ( $P \leq 0,05$ ) de  $74,40 \pm 1,40$  mg EC/ 100g au stade *kimri* (*deglet nour*) à  $51,20 \pm 0,67$  mg EC/ 100g au stade *tamr* (*tamjoughert*).

Peu de travaux ont porté sur le dosage des proanthocyanidines. Toutefois, les études de Benmeddour *et al.* (2013) et Hachani *et al.* (2018) ont rapporté que les TTC

varient de 82,81 à 525,06 mg EC/100 g et de 3,58 à 60,05 dans les extraits méthanoliques respectivement.

D'autres travaux corroborent avec nos résultats relatifs à la diminution de la TTC au cours de la maturation dont celle de Awad *et al.* (2011a) pour laquelle la TTC varie de 1,7 à 0,24% du stade *rotab* au stade *tamr* respectivement. Myhara *et al.* (2000) et Al-Hooti *et al.* (2002) ont également confirmé leur diminution plus les fruits mûrissent. Selon Yusof *et al.* (1988), Taira (1996) et Seymour *et al.* (2013) la diminution de TTC de certains fruits est due à la conversion des tanins solubles en tanins insolubles.

### II.8.6 Le profil phénolique

Le profil phénolique a été étudié par HPLC et les résultats obtenus sont récapitulés dans les Tableaux 12, 13 et 14.

Les variétés partagent le même profil phénolique, toutefois des teneurs significativement différentes ( $P \leq 0.05$ ) ont été observées en fonction de la variété, du stade de maturité et du solvant d'extraction.

L'acide cinnamique ( $10,22 \pm 0,24 - 77,81 \pm 0,28$  mg/100g) et l'acide *o*-coumarique sont les acides phénoliques le plus abondant et le moins abondant respectivement. Cependant, la lutéoline ( $9,02 \pm 0,48 - 44,54 \pm 2,54$  mg/100g) et la quercétine ( $1,15 \pm 0,16 - 5,25 \pm 0,02$  mg/100g) sont les flavonoïdes le plus abondant et le moins abondant respectivement.

Le cultivar *tamjouhert* qui possède la teneur la plus élevée en composés phénoliques ( $454,43 \pm 1,91$  mg/100g) est caractérisée par la prédominance de la lutéoline ( $140,42 \pm 0,31$  mg/100g). Parallèlement, le cultivar *tamezwert n'telet* qui possède la teneur la moins élevée en phénols ( $91,31 \pm 17,13$  mg/100) est caractérisée par la prédominance de l'acide cinnamique ( $11,48 \pm 0,68$  mg/100g).

Les résultats de l'HPLC confirment que les variétés appartenant au stade *rotab* possèdent des teneurs en phénols plus élevées que celles des variétés appartenant au stade *tamr*, quel que soit le solvant d'extraction. En outre, les teneurs en lutéoline, en acide cinnamique et en acide protocatéchique ont diminué considérablement au stade *tamr*. Par contre, la teneur en quercétine a augmenté significativement ( $P \leq 0,05$ ) au cours de ce stade. En comparaison avec les EM et les EA, le EHT renferment

significativement ( $P \leq 0,05$ ) les teneurs les plus élevées en composés phénoliques ( $102,15 \pm 5,39 - 240,59 \pm 3,46$  mg/100g ;  $91,31 \pm 17,13 - 111,47 \pm 3,46$  mg/100g et  $242,68 \pm 5,27 - 454,43 \pm 1,91$  mg/100g respectivement). Outre les phénols, certains produits de dégradation des sucres (PDS), tels que le furfural (traces) et l'hydroxyméthylfurfural ( $2674,79 \pm 198,23$  mg/kg) ont été détectés uniquement dans les EHT, et dont les teneurs augmentent considérablement au stade *tamr*.

Concernant le profil phénolique, Mansouri *et al.* (2005) ont identifié l'acide *p*-coumarique, l'acide ferulique, des dérivés d'acide sinapique et cinnamiques. Toutefois ces derniers n'ont pas été quantifiés. Benmeddour *et al.* (2013) ont pu identifier et quantifier neufs acides phénoliques et flavonoïdes incluant, l'acide gallique (70-92%), l'acide caféique, l'acide *p*-coumarique et l'acide ferulique, l'isoquercétine (13.33-51,03%), la rutine (19,10% - 39,90%), la quercétine (16,05- 53,78%), la quercetrine (0,64-3,3%) et la lutéoline (0,64- 4,49%). Hachani *et al.* (2018) ont détecté 23 composés phénoliques via GC/MS, la plupart d'entre eux sont des dérivés d'acide hydroxycinnamique, et des dérivés d'acide formique (l'acide caféique et l'acide cafféogluco-side-formique), des dérivés d'acide *o*-héxoside férulique, asapigénine pentosyl héxoside, phloridzine (*o*-héxoside phlorétine-), lutéoline, le rhamnosyl dihéxoside, l'isorhamnétine héxoside et la quercétine-7-gluco-side.

Des phénols similaires ont été rapportés pour des variétés Omanies. Rahman and Al-Farsi (2005) ont trouvé que l'acide ferulique est le composant majeur. Dans leur étude sur les variétés tunisiennes, Mrabet *et al.* (2016) ont identifié et quantifié certains acides phénoliques, à savoir l'acide gallique (composé majeur), l'acide protocatechique, l'acide vanillique, l'acide *p*-coumarique et le tyrosol.

Concernant l'effet du solvant d'extraction, nous avons détecté que toutes les variétés partagent le même profil et qu'elles ne diffèrent que par leurs proportions. Ces résultats sont contadictaires avec ceux de Hachani *et al.* (2018) qui n'ont pas détecté l'acide gallique que dans les extraits méthanoliques (80%) alors que la lutéoline n'a été détectée que dans les extraits acétoniques (70%). Selon Mrabet *et al.* (2017a), l'acide gallique est le seul acide dont les teneurs diminuent dans les extraits thermiques à très haute température. De plus, Allaith *et al.* (2012) ont rapporté également des concentrations en augmentation de 160,3 à 866,2 mg/kg des composés phénoliques

dans des extraits de dates traités thermiquement à 100°C. Selon ces auteurs, la température solubilise plus de phénols.

En effet, tous les phénols sont synthétisés à partir de l'acide aminé phénylalanine (Phe) via différentes voies de biosynthèse qui font intervenir plusieurs réactions biochimiques dans lesquelles sont impliquées plusieurs enzymes. Le phénylalanine (Phe) est issu du shikimate, qui à son tour résulte du phospho-énol-pyruvate (PEP) venant de la glycolyse. Le Phe est converti en acide cinnamique qui est la clé intermédiaire dans la voie du shikimate responsable de la biosynthèse des acides phénoliques et la voie du phénylpropanoïde responsable de la biosynthèse des flavonoides (Seymour *et al.*, 2013).

Concernant les produits de dégradation, des résultats similaires ont été publiés par Mrabet *et al.* (2016) qui ont trouvé que l'HMF varie de  $3687,2 \pm 92,0$  à  $4791,9 \pm 50,510$  mg/kg tandis que le furfural diminue au-dessous de  $0,1 \pm 0,0$  mg/kg dans les extraits hygrothermiques. Selon ces auteurs l'apparition de ces produits est due au traitement thermique, les hexoses et les pentoses sont convertis en HMF et furfural respectivement. Ceci explique la quantité élevée de l'HMF par rapport au furfural vue que nos variétés contiennent plus d'hexoses que de pentoses. Ces mêmes auteurs ont également mentionné que leurs teneurs sont proportionnelles à l'intensité du traitement thermique. En sus, les faibles concentrations du furfural sont dues à leur évaporation sous des températures élevées (Mrabet *et al.*, 2017a).

Tout comme pour la teneur totale en polyphénols, le profile phénolique des dattes diffère également en fonction des stades de maturations (Degefa *et al.*, 2017). L'acide vanillique, l'acide gallique, l'acide isovanillique, l'acide proto-catéchique, l'acide hydroxybenzoïque, l'acide chlorogénique, l'acide férulique, l'acide isoférulique, l'acide caféique, l'acide hydroxycinnamique et l'acide chlorogénique sont les principaux composés phénoliques selon le stade exact de maturité (Eid *et al.*, 2013).

Tableau 12. Profil phénolique des extraits hygrothermiques des dattes.

Concentration (mg/100g)		Cultivars											
		Rotab						Tamr					
composés		FDT	FDN	FGR	FTN	FTJ	FTZ	FDT	FDN	FGR	FTN	FTJ	FTZ
Composés phénoliques	Acide gallique	8,19 ± 0,02 <sup>e</sup>	7,06 ± 0,17 <sup>f</sup>	9,56 ± 0,02 <sup>d</sup>	7,07 ± 0,02 <sup>f</sup>	9,44 ± 0,03 <sup>d</sup>	9,29 ± 0,07 <sup>d</sup>	10,72 ± 0,08 <sup>b</sup>	9,36 ± 0,2 <sup>c</sup>	11,09 ± 0,01 <sup>a</sup>	10,47 ± 0,28 <sup>b</sup>	11,94 ± 0,01 <sup>a</sup>	11,44 ± 0,07 <sup>a</sup>
	A, O-coumarique	traces	traces	traces	Traces	traces	traces	2,65 ± 0 <sup>c</sup>	2,18 ± 0,13 <sup>c</sup>	4,88 ± 0,07 <sup>a</sup>	3,55 ± 0,02 <sup>b</sup>	2,36 ± 0,02 <sup>c</sup>	2,62 ± 0,03 <sup>c</sup>
	A,Protocatéchique	58,47 ± 0,55 <sup>b</sup>	41,32 ± 12,72 <sup>b</sup>	30,38 ± 1,85 <sup>e</sup>	37,79 ± 12,25 <sup>d</sup>	125,02 ± 0,74 <sup>b</sup>	35,53 ± 0,48 <sup>d</sup>	42,08 ± 0,95 <sup>c</sup>	29,62 ± 2,52 <sup>f</sup>	169,9 ± 0,07 <sup>b</sup>	35,34 ± 24,35 <sup>d</sup>	122,83 ± 4,89 <sup>b</sup>	46,3 ± 18,16 <sup>a</sup>
	Tyrosol	11,02 ± 0,35 <sup>c</sup>	15,9 ± 4,48 <sup>c</sup>	10,2 ± 0,21 <sup>d</sup>	6,32 ± 4,77 <sup>d</sup>	26,84 ± 0,1 <sup>a</sup>	15,29 ± 0,06 <sup>c</sup>	18,34 ± 0,08 <sup>b</sup>	18,57 ± 0,23 <sup>b</sup>	18,52 ± 0,29 <sup>b</sup>	12,85 ± 0,44 <sup>c</sup>	42,98 ± 0,27 <sup>a</sup>	12,26 ± 1,31 <sup>c</sup>
	PHBA	3,33 ± 0,04 <sup>a</sup>	1,15 ± 0,15 <sup>a</sup>	4,76 ± 0,07 <sup>a</sup>	3,97 ± 0,02 <sup>a</sup>	3,32 ± 0,06 <sup>a</sup>	3,14 ± 0,54 <sup>a</sup>	18,86 ± 0,93 <sup>d</sup>	14,7 ± 0,19 <sup>c</sup>	8,89 ± 0,05 <sup>b</sup>	7,63 ± 2,09 <sup>b</sup>	7,71 ± 0,04 <sup>b</sup>	6,57 ± 0 <sup>b</sup>
	Catéchine	14,42 ± 0,48 <sup>b</sup>	5,71 ± 1,77 <sup>d</sup>	3,54 ± 0,39 <sup>d</sup>	5,17 ± 0,61 <sup>d</sup>	6,3 ± 0 <sup>d</sup>	3,37 ± 1,67 <sup>d</sup>	22,91 ± 0,5 <sup>a</sup>	28,56 ± 0,36 <sup>a</sup>	15,86 ± 0,43 <sup>b</sup>	23,14 ± 1,83 <sup>a</sup>	12,72 ± 0,65 <sup>c</sup>	15,11 ± 1,31 <sup>b</sup>
	A, Vanillique	3,21 ± 0,03 <sup>c</sup>	3,67 ± 0,19 <sup>c</sup>	3,76 ± 0,02 <sup>c</sup>	3,02 ± 0,19 <sup>c</sup>	3,62 ± 0 <sup>c</sup>	3,23 ± 0,29 <sup>c</sup>	4,45 ± 0,22 <sup>b</sup>	4,55 ± 0,28 <sup>b</sup>	4,21 ± 0,32 <sup>b</sup>	4,51 ± 0,03 <sup>b</sup>	4,99 ± 0,02 <sup>b</sup>	5,19 ± 0,0 <sup>a</sup>
	A, Syringique	5,62 ± 0,05 <sup>b</sup>	3,64 ± 0,86 <sup>c</sup>	4,01 ± 0,01 <sup>c</sup>	3,84 ± 0,53 <sup>c</sup>	9,02 ± 0 <sup>b</sup>	4,79 ± 0,25 <sup>c</sup>	4,36 ± 0,11 <sup>c</sup>	11,78 ± 2,11 <sup>a</sup>	4,81 ± 1,84 <sup>c</sup>	4,25 ± 0,15 <sup>c</sup>	10,12 ± 0,01 <sup>a</sup>	6,55 ± 0,1 <sup>b</sup>
	A, Caffeique	18,58 ± 0,14 <sup>b</sup>	25,26 ± 0,04 <sup>c</sup>	18,3 ± 0,02 <sup>a</sup>	17,79 ± 0,03 <sup>b</sup>	18,6 ± 0,03 <sup>b</sup>	18,39 ± 0,24 <sup>b</sup>	20,28 ± 0,05 <sup>c</sup>	23,12 ± 1,16 <sup>c</sup>	17,71 ± 0,29 <sup>b</sup>	25,91 ± 0,92 <sup>d</sup>	21,59 ± 0,02 <sup>e</sup>	23,79 ± 0,1 <sup>e</sup>
	Vanilline	10,96 ± 0,16 <sup>b</sup>	10,06 ± 0,58 <sup>b</sup>	9,56 ± 0,05 <sup>d</sup>	9,23 ± 0,59 <sup>d</sup>	8,86 ± 0,09 <sup>d</sup>	11 ± 0,02 <sup>b</sup>	13,25 ± 0,16 <sup>b</sup>	13,26 ± 0,05 <sup>b</sup>	12,12 ± 0,02 <sup>b</sup>	17,83 ± 0,2 <sup>a</sup>	15,35 ± 0,06 <sup>a</sup>	11,17 ± 0,84 <sup>b</sup>
	A,P-Coumarique	1,74 ± 0,01 <sup>d</sup>	1,37 ± 0,05 <sup>d</sup>	traces	1,93 ± 0,33 <sup>d</sup>	2,99 ± 0 <sup>c</sup>	2,82 ± 0,17 <sup>c</sup>	2,16 ± 0,06 <sup>c</sup>	3,21 ± 0,09 <sup>b</sup>	4,48 ± 0,06 <sup>a</sup>	4,33 ± 0,45 <sup>a</sup>	4,11 ± 0 <sup>a</sup>	3,2 ± 0,13 <sup>b</sup>
	Rutine	13,81 ± 0,23 <sup>c</sup>	9,89 ± 0,55 <sup>c</sup>	11,68 ± 0,15 <sup>c</sup>	7,66 ± 0,06 <sup>c</sup>	33,19 ± 0,14 <sup>a</sup>	10,71 ± 1,59 <sup>c</sup>	14,29 ± 0,15 <sup>b</sup>	16,2 ± 2,04 <sup>b</sup>	19,35 ± 3,4 <sup>b</sup>	15,5 ± 1,99 <sup>b</sup>	18,99 ± 0,46 <sup>b</sup>	18,51 ± 2,26 <sup>b</sup>
	A, Sinapique	5,7 ± 1,91 <sup>b</sup>	4,71 ± 1,72 <sup>c</sup>	5,83 ± 0,14 <sup>b</sup>	3,81 ± 0,02 <sup>c</sup>	6,21 ± 0,01 <sup>b</sup>	7,75 ± 0,32 <sup>b</sup>	7,45 ± 0 <sup>b</sup>	6,61 ± 0,14 <sup>b</sup>	7,24 ± 0,01 <sup>b</sup>	11,93 ± 0,12 <sup>a</sup>	7,84 ± 0,01 <sup>b</sup>	8,06 ± 0,18 <sup>b</sup>
	A, Ferrulique	4,76 ± 0,49 <sup>c</sup>	6,58 ± 0,13 <sup>b</sup>	7,17 ± 0,18 <sup>b</sup>	8,33 ± 0,18 <sup>b</sup>	9,98 ± 0,4 <sup>b</sup>	7,74 ± 0,19 <sup>b</sup>	6,05 ± 0,04 <sup>b</sup>	16,77 ± 7,93 <sup>a</sup>	7,3 ± 1 <sup>b</sup>	10,24 ± 8,68 <sup>a</sup>	10,39 ± 0,18 <sup>a</sup>	10,61 ± 0,83 <sup>a</sup>
	A, Cinnamique	41,52 ± 0,86 <sup>b</sup>	98,74 ± 0,59 <sup>a</sup>	47,52 ± 1,06 <sup>c</sup>	47,61 ± 0,27 <sup>c</sup>	50,38 ± 0 <sup>b</sup>	49,37 ± 1,11 <sup>c</sup>	28,68 ± 0,16 <sup>f</sup>	43,79 ± 2,69 <sup>d</sup>	44,08 ± 0,67 <sup>c</sup>	23,76 ± 1,23 <sup>e</sup>	26,87 ± 1,59 <sup>f</sup>	31,39 ± 2,72 <sup>e</sup>
	Lutéoline	109,08 ± 1,41 <sup>m</sup>	108,74 ± 1,26 <sup>m</sup>	75,28 ± 1 <sup>m</sup>	129,68 ± 0,83 <sup>m</sup>	140,42 ± 0,31 <sup>m</sup>	117,04 ± 22,16 <sup>m</sup>	36,23 ± 0,43 <sup>h</sup>	28,27 ± 1,04 <sup>f</sup>	25,99 ± 0,1 <sup>f</sup>	34,03 ± 0,13 <sup>e</sup>	28,27 ± 0,26 <sup>f</sup>	30,78 ± 0,8 <sup>e</sup>
	Quercétine	ND	ND	ND	ND	ND	ND	5,1 ± 0,02 <sup>a</sup>	5,25 ± 0,02 <sup>a</sup>	4,81 ± 0,01 <sup>b</sup>	4,54 ± 0,04 <sup>b</sup>	4,86 ± 0,06 <sup>b</sup>	5,22 ± 0,01 <sup>a</sup>
Total	310,5 ± 6,78 <sup>b</sup>	342,18 ± 25,29 <sup>b</sup>	242,68 ± 5,27 <sup>c</sup>	293,44 ± 20,81 <sup>c</sup>	454,43 ± 1,91 <sup>a</sup>	300,32 ± 29,41 <sup>b</sup>	257,86 ± 3,95 <sup>c</sup>	275,8 ± 21,19 <sup>c</sup>	381,24 ± 8,64 <sup>b</sup>	249,81 ± 42,95 <sup>c</sup>	353,92 ± 8,57 <sup>b</sup>	248,77 ± 28,89 <sup>c</sup>	
PDS	HMF	104,13 ± 0,55 <sup>b</sup>	81,49 ± 3,66 <sup>b</sup>	599,65 ± 4,51 <sup>b</sup>	350,43 ± 264,77 <sup>b</sup>	137,53 ± 0,00 <sup>b</sup>	110,59 ± 438,9 <sup>b</sup>	1109,34 ± 5,32 <sup>a</sup>	1730,79 ± 2,58 <sup>a</sup>	2674,79 ± 198,23 <sup>a</sup>	2340,91 ± 44,96 <sup>a</sup>	1282,95 ± 11,28 <sup>a</sup>	2920,91 ± 114,28 <sup>a</sup>
	Furfural	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,5 ± 0 <sup>a</sup>	ND	0,2 ± 0 <sup>c</sup>	0,3 ± 0 <sup>b</sup>	ND	0,3 ± 0 <sup>b</sup>
	Total	104,13 ± 0,55 <sup>b</sup>	81,49 ± 3,66 <sup>b</sup>	599,65 ± 4,51 <sup>b</sup>	350,43 ± 264,77 <sup>b</sup>	137,53 ± 0,00 <sup>b</sup>	110,59 ± 438,9 <sup>b</sup>	1109,84 ± 5,32 <sup>a</sup>	1730,79 ± 2,58 <sup>a</sup>	2674,99 ± 198,23 <sup>a</sup>	2341,21 ± 44,96 <sup>a</sup>	1282,95 ± 11,28 <sup>a</sup>	2921,21 ± 114,28 <sup>a</sup>

Pour chaque ligne, les différentes lettres indiquent des différences significatives ( $P \leq 0,05$ ,  $b < a$ ). nd = valeur non déterminée.

FDT = *dalt*. FDN = *deglet nour*. FGR = *ghars*. FTN = *tamezwert n'etelet*. FTJ = *tamjouhert*. FTZ = *tazarzeit*.

HMF= Hydroxyméthylfurfural. PHBA= Acide phosphohydroxybenzoïque, PDS : Produits de dégradation des sucres.

Tableau 13. Profil phénolique des extraits acétoniques des dattes.

Concentration (mg/100g)	Cultivars											
	Rotab						Tamr					
Composés	FDT	FDN	FGR	FTN	FTJ	FTZ	FDT	FDN	FGR	FTN	FTJ	FTZ
Acide gallique	1,69 ± 0,07 <sup>c</sup>	1,74 ± 0,38 <sup>c</sup>	1,78 ± 0 <sup>c</sup>	1,17 ± 0,04 <sup>c</sup>	1,53 ± 0,01 <sup>c</sup>	1,43 ± 0,4 <sup>c</sup>	2,64 ± 0,05 <sup>b</sup>	2,74 ± 0,17 <sup>b</sup>	2,91 ± 0,08 <sup>b</sup>	3,45 ± 0,59 <sup>a</sup>	2,64 ± 0,11 <sup>b</sup>	3,07 ± 0,38 <sup>a</sup>
A. O-coumarique	traces	traces	traces	traces	traces	traces	2,02 ± 0,09 <sup>a</sup>	2,37 ± 0,8 <sup>a</sup>	2,26 ± 0,02 <sup>a</sup>	2,45 ± 0,68 <sup>a</sup>	2,34 ± 0,07 <sup>a</sup>	2,5 ± 0,26 <sup>a</sup>
A.Protocatéchique	8,19 ± 0,68 <sup>c</sup>	8,47 ± 3,24 <sup>c</sup>	12,95 ± 0,92 <sup>b</sup>	11,2 ± 1,1 <sup>b</sup>	9,43 ± 0,62 <sup>c</sup>	18,72 ± 6,29 <sup>a</sup>	5,68 ± 1,03 <sup>c</sup>	4,25 ± 3,8 <sup>d</sup>	4,87 ± 0,21 <sup>d</sup>	5,94 ± 3,69 <sup>c</sup>	3,12 ± 0,42 <sup>d</sup>	12,03 ± 3,16 <sup>b</sup>
Tyrosol	6,67 ± 0,36 <sup>b</sup>	6,2 ± 0,21 <sup>b</sup>	3,52 ± 0,79 <sup>c</sup>	3,76 ± 0,56 <sup>c</sup>	5,46 ± 0,16 <sup>b</sup>	7,43 ± 5,94 <sup>b</sup>	10,31 ± 0,18 <sup>a</sup>	17,02 ± 2,11 <sup>a</sup>	13,59 ± 0,07 <sup>a</sup>	9,44 ± 0,71 <sup>b</sup>	9,77 ± 0,2 <sup>b</sup>	8,98 ± 0,42 <sup>b</sup>
PHBA	5,88 ± 0,72 <sup>a</sup>	2,93 ± 1,15 <sup>b</sup>	2,43 ± 0,21 <sup>b</sup>	2,04 ± 0,43 <sup>b</sup>	2,77 ± 1,37 <sup>b</sup>	5,94 ± 0,21 <sup>a</sup>	7,69 ± 0,06 <sup>a</sup>	4,71 ± 3,95 <sup>b</sup>	9,1 ± 0,51 <sup>a</sup>	5,54 ± 2,31 <sup>a</sup>	4,13 ± 0,27 <sup>b</sup>	5,4 ± 4,85 <sup>a</sup>
Catéchine	3,12 ± 0,12 <sup>c</sup>	5,49 ± 3,76 <sup>b</sup>	3,56 ± 0,21 <sup>c</sup>	7,77 ± 3,89 <sup>b</sup>	7,07 ± 0,03 <sup>b</sup>	2,27 ± 1,81 <sup>c</sup>	10,93 ± 0,9 <sup>a</sup>	13,44 ± 4,11 <sup>a</sup>	9,01 ± 0,14 <sup>b</sup>	9,6 ± 4,55 <sup>b</sup>	9,71 ± 0,07 <sup>b</sup>	4,51 ± 0,06 <sup>c</sup>
A.Vanillique	1,46 ± 0,06 <sup>a</sup>	1,24 ± 1,49 <sup>a</sup>	1,8 ± 0,1 <sup>a</sup>	1 ± 2,3 <sup>a</sup>	1,42 ± 0,1 <sup>a</sup>	1,32 ± 1,14 <sup>a</sup>	1,35 ± 0,11 <sup>a</sup>	1,84 ± 1,37 <sup>a</sup>	3,06 ± 0,09 <sup>a</sup>	3,09 ± 1,84 <sup>a</sup>	1,59 ± 0,14 <sup>a</sup>	1,32 ± 1,56 <sup>a</sup>
A.Syringique	3,4 ± 0,1 <sup>b</sup>	3,5 ± 0,05 <sup>b</sup>	3,9 ± 0,16 <sup>b</sup>	2,26 ± 0,68 <sup>b</sup>	1,55 ± 0,06 <sup>b</sup>	3,5 ± 1,44 <sup>b</sup>	4,15 ± 0,17 <sup>b</sup>	4,3 ± 0,12 <sup>b</sup>	7,21 ± 0,06 <sup>a</sup>	5,03 ± 1,19 <sup>a</sup>	4,22 ± 0,46 <sup>b</sup>	4,53 ± 0,2 <sup>b</sup>
A. Caffeique	5,71 ± 0,45 <sup>b</sup>	4,86 ± 0,32 <sup>c</sup>	5,81 ± 0,23 <sup>b</sup>	4,94 ± 1,13 <sup>c</sup>	4,54 ± 0,59 <sup>c</sup>	5,81 ± 1,46 <sup>b</sup>	5,25 ± 0,2 <sup>b</sup>	5,08 ± 0,44 <sup>b</sup>	15,25 ± 0,24 <sup>a</sup>	4,86 ± 1,5 <sup>c</sup>	7,81 ± 0,05 <sup>b</sup>	6 ± 0,38 <sup>b</sup>
Vanilline	4,59 ± 0,01 <sup>a</sup>	2,36 ± 0,18 <sup>b</sup>	2,48 ± 0 <sup>b</sup>	2,67 ± 0,4 <sup>b</sup>	2,17 ± 0,16 <sup>b</sup>	2,32 ± 0,6 <sup>b</sup>	3,32 ± 0,01 <sup>a</sup>	2,36 ± 0,12 <sup>b</sup>	2,14 ± 0,03 <sup>b</sup>	2,68 ± 0,52 <sup>b</sup>	3,4 ± 0,37 <sup>a</sup>	3,16 ± 0,54 <sup>a</sup>
A.P-Coumarique	1,01 ± 0,06 <sup>b</sup>	0,7 ± 0,23 <sup>c</sup>	0,66 ± 0,06 <sup>c</sup>	0,31 ± 0,37 <sup>c</sup>	0,67 ± 0,06 <sup>c</sup>	0,54 ± 0,3 <sup>c</sup>	1,99 ± 0,13 <sup>b</sup>	1,7 ± 0,19 <sup>b</sup>	2,41 ± 0,04 <sup>a</sup>	0,98 ± 0,23 <sup>c</sup>	1,46 ± 0,07 <sup>b</sup>	0,99 ± 0,46 <sup>c</sup>
Rutine	9,4 ± 0,78 <sup>d</sup>	8,91 ± 3,38 <sup>d</sup>	5,84 ± 0,25 <sup>c</sup>	3,62 ± 3,93 <sup>e</sup>	5,98 ± 1,49 <sup>e</sup>	4,73 ± 2,41 <sup>e</sup>	8,71 ± 1,01 <sup>d</sup>	23,74 ± 2,65 <sup>b</sup>	26,58 ± 3,26 <sup>b</sup>	18,06 ± 0,24 <sup>d</sup>	52,08 ± 0,19 <sup>a</sup>	12,36 ± 1,73 <sup>c</sup>
A. Sinapique	1,27 ± 0,28 <sup>e</sup>	3,02 ± 1,61 <sup>c</sup>	2,14 ± 0,17 <sup>d</sup>	2,53 ± 2,04 <sup>d</sup>	2,42 ± 0,86 <sup>d</sup>	2,75 ± 2,07 <sup>d</sup>	2,25 ± 0,16 <sup>d</sup>	4,9 ± 0,98 <sup>b</sup>	11,14 ± 0,02 <sup>a</sup>	1,88 ± 1,12 <sup>c</sup>	1,85 ± 0,22 <sup>c</sup>	5,25 ± 0,7 <sup>b</sup>
A.Ferrulique	5,4 ± 0,45 <sup>c</sup>	6,25 ± 0,35 <sup>c</sup>	7,78 ± 0,17 <sup>c</sup>	4,31 ± 1,67 <sup>d</sup>	4,58 ± 0,01 <sup>d</sup>	4,13 ± 0,67 <sup>d</sup>	6,27 ± 0,19 <sup>c</sup>	7,94 ± 8,33 <sup>c</sup>	16,76 ± 0,37 <sup>b</sup>	6,27 ± 9,82 <sup>c</sup>	38,29 ± 0,34 <sup>a</sup>	4,71 ± 1,33 <sup>d</sup>
A. Cinnamique	14,84 ± 0,05 <sup>c</sup>	17,89 ± 0,56 <sup>b</sup>	11,65 ± 0,2 <sup>c</sup>	16,65 ± 1,16 <sup>b</sup>	21,26 ± 0,42 <sup>b</sup>	10,36 ± 6,43 <sup>c</sup>	14,6 ± 0,24 <sup>c</sup>	17,89 ± 1,5 <sup>b</sup>	35,3 ± 0,12 <sup>a</sup>	14,59 ± 0,68 <sup>c</sup>	77,81 ± 0,28 <sup>a</sup>	9,53 ± 0,48 <sup>d</sup>
Lutéoline	43,17 ± 0,25 <sup>a</sup>	44,54 ± 2,54 <sup>a</sup>	37,62 ± 0,7 <sup>b</sup>	40,67 ± 3,72 <sup>a</sup>	40,88 ± 0,7 <sup>a</sup>	41,7 ± 15,93 <sup>a</sup>	13,75 ± 0,84 <sup>d</sup>	14,54 ± 2,59 <sup>c</sup>	20,31 ± 1,27 <sup>c</sup>	14,33 ± 2,64 <sup>d</sup>	19,16 ± 0,16 <sup>d</sup>	16,98 ± 0,48 <sup>d</sup>
Quercétine	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1,24 ± 0,04 <sup>a</sup>	1,22 ± 0,63 <sup>a</sup>	1,48 ± 0,01 <sup>a</sup>	1,37 ± 0,09 <sup>a</sup>	1,21 ± 0,05 <sup>a</sup>	1,15 ± 0,16 <sup>a</sup>
Total	102,15 ± 5,39 <sup>e</sup>	115,88 ± 4,47 <sup>d</sup>	118,47 ± 2,37 <sup>c</sup>	104,06 ± 4,22 <sup>e</sup>	105,3 ± 3,71	113,01 ± 6,7 <sup>d</sup>	102,15 ± 5,39 <sup>e</sup>	130,04 ± 3,86 <sup>c</sup>	183,38 ± 6,53 <sup>b</sup>	109,56 ± 2,39 <sup>d</sup>	240,59 ± 3,46 <sup>a</sup>	102,47 ± 17,13 <sup>e</sup>

Pour chaque ligne, les différentes lettres indiquent des différences significatives ( $P \leq 0,05$ ,  $b < a$ ). nd = valeur non déterminée.

FDT = *dalt*. FDN = *deglet nour*. FGR = *ghars*. FTN = *tamezwert n'etelet*. FTJ = *tamjoughert*. FTZ = *tazarzeit*

HMF= Hydroxyméthylfurfural. PHBA= Acide phosphohydroxybenzoïque

Tableau 14. Profil phénolique des extraits méthanoliques des dattes,

Concentration (mg/100g)	Cultivars											
	Rotab						Tamr					
Composés	FDT	FDN	FGR	FTN	FTJ	FTZ	FDT	FDN	FGR	FTN	FTJ	FTZ
Acide gallique	1,88 ± 0,07 <sup>c</sup>	1,91 ± 0,38 <sup>c</sup>	1,97 ± 0 <sup>c</sup>	1,09 ± 0,04 <sup>c</sup>	1,06 ± 0,0 <sup>c</sup>	1,13 ± 0,4 <sup>c</sup>	2,86 ± 0,05 <sup>b</sup>	2,54 ± 0,17 <sup>b</sup>	3,39 ± 0,08 <sup>a</sup>	2,98 ± 0,59 <sup>b</sup>	2,49 ± 0,11 <sup>b</sup>	2,44 ± 0,38 <sup>b</sup>
A, O-coumarique	traces	traces	traces	traces	traces	traces	1,67 ± 0,09 <sup>a</sup>	0,45 ± 0,8 <sup>b</sup>	1,44 ± 0,02 <sup>a</sup>	1,11 ± 0,68 <sup>a</sup>	traces	traces
A,Protocatéchique	16,43 ± 0,68 <sup>a</sup>	11,35 ± 3,24 <sup>b</sup>	12,21 ± 0,92 <sup>b</sup>	13,24 ± 1,1 <sup>b</sup>	10,32 ± 0,62 <sup>b</sup>	10,99 ± 6,29 <sup>b</sup>	5,42 ± 1,03 <sup>c</sup>	9,92 ± 3,8 <sup>c</sup>	10,85 ± 0,21 <sup>b</sup>	10,1 ± 3,69 <sup>b</sup>	9,34 ± 0,42 <sup>c</sup>	6,69 ± 3,16 <sup>c</sup>
Tyrosol	1,34 ± 0,36 <sup>c</sup>	2 ± 0,21 <sup>c</sup>	1,81 ± 0,79 <sup>c</sup>	1,59 ± 0,56 <sup>c</sup>	1,9 ± 0,16 <sup>c</sup>	1,81 ± 5,94 <sup>c</sup>	10,89 ± 0,18 <sup>a</sup>	7,74 ± 2,11 <sup>b</sup>	8,55 ± 0,07 <sup>b</sup>	7,56 ± 0,71 <sup>b</sup>	8,17 ± 0,2 <sup>b</sup>	9,63 ± 0,42 <sup>b</sup>
PHBA	2,53 ± 0,72 <sup>c</sup>	2,56 ± 1,15 <sup>c</sup>	3,78 ± 0,21 <sup>c</sup>	4,53 ± 0,43 <sup>c</sup>	4,44 ± 1,37 <sup>c</sup>	3,21 ± 0,21 <sup>a</sup>	6,01 ± 0,06 <sup>b</sup>	11,28 ± 3,95 <sup>a</sup>	14,37 ± 0,51 <sup>a</sup>	7,2 ± 2,31 <sup>b</sup>	5,22 ± 0,27 <sup>b</sup>	3,79 ± 4,85 <sup>c</sup>
Catéchine	4,87 ± 0,12 <sup>c</sup>	7,23 ± 3,76 <sup>b</sup>	4,5 ± 0,21 <sup>c</sup>	5,49 ± 3,89 <sup>b</sup>	6,36 ± 0,03 <sup>b</sup>	5,16 ± 1,81 <sup>b</sup>	9,12 ± 0,9 <sup>b</sup>	14,19 ± 4,11 <sup>a</sup>	7,6 ± 0,14 <sup>b</sup>	7,54 ± 4,55 <sup>b</sup>	12,93 ± 0,07 <sup>a</sup>	7,56 ± 0,06 <sup>b</sup>
A, Vanillique	0,64 ± 0,06 <sup>c</sup>	1,53 ± 1,49 <sup>b</sup>	1,92 ± 0,1 <sup>c</sup>	0,96 ± 2,3 <sup>a</sup>	1,38 ± 0,1 <sup>b</sup>	1,67 ± 1,14 <sup>b</sup>	2,17 ± 0,11 <sup>a</sup>	4,11 ± 1,37 <sup>a</sup>	2,35 ± 0,09 <sup>a</sup>	3,41 ± 1,84 <sup>a</sup>	5,55 ± 0,14 <sup>a</sup>	2,31 ± 1,56 <sup>a</sup>
A, Syringique	1,6 ± 0,1 <sup>d</sup>	2,34 ± 0,05 <sup>c</sup>	3,29 ± 0,16 <sup>b</sup>	1,65 ± 0,68 <sup>d</sup>	1,25 ± 0,06 <sup>d</sup>	1,45 ± 1,44 <sup>d</sup>	3,49 ± 0,17 <sup>b</sup>	3,73 ± 0,12 <sup>b</sup>	2,33 ± 0,06 <sup>c</sup>	3,01 ± 1,19 <sup>b</sup>	4,89 ± 0,46 <sup>a</sup>	3,7 ± 0,2 <sup>b</sup>
A, Caffeique	5,08 ± 0,45 <sup>a</sup>	5,63 ± 0,32 <sup>a</sup>	6,38 ± 0,23 <sup>a</sup>	4,68 ± 1,13 <sup>b</sup>	4,74 ± 0,59 <sup>b</sup>	4,03 ± 1,46 <sup>b</sup>	7,2 ± 0,2 <sup>a</sup>	7,86 ± 0,44 <sup>a</sup>	5,94 ± 0,24 <sup>a</sup>	6,82 ± 1,5 <sup>a</sup>	6,53 ± 0,05 <sup>a</sup>	7,56 ± 0,38 <sup>a</sup>
Vanilline	2,5 ± 0,01 <sup>b</sup>	2,27 ± 0,18 <sup>b</sup>	2,09 ± 0 <sup>b</sup>	2,7 ± 0,4 <sup>b</sup>	2,58 ± 0,16 <sup>b</sup>	2,52 ± 0,6 <sup>b</sup>	3,6 ± 0,01 <sup>a</sup>	3,74 ± 0,12 <sup>a</sup>	3,24 ± 0,03 <sup>a</sup>	2,75 ± 0,52 <sup>b</sup>	3,01 ± 0,37 <sup>a</sup>	3,47 ± 0,54 <sup>a</sup>
A, P-Coumarique	0,34 ± 0,06 <sup>b</sup>	0,47 ± 0,23 <sup>b</sup>	0,51 ± 0,06 <sup>b</sup>	0,6 ± 0,37 <sup>b</sup>	0,74 ± 0,06 <sup>b</sup>	0,48 ± 0,3 <sup>b</sup>	1,7 ± 0,13 <sup>a</sup>	0,85 ± 0,19 <sup>b</sup>	0,44 ± 0,04 <sup>ba</sup>	1,09 ± 0,23 <sup>a</sup>	1,41 ± 0,07 <sup>a</sup>	0,8 ± 0,46 <sup>b</sup>
Rutine	9,46 ± 0,78 <sup>b</sup>	2,1 ± 3,38 <sup>c</sup>	5,17 ± 0,25 <sup>b</sup>	3,47 ± 3,93 <sup>c</sup>	6,2 ± 1,49 <sup>b</sup>	5,51 ± 2,41 <sup>b</sup>	9,56 ± 1,01 <sup>b</sup>	6,41 ± 2,65 <sup>b</sup>	10,18 ± 3,26 <sup>a</sup>	13,3 ± 0,24 <sup>a</sup>	12,25 ± 0,19 <sup>a</sup>	13,93 ± 1,73 <sup>a</sup>
A, Sinapique	1,97 ± 0,28 <sup>d</sup>	2,2 ± 1,61 <sup>c</sup>	2,76 ± 0,17 <sup>c</sup>	2,78 ± 2,04 <sup>c</sup>	2,04 ± 0,86 <sup>c</sup>	2,58 ± 2,07 <sup>c</sup>	3,36 ± 0,16 <sup>b</sup>	2,06 ± 0,98 <sup>c</sup>	3,79 ± 0,02 <sup>b</sup>	4,74 ± 1,12 <sup>a</sup>	6,7 ± 0,22 <sup>a</sup>	4,3 ± 0,70 <sup>a</sup>
A, Ferrulique	1,33 ± 0,45 <sup>d</sup>	1,41 ± 0,35 <sup>d</sup>	2,96 ± 0,17 <sup>c</sup>	2,83 ± 1,67 <sup>c</sup>	2,52 ± 0,01 <sup>c</sup>	2,49 ± 0,67 <sup>c</sup>	4,64 ± 0,19 <sup>a</sup>	6,29 ± 8,33 <sup>b</sup>	2,39 ± 0,37 <sup>c</sup>	4,2 ± 9,82 <sup>b</sup>	4,5 ± 0,34 <sup>b</sup>	2,27 ± 1,33 <sup>c</sup>
A, Cinnamique	20,57 ± 0,05 <sup>c</sup>	31,25 ± 0,56 <sup>a</sup>	14,2 ± 0,2 <sup>c</sup>	12,98 ± 1,16 <sup>d</sup>	16,99 ± 0,42 <sup>b</sup>	13,86 ± 6,43 <sup>c</sup>	10,22 ± 0,24 <sup>c</sup>	12,6 ± 1,5 <sup>c</sup>	11,92 ± 0,12 <sup>d</sup>	11,48 ± 0,68 <sup>d</sup>	12,59 ± 0,28 <sup>d</sup>	11,79 ± 0,48 <sup>d</sup>
Lutéoline	31,06 ± 0,25 <sup>b</sup>	36,51 ± 2,54 <sup>b</sup>	37,1 ± 0,7 <sup>b</sup>	42,39 ± 3,72 <sup>a</sup>	45,78 ± 0,7 <sup>a</sup>	49,86 ± 15,93 <sup>a</sup>	14,73 ± 0,84 <sup>c</sup>	12,91 ± 2,59 <sup>c</sup>	10,4 ± 1,27 <sup>d</sup>	10,01 ± 2,64 <sup>d</sup>	14,27 ± 0,16 <sup>c</sup>	9,02 ± 0,48 <sup>d</sup>
Quercétine	ND	ND	ND	ND	ND	ND	2,56 ± 0,04 <sup>a</sup>	1,63 ± 0,63 <sup>b</sup>	1,54 ± 0,01 <sup>b</sup>	1,79 ± 0,09 <sup>b</sup>	1,21 ± 0,05 <sup>b</sup>	1,27 ± 0,16 <sup>b</sup>
Total	101,65 ± 4,47 <sup>b</sup>	110,87 ± 2,37 <sup>a</sup>	100,93 ± 4,22 <sup>b</sup>	101,21 ± 3,71 <sup>b</sup>	108,67 ± 6,7 <sup>a</sup>	106,85 ± 4,82 <sup>a</sup>	99,2 ± 5,39 <sup>c</sup>	108,31 ± 3,86 <sup>a</sup>	100,72 ± 6,53 <sup>b</sup>	99,09 ± 2,39 <sup>c</sup>	111,47 ± 3,46 <sup>a</sup>	91,31 ± 1,13 <sup>c</sup>

Pour chaque ligne, les différentes lettres indiquent des différences significatives ( $P \leq 0,05$ , b<a). nd = valeur non déterminée..

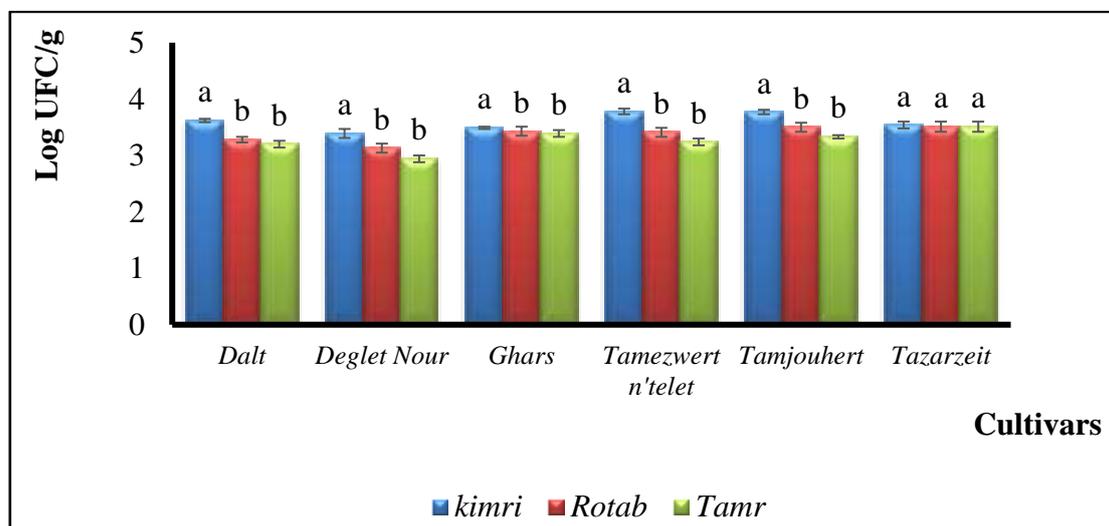
FDT = *dalt*. FDT = *deglet nour*. FGR = *ghars*. FTN = *tamezwert n'etelet*. FTJ = *tamjoughert*. FTZ = *tazarzeit*

HMF= Hydroxyméthylfurfural. PHBA= Acide phosphohydroxybenzoïque

### III. Les analyses microbiologiques

#### III.1 Dénombrement de la flore totale aérobie mésophile FTAM

La flore aérobie mésophile totale a été dénombrée et les résultats sont représentés dans la Figure 23.



**Figure 23.** Charges moyennes en FTAM des dattes.

Les différentes lettres indiquent des différences significatives ( $P \leq 0.05$ ,  $b < a$ ).

Le dénombrement de la FATM a révélé que la plupart des échantillons analysés sont modérément contaminés et que le niveau de contamination est cerné entre  $8,75 \times 10^2 \pm 0,42$  et  $6,00 \times 10^3 \pm 0,76$  UFC/g.

Une différence significative ( $P \leq 0.05$ ) dans le niveau de contamination a été observée entre les stades de maturation. Nous avons enregistré des taux de contamination élevés au stade *kimri* ( $2,46 \times 10^3 \pm 1,53$  –  $6,00 \times 10^4 \pm 0,76$  UFC/g). Toutefois, cette contamination diminue significativement avec la maturation des dattes ( $8,75 \times 10^2 \pm 0,42$  –  $3,24 \times 10^3 \pm 0,31$ ).

De plus, il y a eu des différences significatives dans le degré de contamination des différentes variétés. Quel que soit le stade de maturation, le cultivar *tamezwert n'telet* est le plus contaminé ( $6,00 \times 10^3 \pm 0,76$  ;  $2,58 \times 10^4 \pm 1,041$  et  $1,74 \times 10^2 \pm 0,45$  UFC/g aux stades *kimri*, *rotab* et *tamr* respectivement) tandis que le cultivar *deglet nour* est le moins contaminé ( $2,46 \times 10^2 \pm 1,53$  ;  $1,35 \times 10^2 \pm 0,35$  et  $8,75 \times 10^2 \pm 0,42$  UFC/g aux stades *kimri*, *rotab* et *tamr* respectivement).

Nos résultats coïncident avec ceux de Umar *et al.* (2014) qui ont rapporté que FTAM varie  $7,9 \times 10^2$  à  $9,4 \times 10^4$  UFC/g. De même, Aleid *et al.* (2014) ont trouvé des charges voisines allant de  $2,1 \times 10^3$  à  $20 \times 10^3$  UFC/g.

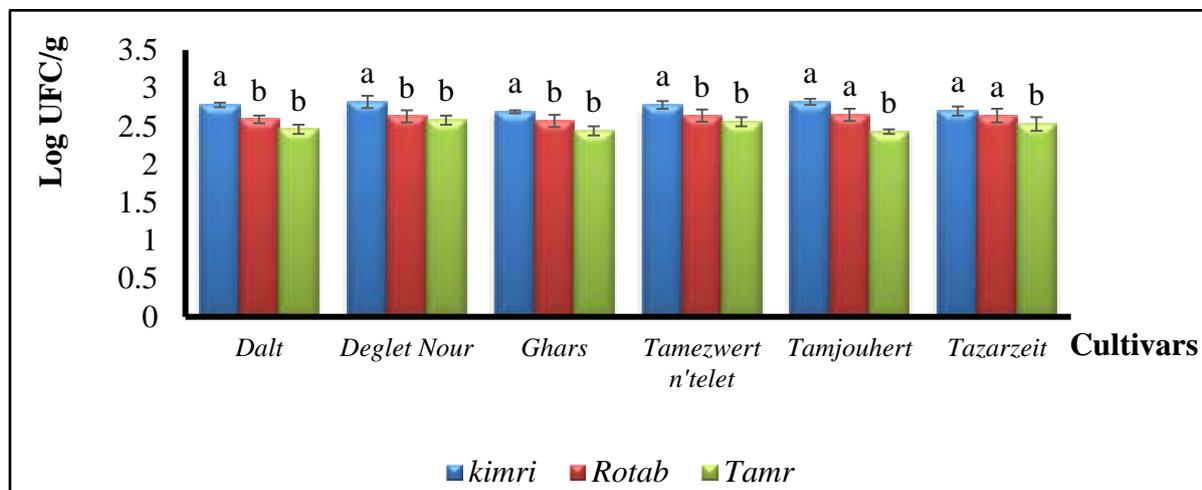
Les résultats obtenus ont révélé une contamination bactérienne modérée. Ceci pourrait être dû à la variété elle-même, le stade de maturation, les teneurs en eau et en sucres, le pH, les conditions de stockage (l'humidité, le temps et la température de stockage) et aux facteurs environnementaux (Al-Hammadi *et al.*, 2019, Rygg, 1975, Rygg, 1956). Le faible degré de contamination est justifié par la capacité que possèdent ces fruits à synthétiser des molécules inhibitrice (Al-zoreky & Al-Taher, 2015). Par ailleurs, cette contamination pourrait être causée par le manque d'hygiène lors du transport, stockage et la commercialisation (Aleid *et al.*, 2014, Hamad, 2008).

La diminution de la contamination microbienne observée lors de la maturation a été également signalée par Shenasi *et al.* (2002). Ceci peut être due à la diminution de la teneur en eau et l'augmentation de la teneur en sucres (Hasnaoui *et al.*, 2011). Des activités de l'eau ( $A_w$ )  $\leq 0,9$  sont susceptibles d'inhiber la croissance bactérienne et la production des toxines fongiques (Al-Hammadi *et al.*, 2019; Pitt, 1975; Poisson & Guilbot, 1963; Rygg, 1956, Scott, 1957). Des teneurs en sucres  $\geq 60\%$  sont défavorables pour la croissance bactérienne (Al-Jasser, 2010). Par conséquent, uniquement les espèces tolérantes à ces conditions peuvent croître (Hasnaoui *et al.*, 2011).

Le dénombrement de la FTAM nous renseigne sur la qualité microbiologique des denrées alimentaires (Abass *et al.*, 2018). Quel que soit le degré de contamination des dattes, la plupart des germes détectés ne sont pas pathogènes (Hamad, 2012). La dominance des bactéries lactiques, bénéfiques, ( $10^3$  UFC/g) a été signalée par de nombreux auteurs dont Nussinovitch (Nussinovitch *et al.*, 1989). Cependant, quelques souches pathogènes ont été isolées (Al-Turki *et al.*, 2010; Shenasi *et al.*, 2002; Yahia *et al.*, 2014). Hamad (2012) a isolé *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus* et *E. coli*. Tandis que Risiquat (2013) a détecté *Proteus mirabilis* *Salmonella.sp* et *Enterobacter.sp*.

### III.2 Dénombrement des levures et moisissures

Les résultats du dénombrement des levures et des moisissures sont illustrés par la Figure 24.



**Figure 24.** Charges moyennes en levures et moisissures des dattes.

Les différentes lettres indiquent des différences significatives ( $P \leq 0.05$ ,  $b < a$ ).

Il en ressort que la flore fongique des dattes est négligeable et qu'elle est d'autant plus élevée au premier stade ( $4,85 \times 10^2 \pm 0,23 - 6,57 \times 10^2 \pm 0,66$  UFC/g).

Parmi toutes les variétés analysées, le cultivar *deglet nour* présente les charges les plus élevées en levures et en moisissures ; soient  $6,57 \times 10^2 \pm 0,66$  UFC/g ,  $4,43 \times 10^2 \pm 1,03$  UFC/g et  $3,81 \times 10^2 \pm 7,64$  UFC/g aux stades *kimri*, *rotab* et *tamr* respectivement.

Des valeurs voisines ont été déclarées, pour des variétés saoudiennes molles, par Abass (2013a) et Aleid *et al.* (2014) dont les charges en levures et moisissures ne dépassent pas  $5,30 \times 10^2$  UFC/g et  $9 \times 10^2$  UFC/g respectivement. Des charges plus élevées (de  $3,10 \times 10^2$  à  $3,03 \times 10^3$  CFU/g) ont été également signalées pour des variétés égyptiennes sèches. (Ragab *et al.*, 2001)

Al-Sheikh (2009) a isolé 39 souches fongiques appartenant à 06 genres. Le genre dominant est *Aspergillus*, suivi par *Penicillium*. *Aspergillus niger* (81%), *A.flavus*. *Penicillium chrysogenum*, *Alternaria alternate*, *Fusarium oxysporum*, *F.solani* et *Rhizopus stolonifer* ont été détectés dans l'ensemble des variétés analysées. Des espèces potentiellement mycotoxinogènes, à savoir *A. flavus* et *A. parasiticus*, ont été également isolées dans 13 sur 60 échantillons, soit 21,7% de contamination (Aleid *et al.*, 2014).

En plus des bactéries, les levures et les moisissures constituent la flore dominante des dattes. Ils sont plus tolérants aux changements physico-chimiques et aux conditions climatiques durant la culture, la maturation, la récolte, post récolte, le stockage et le transport (Al Hazzani

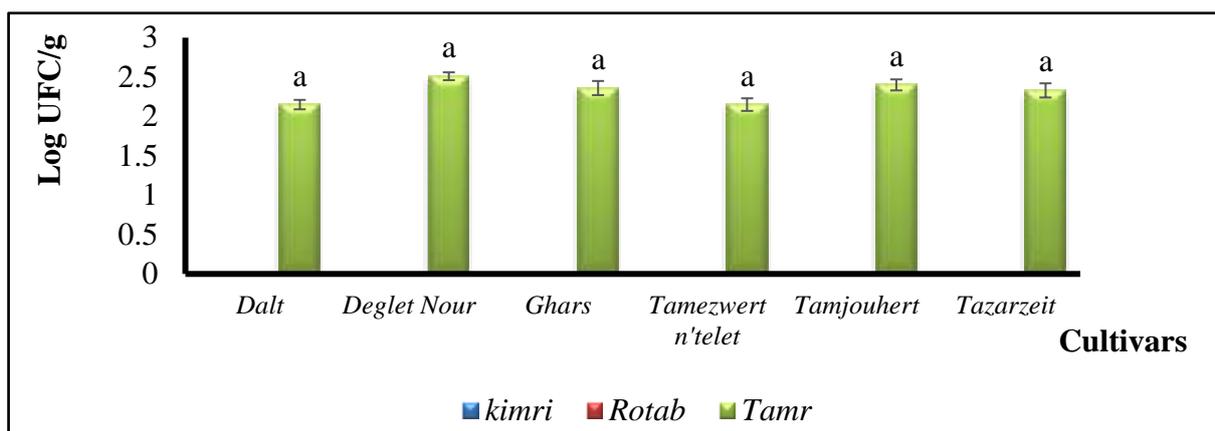
*et al.*, 2014). Leur fréquence est stable vu qu'ils s'adaptent aux faibles teneurs en eau et aux fortes teneurs en sucres, contrairement aux bactéries qui se comportent différemment en fonction de leur taxonomie et leurs tendances métaboliques (Al-Hooti *et al.*, 2002; Al Hazzani *et al.*, 2014). En plus, un pH de l'ordre de 3 à 6 est très favorable au développement des levures et moisissures. Les bactéries préfèrent des milieux neutres entre 7 et 7.5 avec pour la plupart des tolérances à des variations entre 6 et 9 (Al Hazzani *et al.*, 2014).

La dominance d'*Aspergillus niger* pourrait être due à la protection offerte par ses spores noires vis-à-vis les rayons UV, ce qui leur donne un avantage compétitif dans cet habitat. En plus cette espèce est xérophile et par conséquent elle supporte les faibles  $A_w$  (Shenasi *et al.*, 2002).

Selon Shenasi *et al.* (2002), la diminution des charges en levures et moisissures des dattes mûres est due à leurs faibles teneurs en eau et en sucres. Il convient de signaler qu'ils sont inhibés pour des  $A_w$  comprises entre 0,8 et 0,88 et des teneurs en sucres inférieures à 83% (Hasnaoui *et al.*, 2011). Cependant, certaines levures osmophiles se développent même à des  $A_w \leq 0,6$  (Al-Hammadi *et al.*, 2019, Pitt, 1975, Poisson & Guilbot, 1963, Rygg, 1956, Scott, 1957). En conséquence, seulement ceux xérophiles et saccharolytiques, à savoir *Saccharomyces*, résistent à ces conditions (Al-Jasser, 2010).

### III.3 Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux

Les résultats du dénombrement des coliformes totaux sont représentés dans la Figure 25.



**Figure 25.** Charges moyennes en coliformes totaux.  
Les différentes lettres indiquent des différences significatives ( $P \leq 0.05$ ,  $b < a$ ).

La présence des coliformes fécaux a été enregistrée uniquement au stade *tamr* et dont la charge varie de  $1,41 \times 10^2 \pm 2,08$ , pour le cultivar *dalt* à  $3,21 \times 10^2 \pm 2,08$  UFC/g pour le cultivar *tamezwert n'telet*.

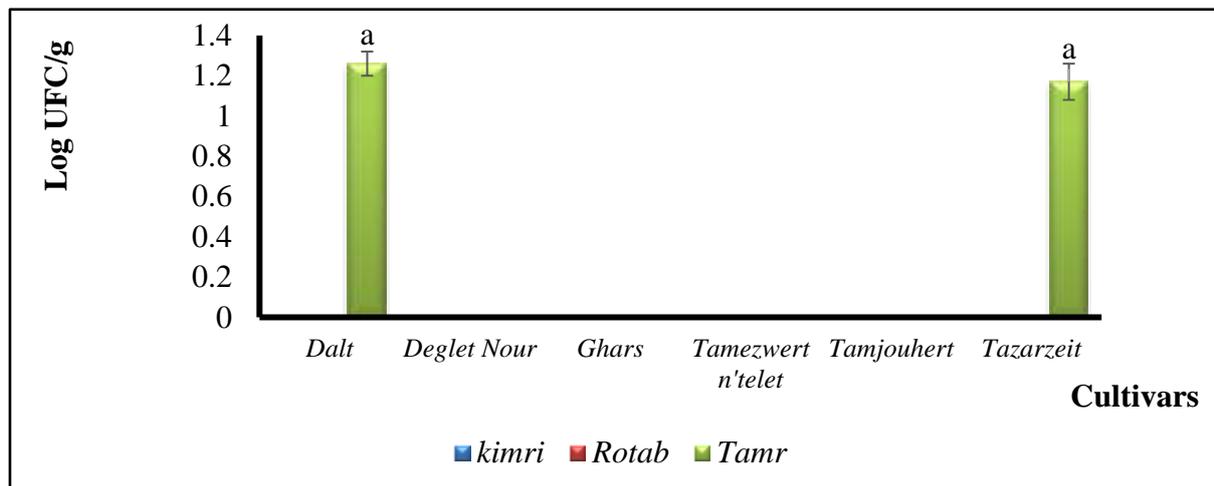
Quant aux coliformes fécaux, il apparaît clairement que toutes les variétés, issues des différents stades, y sont exemptes.

Au fait, la plupart des travaux menés sur la qualité hygiénique des dattes n'ont traité que leur contamination par les CF. Ainsi, nos résultats rejoignent ceux de Hamad (2012) qui ont trouvé que 65% des variétés analysées renferment des CF avec des charges de l'ordre de  $10^2$  UFC/g. Aleid *et al.* (2014) et Umar *et al.* (2014) ont trouvé des charges oscillant entre 0,0 et  $1,2 \times 10^2$  CFU/g et entre  $2,5 \times 10^2$  et  $2,0 \times 10^4$  CFU/g respectivement. Néanmoins, aucune des variétés analysées par Hasnae *et al.* (2013) ne les renferment.

Les CF, dont la niche naturelle est l'intestin de l'homme et des animaux, sont des indicateurs de contaminations fécales, probablement issues des mains des phœniciculteurs (Hasnae *et al.*, 2013). En revanche, leur présence dans les fruits et légumes frais ne signifie pas forcément une contamination fécale vue que certains genres bactériens appartenant à ce groupe sont issues de sources non fécales environnementales (Al-zoreky & Al-Taher, 2015). Bien que nos résultats n'indiquent pas de contamination par des CF, la charge en coliformes totaux au stade le plus mûr « tamr » est finalement normale, car elle peut être attribuée aux sources non fécales environnementales.

### III.4 Dénombrement des entérocoques

Les entérocoques ont été dénombrés et les résultats sont présentés dans la Figure 26.



**Figure 26.** Charges moyennes en entérocoques.

Les différentes lettres indiquent des différences significatives ( $P \leq 0.05$ ,  $b < a$ ).

Les entérocoques fécaux n'ont pas été détectés que chez les deux variétés mûres *dalt* et *tazarzeit*, avec des charges ne dépassant pas  $1,83 \times 10^1 \pm 0,79$  et  $1,53 \times 10^1 \pm 0,04$  UFC/g respectivement.

Au fait, la seule recherche trouvée dans la littérature et qui a étudié la contamination des dattes par les entérocoques est celle de Ragab *et al.* (2001). Ces auteurs ont pu isoler quelques espèces de *Streptococcus*.

### III.5 Dénombrement des Clostridies sulfito-réducteurs

Nous avons constaté que toutes les variétés analysées n'ont présenté aucun résultat positif de présence de spores.

Comme pour les entérocoques, peu d'études ont été portées sur la recherche des CSR dans les dattes. Dans ce contexte, nos résultats ne rejoignent pas ceux de Abass (2013a) qui ont signalé des charges qui varient de 2,12 à 2,41 log UFC/g.

### Qualité hygiénique globale

D'après la norme NF ISO 4833-2008, relative à la qualité microbiologique des dattes, les fruits sont de qualité microbiologique acceptable si FTAM  $\leq 10^6$  UFC/g et si LM  $\leq 10^3$  UFC/g. Ainsi, Nous pouvons dire que toutes nos variétés sont de bonne qualité microbiologique.

## IV. Les activités biologiques des dattes

### IV.1 L'activité antimicrobienne

Les diamètres des zones d'inhibition (mm) sont présentés dans les Tableaux 15, 16 et 17 et la figure 27. Les zones d'inhibition autour des puits, traduisant ainsi un pouvoir inhibiteur de nos extraits contre les souches cibles utilisées.



**Figure 27.** Les zones d'inhibition de l'extrait hygrothermique de *tamjoughert* vis-à-vis *L.monocytogenes* (3a) et *S.aureus* (3b).

Tableau 15. Diamètres moyens des zones d'inhibition (mm) des extraits hydrothermiques.

Souches		Bactérie à Gram +						Bactéries à Gram -						
Cultivars	Stades	<i>S.aureus</i>	<i>L.monocyto</i>	<i>B.cereus</i>	<i>B.subtilis</i>	<i>E.faecalis</i>	<i>M.leteus</i>	<i>E.coli</i>	<i>V.cholerae</i>	<i>S.thyphimu</i>	<i>S.enterica</i>	<i>P.aeruginos</i>	<i>P.mirabilis</i>	<i>C.freundii</i>
<b>Dalt</b>	<b>Kimri</b>	17,00±1,00 <sup>b</sup>	17,50±0,50 <sup>b</sup>	14,77±0,49 <sup>c</sup>	19,73±0,64 <sup>b</sup>	16,83±1,04 <sup>b</sup>	15,57±0,81 <sup>b</sup>	0,00±0,00 <sup>e</sup>	10,33±0,58 <sup>c</sup>	11,83±0,29 <sup>c</sup>	0,00±0,00 <sup>e</sup>	8,50±0,50 <sup>d</sup>	9,20±0,17 <sup>d</sup>	10,00±1,00 <sup>c</sup>
	<b>Rotab</b>	18,43±1,01 <sup>b</sup>	18,50±0,50 <sup>b</sup>	16,13±0,29 <sup>b</sup>	21,23±1,08 <sup>a</sup>	19,17±0,76 <sup>b</sup>	17,27±0,87 <sup>b</sup>	0,00±0,00 <sup>e</sup>	11,93±0,51 <sup>c</sup>	12,80±0,26 <sup>c</sup>	0,00±0,00 <sup>e</sup>	9,50±0,50 <sup>d</sup>	10,20±0,17 <sup>c</sup>	10,83±0,76 <sup>c</sup>
	<b>Tamr</b>	18,00±1,00 <sup>b</sup>	18,17±0,76 <sup>b</sup>	15,60±0,36 <sup>b</sup>	20,17±0,76 <sup>a</sup>	18,67±0,76 <sup>b</sup>	16,77±0,87 <sup>b</sup>	0,00±0,00 <sup>e</sup>	11,43±0,51 <sup>c</sup>	12,30±0,26 <sup>c</sup>	0,00±0,00 <sup>e</sup>	8,83±0,29 <sup>d</sup>	9,93±0,21 <sup>d</sup>	10,53±0,64 <sup>c</sup>
<b>Deglet nour</b>	<b>Kimri</b>	17,03±0,95 <sup>b</sup>	19,00±1,00 <sup>b</sup>	13,57±0,40 <sup>c</sup>	13,83±1,04 <sup>c</sup>	15,07±1,05 <sup>b</sup>	18,53±1,56 <sup>b</sup>	9,97±1,05 <sup>d</sup>	10,13±0,12 <sup>c</sup>	11,27±0,87 <sup>c</sup>	11,13±0,12 <sup>c</sup>	8,50±0,50 <sup>d</sup>	8,27±0,25 <sup>d</sup>	11,17±0,29 <sup>c</sup>
	<b>Rotab</b>	18,83±0,76 <sup>b</sup>	20,00±1,00 <sup>a</sup>	14,83±0,49 <sup>c</sup>	15,57±0,60 <sup>b</sup>	17,00±1,00 <sup>b</sup>	20,27±0,93 <sup>a</sup>	11,37±1,21 <sup>c</sup>	11,50±0,50 <sup>c</sup>	12,50±0,50 <sup>c</sup>	12,50±0,40 <sup>c</sup>	9,53±0,50 <sup>d</sup>	9,27±0,25 <sup>d</sup>	12,27±0,25 <sup>c</sup>
	<b>Tamr</b>	18,33±0,76 <sup>b</sup>	19,00±1,00 <sup>b</sup>	14,33±0,58 <sup>c</sup>	15,17±0,76 <sup>b</sup>	16,50±1,00 <sup>b</sup>	19,77±0,93 <sup>b</sup>	10,87±1,21 <sup>c</sup>	11,00±0,50 <sup>c</sup>	11,83±0,76 <sup>c</sup>	12,00±0,00 <sup>c</sup>	8,83±0,58 <sup>d</sup>	8,80±0,35 <sup>d</sup>	11,67±0,58 <sup>c</sup>
<b>Ghars</b>	<b>Kimri</b>	13,83±0,65 <sup>c</sup>	17,50±0,50 <sup>b</sup>	13,00±0,50 <sup>c</sup>	13,80±0,44 <sup>c</sup>	17,07±1,01 <sup>b</sup>	13,57±0,35 <sup>c</sup>	10,67±0,29 <sup>c</sup>	13,90±57,25 <sup>c</sup>	10,77±0,40 <sup>c</sup>	10,40±0,53 <sup>c</sup>	8,57±0,12 <sup>d</sup>	11,27±0,25 <sup>c</sup>	9,83±0,29 <sup>b</sup>
	<b>Rotab</b>	15,50±0,50 <sup>b</sup>	18,50±0,50 <sup>b</sup>	14,00±0,50 <sup>c</sup>	15,33±0,58 <sup>b</sup>	19,10±0,69 <sup>b</sup>	15,00±0,36 <sup>b</sup>	12,10±0,17 <sup>c</sup>	11,73±0,75 <sup>c</sup>	12,30±0,20 <sup>c</sup>	11,67±0,58 <sup>c</sup>	10,17±0,29 <sup>c</sup>	12,27±0,25 <sup>c</sup>	11,40±0,46 <sup>c</sup>
	<b>Tamr</b>	15,17±0,29 <sup>b</sup>	17,50±0,50 <sup>b</sup>	13,50±0,50 <sup>c</sup>	14,83±0,58 <sup>c</sup>	18,60±0,69 <sup>b</sup>	14,97±1,42 <sup>c</sup>	11,60±0,17 <sup>c</sup>	11,23±0,75 <sup>c</sup>	12,03±0,25 <sup>c</sup>	11,17±0,58 <sup>c</sup>	9,67±0,29 <sup>d</sup>	11,83±0,29 <sup>c</sup>	10,93±0,12 <sup>c</sup>
<b>Tamez wert n'telet</b>	<b>Kimri</b>	13,00±0,50 <sup>c</sup>	16,50±0,50 <sup>b</sup>	13,00±0,82 <sup>c</sup>	13,33±0,58 <sup>c</sup>	19,33±5,58 <sup>b</sup>	13,30±0,72 <sup>c</sup>	10,83±0,76 <sup>c</sup>	0,00±0,00 <sup>e</sup>	11,10±0,17 <sup>c</sup>	11,13±0,15 <sup>c</sup>	0,00±0,00 <sup>e</sup>	10,27±0,25 <sup>c</sup>	10,00±0,44 <sup>c</sup>
	<b>Rotab</b>	14,60±0,66 <sup>c</sup>	17,50±0,50 <sup>b</sup>	14,37±0,78 <sup>c</sup>	15,43±0,40 <sup>b</sup>	24,17±1,04 <sup>a</sup>	14,93±0,60 <sup>c</sup>	11,93±0,60 <sup>c</sup>	0,00±0,00 <sup>e</sup>	12,40±0,36 <sup>c</sup>	12,37±0,23 <sup>c</sup>	0,00±0,00 <sup>e</sup>	11,27±0,25 <sup>c</sup>	10,50±0,50 <sup>c</sup>
	<b>Tamr</b>	14,17±0,76 <sup>c</sup>	16,50±0,50 <sup>b</sup>	13,73±0,64 <sup>c</sup>	14,93±0,40 <sup>c</sup>	23,67±1,04 <sup>a</sup>	14,43±0,60 <sup>c</sup>	11,43±0,60 <sup>c</sup>	0,00±0,00 <sup>e</sup>	12,10±0,53 <sup>c</sup>	12,00±0,00 <sup>c</sup>	0,00±0,00 <sup>e</sup>	10,83±0,29 <sup>c</sup>	9,90±0,66 <sup>b</sup>
<b>Tamjouhert</b>	<b>Kimri</b>	20,00±1,00 <sup>a</sup>	22,67±1,15 <sup>a</sup>	13,60±0,87 <sup>c</sup>	13,67±0,29 <sup>c</sup>	17,37±0,72 <sup>b</sup>	12,90±0,79 <sup>c</sup>	10,77±0,64 <sup>c</sup>	10,67±0,58 <sup>c</sup>	11,77±1,08 <sup>c</sup>	11,17±0,29 <sup>c</sup>	10,10±0,10 <sup>c</sup>	8,50±0,50 <sup>d</sup>	9,93±1,01 <sup>b</sup>
	<b>Rotab</b>	21,50±1,00 <sup>a</sup>	24,00±1,73 <sup>a</sup>	15,30±0,61 <sup>b</sup>	15,20±0,35 <sup>b</sup>	19,33±0,65 <sup>b</sup>	14,57±0,59 <sup>c</sup>	12,07±0,21 <sup>c</sup>	11,43±0,51 <sup>c</sup>	12,63±0,25 <sup>c</sup>	12,30±0,30 <sup>c</sup>	11,27±0,25 <sup>c</sup>	9,50±0,50 <sup>d</sup>	11,00±1,00 <sup>c</sup>
	<b>Tamr</b>	21,00±1,00 <sup>a</sup>	23,17±1,04 <sup>a</sup>	19,13±0,55 <sup>b</sup>	19,03±0,92 <sup>b</sup>	18,83±0,65 <sup>b</sup>	17,43±1,01 <sup>b</sup>	12,57±0,21 <sup>c</sup>	11,93±0,51 <sup>c</sup>	13,03±0,06 <sup>c</sup>	12,93±0,12 <sup>c</sup>	11,90±0,17 <sup>c</sup>	10,00±0,50 <sup>c</sup>	11,17±1,26 <sup>c</sup>
<b>Tazarzeit</b>	<b>Kimri</b>	0,00±0,00 <sup>e</sup>	16,00±1,00 <sup>b</sup>	0,00±0,00	0,00±0,00	18,47±1,17 <sup>b</sup>	13,43±0,21 <sup>c</sup>	0,00±0,00 <sup>e</sup>	0,00±0,00 <sup>e</sup>	0,00±0,00 <sup>e</sup>	0,00±0,00 <sup>e</sup>	0,00±0,00 <sup>e</sup>	0,00±0,00 <sup>e</sup>	0,00±0,00 <sup>a</sup>
	<b>Rotab</b>	0,00±0,00 <sup>e</sup>	17,00±1,00 <sup>b</sup>	0,00±0,00	0,00±0,00	20,27±0,64 <sup>a</sup>	14,93±0,40 <sup>c</sup>	0,00±0,00 <sup>e</sup>	0,00±0,00 <sup>e</sup>	0,00±0,00 <sup>e</sup>	0,00±0,00 <sup>e</sup>	0,00±0,00 <sup>e</sup>	0,00±0,00 <sup>e</sup>	0,00±0,00 <sup>a</sup>
	<b>Tamr</b>	0,00±0,00 <sup>e</sup>	16,00±1,00 <sup>b</sup>	0,00±0,00	0,00±0,00	19,77±0,64 <sup>b</sup>	14,43±0,40 <sup>c</sup>	0,00±0,00 <sup>e</sup>	0,00±0,00 <sup>e</sup>	0,00±0,00 <sup>e</sup>	0,00±0,00 <sup>e</sup>	0,00±0,00 <sup>e</sup>	0,00±0,00 <sup>e</sup>	0,00±0,00 <sup>a</sup>

Pour chaque ligne, les différentes lettres indiquent des différences significatives à 5%

Tableau 15 (suite)

Souches		levures		moisissures	
Cultivars	Stades	<i>C.albicans</i>	<i>C.glabrata</i>	<i>A.niger</i>	Penicillium sp
<i>Dalt</i>	<i>Kimri</i>	9,83±1,04 <sup>b</sup>	11,17±0,29 <sup>c</sup>	0,00±0,00	7,83±0,29
	<i>Rotab</i>	11,17±1,04 <sup>c</sup>	11,17±0,29 <sup>c</sup>	0,00±0,00	8,27±0,25
	<i>Tamr</i>	10,67±1,04 <sup>c</sup>	10,67±0,29 <sup>c</sup>	0,00±0,00	8,10±0,17
<i>Deglet nour</i>	<i>Kimri</i>	10,00±1,00 <sup>c</sup>	10,57±1,79 <sup>c</sup>	8,23±0,25	8,00±0,50
	<i>Rotab</i>	10,83±1,04 <sup>c</sup>	10,57±1,79 <sup>c</sup>	9,07±0,12	8,73±0,64
	<i>Tamr</i>	10,33±1,04 <sup>c</sup>	10,07±1,79 <sup>c</sup>	8,50±0,00	9,40±0,36
<i>Ghars</i>	<i>Kimri</i>	10,77±0,40 <sup>c</sup>	9,67±0,58 <sup>b</sup>	0,00±0,00	8,17±0,29
	<i>Rotab</i>	11,93±0,60 <sup>c</sup>	9,67±0,58 <sup>b</sup>	0,00±0,00	8,67±0,29
	<i>Tamr</i>	11,50±0,50 <sup>c</sup>	9,17±0,58 <sup>b</sup>	0,00±0,00	9,17±0,29
<i>Tamezwert n'telet</i>	<i>Kimri</i>	10,43±1,01 <sup>c</sup>	10,93±0,93 <sup>c</sup>	0,00±0,00	0,00±0,00
	<i>Rotab</i>	11,43±1,33 <sup>c</sup>	10,93±0,93 <sup>c</sup>	0,00±0,00	0,00±0,00
	<i>Tamr</i>	11,00±1,00 <sup>c</sup>	10,50±0,87 <sup>c</sup>	0,00±0,00	0,00±0,00
<i>Tamjoughert</i>	<i>Kimri</i>	9,67±1,15 <sup>b</sup>	11,00±0,50 <sup>c</sup>	8,00±0,00	7,33±0,29
	<i>Rotab</i>	10,17±0,91 <sup>c</sup>	11,00±0,50 <sup>c</sup>	8,43±0,12	8,23±0,25
	<i>Tamr</i>	10,67±1,15 <sup>c</sup>	11,33±0,58 <sup>c</sup>	8,67±0,58	9,43±0,40
<i>Tazarzeit</i>	<i>Kimri</i>	0,00±0,00 <sup>a</sup>	0,00±0,00 <sup>a</sup>	0,00±0,00	0,00±0,00
	<i>Rotab</i>	0,00±0,00 <sup>a</sup>	0,00±0,00 <sup>a</sup>	0,00±0,00	0,00±0,00
	<i>Tamr</i>	0,00±0,00 <sup>a</sup>	0,00±0,00 <sup>a</sup>	0,00±0,00	0,00±0,00

Pour chaque ligne, les différentes lettres indiquent des différences significatives ( $P \leq 0.05$ ,  $b < a$ ).

Tableau 16. Diamètres moyens des zones d'inhibition (mm) des extraits acétoniques.

Souches		Bactérie à Gram +						Bactéries à Gram -						
Cultivars	Stades	<i>S.aureus</i>	<i>L.monocyto</i>	<i>B.cereus</i>	<i>B.subtilis</i>	<i>E.faecalis</i>	<i>M.leteus</i>	<i>E.coli</i>	<i>V.cholerae</i>	<i>S.thyphimu</i>	<i>S.enterica</i>	<i>P.aeruginos</i>	<i>P.mirabilis</i>	<i>C.freundii</i>
<b>Dalt</b>	<i>Kimri</i>	15,30±1,00 <sup>a</sup>	15,80±0,50 <sup>a</sup>	13,07±0,49 <sup>b</sup>	18,03±0,64 <sup>a</sup>	15,13±1,04 <sup>a</sup>	13,87±0,81 <sup>b</sup>	0,00±0,00 <sup>d</sup>	8,63±0,58 <sup>c</sup>	10,13±0,29 <sup>b</sup>	0,00±0,00 <sup>d</sup>	6,80±0,50 <sup>c</sup>	7,50±0,17 <sup>c</sup>	8,30±1,00 <sup>b</sup>
	<i>Rotab</i>	17,43±1,01 <sup>a</sup>	17,50±0,50 <sup>a</sup>	15,13±0,29 <sup>a</sup>	20,23±1,08 <sup>e</sup>	18,17±0,76 <sup>a</sup>	16,27±0,87 <sup>a</sup>	0,00±0,00 <sup>d</sup>	10,93±0,51 <sup>b</sup>	11,80±0,26 <sup>b</sup>	0,00±0,00 <sup>d</sup>	8,50±0,50 <sup>c</sup>	9,20±0,17 <sup>c</sup>	9,83±0,76 <sup>b</sup>
	<i>Tamr</i>	16,70±1,00 <sup>a</sup>	16,87±0,76 <sup>a</sup>	14,30±0,36 <sup>b</sup>	18,87±0,76 <sup>a</sup>	17,37±0,76 <sup>b</sup>	15,47±0,87 <sup>a</sup>	0,00±0,00 <sup>d</sup>	10,13±0,51 <sup>b</sup>	11,00±0,26 <sup>b</sup>	0,00±0,00 <sup>d</sup>	7,53±0,29 <sup>c</sup>	8,63±0,21 <sup>c</sup>	9,23±0,64 <sup>b</sup>
<b>Deglet nour</b>	<i>Kimri</i>	15,33±0,95 <sup>a</sup>	17,30±1,00 <sup>a</sup>	11,87±0,40 <sup>b</sup>	12,13±1,04 <sup>b</sup>	13,37±1,05 <sup>b</sup>	16,83±1,56 <sup>a</sup>	8,27±1,05 <sup>c</sup>	8,43±0,12 <sup>c</sup>	9,57±0,87 <sup>c</sup>	9,43±0,12 <sup>c</sup>	6,80±0,50 <sup>c</sup>	6,57±0,25 <sup>c</sup>	9,47±0,29 <sup>b</sup>
	<i>Rotab</i>	17,83±0,76 <sup>a</sup>	19,00±1,00 <sup>a</sup>	13,83±0,49 <sup>b</sup>	14,57±0,60 <sup>b</sup>	16,00±1,00 <sup>a</sup>	19,27±0,93 <sup>a</sup>	10,37±1,21 <sup>c</sup>	10,50±0,50 <sup>b</sup>	11,50±0,50 <sup>b</sup>	11,50±0,40 <sup>b</sup>	8,53±0,50 <sup>c</sup>	8,27±0,25 <sup>c</sup>	11,27±0,25 <sup>c</sup>
	<i>Tamr</i>	17,03±0,76 <sup>a</sup>	17,70±1,00 <sup>a</sup>	13,03±0,58 <sup>b</sup>	13,87±0,76 <sup>b</sup>	15,20±1,00 <sup>a</sup>	18,47±0,93 <sup>a</sup>	9,57±1,21 <sup>c</sup>	9,70±0,50 <sup>c</sup>	10,53±0,76 <sup>b</sup>	10,70±0,00 <sup>b</sup>	7,53±0,58 <sup>c</sup>	7,50±0,35 <sup>c</sup>	10,37±0,58 <sup>c</sup>
<b>Ghars</b>	<i>Kimri</i>	12,13±0,65 <sup>b</sup>	15,80±0,50 <sup>a</sup>	11,30±0,50 <sup>b</sup>	12,10±0,44 <sup>b</sup>	15,37±1,01 <sup>a</sup>	11,87±0,35 <sup>b</sup>	8,97±0,29 <sup>c</sup>	12,20±57,25 <sup>b</sup>	9,07±0,40 <sup>c</sup>	8,70±0,53 <sup>c</sup>	6,87±0,12 <sup>c</sup>	9,57±0,25 <sup>c</sup>	8,13±0,29 <sup>b</sup>
	<i>Rotab</i>	14,50±0,50 <sup>b</sup>	17,50±0,50 <sup>a</sup>	13,00±0,50 <sup>b</sup>	14,33±0,58 <sup>b</sup>	18,10±0,69 <sup>a</sup>	14,00±0,36 <sup>b</sup>	11,10±0,17 <sup>b</sup>	10,73±0,75 <sup>b</sup>	11,30±0,20 <sup>b</sup>	10,67±0,58 <sup>b</sup>	9,17±0,29 <sup>c</sup>	11,27±0,25 <sup>b</sup>	10,40±0,46 <sup>c</sup>
	<i>Tamr</i>	13,87±0,29 <sup>b</sup>	16,20±0,50 <sup>a</sup>	12,20±0,50 <sup>b</sup>	13,53±0,58 <sup>b</sup>	17,30±0,69 <sup>a</sup>	13,67±1,42 <sup>b</sup>	10,30±0,17 <sup>b</sup>	9,93±0,75 <sup>c</sup>	10,73±0,25 <sup>b</sup>	9,87±0,58 <sup>c</sup>	8,37±0,29 <sup>c</sup>	10,53±0,29 <sup>b</sup>	9,63±0,12 <sup>b</sup>
<b>Tamezwert n'telet</b>	<i>Kimri</i>	11,30±0,50 <sup>b</sup>	14,80±0,50 <sup>b</sup>	11,30±0,82 <sup>b</sup>	11,63±0,58 <sup>b</sup>	17,63±5,58 <sup>a</sup>	11,60±0,72 <sup>b</sup>	9,13±0,76 <sup>c</sup>	0,00±0,00 <sup>d</sup>	9,40±0,17 <sup>c</sup>	9,43±0,15 <sup>c</sup>	0,00±0,00 <sup>d</sup>	8,57±0,25 <sup>c</sup>	8,30±0,44 <sup>b</sup>
	<i>Rotab</i>	13,60±0,66 <sup>b</sup>	16,50±0,50 <sup>a</sup>	13,37±0,78 <sup>b</sup>	14,43±0,40 <sup>b</sup>	23,17±1,04 <sup>e</sup>	13,93±0,60 <sup>b</sup>	10,93±0,60 <sup>b</sup>	0,00±0,00 <sup>d</sup>	11,40±0,36 <sup>b</sup>	11,37±0,23 <sup>b</sup>	0,00±0,00 <sup>d</sup>	10,27±0,25 <sup>b</sup>	9,50±0,50 <sup>b</sup>
	<i>Tamr</i>	12,87±0,76 <sup>b</sup>	15,20±0,50 <sup>a</sup>	12,43±0,64 <sup>b</sup>	13,63±0,40 <sup>b</sup>	22,37±1,04 <sup>e</sup>	13,13±0,60 <sup>b</sup>	10,13±0,60 <sup>b</sup>	0,00±0,00 <sup>d</sup>	10,80±0,53 <sup>b</sup>	10,70±0,00 <sup>b</sup>	0,00±0,00 <sup>d</sup>	9,53±0,29 <sup>c</sup>	8,60±0,66 <sup>b</sup>
<b>Tamjouhert</b>	<i>Kimri</i>	18,30±1,00 <sup>a</sup>	20,63±1,53 <sup>e</sup>	11,90±0,87 <sup>b</sup>	11,97±0,29 <sup>b</sup>	15,67±0,72 <sup>a</sup>	11,20±0,79 <sup>b</sup>	9,07±0,64 <sup>c</sup>	8,97±0,58 <sup>c</sup>	10,07±1,08 <sup>b</sup>	9,47±0,29 <sup>c</sup>	8,40±0,10 <sup>c</sup>	6,80±0,50 <sup>c</sup>	8,23±1,01 <sup>b</sup>
	<i>Rotab</i>	20,50±1,00 <sup>c</sup>	22,33±1,53 <sup>e</sup>	14,30±0,61 <sup>b</sup>	14,20±0,35 <sup>b</sup>	18,33±0,65 <sup>a</sup>	13,57±0,59 <sup>b</sup>	11,07±0,21 <sup>b</sup>	10,43±0,51 <sup>b</sup>	11,63±0,25 <sup>b</sup>	11,30±0,30 <sup>b</sup>	10,27±0,25 <sup>b</sup>	8,50±0,50 <sup>c</sup>	10,00±1,00 <sup>c</sup>
	<i>Tamr</i>	19,70±1,00 <sup>a</sup>	21,03±1,53 <sup>e</sup>	17,83±0,55 <sup>a</sup>	17,73±0,92 <sup>a</sup>	17,53±0,65 <sup>a</sup>	16,13±1,01 <sup>a</sup>	11,27±0,21 <sup>b</sup>	10,63±0,51 <sup>b</sup>	11,73±0,06 <sup>b</sup>	11,63±0,12 <sup>b</sup>	10,60±0,17 <sup>c</sup>	8,70±0,50 <sup>c</sup>	9,87±1,26 <sup>b</sup>
<b>Tazarzeit</b>	<i>Kimri</i>	0,00±0,00 <sup>d</sup>	14,30±1,00 <sup>b</sup>	0,00±0,00 <sup>d</sup>	0,00±0,00 <sup>d</sup>	16,77±1,17 <sup>a</sup>	11,73±0,21 <sup>b</sup>	0,00±0,00 <sup>d</sup>	0,00±0,00 <sup>d</sup>	0,00±0,00 <sup>d</sup>	0,00±0,00 <sup>d</sup>	0,00±0,00 <sup>d</sup>	0,00±0,00 <sup>d</sup>	0,00±0,00 <sup>a</sup>
	<i>Rotab</i>	0,00±0,00 <sup>d</sup>	16,00±1,00 <sup>a</sup>	0,00±0,00 <sup>d</sup>	0,00±0,00 <sup>d</sup>	19,27±0,64 <sup>a</sup>	13,93±0,40 <sup>b</sup>	0,00±0,00 <sup>d</sup>	0,00±0,00 <sup>d</sup>	0,00±0,00 <sup>d</sup>	0,00±0,00 <sup>d</sup>	0,00±0,00 <sup>d</sup>	0,00±0,00 <sup>d</sup>	0,00±0,00 <sup>a</sup>
	<i>Tamr</i>	0,00±0,00 <sup>d</sup>	14,70±1,00 <sup>b</sup>	0,00±0,00 <sup>d</sup>	0,00±0,00 <sup>d</sup>	18,47±0,64 <sup>a</sup>	13,13±0,40 <sup>b</sup>	0,00±0,00 <sup>d</sup>	0,00±0,00 <sup>d</sup>	0,00±0,00 <sup>d</sup>	0,00±0,00 <sup>d</sup>	0,00±0,00 <sup>d</sup>	0,00±0,00 <sup>d</sup>	0,00±0,00 <sup>a</sup>

Pour chaque ligne, les différentes lettres indiquent des différences significatives ( $P \leq 0.05$ , b<a).

Tableau 16 (Suite)

Souches		levures		moisissures	
Cultivars	Stades	<i>C. albicans</i>	<i>C. glabrata</i>	<i>A. niger</i>	Penicillium sp
<i>Dalt</i>	<i>Kimri</i>	8,13±1,04 <sup>b</sup>	9,47±0,29 <sup>b</sup>	0,00±0,00	6,13±0,29
	<i>Rotab</i>	10,17±1,04 <sup>c</sup>	10,17±0,29 <sup>c</sup>	0,00±0,00	7,27±0,25
	<i>Tamr</i>	9,37±1,04 <sup>b</sup>	9,37±0,29 <sup>b</sup>	0,00±0,00	6,80±0,17
<i>Deglet nour</i>	<i>Kimri</i>	8,30±1,00 <sup>b</sup>	8,87±1,79 <sup>b</sup>	6,53±0,25	6,30±0,50
	<i>Rotab</i>	9,83±1,04 <sup>b</sup>	9,57±1,79 <sup>b</sup>	8,07±0,12	7,73±0,64
	<i>Tamr</i>	9,03±1,04 <sup>b</sup>	8,77±1,79 <sup>b</sup>	7,20±0,00	8,10±0,36
<i>Ghars</i>	<i>Kimri</i>	9,07±0,40 <sup>b</sup>	7,97±0,58 <sup>b</sup>	0,00±0,00	6,47±0,29
	<i>Rotab</i>	10,93±0,60 <sup>c</sup>	8,67±0,58 <sup>b</sup>	0,00±0,00	7,67±0,29
	<i>Tamr</i>	10,20±0,50 <sup>c</sup>	7,87±0,58 <sup>b</sup>	0,00±0,00	7,87±0,29
<i>Tamezwert n'telet</i>	<i>Kimri</i>	8,73±1,01 <sup>b</sup>	9,23±0,93 <sup>b</sup>	0,00±0,00	0,00±0,00
	<i>Rotab</i>	10,43±1,33 <sup>c</sup>	9,93±0,93 <sup>b</sup>	0,00±0,00	0,00±0,00
	<i>Tamr</i>	9,70±1,00 <sup>b</sup>	9,20±0,87 <sup>b</sup>	0,00±0,00	0,00±0,00
<i>Tamjouhert</i>	<i>Kimri</i>	7,97±1,15 <sup>b</sup>	9,30±0,50 <sup>b</sup>	6,30±0,00	5,63±0,29
	<i>Rotab</i>	9,17±0,91 <sup>b</sup>	10,00±0,50 <sup>c</sup>	7,43±0,12	7,23±0,25
	<i>Tamr</i>	9,37±1,15 <sup>b</sup>	10,03±0,58 <sup>c</sup>	7,37±0,58	8,13±0,40
<i>Tazarzeit</i>	<i>Kimri</i>	0,00±0,00 <sup>a</sup>	0,00±0,00 <sup>a</sup>	0,00±0,00	0,00±0,00
	<i>Rotab</i>	0,00±0,00 <sup>a</sup>	0,00±0,00 <sup>a</sup>	0,00±0,00	0,00±0,00
	<i>Tamr</i>	0,00±0,00 <sup>a</sup>	0,00±0,00 <sup>a</sup>	0,00±0,00	0,00±0,00

Pour chaque ligne, les différentes lettres indiquent des différences significatives ( $P \leq 0.05$ , b<a).

Tableau 17. Diamètres moyens des zones d'inhibition (mm) des extraits méthanoliques.

Souches		Bactérie à Gram +						Bactéries à Gram -						
Cultivars	Stades	<i>S.aureus</i>	<i>L.monocyto</i>	<i>B.cereus</i>	<i>B.subtilis</i>	<i>E.faecalis</i>	<i>M.leteus</i>	<i>E.coli</i>	<i>V.cholerae</i>	<i>S.thyphimu</i>	<i>S.enterica</i>	<i>P.aeruginos</i>	<i>P.mirabilis</i>	<i>C.freundii</i>
<b>Dalt</b>	<i>Kimri</i>	13,60±1,00 <sup>b</sup>	14,10±0,50 <sup>b</sup>	11,37±0,49 <sup>b</sup>	16,33±0,64 <sup>c</sup>	13,43±1,04 <sup>b</sup>	12,17±0,81 <sup>b</sup>	0,00±0,00 <sup>e</sup>	6,93±0,58 <sup>a</sup>	8,43±0,29 <sup>a</sup>	0,00±0,00 <sup>e</sup>	8,10±0,50 <sup>a</sup>	8,80±0,17 <sup>a</sup>	9,60±1,00 <sup>b</sup>
	<i>Rotab</i>	16,43±1,01 <sup>c</sup>	16,50±0,50 <sup>c</sup>	14,13±0,29 <sup>b</sup>	19,23±1,08 <sup>c</sup>	17,17±0,76 <sup>c</sup>	15,27±0,87 <sup>c</sup>	0,00±0,00 <sup>e</sup>	9,93±0,51 <sup>a</sup>	10,80±0,26 <sup>b</sup>	0,00±0,00 <sup>e</sup>	7,50±0,50 <sup>a</sup>	8,20±0,17 <sup>a</sup>	8,83±0,76 <sup>b</sup>
	<i>Tamr</i>	15,40±1,00 <sup>c</sup>	15,57±0,76 <sup>c</sup>	13,00±0,36 <sup>b</sup>	17,57±0,76 <sup>b</sup>	16,07±0,76 <sup>c</sup>	14,17±0,87 <sup>b</sup>	0,00±0,00 <sup>e</sup>	8,83±0,51 <sup>a</sup>	9,70±0,26 <sup>a</sup>	0,00±0,00 <sup>e</sup>	9,23±0,29 <sup>a</sup>	7,33±0,21 <sup>a</sup>	7,93±0,64 <sup>b</sup>
<b>Deglet nour</b>	<i>Kimri</i>	13,63±0,95 <sup>b</sup>	15,60±1,00 <sup>c</sup>	10,17±0,40 <sup>b</sup>	10,43±1,04 <sup>b</sup>	11,67±1,05 <sup>b</sup>	15,13±1,56 <sup>c</sup>	6,57±1,05 <sup>a</sup>	6,73±0,12 <sup>a</sup>	7,87±0,87 <sup>a</sup>	7,73±0,12 <sup>a</sup>	8,10±0,50 <sup>a</sup>	7,70±0,53 <sup>a</sup>	10,77±0,29 <sup>c</sup>
	<i>Rotab</i>	16,83±0,76 <sup>c</sup>	18,00±1,00 <sup>c</sup>	12,83±0,49 <sup>b</sup>	13,57±0,60 <sup>b</sup>	15,00±1,00 <sup>c</sup>	18,27±0,93 <sup>c</sup>	9,37±1,21 <sup>a</sup>	9,50±0,50 <sup>a</sup>	10,50±0,50 <sup>b</sup>	10,50±0,40 <sup>b</sup>	7,53±0,50 <sup>a</sup>	7,27±0,25 <sup>a</sup>	10,27±0,25 <sup>c</sup>
	<i>Tamr</i>	15,73±0,76 <sup>c</sup>	16,40±1,00 <sup>c</sup>	11,73±0,58 <sup>b</sup>	12,57±0,76 <sup>b</sup>	13,90±1,00 <sup>b</sup>	17,17±0,93 <sup>c</sup>	8,27±1,21 <sup>a</sup>	8,40±0,50 <sup>a</sup>	9,23±0,76 <sup>a</sup>	9,40±0,00 <sup>a</sup>	9,23±0,58 <sup>a</sup>	6,20±0,35 <sup>a</sup>	9,07±0,58 <sup>b</sup>
<b>Ghars</b>	<i>Kimri</i>	10,43±0,65 <sup>b</sup>	14,10±0,50 <sup>b</sup>	9,60±0,50 <sup>a</sup>	10,40±0,44 <sup>b</sup>	13,67±1,01 <sup>b</sup>	10,17±0,35 <sup>b</sup>	7,27±0,29 <sup>a</sup>	7,17±0,81 <sup>a</sup>	7,37±0,40 <sup>a</sup>	7,00±0,53 <sup>a</sup>	8,17±0,12 <sup>a</sup>	10,87±0,25 <sup>b</sup>	9,43±0,29 <sup>b</sup>
	<i>Rotab</i>	13,50±0,50 <sup>b</sup>	16,50±0,50 <sup>c</sup>	12,00±0,50 <sup>b</sup>	13,33±0,58 <sup>b</sup>	17,10±0,69 <sup>c</sup>	13,00±0,36 <sup>b</sup>	10,10±0,17 <sup>b</sup>	9,73±0,75 <sup>a</sup>	10,30±0,20 <sup>b</sup>	9,67±0,58 <sup>a</sup>	8,17±0,29 <sup>a</sup>	10,27±0,25 <sup>b</sup>	9,40±0,46 <sup>b</sup>
	<i>Tamr</i>	12,57±0,29 <sup>b</sup>	14,90±0,50 <sup>b</sup>	10,90±0,50 <sup>b</sup>	12,23±0,58 <sup>b</sup>	16,00±0,69 <sup>c</sup>	12,37±1,42 <sup>b</sup>	9,00±0,17 <sup>a</sup>	8,63±0,75 <sup>a</sup>	9,43±0,25 <sup>a</sup>	8,57±0,58 <sup>a</sup>	10,07±0,29 <sup>b</sup>	9,23±0,29 <sup>a</sup>	8,33±0,12 <sup>b</sup>
<b>Tamezwert n'telet</b>	<i>Kimri</i>	9,60±0,50 <sup>a</sup>	13,10±0,50 <sup>b</sup>	9,60±0,82 <sup>a</sup>	9,93±0,58 <sup>a</sup>	15,93±5,58 <sup>c</sup>	9,90±0,72 <sup>a</sup>	7,43±0,76 <sup>a</sup>	0,00±0,00 <sup>e</sup>	7,70±0,17 <sup>a</sup>	7,73±0,15 <sup>a</sup>	0,00±0,00 <sup>e</sup>	9,87±0,25 <sup>a</sup>	9,60±0,44 <sup>b</sup>
	<i>Rotab</i>	12,60±0,66 <sup>b</sup>	15,50±0,50 <sup>c</sup>	12,37±0,78 <sup>b</sup>	13,43±0,40 <sup>b</sup>	22,17±1,04 <sup>d</sup>	12,93±0,60 <sup>b</sup>	9,93±0,60 <sup>a</sup>	0,00±0,00 <sup>e</sup>	10,40±0,36 <sup>b</sup>	10,37±0,23 <sup>b</sup>	0,00±0,00 <sup>e</sup>	9,27±0,25 <sup>a</sup>	8,50±0,50 <sup>b</sup>
	<i>Tamr</i>	11,57±0,76 <sup>b</sup>	13,90±0,50 <sup>b</sup>	11,13±0,64 <sup>b</sup>	12,33±0,40 <sup>b</sup>	21,07±1,04 <sup>d</sup>	11,83±0,60 <sup>b</sup>	8,83±0,60 <sup>a</sup>	0,00±0,00 <sup>e</sup>	9,50±0,53 <sup>a</sup>	9,40±0,00 <sup>a</sup>	0,00±0,00 <sup>e</sup>	8,23±0,29 <sup>a</sup>	7,30±0,66 <sup>b</sup>
<b>Tamjouhert</b>	<i>Kimri</i>	16,60±1,00 <sup>c</sup>	18,93±1,53 <sup>c</sup>	10,20±0,87 <sup>b</sup>	10,27±0,29 <sup>b</sup>	13,97±0,72 <sup>c</sup>	9,50±0,79 <sup>a</sup>	7,37±0,64 <sup>a</sup>	7,27±0,58 <sup>a</sup>	8,37±1,08 <sup>a</sup>	7,77±0,29 <sup>a</sup>	9,70±0,10 <sup>a</sup>	7,93±0,29 <sup>a</sup>	9,53±1,01 <sup>b</sup>
	<i>Rotab</i>	19,50±1,00 <sup>c</sup>	21,33±1,53 <sup>d</sup>	13,30±0,61 <sup>b</sup>	13,20±0,35 <sup>b</sup>	17,33±0,65 <sup>c</sup>	12,57±0,59 <sup>b</sup>	10,07±0,21 <sup>b</sup>	9,43±0,51 <sup>a</sup>	10,63±0,25 <sup>b</sup>	10,30±0,30 <sup>b</sup>	9,27±0,25 <sup>a</sup>	7,50±0,50 <sup>a</sup>	9,00±1,00 <sup>b</sup>
	<i>Tamr</i>	18,40±1,00 <sup>c</sup>	19,73±1,53 <sup>c</sup>	16,53±0,55 <sup>c</sup>	16,43±0,92 <sup>c</sup>	16,23±0,65 <sup>c</sup>	14,83±1,01 <sup>b</sup>	9,97±0,21 <sup>a</sup>	9,33±0,51 <sup>a</sup>	10,43±0,06 <sup>b</sup>	10,33±0,12 <sup>b</sup>	12,30±0,17 <sup>b</sup>	7,40±0,50 <sup>a</sup>	8,57±1,26 <sup>b</sup>
<b>Tazarzeit</b>	<i>Kimri</i>	0,00±0,00 <sup>e</sup>	12,60±1,00 <sup>b</sup>	0,00±0,00 <sup>e</sup>	0,00±0,00 <sup>e</sup>	15,07±1,17 <sup>c</sup>	10,03±0,21 <sup>b</sup>	0,00±0,00 <sup>e</sup>	0,00±0,00 <sup>e</sup>	0,00±0,00 <sup>e</sup>	0,00±0,00 <sup>e</sup>	0,00±0,00 <sup>e</sup>	0,00±0,00 <sup>e</sup>	0,00±0,00 <sup>a</sup>
	<i>Rotab</i>	0,00±0,00 <sup>e</sup>	15,00±1,00 <sup>b</sup>	0,00±0,00 <sup>e</sup>	0,00±0,00 <sup>e</sup>	18,27±0,64 <sup>c</sup>	12,93±0,40 <sup>b</sup>	0,00±0,00 <sup>e</sup>	0,00±0,00 <sup>e</sup>	0,00±0,00 <sup>e</sup>	0,00±0,00 <sup>e</sup>	0,00±0,00 <sup>e</sup>	0,00±0,00 <sup>e</sup>	0,00±0,00 <sup>a</sup>
	<i>Tamr</i>	0,00±0,00 <sup>e</sup>	13,40±1,00 <sup>b</sup>	0,00±0,00 <sup>e</sup>	0,00±0,00 <sup>e</sup>	17,17±0,64 <sup>c</sup>	11,83±0,40 <sup>b</sup>	0,00±0,00 <sup>e</sup>	0,00±0,00 <sup>e</sup>	0,00±0,00 <sup>e</sup>	0,00±0,00 <sup>e</sup>	0,00±0,00 <sup>e</sup>	0,00±0,00 <sup>e</sup>	0,00±0,00 <sup>a</sup>

Pour chaque ligne, les différentes lettres indiquent des différences significatives à 5%

Tableau 17 (Suite)

Souches		levures		moisissures	
Cultivars	Stades	<i>C.albicans</i>	<i>C.glabrata</i>	<i>A. niger</i>	Penicillium sp
<b>Dalt</b>	<i>Kimri</i>	7,77±0,76 <sup>b</sup>	7,77±0,29 <sup>b</sup>	0,00±0,00	6,43±0,29
	<i>Rotab</i>	9,17±1,04 <sup>b</sup>	9,17±0,29 <sup>b</sup>	0,00±0,00	6,27±0,25
	<i>Tamr</i>	8,07±1,04 <sup>b</sup>	8,07±0,29 <sup>b</sup>	0,00±0,00	8,50±0,17
<b>Deglet nour</b>	<i>Kimri</i>	6,93±0,58 <sup>b</sup>	7,83±0,64 <sup>b</sup>	6,83±0,25	6,60±0,50
	<i>Rotab</i>	8,83±1,04 <sup>b</sup>	8,57±1,79 <sup>b</sup>	7,07±0,12	6,73±0,64
	<i>Tamr</i>	7,73±1,04 <sup>b</sup>	7,47±1,79 <sup>b</sup>	8,60±0,26	9,80±0,36
<b>Ghars</b>	<i>Kimri</i>	7,70±0,85 <sup>b</sup>	6,60±0,00 <sup>b</sup>	0,00±0,00	6,77±0,29
	<i>Rotab</i>	9,93±0,60 <sup>b</sup>	7,67±0,58 <sup>b</sup>	0,00±0,00	6,67±0,29
	<i>Tamr</i>	8,90±0,50 <sup>b</sup>	6,57±0,58 <sup>b</sup>	0,00±0,00	9,57±0,29
<b>Tamezwert n'telet</b>	<i>Kimri</i>	7,03±1,01 <sup>b</sup>	7,53±0,93 <sup>b</sup>	0,00±0,00	0,00±0,00
	<i>Rotab</i>	9,43±1,33 <sup>b</sup>	8,93±0,93 <sup>b</sup>	0,00±0,00	0,00±0,00
	<i>Tamr</i>	8,40±1,00 <sup>b</sup>	7,90±0,87 <sup>b</sup>	0,00±0,00	0,00±0,00
<b>Tamjouhert</b>	<i>Kimri</i>	8,42±0,36 <sup>b</sup>	7,60±0,50 <sup>b</sup>	6,60±0,00	6,27±0,29
	<i>Rotab</i>	8,17±0,91 <sup>b</sup>	9,00±0,50 <sup>b</sup>	6,43±0,12	6,23±0,25
	<i>Tamr</i>	8,07±1,15 <sup>b</sup>	8,73±0,58 <sup>b</sup>	8,40±0,00	9,83±0,40
<b>Tazarzeit</b>	<i>Kimri</i>	0,00±0,00 <sup>a</sup>	0,00±0,00 <sup>a</sup>	0,00±0,00	0,00±0,00
	<i>Rotab</i>	0,00±0,00 <sup>a</sup>	0,00±0,00 <sup>a</sup>	0,00±0,00	0,00±0,00
	<i>Tamr</i>	0,00±0,00 <sup>a</sup>	0,00±0,00 <sup>a</sup>	0,00±0,00	0,00±0,00

Pour chaque ligne, les différentes lettres indiquent des différences significatives à 5%

Il ressort des tableaux que la majorité de nos extraits ont exercé un effet antimicrobien contre la plupart des souches pathogènes. Cependant ces souches ont montré des sensibilités différentes en fonction de la variété, du stade de la maturation et du solvant d'extraction.

Ainsi, le diamètre des zones d'inhibition a été significativement ( $P \leq 0,05$ ) influencé par le solvant d'extraction. Les plus grandes zones d'inhibition ( $00 - 24,00 \pm 1,73\text{mm}$ ) ont été obtenues par l'extrait hygrothermique, suivi par l'extrait acétonique ( $00 - 22,33 \pm 1,53\text{mm}$ ). Cependant, les extraits méthanoliques n'ont donné que de petites zones allant de  $00$  à  $21,33 \pm 1,53\text{mm}$ .

De plus, de petits diamètres ont été enregistrés pour tous les extraits du stade *kimri*, soient  $18,93 \pm 1,00$  mm pour EM,  $20,63 \pm 1,53$  mm pour EA et  $22,67 \pm 1,15$  mm pour ET. Ces diamètres augmentent significativement au cours du stade *rotab*, en atteignant  $21,33 \pm 1,53$  mm,  $22,33 \pm 1,53$  mm et  $24,00 \pm 1,73$  mm pour EM, EA et EHT respectivement. Néanmoins, ils diminuent encore une fois au cours du stade *tamr* jusqu'à  $19,73 \pm 1,73$  mm,  $21,03 \pm 1,53$  mm et  $23,17 \pm 1,04$  mm pour les mêmes stades.

Quant aux variétés, l'extrait du cultivar *tamjoughert* a exercé une activité inhibitrice à l'encontre de toutes les souches testées. En sus, cet extrait a montré l'activité la plus inhibitrice vis-à-vis *Listeria monocytogenes* ( $\Theta = 24,00 \pm 1,73$  mm pour EHT au stade *rotab*) et la moins inhibitrice contre *V.cholerae* et *Penicillium sp.*, dont les diamètres sont inférieurs ou égaux à  $7,27 \pm 0,58$  mm et à  $6,27 \pm 0,29$  mm respectivement pour EM au stade *kimri*. En revanche, l'extrait méthanolique du cultivar *tazarzeit* non mûr est le moins performant avec de petites zones d'inhibition, ne dépassant pas 15 mm, contre *E.faecalis* ( $15,07 \pm 1,17\text{mm}$ ), *Listeria monocytogenes* ( $12,60 \pm 1,00$  mm) et *M.luteus* ( $10,03 \pm 0,21\text{mm}$ ) uniquement.

Concernant les souches indicatrices, la souche *L.monocytogenes* s'est révélée la plus sensible avec les plus grandes zones d'inhibition cernées entre  $12,60 \pm 1,00$  et  $24,00 \pm 1,73$  mm. Par contre, *A. niger* s'est révélé le plus résistant avec un maximum d'inhibition de  $9,07 \pm 0,12$  mm pour EHT de *deglet nour* au stade *rotab*. Ainsi, les espèces fongiques ( $00 - 9,07 \pm 0,12$  mm) sont plus résistantes que celles bactériennes ( $00-24,00 \pm 1,73\text{mm}$ ). Il en ressort également que nos extraits ont exhibé une activité inhibitrice plus accentuée sur les souches à Gram positif, avec des diamètres compris entre  $00$  et  $24\text{mm}$ , que sur les souches à Gram négatif dont le diamètre varie de  $00$  mm à  $12,80 \pm 0,26$  mm (*S. typhimirium*).

Les résultats obtenus ont montré que les extraits des dattes ont une forte activité antimicrobienne dont les diamètres des zones d'inhibition sont supérieurs aux diamètres enregistrés par des antibiotiques standards tels que le chloramphénicol et l'amoxicilline ( $14 - 20$  mm).

Des résultats similaires confirmant la forte activité antimicrobienne des dattes ont été rapportés par Al Qroom and Momani (2014), les diamètres les plus supérieurs sont 15,2 mm et 16 mm pour les souches *S. aureus* ATCC 6538 et *P. aeruginosa* ATCC9027 respectivement. Toutefois, les extraits de Ayachi *et al.* (2009) ont une faible activité antimicrobienne vis-à-vis *E. coli* (de 7,5 à 9,5 mm) et *S.typhimurium* (de 7,6 à 7,83 mm). De plus, Sufiya and Thigle (2014) ont trouvé que les souches *B.subtilis* et *C.diphtheriae* sont les plus sensibles alors que les souches *S.pyogenes* et *P.aeruginosa* sont les plus résistantes.

Concernant l'effet antifongique, des résultats contradictoires ont été publiés par Daoud *et al.* (2015), *F.oxysporum* est la souche la plus sensible avec des ZI de  $29 \pm 1,0$  mm à  $42 \pm 2,0$  mm et les souches *A. niger*, *F. phyllophilum*, *Penicillium sp.*, *P. catenulatum*, *R. solani* and *Fusarium sp.* sont les plus résistantes où aucun extrait n'a pu les inhiber.

Le pouvoir antagoniste des dattes est dû à la production de métabolites secondaires. Il a été établi que plusieurs métabolites secondaires isolés des plantes sont dotés de pouvoir antimicrobien (Guido *et al.*, 2011). De plus, il a été confirmé que certains composés phénoliques, tels que les acides phénoliques, les flavonoïdes et les tanins, les alcaloïdes et d'autres phytoconstituents contribuent directement à cette propriété antimicrobienne des dattes (Al-Sheikh, 2009). Le mécanisme des effets antimicrobiens des polyphénols est sans doute très complexe. Parmi les hypothèses avancées, on peut citer : l'inhibition de la synthèse d'acide nucléique, l'altération des fonctions de la membrane cytoplasmique, la séquestration de substrats nécessaires à la croissance microbienne et l'inhibition du métabolisme énergétique microbien (Hilliard *et al.*, 1995). Il est aussi évident que les composés phénoliques ne sont pas tous dotés d'un pouvoir antimicrobien. Une petite différence dans la stéréochimie d'une molécule peut être la cause d'un effet biologique négatif ou positif. La (+) catéchine, à la différence de son énantiomère (-) Catéchine, a une activité antibactérienne vis-à-vis de la majorité des souches pathogènes (Grotewold, 2006). La même chose a été confirmée pour les isomères de la sous classe des isoflavones dont un seul possède le pouvoir antimicrobien. Esquenazi *et al.* (2002) ont mis en évidence un effet inhibiteur puissant de catéchine et de procyanidines de type B, présents en fortes concentrations, du germe *staphylococcus aureus*. En revanche ces deux molécules n'avaient aucune activité vis-à-vis de *Candida albicans*, d'où l'effet antimicrobien sélectif noté par ces chercheurs.

Cependant, cette activité dépendant de la concentration des composés phénoliques, qui dépend à son tour de conditions d'extraction, à savoir la méthode d'extraction et le solvant d'extraction (Al-zoreky & Al-Taher, 2015). La plus part des molécules inhibitrices sont

solubles dans les solvants polaires (Lima *et al.*, 2019 ; Taleb *et al.*, 2016). Les travaux de Al-Al-zoreky and Al-Taher (2015) ont mentionné que le méthanol est le meilleur solvant en comparaison avec l'éther de pétrole. Il a une forte capacité d'extraction des phytoconstituents grâce à sa polarité et à ses effets inhibiteurs de la polyphénol oxydase (Abass, 2013b ; Al-Sheikh, 2009).

En effet, la variation de la composition chimique des extraits explique donc les variations observées dans l'activité antimicrobienne de nos extraits. De plus, les différences observées entre les souches peuvent être dues aux conditions d'essais, les souches testées, les variétés étudiées (Al Hazzani *et al.*, 2014). Les bactéries à Gram positif sont plus sensibles vues qu'elles possèdent une couche épaisse de peptidoglycane (PDG) qui est la cible de la plupart des molécules inhibitrices (Al-Hooti *et al.*, 2002). Toutefois la résistance des bactéries à Gram négative est due non seulement au diamètre réduit de PDG mais également à la présence d'une membrane externe imperméable à ces molécules (Ait-Oubahou, 1999, Al Hazzani *et al.*, 2014, Briones *et al.*, 2011). L'effet antifongique peut être expliqué par la présence de l'acide cinnamique et de l'acide gallique qui sont connus par leurs pouvoirs antifongiques (El-Sohaimy & Hafez, 2010).

De plus, Deng *et al.* (2014) ont confirmé que le pouvoir antimicrobien dépend également du stade de maturation où les extraits des stades avancés renferment moins de polyphénols et du coup sont moins efficaces et sont vulnérables aux attaques microbiennes.

Selon Okonko *et al.* (2009), les extraits de plantes sont classés selon leur activité antimicrobienne comme suit:

- $ZI < 13$  mm : Extrait non actif ;
- $ZI \leq 13$  mm : Extrait très peu actif ;
- $ZI \in [13-17$  mm] : Extrait actif ;
- $ZI > 18$  : Extrait très actif.

D'après ces données nous pouvons considérer la plupart de nos extraits comme étant très actifs vu qu'ils présentent des  $ZI > 13$ .

#### IV.1.1 Les concentrations minimales inhibitrices, bactéricides et fongicides

Les concentrations minimales inhibitrices, bactéricides et fongicides ont été calculées et les résultats sont représentés dans le Tableau 18.

Tableau 18. Concentrations minimales inhibitrices, bactéricides et fongicides des extraits de dattes.

Souches			Extrait acétonique et méthanolique									Extrait hygrothermique								
			Kimri			Rotab			Tamr			Kimri			Rotab			Tamr		
			CMI	CMB	CMF	CMI	CMB	CMF	CMI	CMB	CMF	CMI	CMB	CMF	CMI	CMB	CMF	CMI	CMB	CMF
Bactéries	à Gram positif	<i>S.aureus</i>	50 <sup>c</sup>	75 <sup>b</sup>	/	12,5e* / 25 <sup>d</sup>	25 <sup>d*</sup> / 50 <sup>c</sup>	/	25 <sup>d</sup>	50 <sup>c</sup>	/	25 <sup>d</sup>	50 <sup>c</sup>	/	12,5d <sup>a</sup>	25 <sup>d</sup>	/	12,5 <sup>ad</sup>	25 <sup>c</sup>	/
		<i>L.monocyto</i>																		
		<i>B.cereus</i>																		
		<i>B.subtilis</i>																		
		<i>E.faecalis</i>																		
		<i>M.leteus</i>																		
	à Gram négatif	<i>E.coli</i>	75 <sup>b</sup>	100 <sup>a</sup>	/	25 <sup>d*</sup> / 50 <sup>c</sup>	50 <sup>c*</sup> / 75 <sup>b</sup>	/	50 <sup>c</sup>	75 <sup>b</sup>	/	50 <sup>c</sup>	75 <sup>b</sup>	/	25 <sup>d</sup>	50 <sup>c</sup>	/	25 <sup>d</sup>	50 <sup>c</sup>	/
		<i>V.cholerae</i>																		
		<i>S.thyphimu</i>																		
		<i>S.enterica</i>																		
		<i>P.aeruginos</i>																		
		<i>P.mirabilis</i>																		
<i>C.freundii</i>																				
champignons	<i>C.albicans</i>	100 <sup>d</sup>	/	> 100 <sup>d</sup>	75 <sup>c</sup>	/	100 <sup>d</sup>	75 <sup>c</sup>	/	100 <sup>d</sup>	100 <sup>d</sup>	/	100 <sup>d</sup>	75 <sup>c</sup>	/	100 <sup>d</sup>	100 <sup>d</sup>	/	> 100 <sup>d</sup>	
	<i>C.glabrata</i>																			
	<i>A.niger</i>																			
	<i>Penicillium sp</i>																			

Pour chaque ligne, les différentes lettres indiquent des différences significatives ( $P \leq 0.05$ ,  $b < a$ ).

Les résultats obtenus montrent clairement que le solvant d'extraction n'a aucun effet sur les valeurs des CMI, CMB et CMF. Cependant, elles varient peu significativement ( $P \leq 0,05$ ) d'une variété à l'autre et d'un stade de maturation à l'autre.

Au stade *kimri* et *tamr*, les CMI de toutes les variétés correspondent à 25 mg/ml pour toutes les souches bactériennes et à 50 mg/ml pour toutes les espèces fongiques, à l'exception de *A.niger*, elle est égale à 100 mg/ml. Au stade *rotab*, les CMI de toutes les variétés correspondent à 25 mg/ml pour toutes les bactéries, sauf pour le cultivar *tamjouhert* elle est de 12,5 mg/ml pour les bactéries à Gram positif. En revanche, La CMI des levures et moisissures est égale à 50 mg/ml pour toutes les espèces testées.

Concernant les valeurs des CMB, toutes les variétés appartenant aux stades *kimri* et *tamr* ont des CMB égales à 100 mg/ml pour toutes les bactéries. Cependant, au stade *rotab*, les CMB sont égales à 100 mg/ml pour les bactéries à Gram négatif et à 50 mg/ml pour les bactéries à Gram positif, exception faite pour le cultivar *tamjouhert* avec *Listeria monocytogenes* (25 mg/ml).

Quant aux CMF, la croissance de tous les mycéliums a été observée même avec la concentration la plus élevée utilisée (100 mg/ml), ce qui laisse supposer que la MFC > 100 mg/ml.

Les valeurs de la CMI et de la CMB sont proches de celles publiées par Aamir *et al.* (2013), Kim *et al.* (2013) et Shakiba *et al.* (2011), soient à 2,5 mg/ml et 1,25 mg/ml respectivement. Néanmoins, Garba *et al.* (2013) ont rapporté des valeurs inférieures soient une CMI = 0,025 mg/l et une CMB = 0,1 mg/ml. Dhaouadi *et al.* (2011) ont trouvé des valeurs de CMI comprises entre 50 et 250 µg/ml avec les souches de *S. aureus* ATCC 6538 et *P. aeruginosa* ATCC9027 respectivement.

Ces concentrations dépendent essentiellement des molécules présentes dans l'extrait et de leurs concentrations : plus l'extrait est riche en substances inhibitrice plus les CMI, CMB et CMF sont réduites (Al-zoreky & Al-Taher, 2015). Elles dépendent également de la souche testée et de la variété analysée et des méthodes d'extraction (Abekhti *et al.*, 2013).

## IV.2 L'activité antioxydante

### IV.2.1 Le pouvoir réducteur

Le pouvoir réducteur de nos extraits est représenté dans le Tableau 19.

Tableau 19. Activités antioxydantes des extraits organiques et hygrothermiques des dattes.

AOA	Extraits	Extrait hygrothermique			Extrait acétonique			Extrait méthanolique		
	Cultivars	Kimri	Rotab	Tamr	Kimri	Rotab	Tamr	Kimri	Rotab	Tamr
FRAP (mg EAG/100g)	<i>dalt</i>	151,12±1,35 <sup>b</sup>	178,50±0,40 <sup>a</sup>	167,64±0,38 <sup>b</sup>	142,19±2,25 <sup>c</sup>	164,02±0,38 <sup>b</sup>	158,90±0,39 <sup>b</sup>	130,12±1,25 <sup>i</sup>	155,64±0,30 <sup>j</sup>	149,08±0,38 <sup>i</sup>
	<i>Deglet Nour</i>	172,25±2,12 <sup>b</sup>	199,95±0,00 <sup>a</sup>	189,87±0,34 <sup>a</sup>	173,25±3,12 <sup>b</sup>	186,25±0,34 <sup>a</sup>	180,35±0,00 <sup>a</sup>	145,32±2,05 <sup>i</sup>	171,07±0,49 <sup>j</sup>	160,56±0,20 <sup>j</sup>
	<i>ghars</i>	183,65±3,24 <sup>a</sup>	198,05±0,26 <sup>a</sup>	194,58±0,00 <sup>a</sup>	162,15±4,56 <sup>b</sup>	184,42±0,26 <sup>a</sup>	174,98±0,00 <sup>b</sup>	141,23±1,15 <sup>i</sup>	161,58±0,30 <sup>j</sup>	154,00±0,52 <sup>j</sup>
	<i>Tamezwert</i>	151,70±2,58 <sup>b</sup>	165,93±0,38 <sup>b</sup>	162,71±0,38 <sup>b</sup>	143,85±3,28 <sup>c</sup>	158,90±0,39 <sup>b</sup>	152,30±0,38 <sup>b</sup>	132,25±2,10 <sup>i</sup>	155,31±0,30 <sup>j</sup>	145,55±0,56 <sup>i</sup>
	<i>tamjoughert</i>	176,24±1,67 <sup>a</sup>	211,32±0,00 <sup>a</sup>	198,09±2,58 <sup>a</sup>	185,23±4,23 <sup>a</sup>	191,72±0,00 <sup>a</sup>	189,46±11,24 <sup>a</sup>	152,25±1,23 <sup>j</sup>	187,86±0,30 <sup>k</sup>	166,97±9,16 <sup>j</sup>
	<i>tazarzeit</i>	132,87±3,05 <sup>c</sup>	158,90±0,40 <sup>b</sup>	149,78±0,39 <sup>c</sup>	125,36±3,54 <sup>c</sup>	139,30±0,39 <sup>a</sup>	137,15±0,39 <sup>c</sup>	117,87±2,25 <sup>h</sup>	135,97±0,20 <sup>i</sup>	127,55±0,39 <sup>j</sup>
FTC (%)	<i>dalt</i>	54,81±2,19 <sup>b</sup>	61,14±2,19 <sup>a</sup>	60,14±2,19 <sup>a</sup>	53,61±2,19 <sup>b</sup>	59,14±2,19 <sup>b</sup>	58,19±2,19 <sup>b</sup>	52,31±2,19 <sup>c</sup>	57,34±2,19 <sup>c</sup>	56,54±2,19 <sup>c</sup>
	<i>Deglet Nour</i>	56,65±4,88 <sup>b</sup>	62,98±4,88 <sup>a</sup>	61,98±4,88 <sup>a</sup>	55,45±4,88 <sup>b</sup>	60,98±4,88 <sup>a</sup>	60,03±4,88 <sup>a</sup>	54,15±4,88 <sup>c</sup>	59,18±4,88 <sup>c</sup>	58,38±4,88 <sup>c</sup>
	<i>ghars</i>	74,84±3,32 <sup>b</sup>	81,17±3,32 <sup>a</sup>	80,17±3,32 <sup>a</sup>	73,64±3,32 <sup>c</sup>	79,17±3,32 <sup>b</sup>	78,22±3,32 <sup>b</sup>	72,34±3,32 <sup>e</sup>	77,37±3,32 <sup>e</sup>	76,57±3,32 <sup>e</sup>
	<i>Tamezwert</i>	62,79±2,62 <sup>d</sup>	69,12±2,62 <sup>a</sup>	68,12±2,62 <sup>a</sup>	61,59±2,62 <sup>d</sup>	67,12±2,62 <sup>b</sup>	66,17±2,62 <sup>b</sup>	60,29±2,62 <sup>d</sup>	65,32±2,62 <sup>d</sup>	64,52±2,62 <sup>d</sup>
	<i>tamjoughert</i>	65,16±1,98 <sup>c</sup>	71,49±1,98 <sup>a</sup>	70,49±1,98 <sup>a</sup>	63,96±1,98 <sup>d</sup>	69,49±1,98 <sup>b</sup>	68,54±1,98 <sup>b</sup>	62,66±1,98 <sup>d</sup>	67,69±1,98 <sup>d</sup>	66,89±1,98 <sup>d</sup>
	<i>tazarzeit</i>	54,04±0,53 <sup>b</sup>	60,37±0,53 <sup>a</sup>	59,37±0,53 <sup>a</sup>	50,59±0,33 <sup>b</sup>	58,30±0,72 <sup>b</sup>	56,33±0,99 <sup>b</sup>	51,54±0,53 <sup>c</sup>	56,57±0,53 <sup>c</sup>	55,77±0,53 <sup>c</sup>
DPPH (%)	<i>dalt</i>	57,12±0,32	67,33±1,45	61,71±1,59	52,13±1,45	57,33±1,45	55,75±0,39	46,43±2,26	51,47±1,98	47,71±1,59
	<i>Deglet Nour</i>	67,12±2,35	85,06±1,32	75,29±0,65	64,06±1,32	75,06±0,67	68,12±1,63	53,66±2,05	66,29±2,02	65,29±0,65
	<i>ghars</i>	64,12±1,87	73,25±1,04	68,52±1,33	63,25±1,04	76,25±2,01	65,02±0,45	56,36±1,83	63,29±2,04	63,52±1,33
	<i>Tamezwert</i>	61,51±3,25	65,13±1,98	63,76±2,00	60,13±1,98	68,13±1,75	62,17±1,24	50,52±2,46	60,26±2,84	53,76±2,00
	<i>tamjoughert</i>	74,09±1,32	84,17±3,82	79,31±1,32	70,17±3,82	79,17±2,04	74,71±0,57	60,39±2,00	74,29±2,89	69,89±1,98
	<i>tazarzeit</i>	69,04±1,33	70,52±2,28	59,04±2,02	65,13±1,18	68,52±2,08	59,62±1,70	55,52±2,28	65,60±2,36	55,77±0,53
ABTS (mmol ET/g)	<i>dalt</i>	81,45±0,95 <sup>b</sup>	95,75±2,49 <sup>a</sup>	93,67±2,85 <sup>a</sup>	53,44±0,25 <sup>d</sup>	71,81±1,87 <sup>b</sup>	68,59±1,95 <sup>c</sup>	45,65±1,43 <sup>c</sup>	60,64±1,86 <sup>c</sup>	57,26±0,98 <sup>c</sup>
	<i>Deglet Nour</i>	92,95±0,92 <sup>b</sup>	108,60±3,87 <sup>a</sup>	105,69±4,50 <sup>a</sup>	62,55±0,75 <sup>e</sup>	79,27±3,37 <sup>c</sup>	73,54±2,90 <sup>c</sup>	54,22±0,34 <sup>c</sup>	74,32±1,96 <sup>c</sup>	63,41±2,70 <sup>d</sup>
	<i>ghars</i>	98,53±0,85 <sup>b</sup>	123,87±3,27 <sup>a</sup>	110,92±4,33 <sup>a</sup>	73,62±0,49 <sup>d</sup>	92,90±2,46 <sup>b</sup>	83,19±3,25 <sup>c</sup>	64,12±0,95 <sup>d</sup>	82,39±1,59 <sup>f</sup>	76,55±2,60 <sup>e</sup>
	<i>Tamezwert</i>	82,51±0,37 <sup>b</sup>	97,45±2,68 <sup>a</sup>	95,44±1,63 <sup>a</sup>	62,43±0,96 <sup>d</sup>	73,09±2,01 <sup>c</sup>	70,25±2,14 <sup>c</sup>	48,12±1,68 <sup>c</sup>	62,34±3,16 <sup>c</sup>	56,20±1,71 <sup>c</sup>
	<i>tamjoughert</i>	91,85±0,87 <sup>b</sup>	113,78±0,91 <sup>a</sup>	104,73±4,03 <sup>a</sup>	62,45±1,23 <sup>e</sup>	85,33±0,68 <sup>c</sup>	83,07±2,33 <sup>c</sup>	53,14±1,77 <sup>c</sup>	78,17±0,50 <sup>e</sup>	68,32±0,55 <sup>d</sup>
	<i>tazarzeit</i>	82,44±1,25 <sup>c</sup>	106,37±3,80 <sup>a</sup>	97,10±7,41 <sup>b</sup>	63,07±0,93 <sup>e</sup>	79,77±2,85 <sup>d</sup>	72,83±5,56 <sup>d</sup>	52,43±1,68 <sup>c</sup>	63,82±2,28 <sup>d</sup>	61,59±3,61 <sup>d</sup>

Pour chaque ligne, les différentes lettres indiquent des différences significatives ( $P \leq 0.05$ , b<a).

Quel que soit le stade de maturation et le solvant d'extraction, tous les extraits ont exhibé un fort pouvoir réducteur qui variait d'une manière significative ( $p \leq 0,05$ ) de  $117,55 \pm 0,39$  à  $211,32 \pm 0,00$  mg EAG/ 100g.

Cependant, il y a eu des différences significatives ( $p \leq 0,05$ ) entre les cultivars. Le cultivar *tamjouhert* est caractérisée par les FRAP les plus élevés ( $166,97 \pm 9,16 - 211,32 \pm 0,00$  mg EAG/ 100g) tandis que le cultivar *tazarzeit* est caractérisée par les FRAP les moins élevés, compris entre  $117,55 \pm 0,39$  et  $158,90 \pm 0,40$  mg EAG/ 100g.

Comme le montre le tableau, le FRAP varie également en fonction du solvant d'extraction. Les FRAP les plus élevés ont été enregistrés pour les EHT ( $149,78 \pm 0,39 - 211,32 \pm 0,00$  mg EAG/ 100g), suivis des EA ( $137,15 \pm 0,39 - 191,72 \pm 0,00$  mg EAG/ 100g) et enfin les EM ( $117,55 \pm 0,39 - 187,86 \pm 0,30$  mg EAG/ 100g).

En outre, Les FRAP dépendent également des stades de maturations. Ils varient de  $135,97 \pm 0,20$  à  $211,32 \pm 0,00$  mg EAG/ 100g au stade *kimri*. Toutefois, on observe une diminution significative de  $198,09 \pm 2,58$  au stade *rotab* jusqu'au  $117,55 \pm 0,39$  mg EAG/ 100g au dernier stade.

#### IV.2.2 L'activité chélatrice de fer

La capacité chélatrice du fer (FIC) a été évaluée et les résultats, exprimés en % de chélation, sont représentés dans le Tableau 19.

Le pourcentage de chélation du fer est relativement élevé. Il est compris entre  $51,54 \pm 0,53$  et  $81,17 \pm 3,32$  %. Toutefois, la FIC est variété dépendante. Le cultivar *ghars* ( $72,34 \pm 3,32 - 81,17 \pm 3,32$  %) est le plus chélateur tandis que le cultivar *tazarzeit* ( $51,54 \pm 0,53 - 60,37 \pm 0,53$  %) est le moins chélateur.

Le pouvoir chélateur varie également en fonction du stade de maturation. La FIC varie de  $51,54 \pm 0,53$  à  $74,84 \pm 3,32$  % au stade *kimri*. Lors du stade *rotab*, elle augmente significativement ( $56,57 \pm 0,53 - 81,17 \pm 3,32$  %). Néanmoins, on constate une diminution non significative au cours du stade *tamr* ( $55,77 \pm 0,53 - 80,17 \pm 3,32$  %).

La variation du solvant d'extraction a significativement influencé la FIC. Le potentiel de chélation des extraits méthanoliques ( $51,54 \pm 0,53 - 77,37 \pm 3,32$  %) est significativement inférieur à celui des EA ( $50,59 \pm 0,33 - 79,17 \pm 3,32$  %) et EHT ( $52,93 \pm 0,86 - 81,17 \pm 3,32$  %) respectivement.

### IV.2.3 Le piégeage des radicaux libres DPPH

La capacité d'inhibition du radical libre DPPH a été calculée et les résultats sont illustrés dans le Tableau 19.

En dépit des différences significatives ( $p \leq 0,05$ ) observées entre les variétés analysées, leur capacité de piégeage des radicaux libres du DPPH est forte. Les pourcentages d'inhibitions sont compris entre  $46,43 \pm 2,26$  % pour *dalt* (EM) et  $85,06 \pm 1,32$  % pour *deglelet noir* (EAT).

Il a été clairement démontré que cette activité varie d'un stade de maturation à l'autre. Les extraits du stade *rotab* sont caractérisés les capacités d'inhibition les plus élevées ( $51,47 \pm 1,98 - 85,06 \pm 1,32\%$ ) alors que les extraits du stade *kimri* sont caractérisés par les capacités d'inhibition les moins élevées ( $46,43 \pm 2,26 - 74,09 \pm 1,32\%$ ).

De plus, l'efficacité antiradicalaire la plus forte a été enregistrée pour les EHT ( $61,51 \pm 3,25 - 85,06 \pm 1,32\%$ ), suivis par les EA ( $52,13 \pm 1,45 - 85,06 \pm 1,32\%$ ) et enfin les EM ( $46,43 \pm 2,26 - 74,29 \pm 2,89\%$ ).

### IV.2.4 Le piégeage des radicaux libres ABTS

La capacité de piégeage du radical libre ABTS a été étudiée et les résultats sont représentés dans le Tableau 19.

Comme le montre le tableau, tous nos extraits possèdent un fort potentiel antiradicalaire vis-à-vis de l'ABTS. Il varie de  $57,26 \pm 0,98$  à  $123,87 \pm 3,27$  mmol ET/g. Toutefois, ça dépend étroitement de la variété, son stade de maturation et le solvant d'extraction.

La capacité antiradicalaire de l'ABTS par le cultivar *dalt* est la moins élevée ( $57,26 \pm 0,98 - 95,75 \pm 2,49$  mmol ET/g) alors que celle de le cultivar *ghars* est la plus élevée ( $76,55 \pm 2,60 - 123,87 \pm 3,27$  mmol ET/g).

Cependant, pour un même cultivar, cette capacité varie avec la variation du stade de la maturation. En comparaison avec le stade *tamr*, la capacité des extraits issus du stade *rotab* à piéger ce radical est plus élevées. Elle varie de  $57,26 \pm 0,98$  à  $110,92 \pm 4,33$  mmol ET/g et de  $60,64 \pm 1,86$  à  $123,87 \pm 3,27$  mmol ET/g respectivement.

De plus, cette capacité est solvant dépendante. Les EHT ont montré les capacités les plus élevées en termes de de piégeage de ce radical ( $93,67 \pm 2,85 - 123,87 \pm 3,27$  mmol ET/g) tandis que les EM ont montré celles les moins élevées ( $57,26 \pm 0,98 - 82,39 \pm 1,59$  mmol ET/g).

### Discussion globale des résultats des activités antioxydantes

Les variétés analysées ont montré des différences plus au moins significatives dans leurs AAO. Les différences sont dues à la variabilité génétique, le stade de maturation et aux conditions de stockage (Mansouri *et al.*, 2005). Le type de sol et l'apport de la fertilisation azotée des dattes peuvent également influencer cette activité (Haider *et al.*, 2014).

Concernant le DPPH, nos résultats sont en accord avec ceux de Mansouri *et al.* (Mansouri *et al.*, 2005) qui ont rapporté que les extraits de dattes ont un pouvoir antiradicalaire potentiellement élevé. Benmeddour *et al.* (2013) ont trouvé des pourcentages d'inhibition du DPPH qui varient de 32,4% à 86%. Dans leurs études sur le piégeage du DPPH par les extraits organiques de dattes algériennes, Benkerrou *et al.* (2018) et Djaoudene *et al.* (2019a) ont signalé qu'il varie de 170,4 à 948,1 mg EAG/100g et de 25,29 à 41,67 mg EAG/100 g respectivement.

En ce qui concerne le radical ABTS, Mrabet *et al.* (2017a) ont signalé que le pouvoir antiradicalaire de l'ABTS des extraits hygrothermiques est similaire à celui de l'antioxydant standard BHT (Butyl Hydroxy Toluène, l'hydroxytoluène butylé) : il atteint 0,55 mmol ET/g. Ces mêmes auteurs ont montré que l'AAO augmente avec l'intensité du traitement thermique. Khare (2008) ont rapporté que les variétés iraniennes possèdent des AAO très élevées comprises entre 22,83 et 54,61 ET/100g.

Quant au pouvoir réducteur, nos résultats vont de même avec ceux de Benmeddour *et al.* (2013) et Hachani *et al.* (2018), dont les valeurs varient de 272 à 1175 mg EAG/100 g et de 23,03 à 74,98 mg EAG/100g. Cependant, ces valeurs sont supérieures à celles rapportées par Mansouri *et al.* (2005) qui varient de 4,54 à 20%. De plus le pouvoir réducteur des variétés Omanies, Yemenies, tunisiennes et marocaines a atteint 70,62% ; 55,42 % ; 1,24 et 3279,48  $\mu\text{mol}/100$  respectivement (Al-Mamary *et al.*, 2014; Al Harthi *et al.*, 2015; Kchaou *et al.*, 2013; Ramchoun *et al.*, 2017).

L'AAO dépend essentiellement des molécules extraites qui dépendent à leur tour du stade de maturation et des conditions d'extraction. En effet, les dattes possèdent des fortes AAO grâce à la présence d'antioxydants enzymatiques (la catalase, la peroxydase et la superoxyde dismutase) et non enzymatiques, à savoir les composés phénoliques (Al-Turki *et al.*, 2010). Plusieurs études *in vitro* et *in vivo* se sont focalisées sur l'évaluation des propriétés antioxydantes des polyphénols. A l'heure actuelle, cet effet est certain et démontré par de nombreuses recherches expérimentales. Toutefois, le mécanisme d'action des polyphénols n'est

pas bien connu Halliwell (1996). Les études réalisées par Djaoudene *et al.* (2019) et Lima *et al.* (2019) ont mené à conclure qu'ils neutralisent les radicaux libres par le piégeage direct des ROS et/ou l'inhibition des enzymes et la chélation des traces métalliques responsables de leur production.

Le stade de maturation a influencé considérablement l'AAO de nos extraits. Les résultats publiés dans ce sens sont en accord avec les nôtres. Selon Haider *et al.* (2014), l'AAO est maximale au stade *kimri* puis elle diminue au stade *tamr* (2,14 – 0,36). De plus, Shahdadi *et al.* (2015) ont également constaté une diminution significative du FRAP et de la capacité de piégeage du DPPH au stade *khalal* au stade *rotab*, en revanche, il n'y a pas eu de différences significatives entre les stades *rotab* et *tamr*. De plus, Allaith (2008) ont expliqué cette diminution par la diminution de la teneur en tanins, l'acide ascorbique et la  $\beta$ -carotène, alors que Awad *et al.* (2011a) ont justifié la forte AAO durant le stade *kimri* par leur forte TPP.

En outre, l'AAO dépend également du solvant d'extraction. Nos résultats s'alignent avec ceux de Hachani *et al.* (2018) qui ont rapporté que la capacité de piégeage du DPPH des extraits méthanoliques est nettement supérieure à celle des extraits acétoniques, avec des IC50 compris entre 0,35 et 3,70 g/L. De plus, un pouvoir réducteur moins élevé (de 2,25 à 25,68 g/l) a été obtenu pour les extraits méthanoliques (80%) par rapport aux extraits acétoniques. Pâte de dattes

### IV.3 Caractérisation physico-chimique

La composition physico-chimique des pâtes a été étudiée en comparant les pâtes des cultivars communs à la pâte commerciale. Les résultats sont mentionnés dans le Tableau 20.

**Tableau 20.** Composition physico-chimique des pâtes de dattes.

Paramètres	Pâtes de dattes						
	PT	PDT	PDN	PGR	PTN	PTJ	PTZ
<b>pH</b>	5,93±0,02 <sup>c</sup>	5,56±0,03 <sup>a</sup>	5,42±0,05 <sup>b</sup>	5,58±0,02 <sup>b</sup>	5,32±0,10 <sup>a</sup>	5,71±0,02 <sup>a</sup>	5,53±0,08 <sup>a</sup>
<b>Acidité (g/100g)</b>	0,69±0,02 <sup>a</sup>	0,52±0,01 <sup>b</sup>	0,51±0,02 <sup>b</sup>	0,50±0,02 <sup>b</sup>	0,49±0,05 <sup>c</sup>	0,52±0,02 <sup>b</sup>	0,48±0,10 <sup>c</sup>
<b>Eau (%)</b>	11,77±0,25 <sup>d</sup>	14,65±1,25 <sup>a</sup>	12,31±2,15 <sup>c</sup>	13,77±0,25 <sup>b</sup>	12,50±0,50 <sup>c</sup>	15,17±0,29 <sup>a</sup>	13,05±1,35 <sup>b</sup>
<b>Sucres (%)</b>	66,14±2,94 <sup>b</sup>	71,45±1,25 <sup>a</sup>	61,35±2,35 <sup>c</sup>	66,14±2,94 <sup>b</sup>	63,25±2,85 <sup>c</sup>	68,17±1,52 <sup>b</sup>	66,23±1,65 <sup>b</sup>
<b>Protéines (%)</b>	2,84±0,04 <sup>b</sup>	2,25±0,20 <sup>b</sup>	3,75±0,25 <sup>a</sup>	2,84±0,04 <sup>b</sup>	2,76±0,13 <sup>b</sup>	2,92±0,06 <sup>h</sup>	1,35±0,12 <sup>c</sup>
<b>Lipides (%)</b>	1,97±0,10 <sup>a</sup>	1,99±0,01 <sup>a</sup>	1,86±0,02 <sup>c</sup>	1,97±0,10 <sup>a</sup>	1,98±0,01 <sup>a</sup>	1,90±0,04 <sup>b</sup>	1,97±0,01 <sup>a</sup>
<b>Cendres (%)</b>	2,57±0,02 <sup>a</sup>	2,15±0,10 <sup>c</sup>	2,35±0,03 <sup>b</sup>	2,57±0,02 <sup>a</sup>	2,38±0,12 <sup>b</sup>	2,68±0,02 <sup>a</sup>	2,26±0,05 <sup>c</sup>

Pour chaque ligne, les différentes lettres indiquent des différences significatives ( $P \leq 0,05$ ,  $b < a$ ), PT : pâte témoin, PDT : pâte *dalt*, PDN : pâte *deglet nour*, PGR : pâte *ghars*, PTN : pâte *tamezwert n'telet*, PTJ : pâte *tamjoughert*, PTZ : pâte *tazarzeit*.

En dépit des variations intervariétales, les pâtes étudiées sont caractérisées par des pH proches de la neutralité (5,32-5,93), des teneurs élevées en sucres, environ 66%, une humidité comprise dans l'intervalle 11,77 à 15,17% et de faibles teneurs en protéines, lipides et en minéraux ne dépassant pas 3%. En sus, la pâte témoin est moins molle, plus sucrée et grasse par rapport aux autres pâtes. Il n'y a pas de différences significatives entre la pâte témoin et les deux pâtes préparées avec les dattes des cultivars *tamjoughert* et *tazarzeit*, exception faite pour les teneurs en lipides, tandis que les autres pâtes présentent des différences peu significatives avec la pâte témoin.

Nos résultats concordent plus au moins avec les résultats rapportés par la littérature à ce sujet Sánchez-Zapata *et al.* (2011) ont signalé des teneurs en protéines, lipides et en minéraux similaires aux nôtres, (environ 2% chacun) tandis que les teneurs en sucres sont beaucoup moins élevés que les nôtres (53%), et une teneur en eau pouvant atteindre les 34%. En revanche, les pâtes analysées par Abekhti *et al.* (2013) sont caractérisées par des teneurs (9,09-11,58%) en eau relativement proches des nôtres, alors que leurs pH sont légèrement acides (5,45-5,84).

#### **Variation de la composition physico-chimique après transformation des fruits en pâtes**

L'effet de la transformation des fruits en pâte a été également étudié. Immédiatement après la transformation, l'acidité augmente significativement avec un maximum de 6,03 % pour la pâte *deglet nour* et un minimum de 3,44 % pour la pâte *dalt*. De même, nous avons constaté une augmentation significative de 22,76% de la teneur en eau, cette augmentation est atteinte pour la pâte *tazarzeit*. L'augmentation la plus significative a été enregistrée pour les teneurs en lipides, notamment pour la pâte *tamezwert n'telet* (54,68 %). Cependant nous avons constaté une diminution significative du pH et des teneurs en extrait sec de l'ordre de 2% et 3% respectivement pour la plupart des pâtes. Les teneurs en sucres diminuent significativement, cette diminution peut aller jusqu'à 17,39 % pour le cultivar *tamjoughert*. Quant aux teneurs en cendres et en protéines, ces dernières restent plus au moins stables après transformation en pâte. En effet, même avec une diminution d'environ 1% les variations ne sont pas significatives.

Il est admis que les changements de la composition physico-chimique observés juste après transformation en pâtes sont causés principalement par la méthode de préparation. Ainsi, la diminution du pH et l'augmentation de l'acidité après transformation pourraient être dues au broyage combiné à l'hydratation qui ont permis de libérer certains acides organiques (acides malique, citrique, tartrique et oxalique), réduisant ainsi le pH et augmentant l'acidité des pâtes (Sánchez-Zapata *et al.*, 2011). La cuisson à la vapeur est certainement à l'origine de

l'augmentation des teneurs en eau (Abekhti *et al.*, 2013). En plus, durant la préparation de la pâte, un volume d'eau de fleur d'oranger a été ajouté, ceci pourrait expliquer la diminution de la teneur en extrait sec total et par conséquent l'augmentation de la teneur en eau après transformation (Parn *et al.*, 2015). En sus, la cuisson des fruits dénoyautés pourrait entraîner la caramélisation des sucres sous les températures élevées ce qui conduit à la diminution de la teneur en sucres (Ghnimi *et al.*, 2018). De plus, cette diminution est également due à leur transformation en HMF et en furfural et autres produits de dégradation tels que les produits de la réaction de Maillard. D'autre part, l'augmentation de la teneur en matière grasse après transformation en pâte est sans doute la résultante de l'ajout de l'huile de tournesol lors de sa préparation (Ahmed *et al.*, 2005). Les diminutions des teneurs en cendres et en protéines sont probablement dues à la diminution des teneurs en extrait sec (Mrabet *et al.*, 2008).

### IV.3.1 Profil en sucres des pâtes de dattes

Le profil en sucres des pâtes est illustré dans le Tableau 21.

**Tableau 21.** Composition en monosaccharides des pâtes de dattes (mg/kg).

Sucres	Pâtes						
	PT	PDT	PDN	PGR	PTN	PTJ	PTZ
Rhamnose	4,35±0,15 <sup>c</sup>	2,25±0,15 <sup>b</sup>	2,36±0,51 <sup>c</sup>	1,25±0,32 <sup>d</sup>	2,13±0,42 <sup>c</sup>	3,24±0,49 <sup>d</sup>	3,16±0,12 <sup>b</sup>
Fucose	3,25±0,44 <sup>d</sup>	1,35±0,15 <sup>c</sup>	2,25±1,15 <sup>c</sup>	Nd	1,35±0,05 <sup>d</sup>	Nd	2,12±0,13 <sup>c</sup>
Arabinose	nd	2,45±0,15 <sup>b</sup>	4,35±0,23 <sup>b</sup>	Nd	3,25±0,75 <sup>b</sup>	7,50±0,44 <sup>b</sup>	nd
Xylose	6,25±0,66 <sup>a</sup>	3,00±0,15 <sup>b</sup>	2,35±1,02 <sup>c</sup>	Nd	2,36±1,12 <sup>c</sup>	5,62±0,35 <sup>c</sup>	2,35±0,54 <sup>c</sup>
Mannose	nd	1,02±0,15 <sup>c</sup>	2,05±0,02 <sup>c</sup>	4,56±0,29 <sup>b</sup>	3,25±0,51 <sup>b</sup>	Nd	1,45±0,12 <sup>d</sup>
Galactose	5,45±0,33 <sup>c</sup>	2,07±0,15 <sup>b</sup>	3,25±1,00 <sup>b</sup>	3,42±0,82 <sup>c</sup>	2,45±1,10 <sup>c</sup>	3,72±0,45 <sup>d</sup>	2,25±0,84 <sup>c</sup>
Glucose	189,23±4,66 <sup>a</sup>	125,00±2,15 <sup>a</sup>	106,25±5,13 <sup>a</sup>	205,42±7,33 <sup>a</sup>	114,35±7,15 <sup>a</sup>	158,32±2,55 <sup>a</sup>	179,21±4,15 <sup>a</sup>

Pour chaque colonne, les différentes lettres indiquent des différences significatives ( $P \leq 0.05$ ,  $b < a$ ). PT : pâte témoin, PDT : pâte *dalt*, PDN : pâte *deglet nour*, PGR : pâte *ghars*, PTN : pâte *tamezwert n'telet*, PTJ : pâte *tamjouhert*, PTZ : pâte *tazarzeit*

Comme le montre le tableau, le glucose est le sucre dominant dans toutes les pâtes analysées (106,25 – 189,23 mg/kg) alors que le fucose est le moins fréquemment détecté dans nos échantillons et dont les proportions sont compris entre 1,35 (*deglet nour* et *tamezwert n'telet*) et 3,25 mg/kg (pâte témoin). En termes de pâtes, la pâte témoin renferme des quantités supérieures en sucres par rapport aux autres pâtes à l'exception d'arabinose et du mannose qui y sont absents. De plus, La pâte *dalt* renferme tous les sucres simples étudiés tandis que la pâte *ghars* est exempte du fucose, arabinose et du xylose.

Dans leur étude sur la fraction glucidique des pâtes de datte, Sánchez-Zapata *et al.* (2011) ont signalé que le sucre dominant est le sucrose (24,04 %), la présence d'autres

monosaccharides, à savoir le fructose (23,76 %) le glucose (21,86 %) et le raffinose (2,33%) a été également constatée. La même tendance des résultats a été mise en évidence dans les travaux de Mrabet *et al.* (2008) qui ont publié la présence du sucrose et du glucose dans les pâtes de dattes organiques (biologiques) à des taux de 24,03 et 22,37 % respectivement ainsi que dans les pâtes de dattes conventionnelles à des taux de 37,61 et 21,43 % respectivement.

### Variation de la composition en monosaccharides après transformation des fruits en pâtes

Quant à l'effet de la transformation des fruits en pâtes, il y a eu une diminution non significative de la majorité des monosaccharides, particulièrement du glucose (34,20 %) dans la pâte *ghars*. Toutefois, il y a eu une diminution non significative du rhamnose dans la même pâte. De plus, l'apparition du galactose a été signalée dans toutes les pâtes. En revanche, une disparition du mannose et du fucose dans la pâte *tamjoughert* a été détectée. La disparition de certains oses peut être expliquée par leur transformation en produits de dégradation à savoir l'HMF et le furfural. En revanche le phénomène conduisant à l'apparition du galactose reste inconnue.

#### IV.3.2 Teneurs en polyphénols des pâtes de dattes

Les teneurs en composés phénoliques sont mentionnées dans le Tableau 22.

**Tableau 22.** Teneurs en composés phénoliques des pâtes de dattes (mg/100 g).

Polyphénols	TPP	TF	TFV	TA	TTC	
Pâtes de dattes	PT	281,47±1,54 <sup>c</sup>	18,27±0,89 <sup>a</sup>	27,29±4,48 <sup>a</sup>	161,33±3,35 <sup>c</sup>	72,52±2,63 <sup>c</sup>
	PDT	288,37±0,99 <sup>b</sup>	16,17±0,95 <sup>c</sup>	21,61±1,77 <sup>c</sup>	166,86±1,62 <sup>b</sup>	81,60±1,66 <sup>a</sup>
	PDN	288,11±7,44 <sup>a</sup>	17,15±1,92 <sup>b</sup>	22,26±1,67 <sup>c</sup>	170,05±2,35 <sup>a</sup>	74,22±3,57 <sup>b</sup>
	PGR	285,33±4,15 <sup>c</sup>	18,12±1,52 <sup>a</sup>	25,12±1,42 <sup>b</sup>	163,45±0,66 <sup>c</sup>	73,23±2,61 <sup>c</sup>
	PTN	293,17±4,48 <sup>a</sup>	17,71±3,42 <sup>b</sup>	23,58±2,50 <sup>c</sup>	168,32±4,27 <sup>b</sup>	70,54±1,89 <sup>d</sup>
	PTJ	297,32±4,75 <sup>a</sup>	18,25±1,33 <sup>a</sup>	26,82±1,55 <sup>a</sup>	172,55±2,81 <sup>a</sup>	85,74±2,64 <sup>a</sup>
	PTZ	295,20±8,50 <sup>a</sup>	17,52±0,59 <sup>b</sup>	26,77±2,55 <sup>a</sup>	166,15±3,47 <sup>b</sup>	77,60±1,66 <sup>b</sup>

Pour chaque colonne, les différentes lettres indiquent des différences significatives ( $P \leq 0.05$ ,  $b < a$ ). TPP : teneurs en polyphénols TF : teneurs en flavonoïdes , TFV : teneurs en flavonols, TA : teneurs en anthocyanes ,TTC : teneurs en tanins condensés

PT : pâte témoin , PDT : pâte *dalt* , PDN : pâte *deglet nour* , PGR : pâte *ghars* , PTN : pâte *tamezvert n'telet* , PTJ : pâte *tamjoughert* , PTZ : pâte *tazarzeit*

IL ressort du tableau que les pâtes de dattes renferment des teneurs assez élevées en composés phénoliques qui varient de 281,47 (pâte témoin) à 297,32 mg EAG/100g (pâte *tamjoughert*). En sus, la pâte témoin présente les teneurs les plus élevées en flavonoïdes (18,27 mg EQ/ 100g) et en flavonols (27,29 mg RE/100g) alors qu'elle possède les teneurs les plus basses en polyphénols (181,7 mg EAG/100g) et en tanins condensés (72,52 mg EC/100g).

Parmi toutes les pâtes analysées, la pâte *tamjoughert* renferme des quantités considérables en composés phénoliques, soient 197,32 EAG/100g ; 18,25 mg EQ/ 100g ; 26,82 mg ER/100g ; 172,55 mg ECG/100g ; et 85,74 mg EC/100g en polyphénols, flavonoïdes, flavonols, anthocyanes et en tanins condensés respectivement.

Ces résultats sont inférieurs à ceux rapportés par Sánchez-Zapata *et al.* (2011), soient 225 mg EAG/100g, valeurs supérieures à celles du fruit lui-même.

### Variation des teneurs en polyphénols après transformation des fruits en pâtes

Les teneurs en polyphénols augmentent significativement après transformation. L'augmentation la plus significative est remarquée pour les teneurs en tanins condensés (59,37% pour la pâte *tamjoughert* et 36,55 % pour la pâte *ghars*). En revanche l'augmentation la moins significative est enregistrée pour les teneurs en flavonoïdes (0,37% pour la pâte *dalt* et 1,23 % pour la pâte *tazarzeit*).

Cette augmentation pourrait être expliquée par la cuisson. En effet, Allaith (2008) ont rapporté que la chaleur aide à solubiliser plus de phénols. Toutefois, la diminution observée de certains phénols est probablement due à leur destruction et/ou oxydation sous l'effet du traitement thermique vu que certains composés phénoliques sont thermolabiles (Ghnimi *et al.*, 2018).

#### IV.3.3 Profil phénolique des pâtes de dattes

Le profil phénolique des pâtes est présenté dans le Tableau 23.

Le tableau montre clairement la richesse qualitative et quantitative des pâtes étudiées en phénols, notamment en acide gallique (18,02 mg /kg dans la pâte *tamjoughert*), acide protocatéchique (16,40 mg/kg dans la pâte *ghars*), acide cinnamique (18,45 mg/kg dans la pâte *tamezwert n'telet*), catéchine (15,67 mg/kg dans la pâte *ghars*) et en lutéoline (15,01 mg/kg dans la pâte *tazarzeit*). Mis à part ces phénols, les PDS tels que HMF (714 – 972 mg/kg) et le furfural (0,51 – 2,31 mg/kg) y sont également présents. Il est à noter que la pâte témoin renferme moins de phénols que les autres pâtes et plus de PDS, particulièrement HMF alors que les pâtes *tamjoughert*, *tazarzeit* et *ghars* sont plus riches en phénols.

Au fait, le profil phénolique des pâtes des dattes n'a pas été étudié. Toutefois, les travaux publiés concernant la fraction phénolique des fruits des dattes sont plus au moins similaires aux nôtres.

Tableau 23. Profil phénolique des pâtes de dattes (mg/kg).

Phénols	Pâtes de dattes						
	PT	PDT	PDN	PGR	PTN	PTJ	PTZ
A. Gallique	16,40±1,04 <sup>c</sup>	15,20±0,85 <sup>c</sup>	14,05±0,42 <sup>b</sup>	14,79±0,61 <sup>b</sup>	16,37±1,42 <sup>a</sup>	18,02±0,58 <sup>a</sup>	17,28±3,02 <sup>a</sup>
A. O-coumarique	8,58±0,38 <sup>b</sup>	6,27±1,45 <sup>b</sup>	10,12±1,04 <sup>a</sup>	5,88±0,39 <sup>b</sup>	8,18±3,12 <sup>b</sup>	11,12±4,29 <sup>a</sup>	9,32±0,45 <sup>b</sup>
A. Protocatéchique	13,61±1,55 <sup>b</sup>	14,45±2,52 <sup>b</sup>	15,58±1,33 <sup>a</sup>	16,40±0,36 <sup>a</sup>	16,04±2,42 <sup>a</sup>	13,44±1,46 <sup>b</sup>	12,04±0,14 <sup>b</sup>
Hydroxytyrosol	3,12±0,56 <sup>b</sup>	4,32±0,05 <sup>b</sup>	7,12±0,03 <sup>a</sup>	8,55±0,12 <sup>a</sup>	6,23±0,21 <sup>a</sup>	4,51±1,03 <sup>b</sup>	5,36±0,24 <sup>a</sup>
Tyrosol	12,88±0,58 <sup>a</sup>	13,45±0,21 <sup>a</sup>	10,23±0,21 <sup>b</sup>	11,67±0,29 <sup>b</sup>	12,85±0,23 <sup>a</sup>	11,83±0,29 <sup>b</sup>	10,6±0,25 <sup>b</sup>
PHBA	14,83±0,76 <sup>b</sup>	12,35±0,37 <sup>c</sup>	14,20±0,36 <sup>b</sup>	15,33±0,29 <sup>a</sup>	10,25±0,23 <sup>c</sup>	14,67±0,58 <sup>b</sup>	14,21±0,25 <sup>b</sup>
A. Vanillique	4,72±0,34 <sup>a</sup>	4,52±0,47 <sup>b</sup>	4,58±0,27 <sup>b</sup>	4,33±0,58 <sup>c</sup>	4,25±0,58 <sup>c</sup>	4,50±0,50 <sup>b</sup>	4,87±0,21 <sup>a</sup>
A. Syringique	5,50±0,50 <sup>a</sup>	6,23±0,23 <sup>a</sup>	4,52±0,28 <sup>b</sup>	4,50±0,50 <sup>b</sup>	5,76±0,81 <sup>a</sup>	4,33±0,29 <sup>b</sup>	5,83±0,73 <sup>a</sup>
Caffeique	4,17±0,29 <sup>b</sup>	3,25±0,24 <sup>c</sup>	1,04±0,01 <sup>d</sup>	4,67±0,29 <sup>a</sup>	3,45±0,18 <sup>c</sup>	4,08±0,14 <sup>b</sup>	4,5±0,19 <sup>a</sup>
A. p-coumarique	3,17±0,29 <sup>b</sup>	2,14±0,24 <sup>c</sup>	2,75±0,16 <sup>c</sup>	4,83±0,29 <sup>a</sup>	3,47±0,16 <sup>b</sup>	3,07±0,12 <sup>b</sup>	4,25±0,34 <sup>a</sup>
A. Sinapique	7,52±0,50 <sup>a</sup>	5,82±1,24 <sup>b</sup>	6,47±0,23 <sup>b</sup>	7,50±0,50 <sup>a</sup>	7,45±0,21 <sup>a</sup>	6,42±0,38 <sup>b</sup>	3,14±0,21 <sup>c</sup>
A. Ferrulique	6,23±0,25 <sup>c</sup>	5,12±0,12 <sup>c</sup>	6,15±0,21 <sup>d</sup>	7,67±0,29 <sup>b</sup>	7,25±0,42 <sup>b</sup>	7,50±0,50 <sup>b</sup>	8,35±0,23 <sup>a</sup>
A. Cinnamique	14,83±0,29 <sup>d</sup>	15,43±0,32 <sup>c</sup>	15,34±0,23 <sup>c</sup>	17,17±0,29 <sup>b</sup>	18,45±0,28 <sup>a</sup>	18,17±0,29 <sup>a</sup>	16,42±0,75 <sup>b</sup>
Vanilline	12,17±0,29 <sup>d</sup>	15,21±0,01 <sup>a</sup>	13,20±0,01 <sup>c</sup>	13,50±0,50 <sup>c</sup>	14,26±0,27 <sup>b</sup>	15,83±0,29 <sup>a</sup>	15,23±0,52 <sup>a</sup>
Rutine	14,67±0,29 <sup>c</sup>	15,64±0,42 <sup>c</sup>	17,98±0,97 <sup>b</sup>	19,50±0,50 <sup>a</sup>	16,87±0,92 <sup>b</sup>	14,33±0,58 <sup>c</sup>	18,35±0,15 <sup>a</sup>
Catéchine	16,50±0,50 <sup>a</sup>	14,35±0,12 <sup>b</sup>	12,34±0,31 <sup>c</sup>	15,67±0,76 <sup>a</sup>	14,35±0,12 <sup>b</sup>	15,33±0,29 <sup>a</sup>	14,35±0,12 <sup>b</sup>
Lutéoline	14,00±0,50 <sup>b</sup>	12,35±0,12 <sup>d</sup>	13,24±0,14 <sup>c</sup>	14,25±0,25 <sup>b</sup>	14,22±0,33 <sup>b</sup>	14,33±0,29 <sup>b</sup>	15,01±0,32 <sup>a</sup>
Quercétine	5,25±0,25 <sup>a</sup>	4,32±0,21 <sup>b</sup>	3,45±0,12 <sup>c</sup>	4,75±0,25 <sup>b</sup>	4,35±0,34 <sup>b</sup>	6,25±0,25 <sup>a</sup>	4,21±0,36 <sup>b</sup>
HMF	897,50±0,50 <sup>a</sup>	714±2,35 <sup>c</sup>	814±4,12 <sup>b</sup>	845,35±1,85 <sup>b</sup>	813±0,45 <sup>b</sup>	897,58±58,31 <sup>a</sup>	972±1,43 <sup>a</sup>
Furfural	1,33±0,02 <sup>b</sup>	0,51±0,01 <sup>c</sup>	1,32±0,025 <sup>b</sup>	0,57±0,02 <sup>c</sup>	1,35±0,02 <sup>b</sup>	0,83±0,02 <sup>c</sup>	2,31±0,02 <sup>c</sup>

Pour chaque ligne, les différentes lettres indiquent des différences significatives ( $P \leq 0.05$ ,  $b < a$ ), PT : pâte témoin, PDT : pâte *dalt*, PDN : pâte *deglet nour*, PGR : pâte *ghars*, PTN : pâte *tamezwert n'telet*, PTJ : pâte *tamjouhert*, PTZ : pâte *tazarzeit*, PHBA : Acide phosphohydroxybenzoïque.

### Variation de la teneur et la composition en polyphénols après transformation des fruits en pâtes

De plus, nous avons constaté une augmentation considérable de ces derniers après transformation, notamment en acide gallique (34,17% pour la pâte *tamjouhert* et 29,28% pour la pâte *tazarzeit*) et en catéchine (20,51% pour la pâte *tamjouhert* et pour la pâte *tazarzeit* 3,70%).

Aucune étude n'a été menée sur l'évolution des composés phénoliques des pâtes de dattes. Cependant, l'augmentation des phénols est probablement due à la température appliquée lors de la cuisson. Selon Mrabet *et al.* (2017a), certains composés phénoliques ne se solubilisent qu'à des températures très élevées. En sus, l'apparition de l'HMF et du furfural pourrait être expliquée par la chaleur. Au fait leurs quantités produites sont proportionnelles à l'intensité de la température de la cuisson (Allaith *et al.*, 2012).

#### IV.4 Qualité hygiénique des pâtes de dattes

La qualité microbiologique des différentes pâtes a été étudiée et les résultats sont mentionnés dans le Tableau 24.

**Tableau 24.** Dénombrement des flores microbiennes des pâtes de dattes ( $\times 10^2$  UFC/g).

Flores		FTAM	LM	CT	CF	SF	CSR
Pâtes de dattes	PT	2,36±0,51 <sup>a</sup>	2,03±0,49 <sup>a</sup>	2,67±0,02 <sup>a</sup>	2,33±0,63 <sup>a</sup>	0,00±0,00 <sup>b</sup>	0,13±0,01 <sup>a</sup>
	PDT	1,04±0,05 <sup>b</sup>	1,60±1,00 <sup>b</sup>	1,33±0,17 <sup>b</sup>	0,00±0,00 <sup>b</sup>	0,00±0,00 <sup>b</sup>	0,00±0,00 <sup>b</sup>
	PDN	2,33±1,04 <sup>a</sup>	1,22±1,52 <sup>a</sup>	1,00±0,02 <sup>b</sup>	0,00±0,00 <sup>b</sup>	0,00±0,00 <sup>b</sup>	0,00±0,00 <sup>b</sup>
	PGR	1,92±0,01 <sup>b</sup>	1,79±0,05 <sup>c</sup>	1,40±0,03 <sup>b</sup>	0,00±0,00 <sup>b</sup>	0,00±0,00 <sup>b</sup>	0,00±0,00 <sup>b</sup>
	PTN	1,10±0,02 <sup>b</sup>	1,82±0,01 <sup>d</sup>	1,92±0,05 <sup>b</sup>	0,00±0,00 <sup>b</sup>	0,00±0,00 <sup>b</sup>	0,00±0,00 <sup>b</sup>
	PTJ	1,02±0,02 <sup>b</sup>	1,68±0,02 <sup>d</sup>	1,35±0,01 <sup>b</sup>	0,00±0,00 <sup>b</sup>	0,00±0,00 <sup>b</sup>	0,00±0,00 <sup>b</sup>
	PTZ	1,16±0,52 <sup>b</sup>	1,54±0,03 <sup>c</sup>	1,62±0,08 <sup>b</sup>	0,00±0,00 <sup>b</sup>	0,00±0,00 <sup>b</sup>	0,00±0,00 <sup>b</sup>

Pour chaque colonne, les différentes lettres indiquent des différences significatives ( $P \leq 0.05$ ,  $b < a$ ), PT : pâte témoin, PDT : pâte *dalt*, PDN : pâte *deglet nour*, PGR : pâte *ghars*, PTN : pâte *tamezwert n'telet*, PTJ : pâte *tamjouhert*, PTZ : pâte *tazarzeit*, FTAM : flore totale aérobie mésophile, LM : levures et moisissures, CT : coliformes totaux, CF : coliformes fécaux, CSR : clostridie sulfito-réducteur, SF : entérocoques fécaux

Les résultats obtenus montrent clairement que la flore dominante des pâtes et la flore fongique ( $2,68 - 5,53 \times 10^2$  UFC/g) suivie par la FTAM ( $1,02 - 2,36 \times 10^2$  UFC/g) et que les coliformes totaux ont été détectés dans tous les échantillons. Aucun cas positif de présence des entérocoques fécaux n'a été enregistré. Parmi tous les échantillons analysés, la pâte témoin est la plus contaminée, elle renferme également des coliformes fécaux et des clostridie sulfito-réducteurs, dont les charges sont  $2,33 \times 10^2$  et  $0,13 \times 10^2$  UFC/g respectivement. En revanche, la pâte *tamjouhert* est la moins contaminée tandis que les autres pâtes sont plus ou moins contaminées.

#### Evolution des charges microbiennes après transformations des fruits en pâtes

La transformation des fruits en pâtes a considérablement influencé la charge microbienne initiale. Nous avons constaté une diminution des charges de l'ensemble des groupes microbiens dénombrés, avec 71,21 % et 31,62 de diminution de la charge totale des pâtes *dalt* et *deglet nour* respectivement.

Nos résultats sont inférieurs à ceux rapportés par Mrabet *et al.* (2008) pour les pâtes tunisiennes, dont les charges en FTAM, FF, CF et *Staphylococcus sp.* sont  $5,3 \times 10^2$ ;  $1,1 \times 10^2$ ;  $2,36 \times 10^2$  et  $8 \times 10^0$  UFC/g. Ces mêmes auteurs ont confirmé que les pâtes conventionnelles sont plus contaminées que les pâtes organiques avec des charges de  $8,3 \times 10^2$ ;  $2,66 \times 10^2$ ,  $4,64 \times 10^2$  et  $3 \times 10^0$  UFC/g en FTAM FF, CF et *Staphylococcus sp.* De plus, Abekhti *et al.* (2013)

ont montré que les charges microbiennes dans les pâtes algériennes présentent des charges encore plus élevées, elles varient de  $7,67 \times 10^2$  UFC/g à  $52,48 \times 10^6$  UFC/g pour la FTAM, de  $2,29 \times 10^2$  à  $15,35 \times 10^3$  UFC/g pour le FF ; de  $4,07 \times 10^1$  à  $3,01 \times 10^2$  UFC/g pour les CT et  $3,98 \times 10^1$  UFC/g.

Le degré de contamination des pâtes est dû principalement à la flore initialement présente. Ces pâtes sont préparées à partir de dattes mûres dont la charge initiale est très faible. De plus, l'effet du temps et la température de cuisson peut être considéré une sorte de stérilisation ce qui a fait diminuer la charge totale. L'utilisation d'un matériel stérilisé et le respect des bonnes pratiques de fabrication peuvent également expliquer cette diminution. La qualité du matériel et les récipients utilisés durant les opérations post-récolte, tels que les sacs de stockage et de transport sont une source de contamination fécale (Hasnaoui *et al.*, 2011). Le non-respect des conditions d'hygiène et de fabrication par le personnel peut être aussi la cause de cette contamination. La présence des CSR uniquement dans la pâte témoin est due à l'emballage sous vide qui a créé une atmosphère anaérobie favorable à leur développement. En dépit des résultats obtenus, ces charges reflètent clairement leur parfaite conformité aux normes nationales et internationales de la qualité hygiénique.

#### IV.5 Activité antimicrobienne des pâtes de dattes

L'activité antimicrobienne des pâtes a été étudiée et les résultats sont présentés dans le Tableau 25.

Il ressort des résultats que les pâtes analysées ont exhibé une activité inhibitrice vis-à-vis la majorité des souches cibles. Cependant, ce pouvoir antimicrobien diffère significativement selon la pâte et le germe. Concernant les pâtes, la pâte préparée à partir du cultivar *tamjouhert* a exercé l'activité inhibitrice la plus prononcée où les diamètres d'inhibition varient de  $8,17 \pm 0,29$  à  $21,17 \pm 1,04$  mm tandis que la pâte témoin est classée en troisième, avec des diamètres compris entre  $8,17 \pm 0,8$  et  $20,83 \pm 0,29$  mm.

Quant aux souches pathogènes, *Aspergillus niger* s'est révélé le plus résistant avec les plus petites zones d'inhibition oscillant entre  $00,00 \pm 0,00$  (pâte *ghars*) et  $9,00 \pm 0,50$  mm (pâte de *tamjouhert*). En revanche, la souche *L.monocytogenes* s'est révélée la plus sensible avec les plus grandes zones d'inhibition comprises entre  $20,01 \pm 0,35$  (pâte *dalt*) et  $21,17 \pm 1,04$  mm (pâte *tamjouhert*).

Idem pour les dattes, les espèces bactériennes sont plus sensibles aux extraits des pâtes que celles fongiques ( $8,17 \pm 0,29 - 21,17 \pm 1,04$  mm Vs  $00-9,00 \pm 0,50$  mm). De plus, les

souches à Gram positif sont plus sensibles que celle à Gram négatif ( $14,50 \pm 0,50$ -  $21,17 \pm 1,04$  mm Vs  $8,17 \pm 0,29$  –  $12,17 \pm 0,29$  mm).

**Tableau 25.** Diamètres moyens des zones d'inhibition des extraits de pattes de dattes.

Souches		Pâtes de dattes							
		PT	PDT	PDN	PGR	PTN	PTJ	PTZ	
Bactéries	à Gram positif	<i>S.aureus</i>	17,17±1,04 <sup>a</sup>	15,22±2,12 <sup>a</sup>	14,98±2,35 <sup>b</sup>	14,50±0,50 <sup>b</sup>	16,25±2,45 <sup>a</sup>	18,23±0,25 <sup>a</sup>	14,60±2,05 <sup>b</sup>
		<i>L.monocyto</i>	20,38±0,54 <sup>b</sup>	20,01±0,35 <sup>b</sup>	20,15±1,52 <sup>b</sup>	20,83±0,29 <sup>b</sup>	20,50±0,12 <sup>b</sup>	21,17±1,04 <sup>a</sup>	21,05±3,72 <sup>a</sup>
		<i>B.cereus</i>	16,17±0,76 <sup>a</sup>	14,98±3,25 <sup>b</sup>	16,15±1,82 <sup>a</sup>	14,73±0,75 <sup>b</sup>	16,10±1,52 <sup>a</sup>	15,90±0,36 <sup>a</sup>	14,92±0,37 <sup>b</sup>
		<i>B.subtilis</i>	18,50±0,50 <sup>a</sup>	16,50±1,32 <sup>c</sup>	16,03±1,75 <sup>c</sup>	15,00±0,50 <sup>d</sup>	17,86±0,79 <sup>b</sup>	15,50±0,50 <sup>d</sup>	17,50±3,25 <sup>b</sup>
		<i>E.faecalis</i>	18,33±0,58 <sup>a</sup>	17,25±2,35 <sup>b</sup>	18,21±5,36 <sup>a</sup>	17,83±0,76 <sup>b</sup>	17,50±5,36 <sup>b</sup>	17,00±1,00 <sup>b</sup>	18,25±3,21 <sup>a</sup>
		<i>M.leteus</i>	16,33±0,29 <sup>d</sup>	16,50±2,34 <sup>d</sup>	18,23±2,37 <sup>b</sup>	16,00±0,50 <sup>d</sup>	17,52±2,03 <sup>c</sup>	19,50±0,50 <sup>a</sup>	15,50±3,21 <sup>c</sup>
		<i>E.coli</i>	11,50±1,32 <sup>a</sup>	11,0±0,23 <sup>b</sup>	11,24±0,23 <sup>a</sup>	11,17±0,76 <sup>a</sup>	11,18±2,34 <sup>a</sup>	11,17±1,04 <sup>a</sup>	11,35±0,45 <sup>a</sup>
	à Gram négatif	<i>V.cholerae</i>	11,17±0,29 <sup>a</sup>	11,45±2,65 <sup>a</sup>	11,19±2,35 <sup>a</sup>	11,23±0,25 <sup>a</sup>	11,37±0,34 <sup>a</sup>	11,50±0,50 <sup>a</sup>	11,49±1,56 <sup>a</sup>
		<i>S.thyphimu</i>	12,17±0,29 <sup>a</sup>	11,63±0,25 <sup>b</sup>	11,72±2,41 <sup>b</sup>	11,83±0,29 <sup>b</sup>	12,05±1,36 <sup>a</sup>	11,50±0,50 <sup>b</sup>	11,98±2,32 <sup>b</sup>
		<i>S.enterica</i>	12,17±0,29 <sup>a</sup>	11,92±2,36 <sup>b</sup>	11,83±0,29 <sup>b</sup>	11,50±0,50 <sup>b</sup>	12,01±3,05 <sup>a</sup>	11,50±0,50 <sup>b</sup>	11,85±1,37 <sup>b</sup>
		<i>P.aeruginos</i>	9,17±0,29 <sup>b</sup>	10,05±1,50 <sup>a</sup>	8,73±0,25 <sup>c</sup>	10,17±0,29 <sup>a</sup>	9,83±0,76 <sup>b</sup>	8,67±0,58 <sup>c</sup>	9,50±0,50 <sup>b</sup>
		<i>P.mirabilis</i>	9,50±0,50 <sup>c</sup>	10,17±0,29 <sup>b</sup>	11,00±0,50 <sup>a</sup>	11,17±0,29 <sup>a</sup>	9,00±0,50 <sup>c</sup>	8,17±0,29 <sup>d</sup>	8,50±0,50 <sup>d</sup>
		<i>C.freundii</i>	9,83±0,76 <sup>c</sup>	11,17±0,29 <sup>a</sup>	9,50±0,50 <sup>c</sup>	10,50±0,50 <sup>b</sup>	10,83±0,76 <sup>b</sup>	11,27±0,25 <sup>a</sup>	11,05±1,35 <sup>a</sup>
	Levures	<i>C.albicans</i>	10,83±0,76 <sup>b</sup>	10,93±2,76 <sup>b</sup>	10,50±1,50 <sup>b</sup>	11,17±0,29 <sup>a</sup>	11,05±2,45 <sup>a</sup>	10,53±0,15 <sup>b</sup>	10,93±1,52 <sup>b</sup>
<i>C.glabrata</i>		11,00±0,50 <sup>a</sup>	11,22±3,48 <sup>a</sup>	9,83±0,76 <sup>c</sup>	9,50±0,50 <sup>c</sup>	10,50±0,50 <sup>b</sup>	11,50±0,50 <sup>a</sup>	11,27±1,27 <sup>a</sup>	
Moisissures	<i>A.niger</i>	8,33±0,29 <sup>b</sup>	8,50±1,35 <sup>b</sup>	8,67±0,58 <sup>b</sup>	8,17±0,58 <sup>b</sup>	8,63±0,47 <sup>b</sup>	9,00±0,50 <sup>a</sup>	9,25±2,14 <sup>a</sup>	
	<i>Penicillium sp</i>	8,58±0,50 <sup>a</sup>	8,61±1,35 <sup>a</sup>	8,67±1,42 <sup>a</sup>	8,50±0,50 <sup>a</sup>	8,70±0,09 <sup>a</sup>	8,73±0,45 <sup>a</sup>	8,51±0,05 <sup>a</sup>	

Pour chaque ligne, les différentes lettres indiquent des différences significatives ( $P \leq 0,05$ ,  $b < a$ ). PT : pâte témoin , PDT : pâte *dalt* , PDN : pâte *deglet nour* , PGR : pâte *ghars* , PTN : pâte *tamezwert n'telet* , PTJ : pâte *tamjoughert* , PTZ : pâte *tazarzeit*

L'activité antimicrobienne de ces pâtes est due à la richesse des dattes en composés phénoliques dont la plupart sont connus par leur pouvoir antagoniste (Daoud *et al.*, 2015, Lima *et al.*, 2019, Mrabet *et al.*, 2016). Plusieurs auteurs ont mis l'accent sur le pouvoir antagoniste des polyphénols des dattes, Al-zoreky and Al-Taher (2015) ont montré que le pouvoir inhibiteur des extraits acétoniques et méthanoliques des dattes est à 0,99 corrélé avec leurs teneurs en polyphénols. A cela s'ajoute les travaux de Abekhti *et al.* (2013) qui ont expliqué les faibles taux de contamination microbienne de leurs échantillons de pâtes de dattes traditionnelles (*btana*) par leur autoprotection vu leurs fortes teneurs en composés phénoliques. En effet, plusieurs facteurs sont à l'origine des différences observées. La variété (stade de maturation, composition en phénols, leurs concentrations), les conditions d'extraction (méthode d'extraction, solvant et ratio), la méthode d'essai (puits ou disque), les souches testées sont les facteurs qui influencent le plus cette activité (Abekhti *et al.*, 2013, Risiquat, 2013, Shakiba *et al.*, 2011).

Selon Al-zoreky and Al-Taher (2015), la sensibilité et la résistance des bactéries à Gram – et à Gram + est due particulièrement à l'épaisseur du PDG et de la paroi externe (Effet expliqué ci-dessus dans la section II-3-1). Plusieurs auteurs, dont Al Hazzani *et al.* (2014) et Al-Sheikh (2009) ont expliqué la résistance des espèces fongiques par rapport à celles bactérienne aux extraits de dattes par leur adaptation à cette matrice et aux molécules produites. De l'aveu de tous, les pH légèrement acides, les faibles teneurs en eau, les fortes teneurs en sucres, caractérisant nos pâtes, sont des facteurs d'autant favorables au développement des champignons au détriment des bactéries (Al-Hammadi *et al.*, 2019).

#### IV.5.1 Les concentrations minimales inhibitrices, bactéricides et fongicides des pâtes de dattes

Les concentrations CMI, CMB et CMF des pâtes ont été calculées et les résultats sont représentés dans le Tableau 26.

**Tableau 26.** Concentrations minimales inhibitrices, bactéricides et fongicides (mg/ml) des pâtes de dattes.

Souches		MIC	MBC	MFC	
Bactéries	à Gram positif	<i>S.aureus</i>	25 <sup>a</sup>	50 <sup>b</sup>	/
		<i>L.monocyto</i>	12,5 <sup>a</sup> / 25 <sup>a</sup>	25 <sup>a</sup> / 50 <sup>b</sup>	/
		<i>B.cereus</i>	25 <sup>a</sup>	50 <sup>b</sup>	/
		<i>B.subtilis</i>	25 <sup>a</sup>	50 <sup>b</sup>	/
		<i>E.faecalis</i>	25 <sup>a</sup>	50 <sup>b</sup>	/
		<i>M.leteus</i>	25 <sup>a</sup>	50 <sup>b</sup>	/
	à Gram négatif	<i>E.coli</i>	25 <sup>a</sup>	50 <sup>b</sup>	/
		<i>V.cholerae</i>	25 <sup>a</sup>	50 <sup>b</sup>	/
		<i>S.thyphimu</i>	25 <sup>a</sup>	50 <sup>b</sup>	/
		<i>S.enterica</i>	25 <sup>a</sup>	50 <sup>b</sup>	/
		<i>P.aeruginos</i>	25 <sup>a</sup>	50 <sup>b</sup>	/
		<i>P.mirabilis</i>	25 <sup>a</sup>	50 <sup>b</sup>	/
Champignons	<i>C.freundii</i>	25 <sup>a</sup>	50 <sup>b</sup>	/	
	<i>C.albicans</i>	50 <sup>b</sup>	/	100 <sup>c</sup>	
	<i>C.glabrata</i>	50 <sup>b</sup>	/	100 <sup>c</sup>	
	<i>A. niger</i>	50 <sup>b</sup>	/	100 <sup>c</sup>	
	<i>Penicillium sp</i>	50 <sup>b</sup>	/	100 <sup>c</sup>	

Les différentes lettres indiquent des différences significatives ( $P \leq 0.05$ ,  $b < a$ ).

Les pâtes analysées n'ont pas présenté de différences significatives entre leur CMI, CMB et CMF. La CMI de toutes les pâtes est égales à 25 mg/ml pour toutes les bactéries, à

l'exception de la pâte de *tamjouhert* avec *Listeria monocytogenes* (12.5 mg/ml). Quant aux champignons, leurs CMI sont égales à 50 mg/ml.

Concernant l'effet bactéricide, la CMB de toutes les pâtes est égale à 50 mg/ml, exception faite pour la pâte *tamjouhert* pour laquelle la CMB = 25 mg/ml pour *Listeria monocytogenes*. Cependant, les CMF sont égales à 100 mg/ml.

Les valeurs de chacune des CMI, CMB et CMF des pâtes de dattes sont inférieures à celles du fruit lui-même. Ceci s'explique par l'augmentation de la teneur en composés phénoliques après transformation. Par conséquent, ces valeurs se trouvent diminuées et les extraits de pâtes sont considérés de ce fait plus actifs que ceux des fruits (Abekhti *et al.*, 2013, Al-zoreky & Al-Taher, 2015).

#### IV.6 Activité antioxydante des pâtes de dattes

L'activité antioxydante des pâtes a été étudiée et les résultats sont présentés dans le Tableau 27.

**Tableau 27.** Activité antioxydante des pâtes de dattes.

Tests		FRAP (mg EAG/100g)	DPPH (%)	ABTS (mmol ET/g)	FIC (%)
Pâtes	PT	753,26±2,50 <sup>c</sup>	58,49±3,51 <sup>c</sup>	62,83±2,04 <sup>a</sup>	60,46±0,60 <sup>a</sup>
	PDT	778±3,25 <sup>b</sup>	60,25±2,32 <sup>b</sup>	55,76±2,45 <sup>b</sup>	58,64±7,53 <sup>b</sup>
	PDN	792±0,23 <sup>b</sup>	63,45±2,30 <sup>b</sup>	59,82±5,46 <sup>b</sup>	63,54±2,73 <sup>a</sup>
	PGR	801,16±2,60 <sup>a</sup>	71,60±1,87 <sup>a</sup>	57,13±1,68 <sup>b</sup>	65,39±1,38 <sup>a</sup>
	PTN	800±5,21 <sup>a</sup>	62,15±3,57 <sup>b</sup>	53,78±2,13 <sup>b</sup>	55,56±8,91 <sup>b</sup>
	PTJ	804,29±9,73 <sup>a</sup>	65,17±1,45 <sup>b</sup>	52,48±2,99 <sup>b</sup>	53,11±2,02 <sup>b</sup>
	PTZ	775,12±1,23 <sup>b</sup>	36,17±5,64 <sup>d</sup>	61,87±8,25 <sup>a</sup>	59,86±5,64 <sup>b</sup>

Pour chaque colonne, les différentes lettres indiquent des différences significatives ( $P \leq 0.05$ ,  $b < a$ ). PT : pâte témoin , PDT : pâte *dalt* , PDN : pâte *deglet nour* , PGR : pâte *ghars* , PTN : pâte *tamezwert n'telet* , PTJ : pâte *tamjouhert* , PTZ : pâte *tazarzeit* , FIC : Chélation du fer ferreux , FRAP : Potentiel antioxydant de réduction de fer.

Il ressort du tableau que toutes les pâtes possèdent une forte activité antioxydante. Néanmoins, cette activité diffère d'une pâte à l'autre.

Toutes les pâtes ont exhibé un fort pouvoir réducteur qui varie d'une manière significative ( $p \leq 0,05$ ) de  $753,26 \pm 2,50$  mmol TE/g (pâte témoin) à  $804,29 \pm 9,73$  mmol TE/g (pâte *tamjouhert*). Le pourcentage de piégeage des radicaux libre DPPH est relativement élevé. Il est compris entre  $58,49 \pm 3,51\%$  pour la pâte témoin et  $71,60 \pm 1,87\%$  pour la pâte *ghars*. La capacité de piéger les radicaux libres ABTS ( $52,48 - 61,87$  %) est inférieure à celle de la pâte

témoin ( $62,83 \pm 2,04\%$ ). Le pouvoir chélateur du fer de la pâte de *ghars* ( $65,39 \pm 1,38\%$ ) est supérieur à celui de toutes les pâtes tandis que la FIC de la pâte *tamjouhert* ( $53,11 \pm 2,02$ ) est inférieure à celle de toutes les pâtes.

Il est bien évident que les composés phénoliques que possèdent les dattes sont à l'origine du pouvoir antioxydant de ces pâtes. En sus, la transformation des dattes en pâtes a engendré une augmentation significative des teneurs en composés phénoliques et par conséquent l'augmentation de l'activité antioxydante.

## IV.7 Analyses sensorielles

### IV.7.1 Test triangulaire

Les valeurs  $\mu$  et les décisions statistiques sont données dans le Tableau 28.

**Tableau 28.** Valeurs  $\mu$  pour l'aspect externe et le goût des pâtes de dattes.

Dispositions	$\mu$ observé	
	Goût	Aspect externe
PT-PT-PDT	2,75***	5,75*****
PT-PDT- PT	2,25**	4,75*****
PDT-PT- PT	2,75**	3,75*****
PDT- PDT-PT	2,75***	4,25*****
PDT-PT-PDT	2,25**	5,25*****
PT-PDT-PDT	2,75***	3,25*****
PT-PT-PDN	2,75***	3,75*****
PT-PDN- PT	4,75*****	5,25*****
PDN-PT- PT	4,25*****	4,25*****
PDN- PDN-PT	3,75*****	4,75*****
PDN-PT-PDN	3,25*****	2,75***
PT-PDN-PDN	2,75***	5,75*****
PT-PT-PGR	0,25*	1,25*
PT-PGR- PT	-0,25*	-3,25*
PGR-PT- PT	2,25**	0,75*
PGR- PGR-PT	1,75**	-2,25*
PGR-PT-PGR	1,25*	0,25*
PT-PGR-PGR	0,75*	-2,75*

Tableau 28 (Suite)

Dispositions	$\mu$ observé	
	Goût	Aspect externe
<b>PT-PT-PTN</b>	5,75****	3,25****
<b>PT-PTN- PT</b>	5,25****	3,75****
<b>PTN-PT- PT</b>	4,75****	4,25****
<b>PTN- PTN-PT</b>	4,25****	4,75****
<b>PTN-PT-PTN</b>	3,75****	5,25****
<b>PT-PTN-PTN</b>	3,25****	5,75****
<b>PT-PT-PTJ</b>	-0,75*	-0,75*
<b>PT-PTJ- PT</b>	-1,25*	-2,25*
<b>PTJ-PT- PT</b>	-1,75*	-3,25*
<b>PTJ- PTJ-PT</b>	-2,25*	-2,75*
<b>PTJ-PT-PTJ</b>	-2,75*	-1,75*
<b>PT-PTJ-PTJ</b>	-3,25*	-1,25*
<b>PT-PT-PTZ</b>	1,25*	0,75*
<b>PT-PTZ- PT</b>	0,75*	-0,25*
<b>PTZ-PT- PT</b>	0,25*	1,25*
<b>PTZ- PTZ-PT</b>	-0,25*	0,25*
<b>PTZ-PT-PTZ</b>	0,75*	0,25*
<b>PT-PTZ-PTZ</b>	1,25*	-0,25*

PT : pâte témoin , PDT: pâte *dalt* , PDN : pâte *deglet nour* , PGR : pâte *ghars* , PTN : pâte *tamezwert n'telet* , PTJ : pâte *tamjouhert* , PTZ : pâte *tazarzeit* \* : non significative. \*\* : significative à 5%. \*\*\* : significative à 1%. \*\*\*\* : significative à 1%

Les pâtes *tamjouhert* et *tazarzeit* ont un aspect externe et un goût similaires à ceux de la pâte témoin quels que soient leurs positions de présentation ( $\mu < 1,64$ ) contrairement à la pâte *tamezwert n'telet* ( $\mu > 2,81$ ). Les pâtes *dalt* et *deglet nour* ont un aspect externe significativement différent de celui de la pâte témoin. Quels que soient leurs rangs de présentation. Toutefois, elles possèdent un goût similaire au goût de la pâte témoin uniquement à 1% et lorsqu'elles sont présentées après cette dernière. Quelle que soit sa position de présentation, la pâte *ghars* présente un aspect externe similaire à celui de la pâte témoin cependant son goût est significativement différent de celui de la pâte témoin sauf si elle est présentée avant cette dernière (à 5%, 1 % et 1%).

#### IV.7.2 Test de classement

Les dégustateurs ont classé les pâtes selon la consistance, le goût et l'arôme. Les classements donnés à chaque échantillon sont illustrés dans le Tableau 29.

Par ordre de préférence, les panélistes ont attribué le premier rang de consistance à la pâte *tamjouhert* suivi par les pâtes *tazarzeit*, témoins, *ghars*, *deglet nour* et en fin *tamezwert n'telet*. En termes de goût, le premier rang est attribué à la pâte *tamjouhert* alors que le dernier rang est attribué à la pâte *dalt*. Quant à l'arôme, la pâte témoin est classée en premier tandis que la pâte *deglet nour* est classée en dernier.

**Tableau 29.** Classements attribués aux pâtes de dattes.

Echantillons	Aspects	Totaux de classement	Classement
PT	Consistance	48	3
	Goût	44	3
	Arôme	31	1
PDT	Consistance	104	6
	Goût	120	7
	Arôme	106	6
PDN	Consistance	95	5
	Goût	90	5
	Arôme	125	7
PGR	Consistance	80	4
	Goût	77	4
	Arôme	74	4
PTN	Consistance	117	7
	Goût	109	6
	Arôme	91	5
PTJ	Consistance	23	1
	Goût	33	1
	Arôme	32	2
PTZ	Consistance	37	2
	Goût	33	2
	Arôme	44	3

PT : pâte témoin , PDT : pâte *dalt* , PDN : pâte *deglet nour* , PGR : pâte *ghars* , PTN : pâte *tamezwert n'telet* , PTJ : pâte *tamjouhert* , PTZ : pâte *tazarzeit*

Parallèlement, les différences entre les totaux de classement pour toutes les paires possibles ont été calculées et les résultats sont présentés dans le Tableau 30.

D'après le tableau de l'annexe 4, la valeur critique calculée pour 18 dégustateurs et 7 échantillons est de 39. Ainsi, il n'y a pas de différences significatives ( $D < 39$ ) entre la consistance, le goût et l'arôme de la pâte témoin et deux pâtes *tamjoughert* et *tazarzeit*. Tandis qu'ils sont significativement différent de ceux des pâtes *dalt*, *deglet nour*, *ghars* et *tamezwert n'telet*. Cependant, ces quatre pâtes ne présentent pas de différences significatives entre elles pour chacun des trois descripteurs, à l'exception de la pâte préparée du *ghars*. Elle présente des différences significatives tant pour l'arôme que pour le goût pour les pâtes *deglet nour* et *dalt* respectivement.

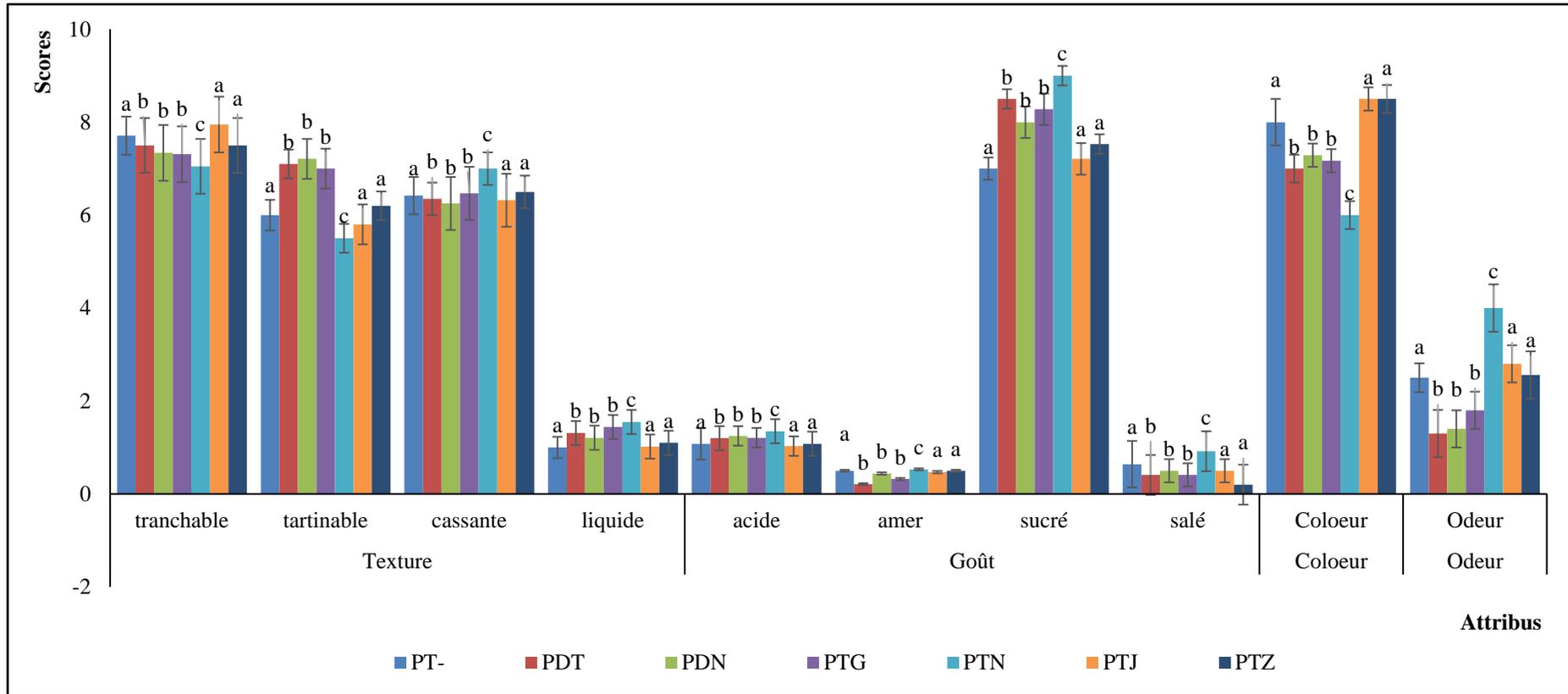
**Tableau 30.** Différences entre les totaux de classement des pâtes de dattes.

Paires possibles	Différence entre les totaux de classement		
	Consistance	Goût	Arôme
PT – PDT	56**	76**	75**
PT – PDN	47**	46**	94**
PT – PGR	32*	33*	43**
PT – PTN	69**	65**	60**
PT – PTJ	25*	11*	1*
PT – PTZ	11*	11*	13*
PDT - PDN	9*	30*	19*
PDT - PGR	24*	43**	32*
PDT - PTN	13*	11*	15*
PDT - PTJ	81**	87**	74**
PDT - PTZ	67**	87**	62**
PDN - PGR	15*	13*	51**
PDN - PTN	22*	-19*	34*
PDN - PTJ	72**	57**	93**
PDN - PTZ	58**	57**	81**
PGR - PTN	37*	32*	17*
PGR - PTJ	57**	44**	42**
PGR - PTZ	43**	44**	30*
PTN - PTJ	94**	76**	59**
PTJ - PTZ	80**	76**	47**

PT : pâte témoin, PDT : pâte *dalt*, PDN : pâte *deglet nour*, PGR : pâte *ghars*, PTN : pâte *tamezwert n'telet*, PTJ : pâte *tamjoughert*, PTZ : pâte *tazarzeit*. \* : différences non significatives à 5%, \*\* : différences significatives à 5%

### IV.7.3 Test hédonique

Les résultats du test hédonique sont représentés dans la figure 28.



**Figure 28.** Scores moyens d'appréciation hédonique des pâtes de dattes.

PT : pâte témoin , PDT : pâte *dali* , PDN : pâte *deglet nour* , PGR : pâte *ghars* , PTN : pâte *tamezwert n'telet* , PTJ : pâte *tamjoughert* , PTZ : pâte *tazarzeit*

Nous avons constaté que les membres du panel de dégustation perçoivent que les paramètres sensoriels décrivant la texture, le goût ainsi que la couleur sont les plus intenses contrairement à ceux décrivant l'odeur. Cependant, quelques descripteurs du goût à savoir le goût acide, amer et salé ont de faibles intensités.

Les résultats de l'ANOVA mettent en évidence une différence significative ( $P \leq 0,05$ ) entre les pâtes et le test T.Tukey a révélé leur séparation en trois groupes hétérogènes. Le premier groupe (a) comprend les pâtes témoin, *tamjouhert* et *tazarzeit*, le second groupe (b) comprend les pâtes *dalt*, *deglet nour* et *ghars* tandis que le dernier groupe (c) comprend la pâte *tamezwert n'telet*. Cela signifie que les pâtes du même groupe sont similaires les unes aux autres alors qu'elles présentent des différences significatives avec les pâtes appartenant aux autres groupes vis-à-vis les dix descripteurs étudiés.

Il apparaît clairement que les pâtes : témoin, *tamjouhert* et *tazarzeit* ont une texture tranchante et tartinable et un goût moins sucré. La pâte *tamezwert n'telet* a une texture cassante et une faible tartinabilité, en revanche elle possède la meilleure odeur et elle est fortement sucrée. De plus, les pâtes *dalt*, *deglet nour* et *ghars* sont entre les deux.

### Corrélation entre les paramètres physico-chimiques et le profil hédonique des pâtes de dattes

L'analyse en composantes principales (Figure 29) nous a permis de visualiser la corrélation entre les paramètres physicochimiques et les paramètres sensoriels.

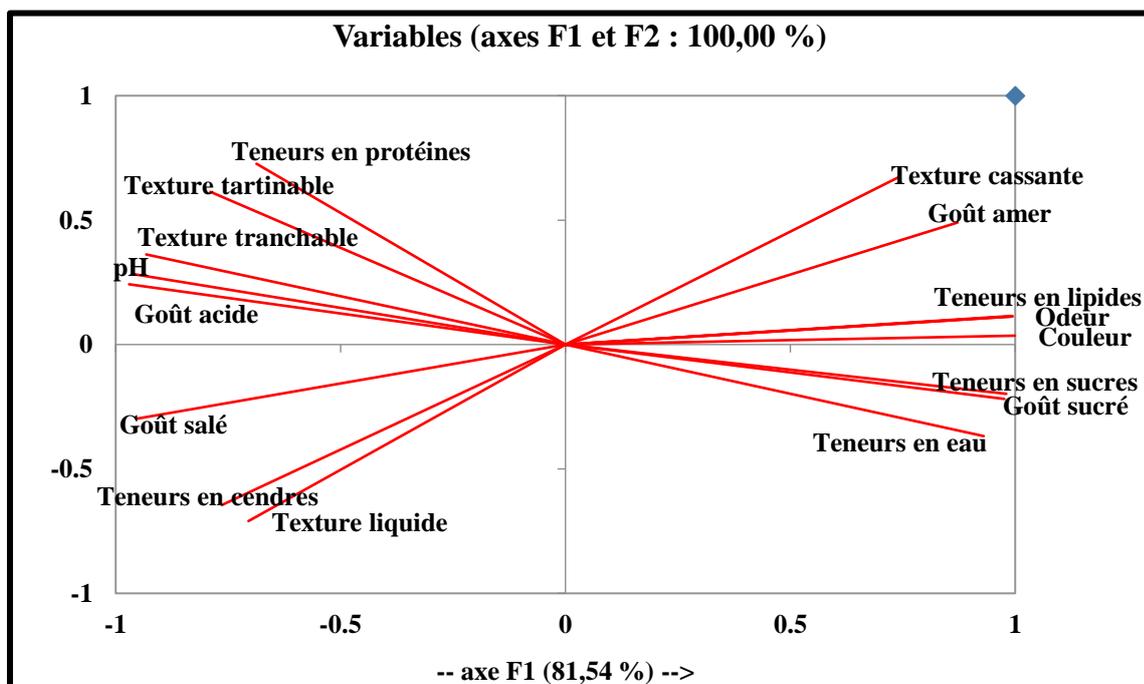


Figure 29. Corrélation entre les paramètres physico-chimiques et le profil hédonique des pâtes de dattes.

Les résultats obtenus indiquent que la texture tranchable et tartinable sont positivement corrélées avec le pH ( $r = + 0,993$  et  $+ 0,866$  respectivement). D'autre part, le pH est négativement corrélé ( $r = - 0,953$ ) avec la texture cassante. Cette dernière est à son tour corrélée négativement avec la teneur en matière grasse ( $r = - 0,013$ ). De même, une corrélation positive ( $r = 0,782$ ) a été observée entre la texture liquide et la teneur en eau.

Quant aux goûts, le goût sucré a une forte corrélation avec la teneur en sucre ( $r = + 0,958$ ), contrairement au goût amer ( $r = -0,045$ ). Parallèlement, une corrélation positive a été constatée entre le goût et la teneur en cendres ( $r = + 0,609$ ).

En ce qui concerne l'odeur, elle est positivement corrélée avec la teneur en matière grasse ( $r = +0,591$ ). Tandis que la couleur est hautement corrélée avec la teneur en sucres ( $r = +0,991$ ).

L'ACP a montré que certaines caractéristiques sensorielles sont corrélées avec les paramètres physicochimiques.

Une corrélation positivement significative a été observée lors de l'expérimentation sensorielle entre l'aspect tartinable de la texture et le pH. En augmentant le pH, les interactions protéines-protéines de même que protéines-eau augmentent et donnent une texture molle et élastique (Lee *et al.*, 2015).

D'autre part, le pH est corrélé négativement avec l'aspect cassant de la texture, car en abaissant le pH, on obtient un produit de texture friable résultant de l'affaiblissement des interactions protéines-protéines et protéines-eau mais qui possède en revanche de bonnes caractéristiques de conservation et ne présente pas de risque de séparation de la matière grasse (Shimp, 1985). Cette dernière est à son tour corrélée négativement avec l'aspect cassant de la texture, d'une manière moins significative, en diminuant le taux de la matière grasse, le nombre de globules gras entourés par la membrane des micelles des protéines sera réduit, ce qui fait augmenter le degré d'agrégation des protéines et la texture devient ainsi plus cassante (Besbes *et al.*, 2009).

Une corrélation significativement négative est notamment observée entre le taux d'humidité et la texture cassante. Cela peut être expliqué par l'effet plastifiant de l'eau contenue dans les dattes. La diminution de la teneur en eau entraîne une mauvaise hydratation des protéines et donne une pâte moins élastique et plus susceptible aux forces de rupture (Pereira *et al.*, 2001).

Parallèlement, l'ACP a montré que la texture liquide est positivement corrélée avec le taux des minéraux. Ces derniers, essentiellement le calcium, le potassium et le sodium peuvent jouer un rôle très important dans la formation de la charpente protéique en formant des ponts reliant les micelles de protéines (MacArtain *et al.*, 2003; Spagnuolo *et al.*, 2005).

Les descripteurs du goût apparissent avec des corrélations plus ou moins significatives avec les paramètres physicochimiques, mis à part le goût sucré qui est dû à la forte teneur en sucre. Les variations du goût salé peuvent être attribuées aux faibles taux de cendres dans le produit dont l'intensité dépend de la teneur en minéraux notamment en NaCl (Ghnimi *et al.*, 2018).

En ce qui concerne l'odeur, nous notons une présence d'une corrélation positive avec le taux de la matière grasse. En vue de la nature lipophile des composés volatiles responsables de l'odeur, qui tendent à se concentrer dans la matière grasse. Il est admis que l'intensité de l'odeur augmente avec l'augmentation du taux de la matière grasse et des réactions d'oxydation résultantes de la production des composés volatiles tels que les n-méthyl cétone, lactones, esters, alcools et aldéhydes (Fox & Wallace, 1997; Urbach, 1993).

Quant à la couleur, l'ACP a permis de mettre en évidence qu'elle est fortement liée à la teneur en sucres. Les dattes marrons contiennent plus de sucres, la couleur jaune est due principalement à la diminution de la fraction glucidique (Hachani *et al.*, 2018).

*Conclusion*

---

*et perspectives*

## CONCLUSION

Cette étude prenant en compte les effets multifactoriels (la variété, le stade de maturation et le solvant d'extraction), a été conduite dans le cadre des initiatives visant la sauvegarde du patrimoine phœnicicole du sud algérien par l'évaluation de la qualité dans sa composante microbiologique, physicochimique sensorielle et fonctionnelle (aptitudes antioxydantes et antimicrobiennes), des fruits et des pâtes de dattes (*dalt*, *deglet nour*, *ghars*, *tamjoughert*, *tamezwert n'telet* et *tazarzeit*).

Une variabilité intéressante a été mise en évidence entre les variétés et ceci pour l'ensemble des paramètres étudiés. Parmi toutes les variétés analysées, *tamjoughert* s'est révélée la meilleure dans la plupart des cas. L'extraction à l'eau était plus rentable que celle réalisée avec les solvants organiques. Il n'y a pas eu de différences significatives entre les stades *rotab* et *tamr*, mais significativement différentes au stade *kimri*.

Les résultats obtenus montrent que les fruits ainsi que les pâtes de dattes présentent une bonne qualité physico-chimique vue leurs faibles acidités, leurs taux d'extrait sec élevés, particulièrement en sucres (glucose), leurs teneurs moyennes en eau, en protéines et en cendres et leurs faibles teneurs en lipides.

Ces deux matrices présentent une bonne qualité hygiénique avec des charges totales conformes aux normes internationales. Elles peuvent de ce fait être considérées comme « à très faible risque » par rapport aux pathogènes courants recherchés. Cependant, il n'est pas exclu que des souches fongiques particulières puissent se développer surtout sur les fruits/aliments riche en glucide et à faible activité de l'eau.

Le dosage des composés phénoliques a révélé des teneurs considérables des extraits hygrothermiques en composés phénoliques et en tanins condensés, surtout au stade *kimri*. Par contre les taux des flavonoïdes sont relativement moins élevés. Bien que les pâtes renferment plus de molécules bioactives, elles partagent pratiquement le même profil phénolique avec les fruits avec la prédominance de l'acide gallique, de l'acide cinnamique et de la lutéoline.

Les fruits ont exhibé une forte capacité antioxydante où le pouvoir antioxydant le plus important était obtenu avec les extraits hygrothermiques. Une corrélation positive a été mise en évidence entre les teneurs des extraits en composés phénoliques et leur capacité antioxydante. La capacité antioxydante des pâtes est nettement supérieure à celle des fruits, résultat expliqué principalement par l'effet du traitement thermique et de l'hydratation.

Concernant l'activité antimicrobienne, la comparaison des zones d'inhibition de nos extraits et celles des témoins indique que l'activité antimicrobienne de nos échantillons est quand même considérable. Les plus grandes zones d'inhibition ont été obtenues pour les extraits hygrothermiques du stade *rotab*. Ce test a également révélé une résistance de certaines souches fongiques et la sensibilité des souches bactériennes surtout celles à Gram positif. Idem pour l'activité antioxydante, l'activité antimicrobienne des fruits est inférieure à celle des pâtes et est corrélée positivement avec les teneurs des extraits en composés phénoliques qui a augmenté après transformation.

Les analyses réalisées pour identifier la qualité sensorielle ont démontré que toutes les pâtes préparées ont été appréciées par le panel, avec une préférence aux pâtes préparées à partir du cultivar *tamjouhert* et *tazarzeit* vue leurs qualités organoleptiques et rhéologiques. Quant aux résultats de l'ANOVA et de l'ACP, ils laissent apparaître que les paramètres physico-chimiques des pâtes pourraient influencer sensiblement la texture mais n'induiraient pas de modifications significatives sur le goût, la couleur et l'odeur.

La transformation a entraîné l'augmentation du pH et de la teneur en eau et la diminution de l'acidité et des teneurs en extrait sec total, en sucres et en lipides. Les teneurs en protéines et en cendres restent toutefois significativement stables.

A la lumière de ces résultats prometteurs, nous devons continuer à nous intéresser à l'agrobiodiversité du palmier dattier en Algérie, véritable source de la diversité moléculaire à fort potentiel nutritionnel et santé et c'est un levier socio-économique non négligeable pour les populations en région saharienne. Notre modeste contribution ouvre aussi un certain nombre de perspectives, notamment :

- ✚ Élargir l'éventail des variétés secondaires et/ou des sous- produits ,
- ✚ Incorporer les fruits de ces variétés dans des préparations alimentaires, notamment dans les aliments candidats à être fonctionnels,
- ✚ Continuer à caractériser leurs constituants mineurs et étudier leurs structures (HPLC, RMN...etc.) ,
- ✚ Étudier ces activités biologiques *in vivo* ,
- ✚ Étudier d'autres activités biologiques (anti-inflammatoire, enzymatique...etc.).

*Références*

---

*bibliographiques*

**Références bibliographiques**

- Aamir, J., Kumari, A., Khan, M. N., & Medam, S. K. 2013. Evaluation of the combinational antimicrobial effect of *Annona Squamosa* and *Phoenix Dactylifera* seeds methanolic extract on standard microbial strains. *International Research Journal of Biological Sciences*, 2(5): 68-73.
- Abass, M. 2013a. Microbial contaminants of date palm (*Phoenix dactylifera* L.) in Iraqi tissue culture laboratories. *Emirates Journal of Food and Agriculture*: 875-882.
- Abass, M. H. 2013b. A PCR ITS-RFLP method for identifying fungal contamination of date palm (*Phoenix dactylifera* L.) tissue cultures. *African Journal of Biotechnology*, 12(32): 5054.
- Abass, M. H., Naema, J. D., & Al-Jabary, K. M. 2018. Cadmium and lead-induced genotoxicity in date palm (*Phoenix dactylifera* L.) cv. Barhee. *Basrah Journal For Date Palm Research*, 17(1-2): 16 En-34 En.
- Abbès, F., Bouaziz, M. A., Blecker, C., Masmoudi, M., Attia, H., & Besbes, S. 2011. Date syrup: effect of hydrolytic enzymes (pectinase/cellulase) on physico-chemical characteristics, sensory and functional properties. *LWT-Food Science and Technology*, 44(8): 1827-1834.
- Abbès, F., Kchaou, W., Blecker, C., Ongena, M., Lognay, G., Attia, H., *et al.* 2013. Effect of processing conditions on phenolic compounds and antioxidant properties of date syrup. *Industrial crops and products*, 44: 634-642.
- Abdillah, S., Tambunan, R. M., Farida, Y., Sandhiutami, N. M. D., & Dewi, R. M. 2015. Phytochemical screening and antimalarial activity of some plants traditionally used in Indonesia. *Asian Pacific Journal of Tropical Disease*, 5(6): 454-457.
- Abekhti, A., Zarour, K., Boulal, A., Benmechernene, Z., & Kihal, M. 2013. Evaluation of microbiological quality of the date fruit product "Btana" produced in Adrar South Algeria. *Journal of microbiology research*, 3(5): 163-170.
- Aberlenc-Bertossi, F. 2017. *Biotechnologies du palmier dattier*: IRD Éditions.
- Acourene, S., & Belguedj, M. 2005. Caractérisation, évaluation de la qualité de la datte et identification des cultivars rares de palmier dattier de la région des Ziban.
- Ahmed, I. A., Ahmed, A. W. K., & Robinson, R. K. 1995. Chemical composition of date varieties as influenced by the stage of ripening. *Food chemistry*, 54(3): 305-309.
- Ahmed, J., Ramaswamy, H., & Khan, A. 2005. Effect of water activity on glass transitions of date pastes. *Journal of Food Engineering*, 66(2): 253-258.
- Ahmed, J., & Ramaswamy, H. S. 2006. Physico-chemical properties of commercial date pastes (*Phoenix dactylifera*). *Journal of Food Engineering*, 76(3): 348-352.
- Ahmed, M., & Eun, J.-B. 2018. Flavonoids in fruits and vegetables after thermal and nonthermal processing: A review. *Critical reviews in food science and nutrition*, 58(18): 3159-3188.
- Ait-Oubahou, A. 1999. Postharvest handling of dates. *Postharv. New Info*, 10: 67N-74N.

- Ait Ameer, L. 2001. Analyse du processus de diffusion des sucres, des acides organiques aBonazzi, C., & Bimbenet, JJ (2008). *Séchage des produits alimentaires-Matériels et*.
- Al-Daihan, S., Al-Faham, M., Al-shawi, N., Almayman, R., Brnawi, A., & shafi Bhat, R. 2013. Antibacterial activity and phytochemical screening of some medicinal plants commonly used in Saudi Arabia against selected pathogenic microorganisms. *Journal of King Saud University-Science*, 25(2): 115-120.
- Al-Farsi, M., Alasalvar, C., Al-Abid, M., Al-Shoaily, K., Al-Amry, M., & Al-Rawahy, F. 2007. Compositional and functional characteristics of dates, syrups, and their by-products. *Food chemistry*, 104(3): 943-947.
- Al-Hammadi, M. S., Al-Shariqi, R., Maharachchikumbura, S. S., & Al-Sadi, A. M. 2019. Molecular identification of fungal pathogens associated with date palm root diseases in the United Arab Emirates. *Journal of Plant Pathology*, 101(1): 141-147.
- Al-Hooti, S. N., Sidhu, J. S., Al-Saqer, J. M., & Al-Othman, A. 2002. Chemical composition and quality of date syrup as affected by pectinase/cellulase enzyme treatment. *Food chemistry*, 79(2): 215-220.
- Al-Jaouni, S., Abdul-Hady, S., El-Bassossy, H., Salah, N., & Hagra, M. 2019. Ajwa nanopreparation prevents doxorubicin-associated cardiac dysfunction: Effect on cardiac ischemia and antioxidant capacity. *Integrative cancer therapies*, 18: 1534735419862351.
- Al-Jasser, M. S. 2010. Effect of storage temperatures on microbial load of some dates palm fruit sold in Saudi Arabia market. *Afr. J. Food Sci*, 4(6): 359-363.
- Al-Mamary, M., Al-Habori, M., & Al-Zubairi, A. S. 2014. The in vitro antioxidant activity of different types of palm dates (*Phoenix dactylifera*) syrups. *Arabian Journal of Chemistry*, 7(6): 964-971.
- Al-Sheikh, H. 2009. Date-palm fruit spoilage and seed-borne fungi of Saudi Arabia. *Res J Microbiol*, 4(5): 208-213.
- Al-Turki, S., Shahba, M. A., & Stushnoff, C. 2010. Diversity of antioxidant properties and phenolic content of date palm (*Phoenix dactylifera* L.) fruits as affected by cultivar and location. *J. Food Agric. Environ*, 8(1): 253-260.
- Al-Yahya, M., Raish, M., AlSaid, M. S., Ahmad, A., Mothana, R. A., Al-Sohaibani, M., et al. 2016. 'Ajwa' dates (*Phoenix dactylifera* L.) extract ameliorates isoproterenol-induced cardiomyopathy through downregulation of oxidative, inflammatory and apoptotic molecules in rodent model. *Phytomedicine*, 23(11): 1240-1248.
- Al-zoreky, N. S., & Al-Taher, A. Y. 2015. Antibacterial activity of spathe from *Phoenix dactylifera* L. against some food-borne pathogens. *Industrial crops and products*, 65: 241-246.
- Al Alawi, R., Alhamdani, M. S. S., Hoheisel, J. D., & Baqi, Y. 2020. Antifibrotic and tumor microenvironment modulating effect of date palm fruit (*Phoenix dactylifera* L.) extracts in pancreatic cancer. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 121: 109522.
- Al Harthi, S., Mavazhe, A., Al Mahroqi, H., & Khan, S. 2015. Quantification of phenolic compounds, evaluation of physicochemical properties and antioxidant activity of four date (*Phoenix dactylifera* L.) varieties of Oman. *Journal of Taibah University Medical Sciences*, 10(3): 346-352.

- Al Hazzani, A. A., Shehata, A. I., Rizwana, H., Moubayed, N. M., Alshatwi, A. A., Munshi, A., *et al.* 2014. Postharvest fruit spoilage bacteria and fungi associated with date palm (*Phoenix dactylifera* L) from Saudi Arabia. *African Journal of Microbiology Research*, 8(11): 1228-1236.
- Al Juhaimi, F., Özcan, M. M., Adiamo, O. Q., Alsawmahi, O. N., Ghafoor, K., & Babiker, E. E. 2018. Effect of date varieties on physico-chemical properties, fatty acid composition, tocopherol contents, and phenolic compounds of some date seed and oils. *Journal of Food Processing and Preservation*, 42(4): e13584.
- Al Qroom, R., & Momani, W. A. 2014. A comparative study of the in vitro antibacterial activity of endocarp, date palm tissue and date palm tissue with endocarp together against some gram negative and gram positive pathogenic bacteria. *Int J Pharm Sci Res*, 5(7): 3081-3084.
- Alais, C., & Linden, G. 1997. *Abrégé de biochimie alimentaire*. 4<sup>ème</sup> Edition Masson. Paris,(119-123).
- Alam, M. Z., Alhebsi, M. S., Ghnimi, S., & Kamal-Eldin, A. 2021. Inability of total antioxidant activity assays to accurately assess the phenolic compounds of date palm fruit (*Phoenix dactylifera* L.). *NFS Journal*, 22: 32-40.
- Aleid, S. M., Hassan, B. H., Almaiman, S. A., Al-Kahtani, S. H., & Ismail, S. M. 2014. Microbial loads and physicochemical characteristics of fruits from four Saudi date palm tree cultivars: conformity with applicable date standards. *Food and Nutrition Sciences*, 2014.
- Ali, H. S. M., Alhaj, O. A., Al-Khalifa, A. S., & Brückner, H. 2014. Determination and stereochemistry of proteinogenic and non-proteinogenic amino acids in Saudi Arabian date fruits. *Amino acids*, 46(9): 2241-2257.
- ALIBERT, G. 1977. Organisation subcellulaire des voies de synthèse des composés phénoliques.
- Allaith, A. A., Ahmed, S. H., & Jafer, F. 2012. Effect of different thermal treatments and freezing on the antioxidant constituents and activity of two Bahraini date cultivars (*Phoenix dactylifera* L.). *International journal of food science & technology*, 47(4): 783-792.
- Allaith, A. A. A. 2008. Antioxidant activity of Bahraini date palm (*Phoenix dactylifera* L.) fruit of various cultivars. *International journal of food science & technology*, 43(6): 1033-1040.
- Allothman, O. Y., Alrashed, M. M., Anis, A., Naveen, J., & Jawaid, M. 2020. Characterization of Date Palm Fiber-Reinforced Different Polypropylene Matrices. *Polymers*, 12(3): 597.
- Amellal-Chibane, H., & Benamara, S. 2011. Total contents of major minerals in the nature yoghurt and in the yoghurts with the date powder of three dry varieties.
- Amorós, A., Pretel, M., Almansa, M., Botella, M., Zapata, P., & Serrano, M. 2009. Antioxidant and nutritional properties of date fruit from Elche grove as affected by maturation and phenotypic variability of date palm. *Food Science and Technology International*, 15(1): 65-72.

- Aron, P. M. 2007. Composition of flavonoid phenolic polymers isolated from red wine during maceration and significance of flavan-3-ols in foods pertaining to biological activity.
- Assirey, E. A. R. 2015. Nutritional composition of fruit of 10 date palm (*Phoenix dactylifera* L.) cultivars grown in Saudi Arabia. *Journal of Taibah University for science*, 9(1): 75-79.
- Atia, M. A., Sakr, M. M., & Adawy, S. S. 2017. Assessing date palm genetic diversity using different molecular markers, *Date Palm Biotechnology Protocols Volume II*: 125-142: Springer.
- Awad, M. A., Al-Qurashi, A. D., & Mohamed, S. A. 2011a. Antioxidant capacity, antioxidant compounds and antioxidant enzyme activities in five date cultivars during development and ripening. *Scientia Horticulturae*, 129(4): 688-693.
- Awad, M. A., Al-Qurashi, A. D., & Mohamed, S. A. 2011b. Biochemical changes in fruit of an early and a late date palm cultivar during development and ripening. *International journal of fruit science*, 11(2): 167-183.
- Awan, F. S., Jaskani, M. J., & Sadia, B. 2017. Gender Identification in Date Palm Using Molecular Markers, *Date Palm Biotechnology Protocols Volume II*: 209-225: Springer.
- Ayachi, A., Alloui, N., Bennoune, O., Yakhlef, G., Amieur, S. D., Bouzid, W., *et al.* 2009. Antibacterial activity of some fruits, berries and medicinal herb extracts against poultry strains of Salmonella. *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences*, 6: 12-15.
- Bahorun, T. 1998. *Substances naturelles actives: la flore mauricienne, une source d'approvisionnement potentielle*. Paper presented at the Second Annual Meeting of Agricultural Scientists.
- Baliga, M. S., Baliga, B. R. V., Kandathil, S. M., Bhat, H. P., & Vayalil, P. K. 2011. A review of the chemistry and pharmacology of the date fruits (*Phoenix dactylifera* L.). *Food research international*, 44(7): 1812-1822.
- Barreveld, W. 1993. *Date palm products*: FAO.
- Basuny, A. M. M., & Al-Marzooq, M. A. 2011. Production of mayonnaise from date pit oil. *Food and Nutrition Sciences*, 2(09): 938.
- Belguedj, N., Bassi, N., Fadlaoui, S., & Agli, A. 2015. Contribution à l'industrialisation par l'amélioration du processus traditionnel de fabrication du boisson locale à base de datte „Rob“. *Journal of new sciences, Agriculture and Biotechnology*, 20(7): 818-829.
- Benamara, S., Chibane, H., & Boukhelifa, M. 2004. Actualites techniques et industrielles-Essai de formulation d'un yaourt naturel aux dattes. *Industries Alimentaires et Agricoles*, 121(1-2): 11-14.
- Benchelah, A., & Maka, M. 2006. Les dattes, de la préhistoire à nos jours. *Phytothérapie*, 4(1): 43-47.
- Benkerrou, F., Amrane, M., & Louaileche, H. 2018. Ultrasonic-assisted extraction of total phenolic contents from *Phoenix dactylifera* and evaluation of antioxidant activity: statistical optimization of extraction process parameters. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 12(3): 1910-1916.

- Benmeddour, Z., Mehinagic, E., Le Meurlay, D., & Louaileche, H. 2013. Phenolic composition and antioxidant capacities of ten Algerian date (*Phoenix dactylifera* L.) cultivars: a comparative study. *Journal of Functional Foods*, 5(1): 346-354.
- Benmeziane-Derradji, F. 2019. Nutritional value, phytochemical composition, and biological activities of Middle Eastern and North African date fruit: an overview. *Euro-Mediterranean Journal for Environmental Integration*, 4(1): 39.
- Besbes, S., Drira, L., Blecker, C., Deroanne, C., & Attia, H. 2009. Adding value to hard date (*Phoenix dactylifera* L.): compositional, functional and sensory characteristics of date jam. *Food chemistry*, 112(2): 406-411.
- Bhat, R. S., & Al-Daihan, S. 2014. Phytochemical constituents and antibacterial activity of some green leafy vegetables. *Asian Pacific journal of tropical biomedicine*, 4(3): 189-193.
- Booij, I., Piombo, G., Risterucci, J., Coupe, M., Thomas, D., & Ferry, M. 1992. Etude de la composition chimique de dattes à différents stades de maturité pour la caractérisation variétale de divers cultivars de palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.). *Fruits*, 47(6): 667-678.
- Boudries, H., Kefalas, P., & Hornero-Méndez, D. 2007. Carotenoid composition of Algerian date varieties (*Phoenix dactylifera*) at different edible maturation stages. *Food chemistry*, 101(4): 1372-1377.
- Bouguedoura, N. 1991. Connaissance de la morphogenèse du palmier dattier. *Etude in situ et in*.
- Bourgeois, C. F. 2003. *Les vitamines dans les industries agroalimentaires*: Tec & Doc Lavoisier.
- Bourgou, S., Ksouri, R., Bellila, A., Skandrani, I., Falleh, H., & Marzouk, B. 2008. Phenolic composition and biological activities of Tunisian *Nigella sativa* L. shoots and roots. *Comptes Rendus Biologies*, 331(1): 48-55.
- Briones, R., Serrano, L., Younes, R. B., Mondragon, I., & Labidi, J. 2011. Polyol production by chemical modification of date seeds. *Industrial crops and products*, 34(1): 1035-1040.
- Bruneton, J. 1999. Pharmacognosie et phytochimie des plantes médicinales, 3 ème édition, lavoisier: Paris.
- Chaari, A., Abdellatif, B., Nabi, F., & Khan, R. H. 2020. Date palm (*Phoenix dactylifera* L.) fruit's polyphenols as potential inhibitors for human amylin fibril formation and toxicity in type 2 diabetes. *International Journal of Biological Macromolecules*, 164: 1794-1808.
- Chaira, N., Smaali, M. I., Martinez-Tomé, M., Mrabet, A., Murcia, M. A., & Ferchichi, A. 2009. Simple phenolic composition, flavonoid contents and antioxidant capacities in water-methanol extracts of Tunisian common date cultivars (*Phoenix dactylifera* L.). *International journal of food sciences and nutrition*, 60(sup7): 316-329.
- Chandrasekaran, M., & Bahkali, A. H. 2013. Valorization of date palm (*Phoenix dactylifera*) fruit processing by-products and wastes using bioprocess technology—Review. *Saudi journal of biological sciences*, 20(2): 105-120.

- Chibane, H., Benamara, S., & Madani, K. 2007. Possibility of obtaining yoghurt made with the addition of date powder of dry variety Mech-Degla. *Journal of Saudi Chemical Society*, 11(3).
- Daayf, F., El Bellaj, M., El Hassni, M., J'aiti, F., & El Hadrami, I. 2003. Elicitation of soluble phenolics in date palm (*Phoenix dactylifera*) callus by *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis* culture medium. *Environmental and Experimental Botany*, 49(1): 41-47.
- Daoud, A., Malika, D., Bakari, S., Hfaiedh, N., Mnafigui, K., Kadri, A., *et al.* 2015. Assessment of polyphenol composition, antioxidant and antimicrobial properties of various extracts of Date Palm Pollen (DPP) from two Tunisian cultivars. *Arabian Journal of Chemistry*.
- Dawood, M. A., Eweedah, N. M., Khalafalla, M. M., & Khalid, A. 2020. Evaluation of fermented date palm seed meal with *Aspergillus oryzae* on the growth, digestion capacity and immune response of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture Nutrition*.
- Degefa, B. A., Muhammad, S., & Fathelrahman, E. 2017. Market acceptability of dried dates at the unripe "Bisr" stage in United Arab Emirates. *Emirates Journal of Food and Agriculture*: 674-684.
- Deng, Y., Yang, G., Yue, J., Qian, B., Liu, Z., Wang, D., *et al.* 2014. Influences of ripening stages and extracting solvents on the polyphenolic compounds, antimicrobial and antioxidant activities of blueberry leaf extracts. *Food control*, 38: 184-191.
- Dhaouadi, K., Raboudi, F., Estevan, C., Barrajon, E., Vilanova, E., Hamdaoui, M., *et al.* 2011. Cell viability effects and antioxidant and antimicrobial activities of Tunisian date syrup (Rub El Tamer) polyphenolic extracts. *Journal of agricultural and food chemistry*, 59(1): 402-406.
- Dhiman, S., Mukherjee, G., & Singh, A. K. 2018. Recent trends and advancements in microbial tannase-catalyzed biotransformation of tannins: a review. *International Microbiology*, 21(4): 175-195.
- Djaoudene, O., Bey, M. B., & Louaileche, H. 2019a. Physicochemical Characteristics and Nutritional Compositions of Some Date (*Phoenix dactylifera* L.) Fruit Cultivars. *Acta Universitatis Cibiniensis. Series E: Food Technology*, 23(2): 129-138.
- Djaoudene, O., López, V., Cásedas, G., Les, F., Schisano, C., Bey, M. B., *et al.* 2019b. Phoenix *dactylifera* L. seeds: a by-product as a source of bioactive compounds with antioxidant and enzyme inhibitory properties. *Food & function*, 10(8): 4953-4965.
- Djaoudene, O., López, V., Cásedas, G., Les, F., Schisano, C., Bey, M. B., *et al.* Food & Function.
- Djaoudene, O., Mansinhos, I., Gonçalves, S., Jara-Palacios, M. J., & Romano, A. 2021. Phenolic profile, antioxidant activity and enzyme inhibitory capacities of fruit and seed extracts from different Algerian cultivars of date (*Phoenix dactylifera* L.) were affected by in vitro simulated gastrointestinal digestion. *South African Journal of Botany*, 137: 133-148.
- Djelal, H., Chniti, S., Jemni, M., Weill, A., Sayed, W., & Amrane, A. 2017. Identification of strain isolated from dates (*Phoenix dactylifera* L.) for enhancing very high gravity ethanol production. *Environmental Science and Pollution Research*, 24(11): 9886-9894.

- Eid, N., Enani, S., Walton, G., Corona, G., Costabile, A., Gibson, G., *et al.* 2014. The impact of date palm fruits and their component polyphenols, on gut microbial ecology, bacterial metabolites and colon cancer cell proliferation. *Journal of nutritional science*, 3.
- Eid, N. M., Al-Awadi, B., Vauzour, D., Oruna-Concha, M. J., & Spencer, J. P. 2013. Effect of cultivar type and ripening on the polyphenol content of date palm fruit. *Journal of agricultural and food chemistry*, 61(10): 2453-2460.
- El-Far, A. H., Oyinloye, B. E., Sepehrimanesh, M., Allah, M. A. G., Abu-Reidah, I., Shaheen, H. M., *et al.* 2019. Date palm (*Phoenix dactylifera*): novel findings and future directions for food and drug discovery. *Current drug discovery technologies*, 16(1): 2-10.
- El-Sohaimy, S., & Hafez, E. 2010. Biochemical and nutritional characterizations of date palm fruits (*Phoenix dactylifera* L.). *J Appl Sci Res*, 6(6): 1060-1067.
- El Abed, H., Chakroun, M., Abdelkafi-Koubaa, Z., Drira, N., Marrakchi, N., Mejdoub, H., *et al.* 2018. Antioxidant, anti-inflammatory, and antitumoral effects of aqueous ethanolic extract from *Phoenix dactylifera* L. parthenocarpic dates. *BioMed research international*, 2018.
- El Arem, A., Ghrairi, F., Lahouar, L., Thouri, A., Saafi, E. B., Ayed, A., *et al.* 2014. Hepatoprotective activity of date fruit extracts against dichloroacetic acid-induced liver damage in rats. *Journal of Functional Foods*, 9: 119-130.
- El Arem, A., Saafi, E. B., Flamini, G., Issaoui, M., Ferchichi, A., Hammami, M., *et al.* 2012. Volatile and nonvolatile chemical composition of some date fruits (*Phoenix dactylifera* L.) harvested at different stages of maturity. *International journal of food science & technology*, 47(3): 549-555.
- El Hadrami, A., & Al-Khayri, J. M. 2012. Socioeconomic and traditional importance of date palm. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 24(5): 371.
- El Hilaly, J., Ennassir, J., Benlyas, M., Alem, C., Amarouch, M.-Y., & Filali-Zegzouti, Y. 2018. Anti-inflammatory properties and phenolic profile of six Moroccan date fruit (*Phoenix dactylifera* L.) varieties. *Journal of King Saud University-Science*, 30(4): 519-526.
- Elleuch, M., Besbes, S., Roiseux, O., Blecker, C., Deroanne, C., Drira, N.-E., *et al.* 2008. Date flesh: Chemical composition and characteristics of the dietary fibre. *Food chemistry*, 111(3): 676-682.
- Espiard, E. 2002. *Introduction à la transformation industrielle des fruits*: Éd. Tec & Doc.
- Esquenazi, D., Wigg, M. D., Miranda, M. M., Rodrigues, H. M., Tostes, J. B., Rozental, S., *et al.* 2002. Antimicrobial and antiviral activities of polyphenolics from *Cocos nucifera* Linn.(Palmae) husk fiber extract. *Research in microbiology*, 153(10): 647-652.
- Faci, M. 2019. Typology and varietal biodiversity of date palm farms in the North-East of Algerian Sahara. *Journal of Taibah University for science*, 13(1): 764-771.
- FAO, I., & UNICEF. 2017. WFP, WHO (2017) The state of food security and nutrition in the world 2017. *Building resilience for peace and food security*. FAO, Rome. URL: <http://www.fao.org/3/a-i7695e.pdf> (Accessed 16 May 2018).
- FAOSTAT. 2019. Données, culture, production et superficie récoltée. Italie: FAO.
- Favier, A. 2003. Le stress oxydant. *L'actualité chimique*, 108.

- Ferreira, I. C., Martins, N., & Barros, L. 2017. Phenolic compounds and its bioavailability: In vitro bioactive compounds or health promoters?, *Advances in food and nutrition research*, Vol. 82: 1-44: Elsevier.
- Fine, A. M. 2000. Oligomeric proanthocyanidin complexes: history, structure, and phytopharmaceutical applications. *Alternative medicine review: a journal of clinical therapeutic*, 5(2): 144-151.
- Fox, P., & Wallace, J. 1997. Formation of flavor compounds in cheese. *Advances in applied microbiology*, 45: 17-86.
- Frankel, E. N., Huang, S.-W., Kanner, J., & German, J. B. 1994. Interfacial phenomena in the evaluation of antioxidants: bulk oils vs emulsions. *Journal of agricultural and food chemistry*, 42(5): 1054-1059.
- Garba, L., Yusha'u, M., & Yerima, A. 2013. Antibacterial activity of ethanol extract of Phoenix dactylifera leaves against some gram negative bacterial isolates. *Greener J. Biol. Sci*, 3: 238-243.
- Ghnimi, S., Al-Shibli, M., Al-Yammahi, H. R., Al-Dhaheri, A., Al-Jaberi, F., Jobe, B., *et al.* 2018. Reducing sugars, organic acids, size, color, and texture of 21 Emirati date fruit varieties (Phoenix dactylifera, L.). *NFS Journal*, 12: 1-10.
- Ghnimi, S., Umer, S., Karim, A., & Kamal-Eldin, A. 2017. Date fruit (Phoenix dactylifera L.): An underutilized food seeking industrial valorization. *NFS Journal*, 6: 1-10.
- Grotewold, E. 2006. *The science of flavonoids*: Springer.
- Guido, F., Behija, S. E., Manel, I., Nesrine, Z., Ali, F., Mohamed, H., *et al.* 2011. Chemical and aroma volatile compositions of date palm (Phoenix dactylifera L.) fruits at three maturation stages. *Food chemistry*, 127(4): 1744-1754.
- Guignard, J. 1996. Les composés phénoliques. Edition: Masson,(Biochimie Végétale).
- Habib, H. M., Kamal, H., Ibrahim, W. H., & Al Dhaheri, A. S. 2013. Carotenoids, fat soluble vitamins and fatty acid profiles of 18 varieties of date seed oil. *Industrial crops and products*, 42: 567-572.
- Hachani, S., Hamia, C., Boukhalkhal, S., Silva, A. M., Djeridane, A., & Yousfi, M. 2018. Morphological, physico-chemical characteristics and effects of extraction solvents on UHPLC-DAD-ESI-MSn profiling of phenolic contents and antioxidant activities of five date cultivars (Phoenix dactylifera L.) growing in Algeria. *NFS Journal*, 13: 10-22.
- Hagerman, A. E. 1988. Extraction of tannin from fresh and preserved leaves. *Journal of chemical Ecology*, 14(2): 453-461.
- Haider, M. S., Khan, I. A., Jaskani, M. J., Naqvi, S. A., & Khan, M. M. 2014. Biochemical attributes of dates at three maturation stages. *Emirates Journal of Food and Agriculture*: 953-962.
- Häkkinen, S. 2000. *Flavonols and phenolic acids in berries and berry products*. University of Kuopio Kuopio.
- Halliwell, B. 1996. Antioxidants in human health and disease. *Annual review of nutrition*, 16(1): 33-50.

- Hamad, S. H. 2008. Microbial spoilage of date Rutab collected from the markets of Al-Hofuf City in the Kingdom of Saudi Arabia. *Journal of food protection*, 71(7): 1406-1411.
- Hamad, S. H. 2012. THE MICROBIAL QUALITY OF PROCESSED DATE FRUITS COLLECTED FROM A FACTORY INAL-HOFUF CITY, KINGDOM OF SAUDI ARABIA. *Emirates Journal of Food and Agriculture*: 105-112.
- Hannachi, S., Khitri, D., Benkhalifa, A., & BRAC, D. L. P. R. 1998. Inventaire variétal de la palmeraie algérienne. *Ed. Anep, Rouïba*: 12-13.
- Harrak, H., & Jaouan, F. 2010. *Processing dates of low market value into flour: evaluation of quality and storage stability*. Paper presented at the IV International Date Palm Conference 882.
- Hasnae, T., Faouzi, E., Lotfi, A., & Rachida, C. 2013. Microbiological Quality of Dates in the North Center Region of Morocco. *Journal of Life Sciences*, 7(12).
- Hasnaoui, A., Elhoumaizi, A., Hakkou, A., Wathelet, B., & Sindic, M. 2011. Physico-chemical characterization, classification and quality evaluation of date palm fruits of some Moroccan cultivars. *Journal of Scientific Research*, 3(1): 139-149.
- Hemingway, R. W. 1989. Structural variations in proanthocyanidins and their derivatives, *Chemistry and significance of condensed tannins*: 83-107: Springer.
- Heuzé, V., Tran, G., & Delagarde, R. 2015. Date palm leaves and date pedicels.
- Hilary, S., Tomás-Barberán, F. A., Martínez-Blázquez, J. A., Kizhakkayil, J., Souka, U., Al-Hammadi, S., *et al.* 2020. Polyphenol characterisation of Phoenix dactylifera L.(date) seeds using HPLC-mass spectrometry and its bioaccessibility using simulated in-vitro digestion/Caco-2 culture model. *Food chemistry*, 311: 125969.
- Hilliard, J., Krause, H., Bernstein, J., Fernandez, J., Nguyen, V., Ohemeng, K., *et al.* 1995. A comparison of active site binding of 4-quinolones and novel flavone gyrase inhibitors to DNA gyrase, *Antimicrobial resistance*: 59-69: Springer.
- Hmidani, A., Bourkhis, B., Khouya, T., Ramchoun, M., Filali-Zegzouti, Y., & Alem, C. 2020. Phenolic profile and anti-inflammatory activity of four Moroccan date (Phoenix dactylifera L.) seed varieties. *Heliyon*, 6(2): e03436.
- Homayouni, A., Azizi, A., Keshtiban, A. K., Amini, A., & Eslami, A. 2015. Date canning: a new approach for the long time preservation of date. *Journal of food science and technology*, 52(4): 1872-1880.
- Hurst, W. J. 2008. *Methods of analysis for functional foods and nutraceuticals*: CRC Press.
- Hussain, M. I., Farooq, M., & Syed, Q. A. 2020. Nutritional and biological characteristics of the date palm fruit (Phoenix dactylifera L.)—A review. *Food Bioscience*, 34: 100509.
- Hussein, A. M., El-Mousalamy, A. M., Hussein, S. A., & Mahmoud, S. A. 2015. Effects of palm dates (Phoenix dactylifera L.) extracts on hepatic dysfunctions in Type 2 diabetic rat model. *World J Pharm Pharm Sci*, 4(7): 62-79.
- Hwang, J., Kang, Y., & Kim, M. 1994. Effects of ethylene and Ca<sup>2+</sup> on activity of phenylalanine ammonia-lyase in glucan-treated Daucus carota. *Journal of Plant Biology*.

- Ibrahim, S. A., Ayad, A. A., Williams, L. L., Ayivi, R. D., Gyawali, R., Krastanov, A., *et al.* 2021. Date fruit: A review of the chemical and nutritional compounds, functional effects and food application in nutrition bars for athletes. *International Journal of Food Science & Technology*, 56(4): 1503-1513.
- Idder-Ighili, H., Idder, M. A., Doumandji-Mitiche, B., & Chenchouni, H. 2015. Modeling the effects of climate on date palm scale (*Parlatoria blanchardi*) population dynamics during different phenological stages of life history under hot arid conditions. *International journal of biometeorology*, 59(10): 1425-1436.
- Ismail, B., Haffar, I., Baalbaki, R., & Henry, J. 2008. Physico-chemical characteristics and sensory quality of two date varieties under commercial and industrial storage conditions. *LWT-Food Science and Technology*, 41(5): 896-904.
- Ismaïl, H. B., Djendoubi, N., Kodia, A., Hassine, D. B., & Slama, M. B. 2013. Physicochemical characterization and sensory profile of 7 principal Tunisian date cultivars. *Emirates Journal of Food and Agriculture*: 331-341.
- ISO, I. 2004. 4120: 2004 Sensory Analysis-Methodology-Triangle Test. *International Organization for Standardization: Geneva, Switzerland*.
- Joseph, S. V., Edirisinghe, I., & Burton-Freeman, B. M. 2016. Fruit polyphenols: A review of anti-inflammatory effects in humans. *Critical reviews in food science and nutrition*, 56(3): 419-444.
- Juhaimi, F. A., Özcan, M. M., & Uslu, N. 2017. The effect of microwave and conventional drying on antioxidant activity, phenolic compounds and mineral profile of date fruit (*Phoenix dactylifera* L.) flesh. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 11(1): 58-63.
- Kampa, M., Alexaki, V.-I., Notas, G., Nifli, A.-P., Nistikaki, A., Hatzoglou, A., *et al.* 2004. Antiproliferative and apoptotic effects of selective phenolic acids on T47D human breast cancer cells: potential mechanisms of action. *Breast Cancer Research*, 6(2): R63.
- Karra, S., Sebi, H., Yaich, H., Bouaziz, M. A., Blecker, C., Danthine, S., *et al.* 2020. Effect of extraction methods on the physicochemical, structural, functional, and antioxidant properties of the dietary fiber concentrates from male date palm flowers. *Journal of Food Biochemistry*.
- Kchaou, W., Abbès, F., Blecker, C., Attia, H., & Besbes, S. 2013. Effects of extraction solvents on phenolic contents and antioxidant activities of Tunisian date varieties (*Phoenix dactylifera* L.). *Industrial crops and products*, 45: 262-269.
- Khalid, S., Khalid, N., Khan, R. S., Ahmed, H., & Ahmad, A. 2017. A review on chemistry and pharmacology of Ajwa date fruit and pit. *Trends in food science & technology*, 63: 60-69.
- Khalil, K., Hafez, N., & Ahmed, E. 2002. Production, evaluation and utilization of date syrup concentrate, Dibis. *Egyptian Journal of Food Science (Egypt)*.
- Khare, C. P. 2008. *Indian medicinal plants: an illustrated dictionary*: Springer Science & Business Media.
- Khraiweh, B., Zhu, J.-K., & Zhu, J. 2012. Role of miRNAs and siRNAs in biotic and abiotic stress responses of plants. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Gene Regulatory Mechanisms*, 1819(2): 137-148.

- Kim, S.-J., Cho, A. R., & Han, J. 2013. Antioxidant and antimicrobial activities of leafy green vegetable extracts and their applications to meat product preservation. *Food control*, 29(1): 112-120.
- Křížová, L., Dadáková, K., Kašparovská, J., & Kašparovský, T. 2019. Isoflavones. *Molecules*, 24(6): 1076.
- Kulkarni, S., Vijayanand, P., Aksha, M., Reena, P., & Ramana, K. 2008. Effect of dehydration on the quality and storage stability of immature dates (*Phoenix dactylifera*). *LWT-Food Science and Technology*, 41(2): 278-283.
- Lee, S. K., Klostermeyer, H., & Anema, S. G. 2015. Effect of fat and protein-in-water concentrations on the properties of model processed cheese. *International Dairy Journal*, 50: 15-23.
- Li, X., Jin, L., Pan, X., Yang, L., & Guo, W. 2019. Proteins expression and metabolite profile insight into phenolic biosynthesis during highbush blueberry fruit maturation. *Food chemistry*, 290: 216-228.
- Liang, N., & Kitts, D. D. 2014. Antioxidant property of coffee components: assessment of methods that define mechanisms of action. *Molecules*, 19(11): 19180-19208.
- Lim, T. K. 2012. *Edible medicinal and non-medicinal plants*: Springer.
- Lima, M., de Sousa, C. P., Fernandez-Prada, C., Harel, J., Dubreuil, J., & de Souza, E. 2019. A review of the current evidence of fruit phenolic compounds as potential antimicrobials against pathogenic bacteria. *Microbial pathogenesis*.
- Lugasi, A. 2003. The role of antioxidant phytonutrients in the prevention of diseases. *Acta Biologica Szegediensis*, 47(1-4): 119-125.
- MA/DSAAE. 2019. Production agricole, Campagne 2016/2017 et 2017/2018. Algérie: Ministère de l'Agriculture, du Développement Rural et de la Pêche.
- MacArtain, P., Jacquier, J., & Dawson, K. 2003. Physical characteristics of calcium induced  $\kappa$ -carrageenan networks. *Carbohydrate Polymers*, 53(4): 395-400.
- Macheix, J.-J. 2018. *Fruit phenolics*: CRC press.
- Manach, C., Scalbert, A., Morand, C., Rémésy, C., & Jiménez, L. 2004. Polyphenols: food sources and bioavailability. *The American journal of clinical nutrition*, 79(5): 727-747.
- Mansouri, A., Embarek, G., Kokkalou, E., & Kefalas, P. 2005. Phenolic profile and antioxidant activity of the Algerian ripe date palm fruit (*Phoenix dactylifera*). *Food chemistry*, 89(3): 411-420.
- Maqsood, S., Adiamo, O., Ahmad, M., & Mudgil, P. 2019. Bioactive compounds from date fruit and seed as potential nutraceutical and functional food ingredients. *Food chemistry*: 125522.
- Marcial-Coba, M. S., Pjaca, A. S., Andersen, C. J., Knøchel, S., & Nielsen, D. S. 2019. Dried date paste as carrier of the proposed probiotic *Bacillus coagulans* BC4 and viability assessment during storage and simulated gastric passage. *LWT*, 99: 197-201.
- Maronedze, C. 2017. Date Fruit Proteomics during development and ripening stages, *Date Palm Biotechnology Protocols Volume II*: 381-398: Springer.

- Marondedze, C., Gehring, C., & Thomas, L. 2014a. Dynamic changes in the date palm fruit proteome during development and ripening. *Horticulture research*, 1: 14039.
- Marondedze, C., Gehring, C., & Thomas, L. 2014b. Dynamic changes in the date palm fruit proteome during development and ripening. *Horticulture research*, 1(1): 1-15.
- Maryam, U., Simbak, N., Umar, A., Sani, I., Baig, A., Zin, T., *et al.* 2015. Anti-inflammatory and analgesic activities of aqueous extract date palm (*Phoenix dactylifera* L) fruit in rats. *International journal of novel research in healthcare and nursing*, 2: 166-172.
- Mazri, M. A., & Meziani, R. 2015. Micropropagation of date palm: a review. *Cell Dev Biol*, 4(3): 160.
- Medić-Šarić, M., Jasprica, I., Smolčić-Bubalo, A., & Mornar, A. 2004. Optimization of chromatographic conditions in thin layer chromatography of flavonoids and phenolic acids. *Croatica Chemica Acta*, 77(1-2): 361-366.
- Meligi, M., Sourial, G., Mohsen, A., Khalifa, A., & Abdalla, M. 1982. *Fruit quality and general evaluation of some Iraqi date palm cultivars grown under conditions of barrage region*. Paper presented at the First symposium on the date palm, Saudi-Arabia.
- Mia, M. A.-T., Mosaib, M. G., Khalil, M. I., Islam, M. A., & Gan, S. H. 2020. Potentials and safety of date palm fruit against diabetes: A critical review. *Foods*, 9(11): 1557.
- Mikki, M., Al-Taisan, S., & Abdul Aziz, A. 1987. Incorporation of date pulp for the manufacture of Tomato ketchup. *Date Palm Journal (FAO/NENADATES)*.
- Mohamed Lemine, F. M., Mohamed Ahmed, M. V. O., Ben Mohamed Maoulainine, L., Bouna, Z. e. A. O., Samb, A., & O. Boukhary, A. O. M. S. 2014. Antioxidant activity of various Mauritanian date palm (*P hoenix dactylifera* L.) fruits at two edible ripening stages. *Food science & nutrition*, 2(6): 700-705.
- Mohammed, S., Shabana, H., & Mawlod, K. 1983. Evaluation and identification of Iraqi date cultivars: fruit characteristics of fifty cultivars. *Date palm J*, 21(1): 27-55.
- Mohamoud, Y. A., Mathew, L. S., Torres, M. F., Younuskuju, S., Krueger, R., Suhre, K., *et al.* 2019. Novel subpopulations in date palm (*Phoenix dactylifera*) identified by population-wide organellar genome sequencing. *BMC genomics*, 20(1): 498.
- Moroh, J., Bahi, C., Dje, K., Loukou, Y., & Geudé-Guina, F. 2008. Etude de l'activité antibacterienne de l'extrait acetolique (EAC) de *Morinda morindes* (Baker)(Rubiaceae) sur la croissance in vitro des souches d'*Escherichia Coli*. *Bull. Sté Roy. Sces de Liège*, 77: 44-61.
- Mrabet, A., García-Borrego, A., Jiménez-Araujo, A., Fernández-Bolaños, J., Sindic, M., & Rodríguez-Gutiérrez, G. 2017a. Phenolic extracts obtained from thermally treated secondary varieties of dates: Antimicrobial and antioxidant properties. *LWT-Food Science and Technology*, 79: 416-422.
- Mrabet, A., Hammadi, H., Rodríguez-Gutiérrez, G., Jiménez-Araujo, A., & Sindic, M. 2019. Date Palm Fruits as a Potential Source of Functional Dietary Fiber: A Review. *Food Science and Technology Research*, 25(1): 1-10.
- Mrabet, A., Jiménez-Araujo, A., Fernández-Bolaños, J., Rubio-Senent, F., Lama-Muñoz, A., Sindic, M., *et al.* 2016. Antioxidant phenolic extracts obtained from secondary Tunisian

- date varieties (*Phoenix dactylifera* L.) by hydrothermal treatments. *Food chemistry*, 196: 917-924.
- Mrabet, A., Rejili, M., Lachiheb, B., Toivonen, P., Chaira, N., & Ferchichi, A. 2008. Microbiological and chemical characterisations of organic and conventional date pastes (*Phoenix dactylifera* L.) from Tunisia. *Annals of microbiology*, 58(3): 453.
- Mrabet, A., Rodríguez-Arcos, R., Guillén-Bejarano, R., Chaira, N., Ferchichi, A., & Jiménez-Araujo, A. 2012. Dietary fiber from Tunisian common date cultivars (*Phoenix dactylifera* L.): Chemical composition, functional properties, and antioxidant capacity. *Journal of agricultural and food chemistry*, 60(14): 3658-3664.
- Mrabet, A., Rodríguez-Gutiérrez, G., Rubio-Senent, F., Hamza, H., Rodríguez-Arcos, R., Guillén-Bejarano, R., *et al.* 2017b. Enzymatic conversion of date fruit fiber concentrates into a new product enriched in antioxidant soluble fiber. *LWT-Food Science and Technology*, 75: 727-734.
- Myhara, R. M., Al-Alawi, A., Karkalas, J., & Taylor, M. S. 2000. Sensory and textural changes in maturing Omani dates. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80(15): 2181-2185.
- Naczki, M., & Shahidi, F. 2006. Phenolics in cereals, fruits and vegetables: Occurrence, extraction and analysis. *Journal of pharmaceutical and biomedical analysis*, 41(5): 1523-1542.
- Nussinovitch, A., Rosen, B., Salik, H., & Kopelman, I. 1989. Effect of heating media on the microbiology and shelf-life of heat-pasteurized soft dates. *Lebensmittel-Wissenschaft+ Technologie*, 22(5): 245-247.
- Okonko, I., Donbraye-Emmanuel, O., Ijandipe, L., Ogun, A., Adedeji, A., & Udeze, A. 2009. Antibiotics sensitivity and resistance patterns of uropathogens to nitrofurantoin and nalidixic acid in pregnant women with urinary tract infections in Ibadan, Nigeria. *Middle-East Journal of Scientific Research*, 4(2): 105-109.
- ONS. 2019. Statistiques agricoles, superficies et productions. Algérie: l'office national des statistiques.
- Ould El Hadj, M., Bitour, Z., & Siboukeur, O. 2013. Etude De La Production De Levure Boulangère (*Saccharomyces Cerevisiae*) Cultivée Sur Mout De Rebut De Dattes.
- Oyaizu, M. 1988. Antioxidative activities of browning products of glucosamine fractionated by organic solvent and thin-layer chromatography. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, 35(11): 771-775.
- Parn, O. J., Bhat, R., Yeoh, T., & Al-Hassan, A. 2015. Development of novel fruit bars by utilizing date paste. *Food Bioscience*, 9: 20-27.
- Pereira, R., Bennett, R., Hemar, Y., & Campanella, O. 2001. Rheological and microstructural characteristics of model processed cheese analogues. *Journal of texture Studies*, 32(5-6): 349-373.
- Perez-Vizcaino, F., & Fraga, C. G. 2018. Research trends in flavonoids and health. *Archives of biochemistry and biophysics*, 646: 107-112.
- Perret, C. 2001. *Analyse de tannins inhibiteurs de la stilbène oxydase produite par Botrytis cinerea Pers.: Fr.* Université de Neuchâtel.

- Perveen, K., Bokhari, N. A., & Soliman, D. A. 2012. Antibacterial activity of Phoenix dactylifera L. leaf and pit extracts against selected Gram negative and Gram positive pathogenic bacteria. *Journal of Medicinal Plants Research*, 6(2): 296-300.
- Pitt, J. I. 1975. Xerophilic fungi and the spoilage of foods of plant origin. *Water relations of foods*: 273-307.
- Poisson, J., & Guilbot, A. 1963. Storage conditions and the length of grain preservation. *Meun. Fr*, 193: 19-29.
- Popovici, C., Saykova, I., & Tylkowski, B. 2010. Evaluation de l'activité antioxydant des composés phénoliques par la réactivité avec le radical libre DPPH.
- Qadir, A., Shakeel, F., Ali, A., & Faiyazuddin, M. 2019. Phytotherapeutic potential and pharmaceutical impact of Phoenix dactylifera (date palm): current research and future prospects. *Journal of food science and technology*: 1-14.
- Ragab, W., Ramadan, B., & Abdel-Sater, M. 2001. *Mycoflora and aflatoxins associated with saidy date affected by technological processes*. Paper presented at the The Second International Conference on Date Palms.
- Rahman, M. S., & Al-Farsi, S. A. 2005. Instrumental texture profile analysis (TPA) of date flesh as a function of moisture content. *Journal of Food Engineering*, 66(4): 505-511.
- Rambabu, K., Bharath, G., Hai, A., Banat, F., Hasan, S. W., Taher, H., *et al.* 2020. Nutritional quality and physico-chemical characteristics of selected date fruit varieties of the United Arab Emirates. *Processes*, 8(3): 256.
- Ramchoun, M., Alem, C., Ghafoor, K., Ennassir, J., & Zegzouti, Y. F. 2017. Functional composition and antioxidant activities of eight Moroccan date fruit varieties (Phoenix dactylifera L.). *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 16(3): 257-264.
- Ramos, E., Ramírez-Bahena, M.-H., Valverde, A., Velazquez, E., Zuniga, D., Velezmoro, C., *et al.* 2013. Pseudomonas punonensis sp. nov., isolated from straw. *International journal of systematic and evolutionary microbiology*, 63(5): 1834-1839.
- Rao, D., Hariharan, T., & Feroz, S. 2012. 14 Processing of Dates by. *Dates: Production, Processing, Food, and Medicinal Values*: 203.
- Rhouma, A. 1994. *Le palmier dattier en Tunisie: Le patrimoine génétique: Arabesques*.
- Ribéreau-Gayon, P. 1964. *Les composés phénoliques du raisin et du vin*: Institut National de la Recherche Agronomique.
- Ribéreau-Gayon, P. 1968. *Les Composés phénoliques des végétaux: par Pascal Ribéreau-Gayon*: Dunod.
- Risiquat, R. O. 2013. Microbiological assessment of date fruits purchased from owode market, in offa, kwara state nigeria. *IOSR Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology*, 4(3): 23-26.
- Ritenour, M., Ahrens, M., & Saltveit, M. 1995. Effects of temperature on ethylene-induced phenylalanine ammonia lyase activity and russet spotting in harvested iceberg lettuce. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 120(1): 84-87.
- Rolland, Y. 2004. Antioxydants naturels végétaux. *Oléagineux, Corps gras, Lipides*, 11(6): 419-424.

- Rygg, G. 1975. Date development, handling and packing in the United States. Agricultural Handbook No. 482. *Agr. Research Service, US Dept. of Agriculture date development, handling and packing in the United States. Agr. Research Service, US Dept. of Agriculture.*
- Rygg, G. L. 1956. Effect of temperature and moisture content on the rate of deterioration in Deglet Noor dates. *Effect of temperature and moisture content on the rate of deterioration in Deglet Noor dates.*
- Saikiran, K. C. S., Reddy, N. S., Mn, L., & Venkatachalapathy, N. 2018. Different Drying Methods for Preservation of Dates: A Review. *Current Journal of Applied Science and Technology*: 1-10.
- Saleh, S. R., Abdelhady, S. A., Khattab, A. R., & El-Hadidy, W. F. 2020. Dual prophylactic/therapeutic potential of date seed, and nigella and olive oils-based nutraceutical formulation in rats with experimentally-induced Alzheimer's disease: A mechanistic insight. *Journal of Chemical Neuroanatomy*, 110: 101878.
- Sallon, S., Cherif, E., Chabrillange, N., Solowey, E., Gros-Balthazard, M., Ivorra, S., *et al.* 2020. Origins and insights into the historic Judean date palm based on genetic analysis of germinated ancient seeds and morphometric studies. *Science Advances*, 6(6): eaax0384.
- Sánchez-Zapata, E., Fernández-López, J., Peñaranda, M., Fuentes-Zaragoza, E., Sendra, E., Sayas, E., *et al.* 2011. Technological properties of date paste obtained from date by-products and its effect on the quality of a cooked meat product. *Food research international*, 44(7): 2401-2407.
- Sani, I. H., Bakar, N. H. A., Rohin, M. A. K., Suleiman, I., Umar, M. I., & Mohamad, N. 2015. Phoenix dactylifera Linn as a potential novel anti-oxidant in treating major opioid toxicity. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 5(08): 167-172.
- Scalbert, A., & Williamson, G. 2000. Dietary intake and bioavailability of polyphenols. *The Journal of nutrition*, 130(8): 2073S-2085S.
- Scott, W. 1957. Water relations of food spoilage microorganisms. *Advances in food research*, 7(1): 83-127.
- Seymour, G. B., Tucker, G. A., Poole, M., & Giovann. 2013. *The molecular biology and biochemistry of fruit ripening*: Wiley Online Library.
- Shabani, M., Zangiabadi, N., & Asadi-Shekaari, M. 2013. Evidence for positive effects of date extract that attenuates thermal hyperalgesia in a diabetic rat model of neuropathic pain.
- Shahdadi, F., Mirzaei, H., & Garmakhany, A. D. 2015. Study of phenolic compound and antioxidant activity of date fruit as a function of ripening stages and drying process. *Journal of food science and technology*, 52(3): 1814-1819.
- Shakiba, M., Kariminik, A., & Parsia, P. 2011. Antimicrobial activity of different parts of Phoenix dactylifera. *International Journal of Molecular and Clinical Microbiology*, 1(2): 107-111.
- Shenasi, M., Aidoo, K., & Candlish, A. 2002. Microflora of date fruits and production of aflatoxins at various stages of maturation. *International Journal of Food Microbiology*, 79(1-2): 113-119.

- Siddeeg, A., Zeng, X.-A., Rahaman, A., Manzoor, M. F., Ahmed, Z., & Ammar, A.-F. 2019. Quality characteristics of the processed dates vinegar under influence of ultrasound and pulsed electric field treatments. *Journal of food science and technology*, 56(9): 4380-4389.
- Singleton, V. L., & Rossi, J. A. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American journal of Enology and Viticulture*, 16(3): 144-158.
- Sirisena, S., Ng, K., & Ajlouni, S. 2015. The Emerging Australian Date Palm Industry: Date Fruit Nutritional and Bioactive Compounds and Valuable Processing By-Products. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 14(6): 813-823.
- Spagnuolo, P. A., Dalglish, D., Goff, H., & Morris, E. 2005. Kappa-carrageenan interactions in systems containing casein micelles and polysaccharide stabilizers. *Food Hydrocolloids*, 19(3): 371-377.
- Subash, S., Essa, M. M., Al-Asmi, A., Al-Adawi, S., Vaishnav, R., & Guillemin, G. J. 2015. Effect of dietary supplementation of dates in Alzheimer's disease APPsw/2576 transgenic mice on oxidative stress and antioxidant status. *Nutritional neuroscience*, 18(6): 281-288.
- Sufiya, A., & Thigle, V. 2014. Antimicrobial and synergistic activity of Phoenix Dactylifera seeds. *Indian Journal of Life Sciences*, 4(1): 95.
- Tafti, A. G., & Fooladi, M. 2006. A study on the physico-chemical properties of Iranian Shamsaei date at different stages of maturity. *World Journal of Dairy and Food Sciences*, 1(1): 28-32.
- Taira, S. 1996. Astringency in persimmon, *Fruit analysis*: 97-110: Springer.
- Taleb, H., Maddocks, S. E., Morris, R. K., & Kanekanian, A. D. 2016. Chemical characterisation and the anti-inflammatory, anti-angiogenic and antibacterial properties of date fruit (Phoenix dactylifera L.). *Journal of ethnopharmacology*, 194: 457-468.
- Tang, Z.-X., Shi, L.-E., & Aleid, S. M. 2014. Date and their processing byproducts as substrates for bioactive compounds production. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 57(5): 706-713.
- Thareja, G., Mathew, S., Mathew, L. S., Mohamoud, Y. A., Suhre, K., & Malek, J. A. 2018. Genotyping-by-sequencing identifies date palm clone preference in agronomics of the State of Qatar. *PloS one*, 13(12).
- Toutain, G. 1996. Rapport de synthèse de l'atelier 'Techniques culturelles du Palmier dattier'. *Zaragoza (ESP): CIHEAM-IAMZ*, 28: 201-205.
- Ulanowska, K., Majchrzyk, A., Moskot, M., Jakóbkiewicz-Banecka, J., & Węgrzyn, G. 2007. Assessment of antibacterial effects of flavonoids by estimation of generation times in liquid bacterial cultures. *Biologia*, 62(2): 132-135.
- Umar, Z., Bilkisu, A., & Bashir, A. 2014. Bacteriological analysis of date palm fruits sold in Katsina metropolis. *International Journal of Environment*, 3(2): 83-86.
- Urbach, G. 1993. Relations between cheese flavour and chemical composition. *International Dairy Journal*, 3(4-6): 389-422.

- Vergé, S., Soulet, S., Lacan, F., Mas, T., Arnaudinaud, V., Nay, B., *et al.* 1999. Les polyphénols, du vin: de la chimie pour la vie. *BULLETIN-SOCIÉTÉ DE PHARMACIE DE BORDEAUX*, 138(1/4): 75-90.
- Watts, B. M., Ylimaki, G., Jeffery, L., & Elias, L. 1991. *Méthodes de base pour l'évaluation sensorielle des aliments*: CRDI, Ottawa, ON, CA.
- Wen, L., Jiang, Y., Yang, J., Zhao, Y., Tian, M., & Yang, B. 2017. Structure, bioactivity, and synthesis of methylated flavonoids. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1398(1): 120-129.
- Yahia, E. M., Lobo, M. G., & Kader, A. A. 2014. Harvesting and postharvest technology of dates. *Dates: Postharvest Science, Processing Technology and Health Benefits, 1st ed.*, Siddiq, M., Aleid, SM, Kader, AA, Eds: 105-135.
- Yaish, M. W., & Kumar, P. P. 2015. Salt tolerance research in date palm tree (*Phoenix dactylifera* L.), past, present, and future perspectives. *Frontiers in plant science*, 6: 348.
- Yasin, B. R., El-Fawal, H. A., & Mousa, S. A. 2015. Date (*Phoenix dactylifera*) polyphenolics and other bioactive compounds: A traditional Islamic remedy's potential in prevention of cell damage, cancer therapeutics and beyond. *International journal of molecular sciences*, 16(12): 30075-30090.
- Younas, A., Naqvi, S. A., Khan, M. R., Shabbir, M. A., Jatoi, M. A., Anwar, F., *et al.* 2020. Functional food and nutra-pharmaceutical perspectives of date (*Phoenix dactylifera* L.) fruit. *Journal of Food Biochemistry*, 44(9): e13332.
- Yusof, S., Mohamed, S., & Bakar, A. A. 1988. Effect of fruit maturity on the quality and acceptability of guava puree. *Food chemistry*, 30(1): 45-58.
- Zarrin, M., Amirrajab, N., & Sadeghi-Nejad, B. 2010. In vitro antifungal activity of *Satureja Khuzestanica* Jamzad against *Cryptococcus neoformans*. *Pakistan Journal of Medical Sciences*, 26(4).
- Zhang, C.-R., Aldosari, S. A., Vidyasagar, P. S., Shukla, P., & Nair, M. G. 2017. Health-benefits of date fruits produced in Saudi Arabia based on in vitro antioxidant, anti-inflammatory and human tumor cell proliferation inhibitory assays. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 16(3): 287-293.
- Ziadi, M., Gaabeb, N., Mrabet, A., & Ferchichi, A. 2014. Variation in physicochemical and microbiological characteristics of date palm sap (*Phoenix dactylifera*) during the tapping period in oasian ecosystem of Southern Tunisia. *International Food Research Journal*, 21(2).
- Zineb, G., Boukouada, M., Djeridane, A., Saidi, M., & Yousfi, M. 2012. Screening of antioxidant activity and phenolic compounds of various date palm (*Phoenix dactylifera*) fruits from Algeria. *Mediterranean Journal of Nutrition and Metabolism*, 5(2): 119-126.

# *Annexes*

---

## Annexes

## Annexe 1 : Milieux de culture

## Milieux solides

**Gélose PCA**

Tryptone.....	5.0g
Extrait de levures.....	2.5g
Glucos.....	1.0g
Agar.....	15.0g

**pH = 7.0 ± 0.2****Gélose OGA**

Extrait de levure .....	5.0g
Glucose .....	20.0g
Oxytétracycline .....	0.1g
Agar .....	15.0g

**pH 6.6 ± 0.2****Gélose VRBG**

Extrait de levures.....	5.0g
peptone.....	7.0g
sels biliaires.....	1.5g
Glucose.....	10.0g
Chlorure de sodium.....	5.0g
Rouge nutre.....	0.03g
Cristal violet.....	0.02g
Agar.....	18.0g

**pH = 7.4 ± 0.2****Gélose viande foie (VF)**

Peptone viande-foie .....	30.0g
Glucose .....	2.0g
Amidon soluble.....	2.0g
Sulfite de sodium.....	2.5g
Citrate de ferammoniacal.....	0.5g
Agar.....	11.0g

**pH 7.6 ± 0.2****Gélose Chapman Stone**

Tryptone.....	5.0g
Extrait de viande.....	1.0g
Extrait de levure .....	3.0g
Peptone .....	10.0g
Mannitol.....	10.0g
Rouge de phénol .....	0.05g
Agar .....	11 à 18g

**pH 7.4 ± 0.1****Gélose Slanetz et Bratley**

Agar-agar.....	10.0g
Peptone.....	20.0g
Azide de sodium.....	0.4g
Glucose.....	2.0g
chlorure triphényl tétrazolium.....	0.1g

**pH = 7.2 ± 0.2****Gélose Mueller Hinton**

Hydrolysate acide de caséine.....	17.5g
Extrait de viande.....	3.0g
Amidon.....	15g
Agar .....	16.0g

**pH = 7.3 ± 0.2****Gélose PDA**

Extrait de pomme de terre.....	4.0g
Dextrose.....	20.0g
Agar.....	15.0g

**pH = 5.6 ± 0.2**

**Milieux liquides****Bouillon GC**

Mannitol.....	20.0g
Extrait de viande.....	5.0g
Lithium Chloride.....	5.0g
Pyruvate de Sodium.....	3.0g
Tryptone.....	10.0g
Extrait de levure.....	5.0g
Chlorure de sodium.....	5.0g
Glycine.....	01.2g

**pH=6.9 ± 0.2****Bouillon Nutritif**

Tryptone.....	5.0g
Glucose .....	50.0g
Dihydrogénophosphate de K.....	0.55g
Chlorure de potassium .....	0.425g
Chlorure de calcium.....	0.125g
Sulfate de magnésium.....	0.125g
Chlorure ferrique.....	0.0025g
Sulfate de manganèse.....	0.0025g
Vert de bromocrésol.....	0,022g

**pH=5.5 ± 0.2****Bouillon PDB**

Extrait de pomme de terre.....	4.0g
Dextrose.....	20.0g

**pH = 5.6 ± 0.2****Eau Peptonée exempte d'Indole**

Peptone.....	10g
Chlorure de sodium.....	5.0 g

**pH=7.2 ± 0.2****Bouillon BCPL**

Peptone.....	5.0g
Extrait de levure.....	3.0g
Lactose.....	10.0g
Pourpre de bromo crésolé.....	0.025g

**pH=7.2 ± 0.2****Bouillon coeur-cervelle**

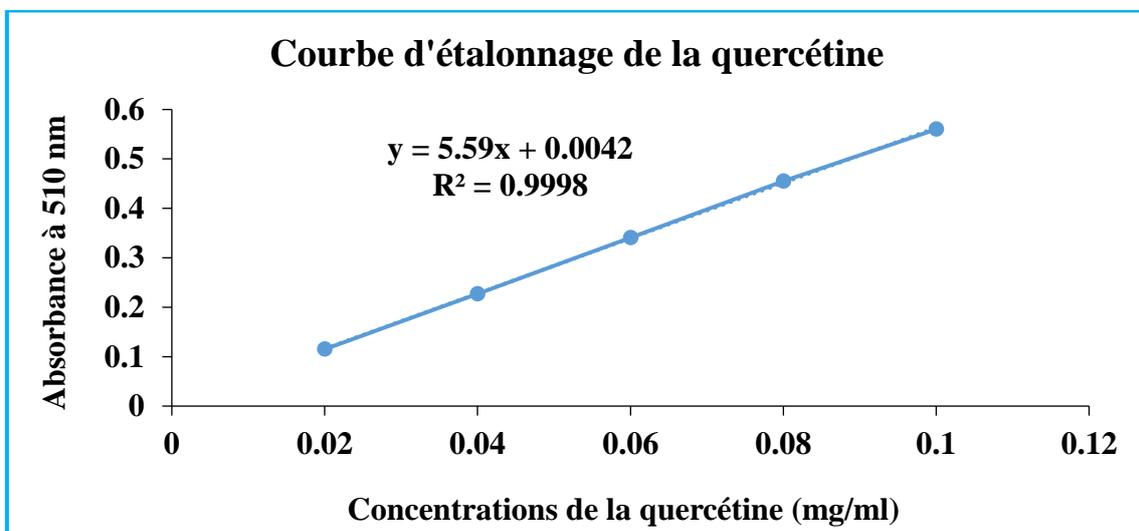
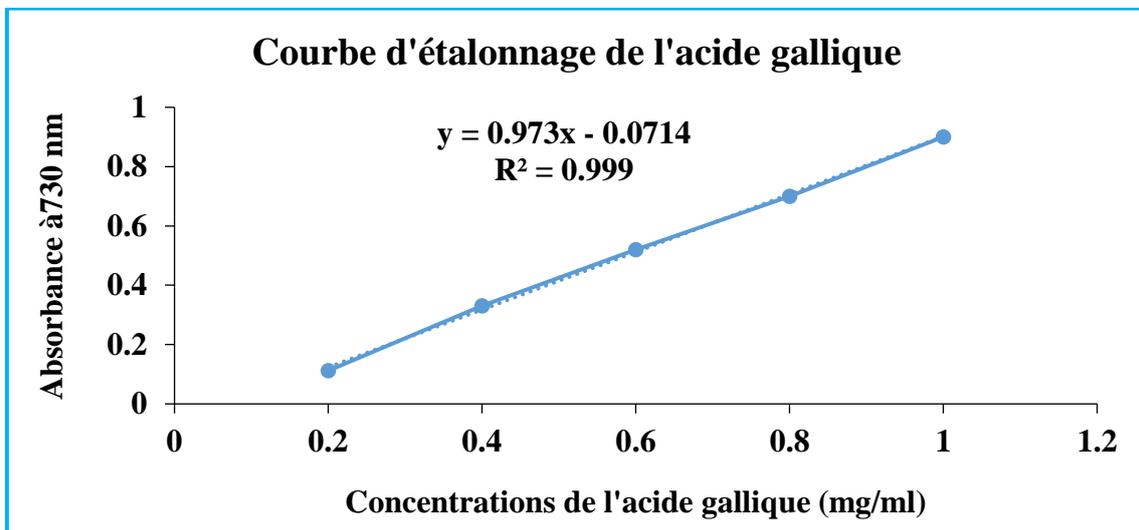
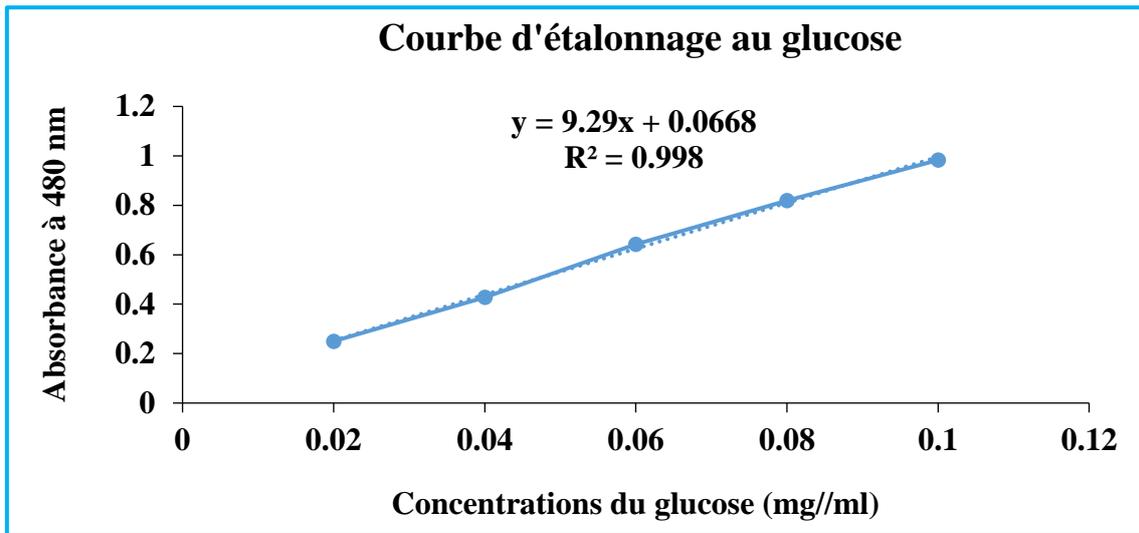
Protéose-peptone.....	10g
Infusion de cervelle de veau.....	12.5g
Infusion de coeur de boeuf.....	5g
glucose.....	2g
chlorure de sodium.....	5g
hydrogénophosphate de sodium.....	2.5g

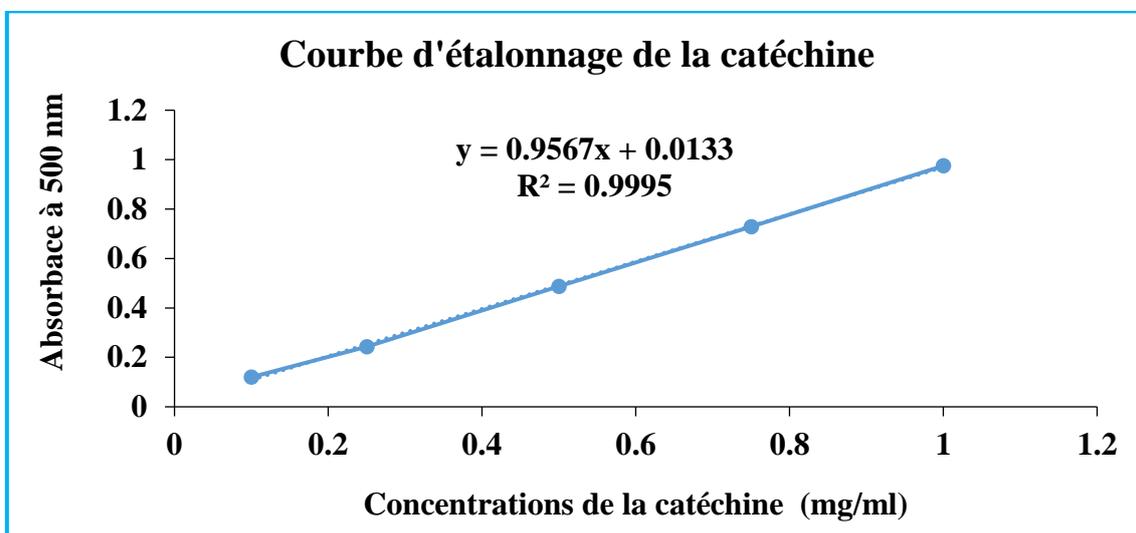
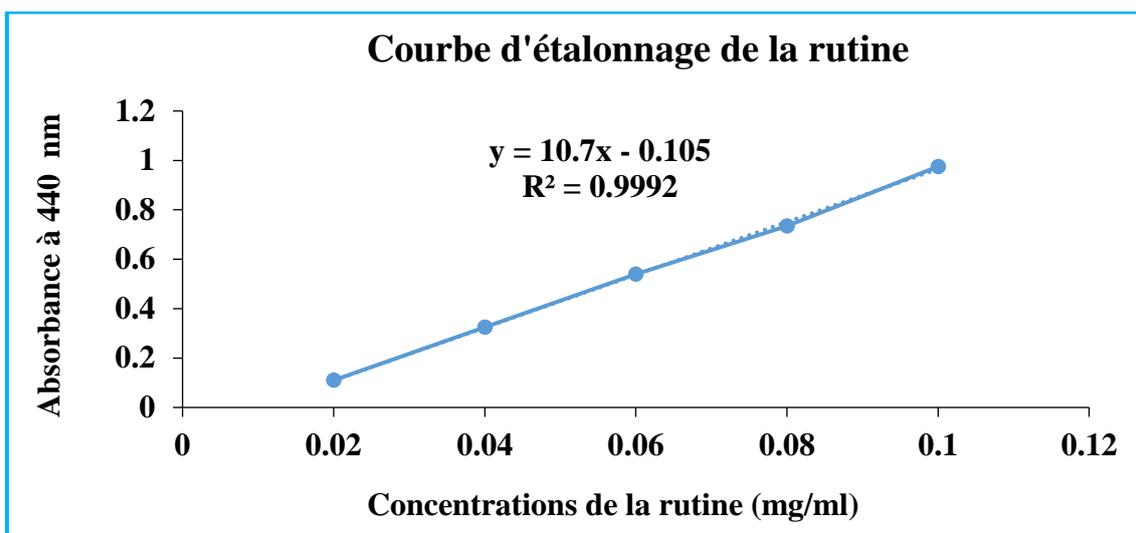
**pH = 7.4± 0.2****Bouillon glycosé tamponné**

Tryptose.....	20g
Glucose.....	2g
Chlorure de sodium.....	5g
Dihydrogénophosphate de Na.....	2.5g

**pH 7.3 ± 0.2**

## Annexe 02 : courbes d'étalonnage





## Annexe 03 : Questionnaire destiné aux dégustateurs

## Questionnaire

Nous vous prions de bien vouloir répondre aux questions suivantes

**Nom** : .....  
**Prénom** : .....  
**Age** : .....  
**Sexe** : .....

**1- Test triangulaire**

Sept échantillons de pâtes de dattes vous sont présentés, selon les dispositions mentionnées dans le tableau suivant, dont un est répété.

✚ Notez l'échantillon que vous **percevez** différent.

✚ **Dégustez-les**, Quel est l'échantillon non répété ?

Aspects Dispositions	Aspect externe	Goût
1 ère disposition		
2 ème disposition		
3 ème disposition		
4 ème disposition		
5 ème disposition		
6 ème disposition		
7 ème disposition		
8 ème disposition		
9 ème disposition		
10 ème disposition		
11 ème disposition		
12 ème disposition		
13 ème disposition		
14 ème disposition		
15 ème disposition		
16 ème disposition		
17 ème disposition		

18 ème disposition		
19 ème disposition		
20 ème disposition		
21 ème disposition		
22 ème disposition		
23 ème disposition		
24 ème disposition		
25 ème disposition		
26 ème disposition		
27 ème disposition		
28 ème disposition		
29 ème disposition		
30 ème disposition		
31 ème disposition		
32 ème disposition		
33 ème disposition		
34 ème disposition		
35 ème disposition		
36 ème disposition		

## 2- Test de classement

Sept échantillons de pâte de dattes vous sont présentés :

- ✚ Classez-les par ordre d'intensité pour les caractères suivants : la consistance, l'arôme et le goût.

Caractères Echantillons	Consistance	Arôme	Goût
A			
B			
C			
D			
E			
F			
G			

**3- Test hédonique**

Sept échantillons de pâte de dattes vous sont présentés

✚ Veuillez les déguster puis leurs donner une note de 1 à 9 selon l'intensité du caractère.

Echantillons	A	B	C	D	E	F	G
Caractères							
Texture tranchable							
Texture tartinable							
Texture friable							
Texture liquide							
Goût sucré							
Goût salé							
Goût acide							
Goût amer							
Couleur							
Odeur							

**Note :**

Si un caractère mentionné dans le tableau n'est pas détecté dans le produit, veuillez mettre « 0 ».

## Annexe 04 : Table de Friderman

**Table de Friderman** : Différences des sommes de classement par rang absolu critiques pour les comparaisons de «tous les traitements» à un seuil de signification de 5%.

Dégustateurs	Nombres d'échantillons									
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
3	6	8	11	13	15	18	20	23	25	28
4	7	10	13	15	18	21	24	27	30	33
5	8	11	14	17	21	24	27	30	34	37
6	9	12	15	19	22	26	30	34	37	42
7	10	13	17	20	24	28	32	36	40	44
8	10	14	18	22	26	30	34	39	43	47
9	10	15	19	23	27	32	36	41	46	50
10	11	16	20	24	29	34	38	43	48	53
11	11	17	21	26	30	35	40	45	51	56
12	12	18	22	27	32	37	42	48	53	58
13	12	18	23	28	33	39	44	50	55	61
14	13	19	24	29	34	40	46	52	57	63
15	13	19	24	30	36	42	47	53	59	66
16	14	20	25	31	37	42	49	55	61	67
17	14	20	26	32	38	44	50	56	63	69
18	15	21	26	32	39	45	51	58	65	71
19	15	21	27	33	40	46	53	60	66	73
20	15	21	28	34	41	47	54	61	68	75
21	16	22	28	35	42	49	56	63	70	77
22	16	22	29	36	43	50	57	64	71	79
23	16	23	30	37	44	51	58	65	73	80
24	17	23	30	37	45	52	59	67	74	82
25	17	24	31	38	46	53	61	68	76	84
26	17	24	32	39	46	54	62	70	77	85
27	18	25	32	40	45	55	63	71	79	87
28	18	25	33	40	48	56	64	72	80	89
29	18	26	33	41	49	57	65	73	82	90
30	19	26	34	42	50	58	66	75	83	92
35	20	28	37	45	54	63	72	81	90	99
40	21	30	39	48	57	67	76	86	96	106
45	23	32	41	51	61	71	81	91	102	112
50	24	34	44	54	64	75	85	96	107	118
55	25	35	46	56	67	78	90	101	112	124
60	26	37	48	59	70	82	94	105	117	130
65	27	38	50	61	73	85	97	110	122	135
70	28	40	52	64	76	88	101	114	127	140
75	29	41	53	66	79	91	105	118	131	145
80	30	42	55	68	81	94	108	122	136	150
85	31	44	57	70	84	97	111	125	140	154
90	32	45	58	72	86	100	114	129	144	159
95	3	46	60	74	88	103	118	133	148	163
100	34	47	61	76	91	105	121	136	151	167

## **Production scientifique**

### **Publications internationales**

1. Tassoult, M., Kati, D.E., Bachir-bey, M., Benouadah, A., Rodriguez-Gutiérrez, G. Valorization of date palm biodiversity: physico-chemical composition, phenolic profile, antioxidant activity, and sensory evaluation of date pastes. *Journal of Food Measurement and Characterization*. 2021, 15, 2601-2612.
2. Tassoult, M., Kati, D.E., Fernández-Prior, M.Á., Bermúdez-Oria, A., Fernandez-Bolanos, J., Rodríguez-Gutiérrez, G. Antioxidant capacity and phenolic and sugar profiles of date fruits extracts from six different Algerian cultivars as influenced by ripening stages and extraction systems. *Foods*. 2021, 10, 503.

### **Communications internationales**

1. Tassoult, M., Kati, D.E., Rodriguez-Gutiérrez, G. Effet des conditions d'extraction et du stade de maturation sur l'activité antioxydante et le profil phénolique d'extraits de fruits de plusieurs cultivars de datte (*Phoenix dactylifera* L.) de la vallée de M'zab. **Conférence internationale** « avancées sur les antioxydants naturels : sources, mécanismes d'action et valorisation en santé et en alimentation ». Bejaia, Algérie, 16-17 Octobre 2019. Présentation poster.

### **Communications nationales**

1. Tassoult, M., Kati, D.E., Bachir-bey, M., Benouadah, A. Etude de la relation entre la qualité microbiologique et la diversité variétale des dattes et produits dérivés. **Séminaire nationale** « L'Agro-alimentaire, Engineering et environnement ». Boumerdes, Algérie, 16-17 Avril 2017. Présentation poster.





# Valorization of date palm biodiversity: physico-chemical composition, phenolic profile, antioxidant activity, and sensory evaluation of date pastes

Malika Tassoult<sup>1</sup> · Djamel Edine Kati<sup>1</sup> · Mostapha Bachir-bey<sup>1</sup> · Ali Benouadah<sup>2</sup> · Guillermo Rodriguez-Gutiérrez<sup>3</sup>

Received: 26 September 2020 / Accepted: 4 February 2021 / Published online: 20 February 2021  
© The Author(s), under exclusive licence to Springer Science+Business Media, LLC part of Springer Nature 2021

## Abstract

This work is a contribution to the valorization of the Algerian date palm agrobiodiversity by studying some nutraceutical properties of date pastes from less important cultivars. A commercial date paste, prepared from *Ghars* variety, was compared to two date pastes prepared from the secondary cultivars *Tamjoughert* and *Tazarzeit*. Physico-chemical characteristics, phenolic profile (HPLC-DAD), and antioxidant activity were assessed for both date fruits and pastes. The sensory evaluation of date pastes was conducted through triangular, ranking, and hedonic tests. The results revealed that the transformation of date fruits into pastes caused a significant increase in phenolic content and antioxidant capacity, a decrease in sugar content in parallel with the appearance of hydroxymethylfurfural and furfural. The elaborated date pastes were characterized by a relatively low level of sugar (72.17–74.14 mg/100 g), a high amount of phenolic compounds (> 290 mg/kg DW), and a potent antioxidant activity. Seventeen phenolic compounds were identified by HPLC with global quantities for date fruits of 113 (*Tamjoughert* cv.) and 100 mg/kg DW (*Tazarzeit* cv.) and that were increased twofold after transformation to date pastes. The sensory analysis for the obtained date pastes indicated high scores of acceptability in comparison with the commercial paste. The obtained results showed clearly that these secondary cultivars possess several potentialities; this may help to valorize them by turning a part of their production into several added-value products such as date past.

**Keywords** Agrobiodiversity · Date paste · Physico-chemical composition · Phenolic Profile · Antioxidant activity · Sensory evaluation

## Introduction

Apart from the nutritional point of view; date fruits (*Phoenix dactylifera* L.) represent one of the most important commercial crops worldwide by an annual world production of 8.16 million tons [1]. Thereby, this high production has

recently opened new opportunities to turn the surplus traditionally and/or industrially into a wide range of products and by-products; counting: alcohol, yeast, juice, jam, flour, mayonnaise, polyol, syrup, jelly, vinegar, and date paste [2]. The increasing interest in date fruit and its derived products is due to their highly nutritious composition that is rich in sugar, vitamins, minerals as well as fibers [3, 4]. On the other hand, it contains low amounts of fat and protein with no starch [5]. Moreover, these fruits are rich in phenolic compounds possessing several biological properties; including antimicrobial, antioxidant, and anti-inflammatory activities [3, 5, 6].

Among all the processed dates listed above, date paste is the most widespread considering its profitability, simplicity of preparation, and wide use. Date paste was initially prepared in order to conserve soft date fruits that were steamed and mixed to get a paste that can be stored for more than 2 years [7–9]. This paste is commonly used in bakery and confectionery; it can be also incorporated in several food preparations; precisely

✉ Mostapha Bachir-bey  
bachirbeymustapha@gmail.com

<sup>1</sup> Laboratoire de Biochimie Appliquée, Département des Sciences Alimentaires, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, University of Abderrahmane Mira—Bejaia, Targa Ouzemour Street, 06000 Bejaia, Algeria

<sup>2</sup> Characterisation and Valorization of Natural Resources Laboratory, University of Mohamed El Bachir El Ibrahimy, El Anasser, 34000 Bordj Bou Arreridj, Algeria

<sup>3</sup> Instituto de la Grasa, Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), Avda. Padre García Tejero No. 4, 41012 Sevilla, Spain

bologna-type meat, fruit bars, and muffin [10–13]. Admittedly, date pastes possess many nutraceutical properties since date fruits, used as raw material, are rich in essential nutrients and bioactive compounds [1, 4–6, 14]. Interestingly, it constitutes a novel and attractive vehicle of probiotics [15].

Indeed, date paste had been poorly studied; to our knowledge, limited data is available regarding their phenolic content [16]. However, their phenolic pattern and antioxidant activity had not been studied. The existing works focused on their physico-chemical composition [17, 18], microbial, technological, rheological, and textural characteristics [7, 16, 19, 20]. Harrak et al. [19] evaluated and improved the traditional process of making date paste by focusing on physico-chemical, sensory (texture; flavor, color, taste, and acceptability), and microbial characterization of the obtained paste. Abekhti et al. [7] described the dynamic changes of microbial and chemical parameters (pH, water content) of dates during transformation to paste and its storage. On the other hand, many recent works focused on the potential use of date paste as sugar substitute in several food preparations including muffin [12] and fruit bars [13], jam [21], bread [22], and yogurt [23]. The fortified foods were then analyzed for their nutraceutical and organoleptic properties.

Algeria is among the first date-producing countries (1.09 million tons) with a high agrobiodiversity potential but not all the date cultivars were evaluated for their performance and quality. *Deglet-Nour* and *Ghars* cultivars are widely cultivated in Algeria due to their high commercial values, which cause the biodiversity erosion of other cultivars. Hence, paste production from secondary cultivars could be viewed as an interesting way to contribute to the date palm agrobiodiversity preservation. In this context, by studying date pastes preparation, the current study was initiated in the framework of the valorization of two endemic cultivars, *Tamjoughert* and *Tazarzeit* grown in M'zab valley oases compared with *Ghars* cultivar mainly used for date paste production in Maghreb (Algeria, Morocco, and Tunisia). Thus, our work reports the proximate composition, the antioxidant activity, and the phenolic profile of two date fruits and pastes; as well as sensory evaluation of the prepared pastes compared to an industrial one. In addition, the effect of the preparation process on the composition and antioxidant activity evolution from fruit to the paste was assessed. All these issues are considered as a challenge with high nutritional, social, environmental, and economic stakes.

## Materials and methods

### Chemicals

Acetone (99%, CAS: 67-64-1), petroleum ether (99.9%, CAS: 64742-49-0), and methanol (99.80%, CAS: 67-56-1)

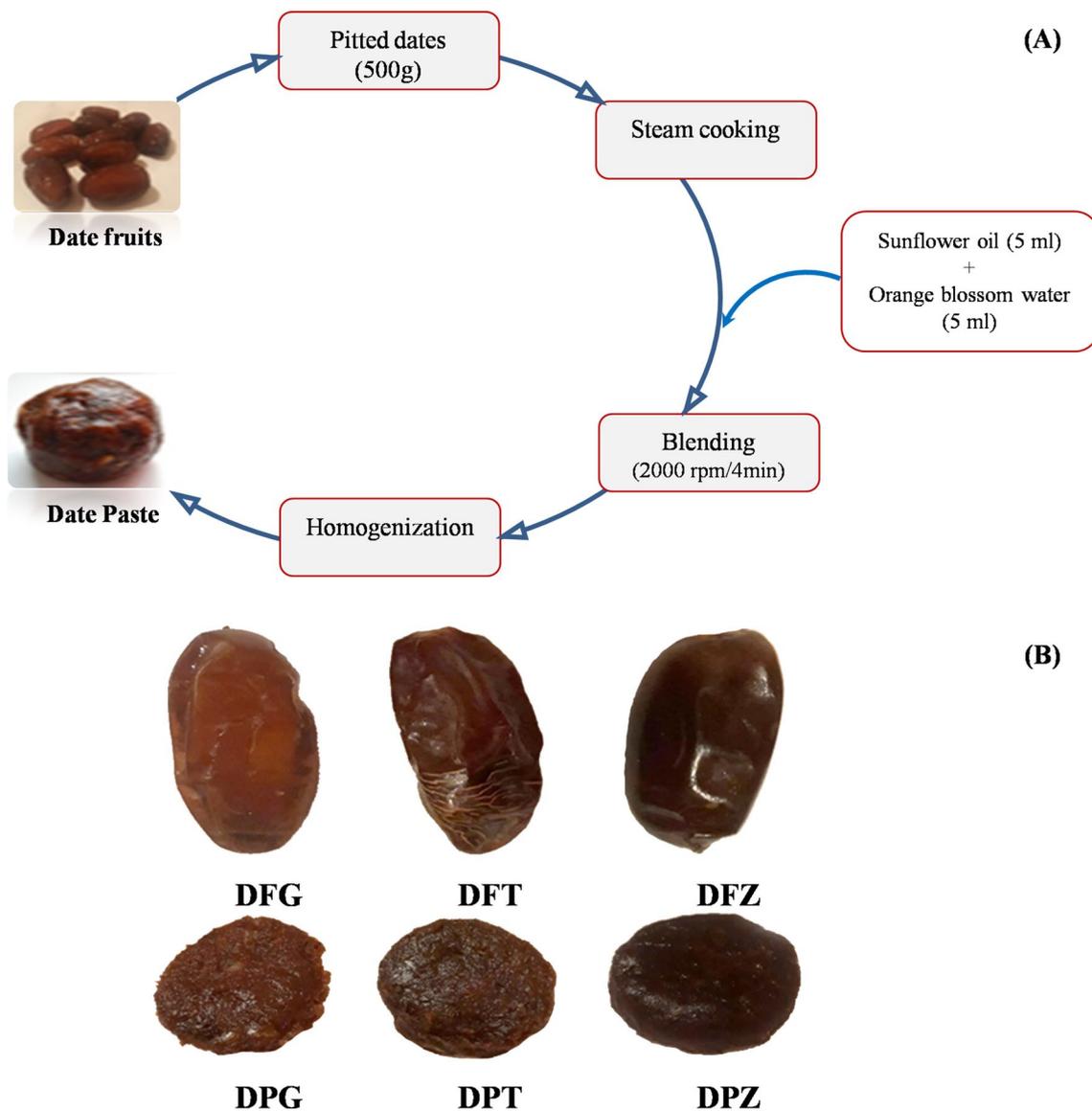
were from VWR Prolabo (Fontenay-sous-Bois, France). Sodium carbonate ( $\text{NaCO}_3$  99.5%, CAS: 497-19-8), sodium nitrate ( $\text{NaNO}_3$  99.0%, CAS: 7631-99-4), aluminium chloride ( $\text{AlCl}_3$  97.0%, CAS: 7446-70-0), sodium hydroxide ( $\text{NaOH}$  97.0%, CAS: 1310-73-2), potassium ferricyanide ( $\text{K}_3(\text{Fe}(\text{CN})_6)$  99.0%, CAS: 13746-66-2), iron trichloride ( $\text{FeCl}_3$  98.0%, CAS: 7705-08-0); iron II chloride ( $\text{FeCl}_2$  98.0%, CAS: 13478-10-9), and trichloroacetic acid (TCA 98.0%, CAS: 76-03-9) were from Biochem Chemopharma (Georgia, USA). Folin-Ciocalteu's reagent was from Biochem Chemopharma (Montreal, Quebec). 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH 90%, CAS: 1898-66-4), hydrogen peroxide ( $\text{H}_2\text{O}_2$ , CAS: 7722-84-1), and ferrozine (98%, CAS: 63451-29-6) were from Sigma-Aldrich (Sternheim, Germany). Gallic (99.5%, CAS: 149-91-7), *p*-coumaric (98%, CAS: 501-98-4), ferulic (99%, CAS: 537-98-4), and caffeic acids (98%, CAS: 331-39-5), rutin (94%, CAS: 207671-50-9), luteolin (98%, CAS: 491-70-3), isoquercetrin (97%, CAS: 482-35-9), quercetrin (95%, CAS: 522-12-3), and quercetin (98%, CAS: 117-39-5) were from Sigma-Aldrich Co (Saint-Louis, USA).

### Plant material

The study was carried out on two local date fruit cultivars: *Tamjoughert* (DFT) and *Tazarzeit* (DFZ); collected from M'zab Valley, Ghardaia, Algeria (32°29'N 3°41'E). Full ripe fruits (1 Kg) with uniform size, free of physical damage, insect injury, and fungal infection were selected.

### Preparation of date pastes

The preparation of the date paste was carried out according to the modified method of Ahmed et al. [17]. Two date pastes were aseptically prepared from *Tamjoughert* (DPT) and *Tazarzeit* (DPZ) cultivars following the industrial procedure. Briefly, about 500 g of pitted dates were cooked under steam for 15 minutes. After cooking, the whole paste was mixed with 5 ml of sunflower oil and 5 ml of orange blossom water and then blended at speed 2000 rotations per minute (rpm) for 4 min (Fig. 1a). Three replicates were prepared of each cultivar. In addition to these two pastes, a third date paste, freshly prepared from *Ghars* cultivar (DPG) in accordance with the preparation process used for the preparation of DPT and DPZ, was obtained from an Algerian producer and was also studied as a standard for comparison. The use of a commercial date paste as a reference will make it possible to compare the two other elaborated date pastes (DPT and DPZ) with a marketed product and to get closer to the consumer, especially concerning the sensory perception, and the samples (Fig. 1b) were conserved in sterilized glass jars at 4 °C for further analyses.



**Fig. 1** Diagram of date paste preparation from date fruits (a) and photographs of date fruits and pastes (b). *DPG* Reference date paste prepared from *Ghars* cultivar (DFG); *DPT* date paste prepared from *Tamjoughert* cultivar (DFT); *DPZ* date paste prepared from *Tazarzeit* cultivar (DFZ)

**Physico-chemical composition**

The physico-chemical characterization was performed on both date fruits and date pastes. The pH was measured according to Abekhti et al. [7] using a pH meter (Inolab, Munich, Germany) at 20 °C. The moisture content was determined by drying 2 g of each sample in a vacuum oven (Memmert GmbH+Co.KG, Schwabach, Germany) at 70 ± 2 °C for 48 h [24]. The total ash was measured according to El Arem et al. [25], 1 g of each sample was incinerated in a muffle furnace (Nabertherm GmbH, Lilienthal, Germany) at 530 °C for 5 h. Total sugar content was determined spectrophotometrically by phenol-sulfuric acid reaction [26]. Total nitrogen was determined by Kjeldahl method, which is used to determine protein content

using a conversion factor of 6.25 [24]. The lipid fraction was extracted with petroleum ether at 60 °C for 6 h using Soxhlet apparatus (Velp Scientifica, Milan, Italy). The solvent was finally removed using a rotary evaporator (Buchi, Flawil, Switzerland) for determining the fat content [27]. All the analyses were carried out by triplicates and the results were expressed as mg/100 g of dried weights.

**Determination of bioactive compounds**

**Extraction of bioactive compounds**

The extraction of bioactive compounds was carried out according to Al-zoreky and Al-tahar [28] with slight

modifications. Briefly, 4 g of each date fruit or date paste were homogenized with 20 ml of methanol: water (65:35, v:v) for 2 min using an ultra-turax T25 homogenizer (IKA-labortechnik, Breisgau, Germany). The extracts were then centrifuged at  $4000 \times g$  (Sigma 2-16K, Osterode, Germany) for 5 min, paper filtered, and finally stored at 4 °C for further analyses.

### Determination of total phenolic content

The date fruits and date pastes total phenolic content (TPC) were determined according to Hachani et al. [6] by using the Folin-Ciocalteu spectrophotometric method. 200  $\mu$ L of each extract were mixed with 1.5 ml of Folin-Ciocalteu reagent (1:10). After 5 minutes, 1.5 ml of sodium carbonate ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$  7.5%) was added. The reaction mixture was incubated at room temperature in dark for 1 h. The absorbance was measured at 760 nm. Results were expressed as milligrams of gallic acid equivalent per 100 g of dried weight (mg GAE/100 g DW).

### Determination of flavonoid content

Total flavonoids content (TFC) of both date fruits and date pastes were measured calorimetrically according to Al Juhaimi et al. [29]. Extract (500  $\mu$ L) was added to 150  $\mu$ L  $\text{NaNO}_2$  (5%) and 300  $\mu$ L  $\text{AlCl}_3$  (10%), respectively. After incubation at room temperature for 5 min, 1 ml of NaOH (1 M) was added. The absorbance was measured at 510 nm. Results were expressed as milligrams of quercetin equivalent per 100 g of dried weight (mg QE/100 g DW).

### Determination of phenolic profile

To determine the date fruits and date pastes phenols, 20  $\mu$ L of each extract was injected into HPLC-DAD (Teknokroma, Barcelona, Spain). The Analytical separation was carried during 55 min out on a reversed phase equipped with C18 column (Teknokroma Tracer Extrasil ODS-2, 250 mm-4.6 mm, i.d. 5  $\mu$ m) in gradient system (eluent A: water/TCA 0.01%, eluent B: acetonitrile). The flow rate of the mobile phase was 1 ml/min [12]. The identification of compounds was done by comparing their retention times and UV spectra to standards as well as by running the samples after the addition of pure standards. The quantification of the tentatively identified phenolics was done using standard calibration curves [30]. The results were expressed as milligrams per kilogram referred to dry weight (mg/kg DW). The same protocol was also used for the determination of the two sugar degradation products (SDP): hydroxymethylfurfural (HMF) and furfural.

### Determination of antioxidant activity

Prior to determining the antioxidant activity (AOA), the obtained methanolic extracts were evaporated using  $\text{N}_2$  and then diluted in water and finally filtered. The resultant extracts were used to assess antioxidant activity through different tests:

#### Ferric reducing power (FRP)

The FRP was carried out using the method of Oyaizu [31]. 500  $\mu$ L of each extract were added to 1.25 ml of potassium ferricyanide (1%) and 1.25 ml of phosphate buffer (0.2 M, pH 6.6). The solution was incubated at 50 °C for 20 min, and then 1.25 ml of TCA (10%) was added. The mixture (1.25 ml) was combined with 1.25 ml of distilled water and 0.25 ml of  $\text{FeCl}_3$  (1%) before the absorbance recording at 700 nm. The results were expressed as milligrams gallic acid equivalent per 100 g (mg GAE/100 g DW).

#### DPPH radical scavenging capacity

The free radical scavenging capacity was carried out as described by Al Juhaimi et al. [29]. 60  $\mu$ L of each extract were added to 1.5 ml of DPPH solution ( $6 \times 10^{-5}$  M). The mixture was incubated in the dark for 30 min at room temperature. The absorbance was recorded at 515 nm. The DPPH radical inhibition was determined using the following formula:

$$I\% = \left[ \frac{(A_0 - A_1)}{A_0} \right] \times 100$$

I %, inhibition percentage;  $A_0$ , absorbance of the control;  $A_1$ , absorbance of the sample extract.

#### Ferrous ion chelating capacity (FIC)

The FIC was determined as reported by Ramchoun et al. [32]. Each extract (250  $\mu$ L) was mixed with 25  $\mu$ L of  $\text{FeCl}_2$  (2 mM) and 800  $\mu$ L of distilled water. The mixture was left for 5 min at room temperature then 50  $\mu$ L of ferrozine (5 mM) were added, mixed, and left another 5 min. The absorbance was measured at 562 nm. The ability of the sample to chelate ferrous ion was calculated using the following formula:

$$\text{CE \%} = \left[ 1 - \left( \frac{A_1 - A_2}{A_0} \right) \right] \times 100$$

CE, chelating percentage;  $A_0$ , absorbance of the control;  $A_1$ , absorbance of the sample extract;  $A_2$ , absorbance of the sample without ferrozine.

## Sensory analysis

The sensorial characterization of the three date pastes was realized according to ISO 4120 [33], which requires that  $n/3$  should be greater than 5. Triangular, ranking, and hedonic tests were carried out, each one, on 18 panelists, aged from 18 to 60, and randomly selected among the students and the staff of the University.

The three tests were realized according to Watts et al. [34]. To make it easier and to reduce the tasters' confusion, we avoided the discussion about the samples but we explained to them the method and the protocols that must be used. We also recommended them not only to avoid using products with strong odors (soaps, lotions, and perfumes) but also to avoid eating, drinking, or smoking at least 30 min before proceeding to the tests. We provided them a survey that everyone had to fill in. Just one tasting session has been done. However, the different tests were done separately with a time difference of 1 h; during which we presented the samples, explained the test, distributed the survey, and answered the questions asked by the tasters. Moreover, samples re-tasting was allowed for all three tests. The three date pastes submitted for these analyses were labeled as follows:

- “A”: The reference date paste prepared from *Ghars* variety (DPG).
- “B”: The date paste prepared from *Tamjoughert* variety (DPT).
- “C”: The date paste prepared from *Tazarzeit* variety (DPZ).

### Triangular test

The triangular test is commonly used to determine the ability of tasters to distinguish the differences in the appearance, smell, flavor, or texture of foods [34]. We presented simultaneously three samples, among which one was repeated, and the trained participants were asked to determine the unrepeated one. The pastes were submitted according to the following positions: (A-A-B), (A-A-C), (B-B-A), (B-B-C), (C-C-A), (C-C-B), (A-B-A), (A-C-A), (B-A-B), (B-C-B), (C-A-C) and (C-B-C) in identical sample containers coded with 3-digit random numbers. All three code numbers on the samples presented to each panelist were different, even though two of the samples are identical.

Two triangular proofs were carried out, the first relating to the external aspect and the second to the taste. These proofs use a binomial approximation that is based on calculating a “ $\mu$ ” value as follows:

$$\mu = (|3x - n| - 1.5) / \sqrt{2n}$$

$N$ , number of tasters;  $x$ , number of correct answers; the statistical decision is taken considering the following possibilities: if  $\mu > 1.64$ : Differences are significant at 5%; if  $\mu > 2.33$ : Differences are significant at 1%; if  $\mu > 2.81$ : Differences are significant at 1%.

### Ranking test

The ranking test aims to determine the degree to which the consumer accepts a product and therefore its real consumption. We submitted the three samples simultaneously in independent sample containers, labeled A, B, and C, then we asked the trained tasters to evaluate them singly by giving them rank from one to three ascendingly according to their acceptance, taking into account that equality is not accepted. The sample that has the lowest rank sum is the most preferred and vice versa. Three classification criteria were used: consistency, sweetness, and aroma.

The ranks assigned to each sample were summed and then the differences between all possible pairs in the summed rankings are compared to a critical value, cited in the table of critical absolute rank sum differences for “all treatments” comparisons at 5% [35].

### Hedonic test

This test is done to establish a sensory profile for each sample, based on descriptors mainly: the texture (sliceable, spreadable, brittle, or liquid), the taste (bitter, sweet, salty, and acid), the color, and the smell. Samples were submitted separately and the untrained tasters were asked to taste them and to give each one a score from 0 to 9 depending on the intensity of each descriptor mentioned above. The simultaneous presentation of the samples was adopted to allow re-evaluating the samples if desired and make comparisons between the samples.

### Statistical analysis

All analyses were carried out in triplicate and the results were expressed as means  $\pm$  standard deviation. Statistical analyses were performed using XLSTAT 7.1 (Addinsoft, USA) and the differences at  $p < 0.05$  were considered statistically significant. The Student-t test was performed to compare the results of two fruit samples. Analysis of variance (ANOVA\_T-Tukey) followed by Dunnett test was used to determine the differences between the elaborated date pastes and the reference one. The Principal Component Analysis (PCA) served to visualize the correlation between the physico-chemical parameters and the sensory profile as

well as between bioactive compounds and antioxidant capacity of the samples.

## Results and discussion

### Physico-chemical characterization

The proximate composition of the analyzed samples is given in Table 1. The two date fruits presented globally the same physico-chemical characteristics. The transformation to date pastes was accompanied by some modifications particularly a significant ( $p < 0.05$ ) augmentation of pH and moisture and fat contents while sugar level was decreased. Carbohydrates were the predominant components with concentrations varying between 66.10 and 74.14 mg/100 g DW in date pastes and from 79.82 to 82.53 mg/100 g DW in date fruits. Moisture content ranged from 10.63 (DFZ) to 17.17 mg/100 g DW (DPG). Both date fruits and pastes were characterized by low amounts of proteins and fat. Some SDP such as HMF (27.14–45.82 mg/kg) and furfural (0.57–1.31 mg/kg) were also detected in pastes.

It was observed that the fat and the moisture contents increased significantly in date pastes in comparison with fruits, with about 47 and 30%, respectively. Moreover, the transformation caused a slight increase of pH (4.3%). On the other hand, the sugar content diminished considerably (10%) while protein and ash contents remain stable.

The physico-chemical composition of the analyzed fruits is within the previously published values. Rahman et al. [24] highlighted that Omani date fruits are slightly acid (5.6–5.8) while their sugar fraction is around 62%. Chibane-Amellal [8] reported that water and protein contents of Algerian

cultivars are ranging from 13.03 to 2.18% (*Mech Degla*) to 14.80 and 3.50% (*Frezza*), respectively. All the other studies reported that fat and ash contents do not exceed 2%.

Regarding the proximate composition of the date pastes, Sánchez et al. [16] reported similar protein, fat, and mineral contents (2%); lower sugar content (53%), and higher moisture content (34%). On the other hand, the pastes analyzed by Abekhti et al. [7] are characterized by nearby water contents (9.09–11.58%) and slightly acidic pH (5.45–5.84).

The same trend of variation in the physico-chemical composition after transformation of date fruits into pastes was reported in the literature. Abekhti et al. [7] reported also a significant increase in pH and moisture contents by 2.51, 1.83, 4.02, and 4.95, 4.32, 4.04%, respectively in *Lmaiz*, *Abani*, and *Mtafra* Algerian date pastes after transformation of the fruits. With regard to fat content, Parn et al. [13] highlighted an average increase of 2.54% in fruit bars made with date paste. In their studies about Tunisian date pastes, Mrabet et al. [18] reported also the diminution of the sugar fraction by 25%.

Moreover, the changes in the physico-chemical composition after transformation are certainly due to the preparation process. Indeed, the increase of pH may be attributed to blending during which organic acids (citric, malic, and oxalic acids) may be released [10]. Similarly, the increasing amounts of fat and water contents are due to the addition of sunflower oil and moisturization by steam, respectively. However, the diminution of sugar content could be explained by the cooking process which may cause their caramelization and Maillard reaction [5] as well as the degradation of a little fraction of carbohydrates to HMF and furfural [14]. Likewise, the diminution of ash and protein contents is probably due to the addition of the organic material from

**Table 1** Physico-chemical composition of date fruits and pastes

	Date fruits			Date pastes	
	DFT	DFZ	DPT	DPZ	DPG
pH	5.77 ± 0.04 <sup>b</sup>	5.74 ± 0.10 <sup>b</sup>	6.02 ± 0.02 <sup>a</sup>	5.98 ± 0.02 <sup>a(-)</sup>	6.03 ± 0.02
MC (%)	11.75 ± 0.35 <sup>b*</sup>	10.63 ± 0.03 <sup>b</sup>	15.52 ± 0.29 <sup>a(-)</sup>	13.77 ± 0.25 <sup>a(-)</sup>	17.17 ± 0.48
SC (%)	79.82 ± 2.14 <sup>a</sup>	82.53 ± 1.58 <sup>a</sup>	72.17 ± 1.52 <sup>b(+)</sup>	74.14 ± 2.94 <sup>b(+)</sup>	66.10 ± 0.88
PC (%)	1.87 ± 0.04 <sup>a</sup>	1.50 ± 0.32 <sup>a</sup>	1.82 ± 0.08 <sup>a(-)</sup>	1.44 ± 0.04 <sup>a</sup>	1.25 ± 0.14
FC (%)	1.31 ± 0.07 <sup>b</sup>	1.33 ± 0.07 <sup>b</sup>	1.90 ± 0.04 <sup>a(-)</sup>	1.97 ± 0.10 <sup>a</sup>	2.11 ± 0.04
AC (%)	2.54 ± 0.25 <sup>a</sup>	2.45 ± 0.10 <sup>a</sup>	2.48 ± 0.02 <sup>a(-)</sup>	2.37 ± 0.02 <sup>a(+)</sup>	2.30 ± 0.03
HMF (%)	nd	nd	3.01 ± 0.21	4.58 ± 0.12 <sup>(+)</sup>	2.71 ± 0.32
Furfural (%)	nd	nd	0.05 ± 0.01 <sup>(-)</sup>	0.08 ± 0.01 <sup>(-)</sup>	0.13 ± 0.02

Each value in the table is the mean ± standard deviation (n = 3); Result of date fruit with asterisk (\*) is statistically higher than that of the other one (Student-t test); Results of the same cultivar (fruit/paste) with different letters are statistically different (Student-t test,  $p > 0.05$ , a > b); Results of date pastes (DPT or DPZ) and control (DPG) were compared with Dunnett test (-/+ significantly lower/higher at  $p < 0.05$ )

MC moisture content; SC sugar content; PC protein content; FC fat content; AC ash content; DFT date fruit of *Tamjoughert* cultivar; DFZ date fruit of *Tazarzeit* cultivar; DPG control date paste prepared from *Ghars* cultivar; DPT date paste prepared from *Tamjoughert* cultivar; DPZ date paste prepared from *Tazarzeit* cultivar; nd not detected

the sunflower oil and the orange blossom water and moisturization. The apparition of SDP in date pastes could be explained by the degradation of sugars under the thermal treatment applied when preparing them. According to Mrabet et al. [12], high amounts of HMF were found when using the steam treatment. The lowest amounts of furfural could be explained by its volatility [14].

### Total phenolic content

The results of total phenolic and flavonoid contents were summarized in Table 2. Date fruits presented similar levels on TPC and TFC. The transformation of date fruits to pastes was accompanied by a significant increase in TPC by about 10% but no effect was observed for TFC. Regarding elaborated date pastes, their TPC were higher than the reference (DPG) while their TFC were lower.

Very high polyphenol amounts were previously detected in Algerian cultivars that varied from 247 to 1394 mg GAE/100 g [30, 36–38]. According to Ghnimi et al. [5], the variations observed between cultivars may be due to genetic, stage of ripening, storage conditions, and extraction procedure. Moreover, the phenolic fraction of our date pastes is higher than that reported by Sánchez et al. [16] who found only 225 mg GAE/100 g. Regarding the effect of the transformation on the phenolics, its increase after heating and steaming was previously reported [14, 26]. Likewise, these findings were also detected for other fruits and vegetables such as tomato [39], eggplants [40], strawberry [41], and cocoa [42]. Actually, the hydrothermal treatment, employed during date paste preparation, helps to solubilize a higher quantity of phenols from date fruits [43]. In addition, heating of dates may facilitate the leakage of some phenols, mainly phenolic acids and anthocyanins [2].

### Antioxidant activity

The antioxidant potential was assessed using FRP, DPPH, and FIC and the results were given in Table 2. As clearly shown in the table, all the samples exhibited a potent AOA, which varied significantly ( $p < 0.05$ ) among date fruits as well as among date pastes that exhibited the strongest antioxidant potential whatever was the test.

Date fruits of *Tamjoughert* cultivar demonstrated higher DPPH scavenging capacity and ferrous ion chelating capacity than the fruit of *Tazarzeit* cultivars. Whereas, this latter had a higher ferric reducing power than the first one. The elaborated date pastes presented higher significant antioxidant activity measured by FRP and FIC than corresponding date fruits, but DPPH scavenging activity remained stable after the transformation.

The Algerian date fruit cultivars are known to possess strong AOA as mentioned by several studies. The AOA ranges from 32.4 to 86%, from 25.29 to 41.67 mg EAG/100 g, and from 170.4 to 948.1 mg EAA/100 g respectively, as tested by DPPH scavenging capacity [28, 36, 37].

It was reported that antioxidant activity of thermally treated dates increased significantly compared to the date fruit [43–45]. However, these results disagree with those of Parn et al. [13] who reported a slow decrease of antioxidant capacity of date paste, as tested by DPPH scavenging capacity, upon its incorporation in fruit bars. Similarly, numerous studies established that heat treatment enhanced the antioxidant activity of tomato, eggplants, strawberry, and cocoa [39–42].

Admittedly, the strong AOA of date fruits is due to the presence of enzymatic antioxidants (catalase, peroxidase, and superoxide dismutase) and non-enzymatic antioxidants, mainly phenolic compounds [46]. Hence, it is admitted that

**Table 2** Total phenolic and flavonoid contents and antioxidant activities of date fruits and pastes

Parameter	Date fruits			Date pastes	
	DFT	DFZ	DPT	DPZ	DPG
Phenolic content (mg/100 g DW)					
TPC (mg GAE/ 100 g DW)	268.04 ± 6.50 <sup>b</sup>	264.87 ± 6.12 <sup>b</sup>	288.37 ± 0.99 <sup>a(+)</sup>	298.11 ± 7.44 <sup>a(+)</sup>	281.47 ± 1.54
TFC (mg QE/ 100 g DW)	16.11 ± 0.19 <sup>a</sup>	17.36 ± 1.38 <sup>a</sup>	17.17 ± 0.95 <sup>a(-)</sup>	18.15 ± 1.92 <sup>a(-)</sup>	28.27 ± 0.89
Antioxidant activity					
FRP (mg GAE /100 g DW)	766.97 ± 9.16 <sup>b</sup>	927.55 ± 0.39 <sup>b*</sup>	809.29 ± 9.73 <sup>a</sup>	1005.16 ± 2.60 <sup>a(+)</sup>	806.16 ± 2.60
DPPH (%)	69.89 ± 1.98 <sup>a*</sup>	55.77 ± 0.53 <sup>a</sup>	70.39 ± 1.38 <sup>a(-)</sup>	58.52 ± 3.42 <sup>a(-)</sup>	75.46 ± 0.60
FIC (%)	71.20 ± 0.03 <sup>b*</sup>	70.39 ± 0.18 <sup>b</sup>	78.49 ± 3.51 <sup>a(+)</sup>	75.60 ± 1.87 <sup>a(+)</sup>	69.17 ± 1.45

Each value in the table is the mean ± standard deviation (n=3); Result of date fruit with asterisk (\*) is statistically higher than that of the other one (Student-t test); Results of the same cultivar (fruit/paste) with different letters are statistically different (Student-t test,  $p > 0.05$ , a > b); Results of date pastes (DPT or DPZ) and control (DPG) were compared with Dunnett test (-/+ significantly lower/higher at  $p < 0.05$ )

TPC total phenolic content; TFC total flavonoids content; FRP Ferric reducing power; DPPH free radical scavenging activity; FIC Ferrous ion chelating capacity; DFT date fruit of *Tamjoughert* cultivar; DFZ date fruit of *Tazarzeit* cultivar; DPG control date paste prepared from *Ghars* cultivar; DPT date paste prepared from *Tamjoughert* cultivar; DPZ date paste prepared from *Tazarzeit* cultivar; GAE gallic acid equivalent; QE Quercetin equivalent; DW dried weight

these compounds are responsible for the antioxidant power of date paste especially, non-enzymatic activity. This is confirmed by the increase of the AOA in date pastes, compared to date fruits, in parallel with the increase of their phenols (TPC and changes in phenolic profiles).

This was confirmed by strong correlations between bioactive compounds (TPC and TFC) and AOA (DPPH, FRP, and FIC) of analyzed samples with coefficients of determination ranged from 0.70 to 0.95 (Table I, supplementary material). These results are in line with those of Mansouri et al. [47] and Biglari et al. [48] who reported that the antioxidant potential of date fruit is due to the presence of phenolic compounds and consequently their potent contribution to the antioxidant capacity of date pastes. Nevertheless, this activity may depend on the available concentration of an individual antioxidant compound or on the potential synergistic interaction that occurs in various constituents of plants [49, 50].

### Phenolic profile

The phenolic profiles of date fruits and pastes were determined using HPLC-DAD and the results were presented in Table 3. All the analyzed samples shared quietly the same phenolic pattern. The main identified compound was gallic

acid (2.44–29.36 mg/kg DW). *Tamjoughert* cultivar was distinguished by significantly high contents on five compounds (catechin and vanillic, syringic, sinapic, and ferulic acids) than *Tazarzeit* cultivar. This latter exceeded DFT only in tyrosol content. The other phenolic compounds were equal for the two date fruits. Interestingly, the transformation of date fruits to date paste caused a significant increase in almost all of the phenolic compounds, mainly gallic acid, PHBA, vanillin. In parallel luteolin decreased significantly, especially in DPZ with 80% loss. It can be seen also that the two elaborated date pastes were globally more concentrated on phenolics than the reference.

Unlike date fruits, date pastes' phenolic profile was poorly studied. In this context, more or less similar phenolic patterns have been listed for other date fruit varieties. Mansouri et al. [47] identified *p*-coumaric, ferulic, sinapic, and cinnamic acids; however, they have not been quantified. Similarly, Benmeddour et al. [30] identified and quantified some flavonoids including isoquercetin (13.33–51.03%), rutin (19.10–39.90%), quercetin (16.05–53.78%), and luteolin (0.64–4.49%). Likewise, Mrabet et al. [12] detected certain phenolic acids, namely gallic (major compound), protocatechuic, vanillic, and *p*-coumaric acids as well as tyrosol, while Hachani et al. [6] detected 23 phenolic compounds, most of them are

**Table 3** Phenolic profile of date fruits and pastes

Content (mg/kg DM)	Date fruits			Date pastes	
	DFT	DFZ	DPT	DPZ	DPG
Gallic acid	2.49 ± 0.11 <sup>b</sup>	2.44 ± 0.38	29.36 ± 0.20 <sup>a(+)</sup>	24.09 ± 1.32 <sup>a</sup>	25.02 ± 0.18
<i>O</i> -Coumaric acid	2.44 ± 0.02 <sup>b</sup>	Traces	12.18 ± 0.13 <sup>a(+)</sup>	4.88 ± 0.07 <sup>(-)</sup>	8.25 ± 1.00
Protocatechuic acid	9.34 ± 0.42 <sup>a</sup>	6.69 ± 3.16 <sup>b</sup>	12.62 ± 2.02 <sup>a</sup>	16.9 ± 0.07 <sup>a(+)</sup>	12.68 ± 1.29
Tyrosol	8.17 ± 0.2 <sup>b</sup>	9.63 ± 0.42 <sup>b*</sup>	16.37 ± 0.23 <sup>a</sup>	16.12 ± 0.29 <sup>a</sup>	16.54 ± 0.08
PHBA	5.22 ± 0.27 <sup>b</sup>	3.79 ± 4.85 <sup>b</sup>	14.70 ± 0.19 <sup>a</sup>	18.89 ± 0.05 <sup>a(+)</sup>	14.86 ± 0.93
Vanillic acid	2.55 ± 0.28 <sup>b*</sup>	1.45 ± 0.22 <sup>b</sup>	5.55 ± 0.14 <sup>a</sup>	5.31 ± 1.56 <sup>a</sup>	5.35 ± 0.09
Syringic acid	4.89 ± 0.46 <sup>a*</sup>	3.7 ± 0.2 <sup>a</sup>	4.16 ± 2.11 <sup>a</sup>	4.81 ± 1.84 <sup>a</sup>	5.56 ± 0.11
Caffeic acid	5.12 ± 1.16 <sup>a</sup>	4.71 ± 0.29 <sup>b</sup>	6.53 ± 0.05 <sup>a(+)</sup>	7.56 ± 0.38 <sup>a(+)</sup>	5.94 ± 0.24
<i>P</i> -Coumaric acid	1.41 ± 0.07 <sup>b</sup>	0.8 ± 0.46 <sup>b</sup>	3.01 ± 0.09 <sup>a</sup>	4.48 ± 0.06 <sup>a(+)</sup>	3.16 ± 0.06
Sinapic acid	6.7 ± 0.22 <sup>a*</sup>	4.3 ± 0.70 <sup>b</sup>	6.61 ± 0.14 <sup>a(-)</sup>	7.24 ± 0.01 <sup>a</sup>	7.45 ± 0.22
Ferulic acid	4.5 ± 0.34 <sup>b*</sup>	2.27 ± 1.33 <sup>b</sup>	7.77 ± 1.93 <sup>a</sup>	7.53 ± 0.41 <sup>a(+)</sup>	6.05 ± 0.04
Cinnamic acid	12.59 ± 0.28 <sup>b</sup>	11.79 ± 0.48 <sup>b</sup>	18.68 ± 0.16 <sup>a(+)</sup>	17.79 ± 1.69 <sup>a(+)</sup>	14.35 ± 0.54
Catechin	12.93 ± 0.07 <sup>b*</sup>	7.56 ± 0.06 <sup>b</sup>	21.56 ± 0.36 <sup>a(-)</sup>	15.86 ± 0.43 <sup>a(-)</sup>	22.91 ± 0.50
Vanillin	3.01 ± 0.37 <sup>b</sup>	3.47 ± 0.54 <sup>b</sup>	15.62 ± 0.05 <sup>a(+)</sup>	13.45 ± 0.16 <sup>a(+)</sup>	12.12 ± 0.02
Rutin	14.25 ± 2.04 <sup>a</sup>	19.35 ± 3.40 <sup>a</sup>	12.25 ± 0.19 <sup>a</sup>	13.93 ± 1.73 <sup>a</sup>	10.18 ± 3.26
Luteolin	16.27 ± 1.04 <sup>a</sup>	16.23 ± 0.43 <sup>a</sup>	14.27 ± 0.16 <sup>b(+)</sup>	9.02 ± 0.48 <sup>b</sup>	10.4 ± 1.27
Quercetin	1.21 ± 0.05 <sup>b</sup>	1.27 ± 0.16 <sup>b</sup>	6.25 ± 0.02 <sup>a(-)</sup>	4.81 ± 0.01 <sup>a(-)</sup>	7.10 ± 0.02

Each value in the table is the mean ± standard deviation (n=3); Result of date fruit with asterisk (\*) is statistically higher than that of the other one (Student-t test); Results of the same cultivar (fruit/paste) with different letters are statistically different (Student-t test,  $p > 0.05$ ,  $a > b$ ); Results of date pastes (DPT or DPZ) and control (DPG) were compared with Dunnett test (-/+ significantly lower/higher at  $p < 0.05$ )

DFT date fruit of *Tamjoughert* cultivar; DFZ date fruit of *Tazarzeit* cultivar; DPG control date paste prepared from *Ghars* cultivar; DPT date paste prepared from *Tamjoughert* cultivar; DPZ date paste prepared from *Tazarzeit* cultivar; PHBA phosphor-hydroxybenzoic acid

hydroxycinnamic and formic acid derivatives. These authors did not detect gallic acid except in methanolic extracts while luteolin was only detected in acetone-aqueous extracts.

These results were in line with those of Allaith et al. [43] and Mrabet et al. [12] who indicated the increase of some date phenols after steam and heat treatments. In addition, Rubio-Sentent et al. [51] detected new phenols in thermally treated olive oil that were not present in the untreated reference sample. According to Homayouni et al. [2], the increasing level of phenolic acids is due to chain-breaking effect of heat treatment, the breakdown of cell walls, and hydrolysis of linkages between bound acid and lignin or arabinoxylans caused the release of phenolic acids. On the other hand, Ghnimi et al. [5] explained the diminution of some phenols by their destruction under high temperatures because they are heat-labile. Nevertheless, Mrabet et al. [12] reported that gallic acid contents decrease in thermal extracts at very high temperatures (180–200 °C).

**Sensory analysis**

**Triangular test**

The statistical decisions and  $\mu$  values for both the external appearance and the taste of the three date pastes were given in Table II (supplementary material). It is indicated that DPG (A) had an external appearance that was significantly different from that of DPZ (C), regardless of its position of presentation. On the other hand, its external appearance was significantly different from that of DPT (B), especially when it was presented after. However, DPT (B) and DPZ (C) had similar external appearances.

Regarding the taste, sample “A” had a taste that is significantly different from that of sample “C”, regardless of its position of presentation. On the other hand, its taste was significantly different from that of DPT (B) only when it was presented before. Finally, the DPT (B) and DPZ (C) had similar tastes (Sensory records of the triangular test were given in table III of supplementary material).

**Ranking test**

The participants ranked the three samples according to their consistency, sweetness, and aroma, and the attributed ranks were presented in Table 4. For the three sensory descriptors, the panelists assigned the first rank to DPZ (C) followed by DPT (B) while the sample DPG (A) is ranked the last one.

In parallel, the differences between the paired rank totals (A-B), (A-C), and (B-C) were calculated and the results were mentioned in Table 2. According to Friedman’s table, the critical value for 18 tasters and 3 samples is 15. Thus, differences between the pairwise classification totals (D) show that there is no significant difference ( $D < 15$  differences) between the consistencies of the pairs (DPT-DPZ) and (DPG-DPT). For the other pair (DPG-DPZ), the difference was significant ( $D \geq 15$ ). In terms of sweetness and aroma, the three samples show no significant differences since the differences between the total paired ranks were all less than 15 (Sensory records of the ranking test were given in table IV of supplementary material).

**Hedonic test**

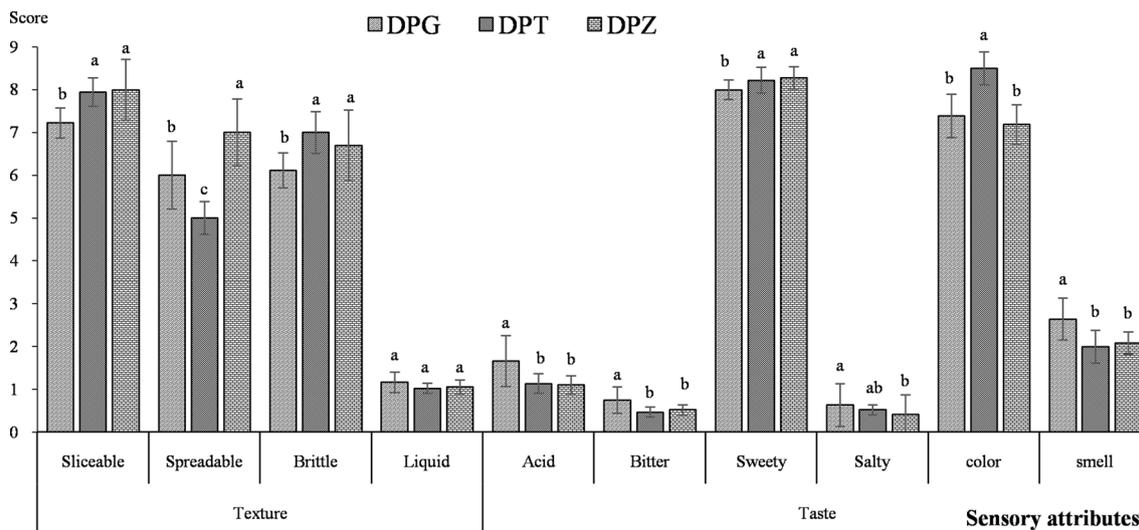
**Sensory profile** The obtained results, presented in Fig. 2, showed that panelists perceive that sensory attributes describing texture and color were the most intense in contrast with those describing smell and taste where a low intensity was noted for each of their descriptors, except the sweet taste. Indeed, DPZ had a sliceable and spreadable texture and a considerable sweetness. On the other hand, DPT had a brittle texture, low spreadability, and the best color, while DPG had a semi-solid texture, an acid taste and best smell.

The statistical analysis showed significant differences ( $p < 0.05$ ) between the three samples. The Dunnett test mentioned clearly that the texture, taste and the smell of DPT and DPZ were significantly ( $p < 0.05$ ) different from those of the reference; except for the liquid texture. Unlike the salty taste, DPG and DPZ share the same color, which was significantly different from that of DPT. Furthermore, the mean classification test (T-Tukey) reveals their separation into two heterogeneous groups. The first group includes the sample “A” while the second group includes the samples “B” and “C”. This means that DPG was significantly different from

**Table 4** Ranks attributed to the three date pastes

Samples	DPG			DPT			DPZ		
	Consistency	Sweetness	Aroma	Consistency	Sweetness	Aroma	Consistency	Sweetness	Aroma
Ranks sum	48	43	44	37	34	32	23	33	31
Rank	3	3	3	2	2	2	1	1	1

DPG Reference date paste prepared from *Ghars* cultivar; DPT date paste prepared from *Tamjouhert* cultivar; DPZ date paste prepared from *Tazarzeit* cultivar



**Fig. 2** Hedonic profile of date pastes. The hedonic profile of the three date pastes (DPG, DPT, and DPZ) was studied using a 9-point scale for the each descriptor of the following sensory attributes : texture, taste, color and smell. DPG, Reference date paste prepared from

*Ghars* cultivar; DPT, date paste prepared from *Tanjouhert* cultivar; DPZ, date paste prepared from *Tazarzeit* cultivar. For each attribute, different letters indicate statistical significant difference (ANOVA-Dunnett test,  $p < 0.05$ ,  $b < a$ )

DPT and DPZ, which were similar in terms of almost all the studied descriptors (Sensory records of the hedonic test were given in table V of supplementary material).

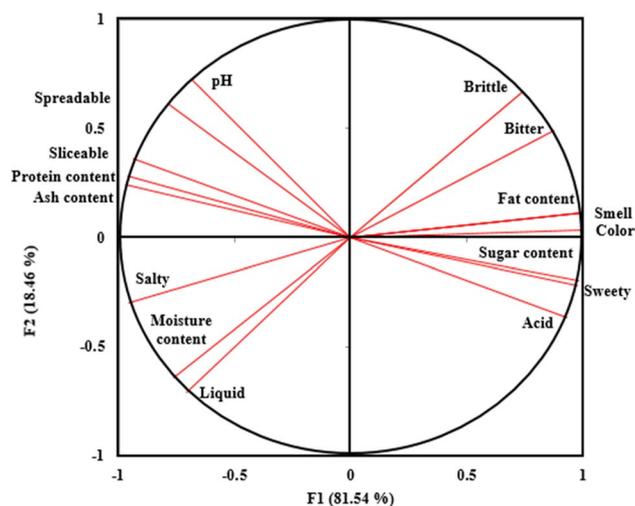
**Correlation between the sensory profile and the proximate composition**

The PCA allows visualizing the correlation between physico-chemical parameters and sensory attributes. The obtained results (Fig. 3) showed that they are closely correlated as it was clearly appearing that the sweet taste was positively correlated with the sugar content ( $r = +0.958$ ). Admittedly, carbohydrates were the main molecules that were responsible for the food’s sweetness. Being the major components of the date fruit, sugars render the date paste very sweet.

The color had also a positive correlation with sugar content ( $r = +0.855$ ). Indeed, in addition to pigments such as carotenoids, anthocyanins, and tannins, carbohydrates contribute to date color through Maillard and caramelization reactions [5]. Regarding texture, the spreadable texture and pH were positively correlated ( $r = +0.866$ ). In fact, after heating, when the pH increased the protein-protein, protein-fat, and protein-water interactions increase. Hence, the product may have a soft and elastic texture [52].

On the other hand, the pH is negatively correlated ( $r = -0.953$ ) with the brittle texture. When the pH decreases, the friable texture could result from the weakness of protein-protein and protein-water interactions [53].

Likewise, a positive correlation ( $r = +0.782$ ) is observed between the liquid texture and the moisture



**Fig. 3** Principal Component Analysis between sensory profile and physico-chemical composition of date paste

content. Actually, the decrease in moisture content causes poor protein hydration and results in a less elastic paste that is more susceptible to breaking forces [24]. Thus, this was explained by the plasticizing effect of water contained in dates fruit itself and that acquired during the steaming preparation of date paste.

Furthermore, the variations of the salty taste can be attributed to samples’ ash content ( $r = +0.609$ ), which presents a more intense salty taste with the increase in the mineral content, especially NaCl [54].

A similar trend of positive correlation was observed between odor and fat content ( $r = +0.951$ ). Since volatile compounds responsible for the aroma were mainly lipophilic, it is recognized that the intensity of the flavor increased with the increase of fat content. In fact, the volatile compounds including alcohol, aldehydes, esters, terpenes, and ketones are the key volatiles determinants of the date aroma [55]. These flavor volatiles are derived from an array of compounds, via different pathways such as terpenes pathway and some of them (alcohols) are mainly generated as reaction products of lipid oxidation [25].

## Conclusions

The preparation of date paste from date fruits resulted in a dough with higher bioactive compounds amounts and lower sugar content as well as appreciated texture, taste, color, and smell. In fact, both date fruits and pastes exhibited promising nutraceutical potentialities. The prepared date pastes showed high scores in consumer's acceptability and preference in comparison with the commercial paste. Relying upon the obtained results; the transformation of secondary date varieties, mainly *Tazarzeit* and *Tamjoughert*, into paste constitutes a useful boost for their valorization.

**Supplementary Information** The online version contains supplementary material available at <https://doi.org/10.1007/s11694-021-00844-7>.

**Acknowledgements** The authors are grateful to the Algerian Ministry of Higher Education and Scientific Research for the financial support, especially the General Direction of Scientific Research and Technological Development and to the date palm producers' association at M'zab Valley. This research was also supported by the Spanish Ministry of Economy and Competitiveness and co-funded by a European Social Fund (ESF) (project AGL2016-79088R) and the Spanish Ministry of Economy and Competitiveness Ramon y Cajal Programme (RyC 2012–10456).

**Author contributions** MT: Conceptualization, Methodology, Software, Validation, Formal analysis, Investigation, Data curation, Writing-Original draft, Visualization. DEK: Conceptualization, Methodology, Resources, Supervision; Project administration. MB: Software, Validation, Formal analysis, Visualization. AB: Validation, Resources, Project administration. GR: Conceptualization, Methodology, Resources, Supervision; Project administration.

**Funding** The Algerian General Direction of Scientific Research and Technological Development.

## Compliance with ethical standards

**Conflict of interest** The authors declare that there is no conflict of interest.

## References

1. FAOSTAT, <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC> Accessed 14 August 2020 (2018)
2. A. Homayouni, A. Azizi, A.K. Keshtiban, A. Amini, A. Eslami, J. Food Sci. Technol. **52**, 1872 (2015)
3. A. Mrabet, H. Hammadi, G. Rodríguez-Gutiérrez, A. Jiménez-Araujo, M. Sindic, Food Sci. Technol. Res. **25**, 1 (2019)
4. A. Qadir, F. Shakeel, A. Ali, M. Faiyazuddin, J. Food Sci. Technol. **57**, 1191 (2020)
5. S. Ghnimi, M. Al-Shibli, H.R. Al-Yammahi, A. Al-Dhaheri, F. Al-Jaberi, B. Jobe, A. Kamal-Eldin, NFS J. **12**, 1 (2018)
6. S. Hachani, C. Hamia, S. Boukhalkhal, A.M. Silva, A. Djeridane, M. Yousfi, NFS J. **13**, 10 (2018)
7. A. Abekhti, K. Zarour, A. Boulal, Z. Benmechrene, M. Kihal, J. Microbiol. Res. **3**, 163 (2013)
8. H. Amellal-Chibane, S. Benamara, Am. J. Food. Nutr. **1**, 74 (2011)
9. N. Belguedj, N. Bassi, S. Fadlaoui, A. Agli, J. New Sci. Agric. Biotechnol. **20**, 818 (2015)
10. S. Ghnimi, S. Umer, A. Karim, A. Kamal-Eldin, NFS J. **6**, 1 (2017)
11. A. Manickavasagan, M.M. Essa, E. Sukumar, *Dates: Production, Processing, Food, and Medicinal Values* (CRC Press, Boca Raton, 2012).
12. A. Mrabet, A. Jiménez-Araujo, J. Fernández-Bolaños, F. Rubio-Senent, A. Lama-Muñoz, M. Sindic, G. Rodríguez-Gutiérrez, Food Chem. **196**, 917 (2016)
13. O.J. Parn, R. Bhat, T. Yeoh, A. Al-Hassan, Food Biosci. **9**, 20 (2015)
14. A. Mrabet, G. Rodríguez-Gutiérrez, F. Rubio-Senent, H. Hamza, R. Rodríguez-Arcos, R. Guillén-Bejarano, M. Sindic, A. Jiménez-Araujo, LWT-Food Sci. Technol. **75**, 727 (2017)
15. M.S. Marcial-Coba, A.S. Pjaca, C.J. Andersen, S. Knøchel, D.S. Nielsen, LWT-Food Sci. Technol. **99**, 197 (2019)
16. E. Sánchez-Zapata, J. Fernández-López, M. Peñaranda, E. Fuentes-Zaragoza, E. Sendra, E. Sayas, J.A. Pérez-Alvarez, Food Res. Int. **44**, 2401 (2011)
17. J. Ahmed, H. Ramaswamy, A. Khan, J. Food Eng. **66**, 253 (2005)
18. A. Mrabet, M. Rejili, B. Lachiheb, P. Toivonen, N. Chaira, A. Ferchichi, Ann. Microbiol. **58**, 453 (2008)
19. H. Harrak, A. Hamouda, M. Nadi, Cahiers Agric. **27**, 15001 (2018)
20. S.M.A. Razavi, H. Karazhiyan, Int. J. Food Prop. **15**, 281 (2012)
21. S. Bhople, M. Ingle, D. Bornare, Beverage Food World **43**, 41 (2016)
22. D. Shinde, S. Popale, S.G. Salunke, S. Kadam, J. Pharmacogn. Phytochem. **8**, 4489 (2019)
23. H.M. Haneen, Asian J. Appl. Sci. Technol. **3**, 234Y248 (2019)
24. M.S. Rahman, S.A. Al-Farsi, J. Food Eng. **66**, 505 (2005)
25. A. El Arem, E.B. Saafi, G. Flamini, M. Issaoui, A. Ferchichi, M. Hammami, A.N. Helall, L. Achour, Int. J. Food Sci. Technol. **47**, 549 (2012)
26. S. Besbes, L. Drira, C. Blecker, C. Deroanne, H. Attia, Food Chem. **112**, 406 (2009)
27. H.M. Habib, H. Kamal, W.H. Ibrahim, A.S. Al Dhaheri, Ind. Crop. Prod. **42**, 567 (2013)
28. N.S. Al-zoreky, A.Y. Al-Taher, Ind. Crop. Prod. **65**, 241 (2015)
29. F. Al Juhaيمي, M.M. Özcan, O.Q. Adiamo, O.N. Alsawmahi, K. Ghafoor, E.E. Babiker, J. Food Process. Preserv. **42**, e13584 (2018)
30. Z. Benmeddour, E. Mehinagic, D.Le Meurlay, H. Louaileche, J. Funct. Foods. **5**, 346 (2013)
31. M. Oyaizu, Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi **35**, 771 (1988)

32. M. Ramchoun, C. Alem, K. Ghafoor, J. Ennassir, Y.F. Zegzouti, J. Saudi Soc. Agric. Sci. **16**, 257 (2017)
33. I. ISO, International Organization for Standardization: Geneva, Switzerland (2004)
34. B. Watts, G. Ylimaki, L. Jeffery, L. Elias, *Basic Sensory Methods for Food Evaluation* (IDRC, Ottawa, 1989).
35. G. Newell, J. MacFarlane, J. Food Sci. **52**, 1721 (1987)
36. F. Benkerrou, H. Louaileche, M. Bachir bey, The Annals of the University Dunarea de Jos of Galati. Fascicle VI-Food Technol. **42**, 9 (2018)
37. O. Djaoudene, V. López, G. Cásedas, F. Les, C. Schisano, M.B. Bey, G.C. Tenore, Food Funct. **10**, 4953 (2019)
38. F. Benkerrou, M. Amrane, H. Louaileche, J. Food Meas. Charact. **12**, 1910 (2018)
39. V. Dewanto, X. Wu, K.K. Adom, R.H. Liu, J. Agric. Food Chem. **50**, 3010 (2002)
40. A. Chumyam, K. Whangchai, J. Jungklang, B. Faiyue, K. Saengnil, Sci. Asia **39**, 246 (2013)
41. G. Rodríguez-Gutiérrez, J.C. Cardoso, F. Rubio-Senent, A. Serano, R. Borja, J. Fernández-Bolaños, F.G. Feroso, Inn. Food Sci. Emerg. Technol. **51**, 186 (2019)
42. C. Hernández-Hernández, A. Morales-Sillero, J. Fernández-Bolaños, A. Bermúdez-Oria, A.A. Morales, G. Rodríguez-Gutiérrez, J. Sci. Food Agri. **99**, 325 (2019)
43. A.A. Allaith, S.H. Ahmed, F. Jafer, Int. J. Food Sci. Technol. **47**, 783 (2012)
44. S. Sirisena, K. Ng, S. Ajlouni, Compr. Rev. Food Sci. Food Saf. **14**, 813 (2015)
45. Z.-X. Tang, L.-E. Shi, S.M. Aleid, Braz. Arch. Biol. Techn. **57**, 706 (2014)
46. S. Al-Turki, M.A. Shahba, C. Stushnoff, J. Food Agric. Environ. **8**, 253 (2010)
47. A. Mansouri, G. Embarek, E. Kokkalou, P. Kefalas, Food Chem. **89**, 411 (2005)
48. F. Biglari, A.F. AlKarkhi, A.M. Easa, Food Chem. **107**, 1636 (2008)
49. M. Alothman, R. Bhat, A. Karim, Innov. Food Sci. Emerg. **10**, 512 (2009)
50. M.J.O. Wijekoon, R. Bhat, A.A. Karim, J. Food Compos. Anal. **24**, 615 (2011)
51. Ft. Rubio-Senent, G. Rodríguez-Gutiérrez, A. Lama-Muñoz, J. Fernández-Bolaños, J. Agric. Food Chem. **60**, 1175 (2012)
52. A. Coutouly, A. Riaublanc, M. Axelos, I. Gaucher, Dairy Sci. Technol. **94**, 125 (2014)
53. S. Lee, H. Klostermeyer, LWT-Food Sci. Technol. **34**, 288 (2001)
54. E.J. McMahon, K.L. Campbell, J.D. Bauer, Appetite **83**, 236 (2014)
55. F. Guido, S.E. Behija, I. Manel, Z. Nesrine, F. Ali, H. Mohamed, H.A. Nouredine, A. Lotfi, Food Chem. **127**, 1744 (2011)

**Publisher's Note** Springer Nature remains neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

Article

# Antioxidant Capacity and Phenolic and Sugar Profiles of Date Fruits Extracts from Six Different Algerian Cultivars as Influenced by Ripening Stages and Extraction Systems

Malika Tassoult <sup>1</sup>, Djamel Edine Kati <sup>1</sup>, María África Fernández-Prior <sup>2</sup>, Alejandra Bermúdez-Oria <sup>2</sup>, Juan Fernandez-Bolanos <sup>2</sup> and Guillermo Rodríguez-Gutiérrez <sup>2,\*</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire de Biochimie Appliquée, Département des Sciences Alimentaires, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université de Bejaia, Bejaia 06000, Algeria; tassoult\_malika@yahoo.fr (M.T.); djamelkati@yahoo.fr (D.E.K.)

<sup>2</sup> Instituto de la Grasa, Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), Campus Universitario Pablo de Olavide, Edificio 46, Ctra. de Utrera, km 1, 41013 Seville, Spain; mafprior@ig.csic.es (M.A.F.-P.); aleberori@ig.csic.es (A.B.-O.); j.fb.g@csic.es (J.F.-B.)

\* Correspondence: guirogu@ig.csic.es; Phone: +34-954-611-550; Fax: +34-954-616-790

**Citation:** Tassoult, M.; Kati, D.E.; Fernández-Prior, M.A.; Berm, A.; Fernandez-Bolanos, J.; Rodr, G. Antioxidant Capacity and Phenolic and Sugar Profiles of Date Fruits Extracts from Six Different Algerian Cultivars as Influenced by Ripening Stages and Extraction Systems. *Foods* **2021**, *10*, 503. <https://doi.org/10.3390/foods10030503>

Academic Editor: Kwang-Geun Lee

Received: 18 January 2021

Accepted: 22 February 2021

Published: 26 February 2021

**Publisher's Note:** MDPI stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.



**Copyright:** © 2021 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

**Abstract:** The study investigated the phenols, sugar and the antioxidant capacities of date fruit extracts obtained by organic solvents and by hydrothermal treatment from six different Algerian cultivars at two ripening stages for the first time. The analyzed cultivars exhibited potent antioxidant properties (ferric reducing antioxidant power (FRAP), 1,1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) and 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid (ABTS) scavenging capacities) and different phenols regardless of the solvents and the maturity stages. About 18 phenols were identified and quantified, mainly in the hydrothermal extracts. The earlier stages were characterized by high amounts of o-coumaric acid, cinnamic acid and luteolin, with a noticeable absence of quercetin. The tamr stage presented the highest sugar content (78.15–86.85 mg/100 mg dry weight (DW)) with an abundance of glucose. Galactose was present only in some cultivars from the kimri stage (tamjouhert). Uronic acids were mostly detected at the tamr stage (4.02–8.82 mg gallic acid equivalent/100 mg dried weight). The obtained results highlight the potential of using date fruit extracts as natural antioxidants, especially at industrial scales that tend use hydrothermal extraction.

**Keywords:** *Phoenix dactylifera L.*; secondary dates; phenolic profile; antioxidant activities; sugars

## 1. Introduction

Date palm (*Phoenix dactylifera L.*) is a major fruit tree in most of the Arabian Peninsula and it is considered one of the most important commercial crops [1,2]. Date fruit is a highly nutritious food product that is rich in simple sugars such as glucose and fructose (65–80%). It constitutes a good source of fibers, essential minerals and vitamins. It is characterized by low amounts of fat and protein with no starch [3,4]. Besides nutritional value, date fruits are rich in bioactive compounds possessing various biological properties [5]. Phytochemical investigations have revealed that these fruits contain secondary metabolites such as phenolic acids, flavonoids, tannins, terpenoids, alkaloids, saponins, sterols or glycosides that are known to have in vitro antioxidant, antimicrobial, anti-inflammatory, anti-proliferative and enzymatic activities [5–7].

As they ripen, date fruits go through four ripening stages termed kimri, khalal, rutab and tamr [8]. These represent the immature astringent green, crunchy yellow, soft brown and hard raisin-like stages of development, respectively [9]. During date ripening, a series of metabolic and physiological changes occur: the sugar content increases from the kimri

to the tamr stage [10,11], while the phenolic fraction, mainly tannins, decline progressively [12].

Indeed, the increasing assessment on date fruits is a matter of interest due to their bioactivities that rely mainly on the extracted bioactive compounds [4,13]. This is influenced by the ripening stage and the extraction conditions, including the extraction solvent, the extraction method and the ratio of sample:solvent [2,14]. In this context, the highest levels of total phenolic and condensed tannins contents were found in methanol:water 80:20 *v/v* date fruit extracts, while the highest total flavonoid contents and antioxidant activities were found in acetone:water 70:30 *v/v* [4]. Similarly, extracts obtained from hydrothermally treated date fruits had higher phenolic contents and stronger antioxidant activities [7]. Even though a growing body of literature has highlighted the impact of extraction solvent or the ripening stage on the antioxidant capacities of date fruits, none of them investigated the effect of maturity status and extraction solvent simultaneously on their phenolic pattern, sugar profile and antioxidant capacities. Hence, the current study aimed at screening the proximate composition of some Algerian secondary date varieties from the two last ripening stages (rutab and tamr) which are edible, at evaluating their *in vitro* antioxidant properties and at investigating the correlations between the antioxidant activity and the total phenols. To our knowledge, this study reports, for the first time, the compositional changes and the evolution of antioxidant activity during ripening. This may help us to understand the biochemistry of the fruit ripening and the major pathways.

## 2. Material and Methods

### 2.1. Chemicals

Acetone (99.78%), methanol (99.90%), sodium carbonate (NaCO<sub>3</sub> 99.5%), sodium nitrate (NaNO<sub>3</sub> 99.0%), aluminum chloride (AlCl<sub>3</sub> 97.0%), sodium hydroxide (NaOH 97.0%), potassium ferricyanide (K<sub>3</sub>(Fe(CN)<sub>6</sub>) 99.0%), iron trichloride (FeCl<sub>3</sub> 98.0%), iron II chloride (FeCl<sub>2</sub> 98.0%) and trichloroacetic acid (TCA 98.0%) were from Biochem Chemopharma (Georgia, USA). Folin–Ciocalteu reagent was from Biochem Chemopharma (Montreal, Quebec) and 1,1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH 95%) was from Sigma-Aldrich (Sternheim, Germany). Gallic (99.5%), p-coumaric (98%), ferulic (99%) and caffeic acids (98%), rutin (94%), luteolin (98%), isoquercetrin (97%), quercetrin (95%) and quercetin (98%) were from Sigma-Aldrich Co (Saint-Louis, MO, USA).

### 2.2. Sampling

Six date fruit cultivars (dalt, deglet nour, ghars, tamezwert n'telet, tamjouhert and tazarzeit) at two different ripening stages (tamr and rutab) were harvested from M'zab valley, Ghardaia, Algeria. The chosen fruits had a uniform size and were free of physical damage, insect injury and fungal infection. Upon arrival at the laboratory, the seeds were manually separated from the pulp and hand-cut into small pieces. The samples were maintained at −20 °C before their analyses.

### 2.3. Extraction Procedure of Bioactive Compounds

The bioactive compounds were extracted using three solvents: methanol:water (65:35 *v/v*), acetone:water (65:35 *v/v*) and water. The extraction was carried out according to the method of Al-Zoreky and Al-Tahar [15] with slight modifications. Briefly, five grams of each date cultivar from each stage were homogenized with 20 mL of each solvent using an Ultra-Turax T25 homogenizer (IKA-labortechnik, Germany) for 2 min. Only the aqueous extracts were sterilized for 1 h at 120 °C to obtain hydrothermal extracts. Subsequently, the MeOH:H<sub>2</sub>O extracts (ME), acetone:H<sub>2</sub>O extracts (AE) and the hydrothermal extracts (HE) were centrifuged at 4000 g (Sigma 2-16K, Osterode, Germany) for 5 min, paper-filtered and, finally, stored at 4 °C and processed for analysis within 1 week.

#### 2.4. Determination of Uronic Acid Content

Uronic acid content (UAC) was determined by tetraborate-sulphuric acid colorimetric assay using the m-hydroxyphenyl reactive at 520 nm in an iMark™ microplate absorbance reader [16]. The results were expressed as milligrams of galacturonic acid equivalents per 100 mg of dry weight (mg GAE/100 mg DW).

#### 2.5. Determination of Sugar Content

According to Mrabet et al. [17], the anthrone-sulfuric acid colorimetric method was used to determine the total sugar content (TSC) at 630 nm in an iMark™ microplate absorbance reader (Bio-Rad, Hercules, CA, USA). The results were expressed as milligrams per 100 mg of dry weight (mg/100 mg DW).

#### 2.6. Determination of Individual Sugars

Individual sugars were assessed according to Mrabet et al. [17]. Prior to determining the neutral sugars, the sugar fraction was hydrolyzed with trifluoro acetic acid (TFA) for 1 h at 121 °C. The released sugars were reduced and then acetylated and, finally, identified and quantified as alditol acetates using gas chromatography (HP 6890 Plus, Hewlett-Packard, Palo Alto, CA, USA) equipped with a capillary column (30 m × 250 μm × 0.20 mm, SP-2330, Supelco, Bellefonte, PA, USA). The flow of the vector gas (Helium) was 2.2 mL/min at a pressure of 148.24 kPa. The run time was 40.7 min, during which the injector and flame ionization detector (FID) temperatures were 250 and 300 °C, respectively. After 2 min of the injection (splitless mode), the oven temperature was 50 °C; it was then held progressively at 180 °C and finally increased to 220 °C for 22 min. The internal standard was Myo-inositol. The results were expressed as milligrams per kg of dry weight (mg/kg DW).

#### 2.7. Determination of Total Phenolic Content

The total phenolic content (TPC) was determined by the Folin–Ciocalteu spectrophotometric method [18] and was expressed as grams of gallic acid equivalents per 100 g (mg GAE/100 g dry weight (DW)).

#### 2.8. Determination of Phenolic Profile Using HPLC-DAD

To determinate the phenols, 20 μL of each extract was injected into HPLC–DAD (liquid chromatography with a diode-array detector). for 55 min. The separation was carried out on a reversed phase equipped with a C-18 column (Teknokroma Tracer Extrasil ODS-2, 250 mm, −4.6 mm, inner diameter i.d. 5 mm). The flow rate of the mobile phase (eluent A = water/trichloroacetic acid 0.01%; eluent B = acetonitrile) was 1 mL/min and its gradient system was 95% A initially, 75% A in 30 min, 50% A in 45 min, 0% A in 47 min, 75% A in 50 min and 95% A in 52 min until completing the run time. Quantification of the identified phenols was performed using external standards' calibration curves [19]. The results were expressed as milligrams per 100 g of dry weight (mg/100 g of DW).

#### 2.9. Determination of Antioxidant Activity

Prior to determining the antioxidant activity (AOA), the extracts were evaporated under nitrogen. The extracts were then dissolved in water and, finally, paper-filtered (0.45 μm). The resultant extracts were used to assay this activity using different tests.

##### 2.9.1. DPPH Radical Scavenging Capacity

The free radical DPPH-scavenging capacity was assessed as described by Fernández-Bolaños et al. [20]. Briefly, 195 μL of DPPH solution was added to 5 μL of extract. The mixture was incubated in the dark for 30 min at room temperature. The absorbance was recorded, against a blank, at 490 nm (in an iMark™ microplate absorbance reader). The Efficiency 50 (EC 50) was calculated and was expressed as mg/mL.

### 2.9.2. ABTS Radical Scavenging Capacity

The 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) (ABTS) radical-scavenging capacity's measurement was also performed to evaluate the antioxidant capacity. This assay was conducted according to the method used by Rubio-Senent et al. [21], with slight modifications. Briefly, 187  $\mu$ L of ABTS solution was added to 13  $\mu$ L of extract. After 6 min of incubation, the absorbance was read at 750 nm (in an iMark™ microplate absorbance reader) against a blank. The results were expressed in terms of the Trolox equivalent antioxidant capacity (TEAC) as mmol Trolox/g of dry extract.

### 2.9.3. Ferric Reducing Antioxidant Power (FRAP)

The ferric reducing antioxidant power (FRAP) of the date extracts was assessed using the method of Mrabet et al. [19]. Extracts (10  $\mu$ L) were added to 10  $\mu$ L of FeCl<sub>3</sub> (6 mM). The mixture was incubated at 50 °C for 20 min, and then 80  $\mu$ L of dipyriddy (0.5%) was added. The absorbance was recorded at 490 nm (in an iMark™ microplate absorbance reader) after 30 min of incubation at room temperature. The results were expressed as mmol Trolox/g of dry extract.

### 2.10. Statistical Analysis

All analyses were carried out in triplicate and the results were expressed as means  $\pm$  standard deviation. Statistical analyses were performed using Sigmaplot software and the differences at  $p \leq 0.05$  were considered statistically significant. An ANOVA test was performed to compare between the different cultivars, stages and solvents, after which the T-Tukey test was realized to classify the samples into groups. The principal component analysis (PCA) served to visualize the correlation between the bioactive compounds and the antioxidant capacity of our samples.

## 3. Results and Discussions

### 3.1. Total Sugar Content

The total sugar content was determined colorimetrically and the results are shown in Table 1. The analyzed fruits were characterized by a high TSC that varied significantly among them, from  $26.12 \pm 1.20$  mg/100 (kimri tazarzeit) to  $85.89 \pm 5.54$  mg/100 mg DW (tamr tazarzeit). Moreover, methanolic and acetonic extracts' TSCs were higher than those of the hydrothermal ones, for which the TSC diminished considerably down to 50% in tamjoughert and tazarzeit cultivars. These results are in agreement with those published previously, in which similar values were reported for other date varieties, whose sugar content varied from 81% to 88% [22] and from 90% to 92% [23].

**Table 1.** Total sugar and uronic acid content in all varieties and stages for the three extraction systems.

Stage	Sample	Extracts		
		Hydrothermal	Acetonic	Methanolic
Rutab	Dalt	$59.88 \pm 8.11^c$	$73.52 \pm 4.70^b$	$80.73 \pm 5.37^a$
	Deglet Nour	$55.82 \pm 3.32^c$	$76.81 \pm 9.31^b$	$82.45 \pm 7.87^a$
	Ghars	$59.33 \pm 1.45^c$	$73.94 \pm 3.28^b$	$81.58 \pm 10.72^a$
	Tamezwert N'telet	$51.42 \pm 2.45^c$	$67.78 \pm 7.85^b$	$75.91 \pm 2.22^a$
	Tamjoughert	$43.29 \pm 4.43^b$	$77.52 \pm 4.70^a$	$82.35 \pm 5.96^a$
	Tazarzeit	$26.12 \pm 1.20^c$	$78.89 \pm 6.35^b$	$88.59 \pm 3.34^a$
Tamr	Dalt	$61.24 \pm 1.33^b$	$80.15 \pm 2.42^a$	$82.69 \pm 7.86^a$
	Deglet Nour	$62.15 \pm 3.42^b$	$82.09 \pm 3.44^a$	$85.5 \pm 5.54^a$
	Ghars	$62.51 \pm 3.26^b$	$81.04 \pm 5.14^a$	$83.73 \pm 1.54^a$
	Tamezwert N'telet	$61.82 \pm 4.55^c$	$71.52 \pm 3.55^b$	$79.35 \pm 9.26^a$

	Tamjoughert	52.32 ± 3.72 <sup>b</sup>	82.19 ± 7.88 <sup>a</sup>	84.72 ± 4.01 <sup>a</sup>
	Tazarzeit	42.24 ± 3.82 <sup>b</sup>	83.26 ± 4.33 <sup>a</sup>	85.89 ± 10.2 <sup>a</sup>
Uronic Acids Content (mg/100 mg DW)				
Rutab	Dalt	14.01 ± 0.89 <sup>a</sup>	3.82 ± 0.33 <sup>b</sup>	2.27 ± 0.55 <sup>b</sup>
	Deglet Nour	9.92 ± 0.72 <sup>a</sup>	5.34 ± 0.36 <sup>b</sup>	4.8 ± 1.27 <sup>b</sup>
	Ghars	10.99 ± 0.68 <sup>a</sup>	3.73 ± 0.16 <sup>b</sup>	2.87 ± 0.34 <sup>b</sup>
	Tamezwert N'telet	15.57 ± 1.12 <sup>f</sup>	8.6 ± 0.74 <sup>e</sup>	3.48 ± 0.87 <sup>a</sup>
	Tamjoughert	11.49 ± 0.92 <sup>a</sup>	4.48 ± 0.17 <sup>c</sup>	7.2 ± 0.58 <sup>b</sup>
	Tazarzeit	6.74 ± 0.15 <sup>a</sup>	5.71 ± 0.15 <sup>A</sup>	5.13 ± 0.15 <sup>a</sup>
Tamr	Dalt	14.35 ± 0.31 <sup>a</sup>	6.12 ± 0.59 <sup>b</sup>	6.63 ± 0.42 <sup>b</sup>
	Deglet Nour	11.02 ± 1.26 <sup>a</sup>	12.66 ± 0.17 <sup>a</sup>	6.91 ± 0.97 <sup>eb</sup>
	Ghars	12.53 ± 1.1 <sup>a</sup>	8.77 ± 0.67 <sup>b</sup>	11.65 ± 0.37 <sup>a</sup>
	Tamezwert N'telet	8.12 ± 0.53 <sup>a</sup>	7.38 ± 0.77 <sup>a</sup>	4.98 ± 0.38 <sup>b</sup>
	Tamjoughert	13.87 ± 1.73 <sup>b</sup>	16.33 ± 0.9 <sup>a</sup>	16.28 ± 2.07 <sup>a</sup>
	Tazarzeit	3.15 ± 0.56 <sup>b</sup>	8.67 ± 0.6 <sup>a</sup>	4.53 ± 0.37 <sup>b</sup>
Total Phenolic Content (mg/100 mg DW)				
Rutab	Dalt	492.21 ± 13.04 <sup>a</sup>	146 ± 0.90 <sup>b</sup>	133.58 ± 8.23 <sup>c</sup>
	Deglet Nour	548.46 ± 23.83 <sup>a</sup>	259.24 ± 26.16 <sup>b</sup>	204.44 ± 5.49 <sup>c</sup>
	Ghars	526.43 ± 5.88 <sup>a</sup>	213.44 ± 9.5 <sup>b</sup>	188.47 ± 7.84 <sup>c</sup>
	Tamezwert N'telet	424.86 ± 11.05 <sup>a</sup>	191.28 ± 2.83 <sup>b</sup>	160.98 ± 13.14 <sup>c</sup>
	Tamjoughert	606.92 ± 63.88 <sup>a</sup>	300.13 ± 1.97 <sup>b</sup>	251.94 ± 3.59 <sup>b</sup>
	Tazarzeit	478.85 ± 26.10 <sup>a</sup>	247.84 ± 16.52 <sup>b</sup>	188.74 ± 10.77 <sup>c</sup>
Tamr	Dalt	492.21 ± 13.04 <sup>a</sup>	146 ± 0.90 <sup>b</sup>	133.58 ± 8.23 <sup>b</sup>
	Deglet Nour	548.46 ± 23.83 <sup>a</sup>	259.24 ± 26.16 <sup>b</sup>	204.44 ± 5.49 <sup>b</sup>
	Ghars	526.43 ± 5.88 <sup>a</sup>	213.44 ± 9.5 <sup>b</sup>	188.47 ± 7.84 <sup>c</sup>
	Tamezwert N'telet	424.86 ± 11.05 <sup>a</sup>	191.28 ± 2.83 <sup>b</sup>	160.98 ± 13.14 <sup>b</sup>
	Tamjoughert	606.92 ± 63.88 <sup>a</sup>	300.13 ± 1.97 <sup>b</sup>	251.94 ± 3.59 <sup>b</sup>
	Tazarzeit	478.85 ± 26.10 <sup>a</sup>	247.84 ± 16.52 <sup>b</sup>	188.74 ± 10.77 <sup>c</sup>

Values are mean ± SD. For each line, different letters indicate that the results are statistically different ( $p < 0.05$ ,  $b < a$ ). DW—dry weight.

Noticeably, the TSC of the analyzed cultivars showed an increase from the rutab to the tamr stage. These findings are also supported by the study of Haider et al. [8] who also found that sugar amounts increased progressively as the date fruits matured. Actually, the high sugar content at the latest stage rendered the fruits extremely resistant to microbial spoilage after harvest, which give them a good storability [14].

The diminution of the sugar content in hydrothermal extracts could be explained by the degradation of sugars under higher temperatures. In fact, the degradation process starts at temperatures above 60 °C. This was confirmed in our study by the apparition of some degradation products such as hydroxymethylfurfural (HMF) and furfural. In this context, Mrabet et al. [7] reported the diminution of sugar content for three thermally treated date cultivars and the increase in the diminution percentage with the severity of the thermal treatment (140, 160 and 200 °C).

The high amounts of TSC of our cultivars pointed out their nutritional value through their sweetness and their high calories, hence providing the required energy for the organism.

### 3.2. Uronic Acids Content

The uronic acids content (UAC) (Table 1) showed significant differences between all the analyzed samples; depending on the extraction solvents, the HE had a lower UAC

followed by AE and ME. Additionally, for all the extracts used, the earliest stages' UACs were significantly lower than those of the latest stage.

Like sugars, the determination of the UAC could be a key component in determining quality. In fact, high pectin content and low lignin content indicate good quality [22]. Mrabet et al. [17] found values ranging between 4.1 and 4.5 g/100 g. On the other hand, Elleuch et al. [24] analyzed two Tunisian cultivars, which were characterized by very low amounts of pectin at around 2%.

The diminution of UAC after the thermal treatment concurs with the results of Mrabet et al. [7] who found that the UAC of three cultivars was affected by the thermal treatment.

The fruit's softness during the tamr stage could be used to explain the high UAC during this stage. Actually, the dates' softening characterizes their ripening process; this is due to enzymatic activities of polygalacturonase that helps to break down the pectin in the cell walls and, therefore, lead to increasing amounts of UAC. Despite the variation in the UAC among cultivars, the results evidenced, to a great extent, the excellent organoleptic quality of the cultivars studied.

### 3.3. Sugar Profile

There were significant differences in the samples' individual cell wall sugar compositions (Table 2). The hydrothermal extracts had the lowest amounts in comparison with the other extracts. Additionally, cultivars at the tamr stage had higher amounts than those at the rutab stage. Glucose was the main sugar in all of the samples at all stages, regardless of the extraction procedure. Arabinose and rhamnose were also among the sugars of interest. Fucose was found in lower amounts, while galactose was present only in some cultivars at the kimri stage, such as tamjoughert. Regarding pentoses, mannose and xylose amounts were near 69.61 and 11.75 mg/kg DW in ME, respectively.

Table 2. Individual sugar (mg/kg DW) in all varieties and stages for the three extraction systems.

Stage	Sample	Ram	Fuc	Ara	Xyl	Man	Gal	Glu	Total	
Hydrothermal	Rutab	Dalt	2.47 ± 0.07 <sup>c</sup>	nd	5.17 ± 0.32 <sup>b</sup>	1.82 ± 2.36 <sup>c</sup>	2.43 ± 0.21 <sup>c</sup>	nd	19.03 ± 2.61 <sup>a</sup>	30.93 ± 5.68
		Deglet Nour	2.52 ± 0.27 <sup>c</sup>	nd	8.46 ± 2.64 <sup>b</sup>	5.42 ± 2.02 <sup>b</sup>	3.18 ± 1.49 <sup>c</sup>	0.64 ± 0.83 <sup>d</sup>	32.08 ± 0.27 <sup>a</sup>	52.29 ± 9.87
		Ghars	2.66 ± 0.13 <sup>c</sup>	nd	nd	4.92 ± 0.53 <sup>b</sup>	nd	nd	12.70 ± 1.48 <sup>a</sup>	20.28 ± 0.93
		Tamezwert N'telet	2.95 ± 0.19 <sup>b</sup>	nd	5.58 ± 0.02 <sup>b</sup>	3 ± 3.77 <sup>b</sup>	13.94 ± 2.65 <sup>a</sup>	nd	11.11 ± 1.48 <sup>a</sup>	36.57 ± 8.11
		Tamjoughert	2.4 ± 0.47 <sup>b</sup>	1.86 ± 0.35 <sup>b</sup>	4.74 ± 0 <sup>b</sup>	3.69 ± 0.03 <sup>b</sup>	2.52 ± 0.02 <sup>b</sup>	nd	26.88 ± 2.15 <sup>a</sup>	42.09 ± 3.02
	Tazarzeit	2.34 ± 0.5 <sup>c</sup>	1.16 ± 0.05 <sup>c</sup>	7.1 ± 2.56 <sup>b</sup>	4.6 ± 0.39 <sup>c</sup>	9.5 ± 2.18 <sup>b</sup>	0.72 ± 0.08 <sup>d</sup>	12.35 ± 0.46 <sup>a</sup>	37.77 ± 6.22	
	Tamr	Dalt	2.54 ± 0.06 <sup>b</sup>	nd	nd	nd	3.11 ± 0.02 <sup>b</sup>	nd	61.45 ± 5.40 <sup>a</sup>	67.10 ± 5.47
		Deglet Nour	2.48 ± 0.09 <sup>b</sup>	nd	5.36 ± 0.17 <sup>b</sup>	4.03 ± 0.05 <sup>b</sup>	2.89 ± 0.9 <sup>b</sup>	nd	79.83 ± 7.66 <sup>a</sup>	94.59 ± 8.87
		Ghars	2.32 ± 0.02 <sup>b</sup>	nd	nd	nd	2.15 ± 0.12 <sup>b</sup>	nd	58.54 ± 1.15 <sup>a</sup>	63.01 ± 1.30
		Tamezwert N'telet	2.69 ± 0.26 <sup>b</sup>	1.26 ± 0 <sup>b</sup>	nd	nd	2.28 ± 0.15 <sup>b</sup>	nd	53.18 ± 2.85 <sup>a</sup>	59.41 ± 3.26
Tamjoughert		2.25 ± 0 <sup>b</sup>	nd	5.2 ± 0.05 <sup>b</sup>	3.93 ± 0.04 <sup>b</sup>	2.17 ± 0.02 <sup>b</sup>	nd	115.85 ± 9.22 <sup>a</sup>	129.39 ± 9.33	
Tazarzeit	2.35 ± 0.05 <sup>a</sup>	nd	nd	3.66 ± 0.01 <sup>a</sup>	2.31 ± 0.11 <sup>a</sup>	nd	135.16 ± 31.52 <sup>a</sup>	143.49 ± 31.69		
Acetonic	Rutab	Dalt	4.28 ± 0.11 <sup>c</sup>	nd	8.49 ± 0.87 <sup>b</sup>	2.99 ± 3.87 <sup>c</sup>	3.77 ± 0.71 <sup>c</sup>	0.29 ± 0.37 <sup>d</sup>	51.61 ± 5.55 <sup>a</sup>	71.42 ± 0.38
		Deglet Nour	3.34 ± 0.57 <sup>c</sup>	0.96 ± 1.25 <sup>d</sup>	8.06 ± 0.49 <sup>b</sup>	6.63 ± 0.79 <sup>b</sup>	9.52 ± 0.05 <sup>b</sup>	1.23 ± 0.46 <sup>c</sup>	62.87 ± 4.99 <sup>a</sup>	92.62 ± 4.02

Methanolic	Tamr	Ghars	4.41 ± 0.36 <sup>d</sup>	2.48 ± 0.26 <sup>d</sup>	8.95 ± 0.84 <sup>c</sup>	7.09 ± 0.59 <sup>c</sup>	29.97 ± 1.13 <sup>b</sup>	nd	63.10 ± 1.53 <sup>a</sup>	116.00 ± 1.00
		Tamezwert N'telet	4.12 ± 0.18 <sup>d</sup>	2.75 ± 0.06 <sup>d</sup>	23.74 ± 18.63 <sup>b</sup>	23.57 ± 0.89 <sup>b</sup>	7.25 ± 1.36 <sup>c</sup>	9.48 ± 2.26 <sup>c</sup>	62.89 ± 0.19 <sup>a</sup>	133.80 ± 14.03
		Tamjoughert	1.43 ± 2.02 <sup>d</sup>	3.61 ± 0.16 <sup>d</sup>	19.07 ± 1.98 <sup>c</sup>	12.24 ± 0.99 <sup>c</sup>	49.79 ± 15.89 <sup>b</sup>	nd	78.98 ± 4.80 <sup>a</sup>	165.13 ± 12.02
		Tazarzeit	3.77 ± 0.05 <sup>d</sup>	1.96 ± 0 <sup>d</sup>	8.86 ± 0.33 <sup>c</sup>	6.24 ± 0.15 <sup>c</sup>	20.52 ± 5.16 <sup>b</sup>	nd	98.50 ± 0.42 <sup>a</sup>	139.86 ± 6.12
		Dalt	3.78 ± 0.54 <sup>c</sup>	nd	8.23 ± 0.81 <sup>b</sup>	6.29 ± 0.2 <sup>b</sup>	4.17 ± 0.65 <sup>c</sup>	nd	168.46 ± 4.13 <sup>a</sup>	172.22 ± 4.64
	Deglet Nour	3.59 ± 0.75 <sup>c</sup>	1.68 ± 2.17 <sup>d</sup>	7.78 ± 0.08 <sup>b</sup>	2.99 ± 3.87 <sup>c</sup>	10.59 ± 2.6 <sup>b</sup>	nd	235.14 ± 3.39 <sup>a</sup>	261.77 ± 4.63	
	Ghars	1.59 ± 2.25 <sup>d</sup>	1.98 ± 2.54 <sup>d</sup>	9.93 ± 0.68 <sup>c</sup>	15.03 ± 1.02 <sup>b</sup>	10.82 ± 4.76 <sup>c</sup>	nd	222.67 ± 16.11 <sup>a</sup>	262.04 ± 8.47	
	Tamezwert N'telet	4.28 ± 0.22 <sup>c</sup>	1.95 ± 0.01 <sup>d</sup>	7.98 ± 0.23 <sup>b</sup>	5.44 ± 0.72 <sup>c</sup>	4.41 ± 5.52 <sup>c</sup>	nd	192.41 ± 2.10 <sup>a</sup>	216.47 ± 4.58	
	Tamjoughert	3.65 ± 0.3 <sup>d</sup>	0.91 ± 1.18 <sup>e</sup>	7.64 ± 0.28 <sup>c</sup>	6.29 ± 0.48 <sup>c</sup>	10.29 ± 0.67 <sup>b</sup>	nd	393.99 ± 36.38 <sup>a</sup>	422.78 ± 38.73	
	Tazarzeit	4.33 ± 0.18 <sup>c</sup>	nd	8.56 ± 0.85 <sup>b</sup>	3.56 ± 4.51 <sup>c</sup>	4.53 ± 0.53 <sup>c</sup>	nd	677.59 ± 7.60 <sup>a</sup>	698.57 ± 2.61	
Rutab	Dalt	5.13 ± 1.51 <sup>d</sup>	nd	12.5 ± 0.01 <sup>c</sup>	10.33 ± 1.61 <sup>c</sup>	15.3 ± 12.11 <sup>b</sup>	nd	58.51 ± 1.43 <sup>a</sup>	93.02 ± 16.67	
	Deglet Nour	6.24 ± 0 <sup>c</sup>	nd	11.6 ± 0 <sup>b</sup>	nd	7.5 ± 0 <sup>c</sup>	nd	57.63 ± 4.06 <sup>a</sup>	76.82 ± 4.06	
	Ghars	7.67 ± 0.24 <sup>e</sup>	3.3 ± 3.81 <sup>f</sup>	36.23 ± 14.06 <sup>c</sup>	12.83 ± 3.12 <sup>d</sup>	48.74 ± 37.28 <sup>b</sup>	3.5 ± 4.04 <sup>f</sup>	78.41 ± 10.96 <sup>a</sup>	155.59 ± 73.51	
	Tamezwert N'telet	4.86 ± 0.6 <sup>d</sup>	nd	11.82 ± 0.06 <sup>b</sup>	8.89 ± 0.3 <sup>c</sup>	18.6 ± 0.01 <sup>b</sup>	nd	68.56 ± 14.69 <sup>a</sup>	100.10 ± 15.66	
	Tamjoughert	5.2 ± 0 <sup>d</sup>	4.4 ± 0 <sup>d</sup>	11.88 ± 0 <sup>c</sup>	10.48 ± 0 <sup>c</sup>	46.21 ± 0 <sup>b</sup>	nd	78.21 ± 1.63 <sup>a</sup>	144.80 ± 1.63	
Tazarzeit	8.6 ± 2.19 <sup>d</sup>	1.94 ± 2.48 <sup>e</sup>	12.85 ± 0.38 <sup>c</sup>	12.76 ± 3.99 <sup>c</sup>	30.03 ± 12.88 <sup>b</sup>	0.95 ± 1.21 <sup>e</sup>	147.75 ± 0.63 <sup>a</sup>	194.24 ± 23.77		

Tamr	Dalt	8.24 ± 3.64 <sup>c</sup>	2 ± 2.83 <sup>d</sup>	17.21 ± 4.41 <sup>b</sup>	nd	19.1 ± 11.75 <sup>b</sup>	nd	229.86 ± 6.9 <sup>a</sup>	276.41 ± 29.53
	Deglet Nour	6.55 ± 0.62 <sup>d</sup>	nd	13.57 ± 2.14 <sup>c</sup>	10.99 ± 1.12 <sup>c</sup>	33.81 ± 18.97 <sup>b</sup>	nd	312.42 ± 1.86 <sup>a</sup>	377.34 ± 24.70
	Ghars	8.13 ± 1.88 <sup>c</sup>	3.69 ± 0.7 <sup>a</sup>	11.72 ± 0.06 <sup>b</sup>	9.49 ± 0.97 <sup>c</sup>	14.01 ± 0.93 <sup>b</sup>	nd	117.91 ± 0.46 <sup>a</sup>	149.44 ± 5.00
	Tamezwert N'telet	5.42 ± 1.02 <sup>d</sup>	5.44 ± 1.04 <sup>a</sup>	12.14 ± 0.07 <sup>c</sup>	10.04 ± 0.62 <sup>c</sup>	18.6 ± 6.39 <sup>b</sup>	nd	242.31 ± 5.57 <sup>a</sup>	260.44 ± 14.70
	Tamjouhert	6.1 ± 0.44 <sup>e</sup>	nd	24.34 ± 16.71 <sup>c</sup>	18.86 ± 11.66 <sup>d</sup>	69.61 ± 11.3 <sup>b</sup>	nd	586.18 ± 24.72 <sup>a</sup>	644.45 ± 64.83
	Tazarzeit	7.55 ± 0.74 <sup>d</sup>	4.84 ± 0.6 <sup>e</sup>	12.22 ± 0.33 <sup>c</sup>	11.75 ± 0.76 <sup>c</sup>	48.24 ± 0.08 <sup>b</sup>	nd	489.48 ± 28.06 <sup>a</sup>	514.37 ± 30.57

Values are mean ± SD. For each line, different letters indicate that the results are statistically different ( $p < 0.05$ ,  $b < a$ ). nd = not determined. Ram: Rhamnose; Fuc: Fucose; Ara: Arabinose; Xyl: Xylose; Mal: Maltose; Gal: Galactose; Glu: Glucose.

The sugar profile of dry dates has been widely studied. Our results are in agreement with those of Elleuch et al. [24], who reported that date flesh mainly contains glucose (8.8–9.4% DW). However, Mrabet et al. [22] found that xylose was the predominant sugar (50%). Moreover, a similar trend of increasing amounts of reducing sugar (RS) (up to 47%), to the detriment of non reducing sugar (NRS), through ripening is reported by Haider et al. [8]. Likewise, El-Sohaimy [25] and Ziadi et al. [23] highlighted that glucose and fructose have lower quantities at khalal and higher quantities at the tamr stage, whereas sucrose was present only at the khalal and rutab stages. The most likely explanation of the sudden drop in NRS and the increase in RS at the tamr stage is the rising activity of the invertase enzyme that hydrolyzes the sucrose into glucose and fructose [26].

Interestingly, the proportion of RS/NRS is commonly used to gain an idea about the softness or dryness of a fruit. The higher the proportion, the softer the fruit [19]. Consequently, the dominance of RS in all the studied samples pointed out that our cultivars belong to the soft date type.

#### 3.4. Total Phenolic Content

Significant differences were easily pointed out between all the analyzed samples (Table 1). It is clearly shown that the TPC of HE is higher than that of AE and ME. Furthermore, the PC was more abundant in the earliest stages.

TPCs found in this work were as high as those reported in the literature, which vary between 95 and 193 mg GAE/100 g DW [5]. Similar values that ranged from 248 to 385 mg GAE/100 g DW were reported by Hachani et al. [27]. Higher TPC values were found by Benmeddour et al. [28], Benkerrou et al. [29] and Djaoudene et al. [30] These authors reported that the TPC reached up to 727.03, 955 and 1393.50 mg GAE/100 g DW, respectively.

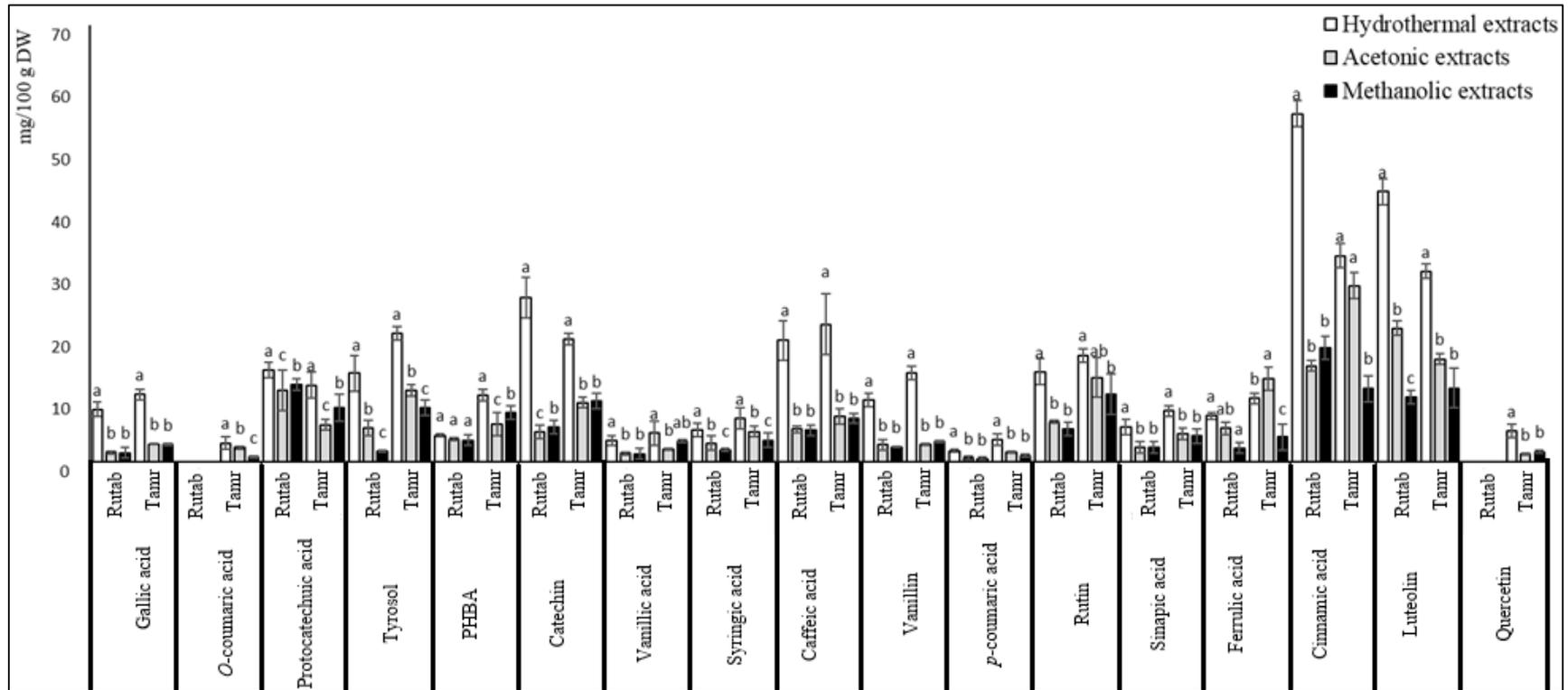
The observed variations may mainly be due to the variety, ripeness, cultivation region, environmental factors, storage time and conditions [31]. The amount of sunlight received is critical because it enhances the Maillard reaction, including the reaction between amino acids and RS, where some of the resulting products are phenolic compounds [32].

Other factors including extraction conditions such as solvent and ratio of material/solvent may also be the cause. This was supported by another study in which it was found that the TPC ranged between 20.38 and 69.85 mg GAE/100 g DW in 80% methanolic extracts and between 11.13 and 18.23 mg GAE/100 g DW in 70% acetonic extracts [3]. Increasing TPC in hydrothermal treatments was also reported in the study of Mrabet et al. [19], who mentioned that these amounts increased significantly by 15% with increasing temperature.

Additionally, the TPC decreased significantly from the rutab to the tamr stage. This decrease was also mentioned in previous investigations, which mentioned that TPCs were higher at khalal and thereafter but declined at the fully ripened stage from 50 to 400 mg/100 g, from 2.5 to 0.5 mg/g fresh weight (FW) and from 468.9 to 356.9 mg GAE/100 g DW [9].

#### 3.5. Phenolic Profile

The phenolic pattern was studied and the results are mentioned in (Figure 1). The cultivars share mostly the same phenolic profiles with little differences. Tamjoughert and ghars cultivars had the highest levels of p-coumaric acid (0.48 and 0.42 mg/100 g DW, respectively). Nevertheless, the other varieties contained low levels of caffeic acid.



**Figure 1.** Phenolic profile in all varieties and stages for the hydrothermal extract. Values are mean ± SD. Different letters indicate that the results are statistically different ( $p < 0.05$ ,  $b < a$ ). PHBA = phosphohydroxybenzoic acid.

In comparison with ME and AE, the HE had significantly high amounts of individual phenols. Likewise, the samples had different phenolic compound patterns with large variations depending on the cultivars, the solvent and the ripening stage. Briefly, caffeic and cinnamic acids were the most abundant phenolic acids while luteolin and catechin were the most abundant flavonoids.

Regarding the ripening stages, the amounts of luteolin, cinnamic acid and protocatechuic acid decreased considerably in the tamr stage. On the other hand, the quercetin amount increased significantly during this stage.

Beside phenols, some sugar degradation products including furfural (nd) and HMF were found only in TE and their amounts increased noticeably in the tamr stage.

Interestingly, analyzing the polyphenol profiles by HPLC–DAD allowed the quantification of some compounds that have not been previously quantified in Algerian date fruits. Mansouri et al. [33] identified *p*-coumaric, ferulic, sinapic and cinnamic acid derivatives as well as flavone glycosides, flavanone glycosides and flavonol glycosides in Algerian date fruits from Ghardaia; nevertheless, these phenolics were not quantified. Benmeddour et al. [28] identified and quantified nine free phenolic acids and flavonoids including gallic acid (70–92%), caffeic, *p*-coumaric and ferulic acids, isoquercetrin (13–51%), rutin (19–40%), quercetrin (16–54%), quercetin (0.64–3.3%) and luteolin (0.6–4.5%). Hachani et al. [27] detected 23 phenolic compounds using LC/MS, most of which are hydroxycinnamic derivatives, formic acid derivatives (caffeic acid-formic acid), ferulic acid-*o*-hexoside derivatives, asapigenin pentosyl hexoside; phloridzin (phloretin-*o*-hexoside), luteolin rhamnosyl, dihexoside, isorhamnetin hexoside and quercetin-7-glucoside. Furthermore, *o*-*p*-coumaroylshikimic was only detected on an infected tinnaser cultivar.

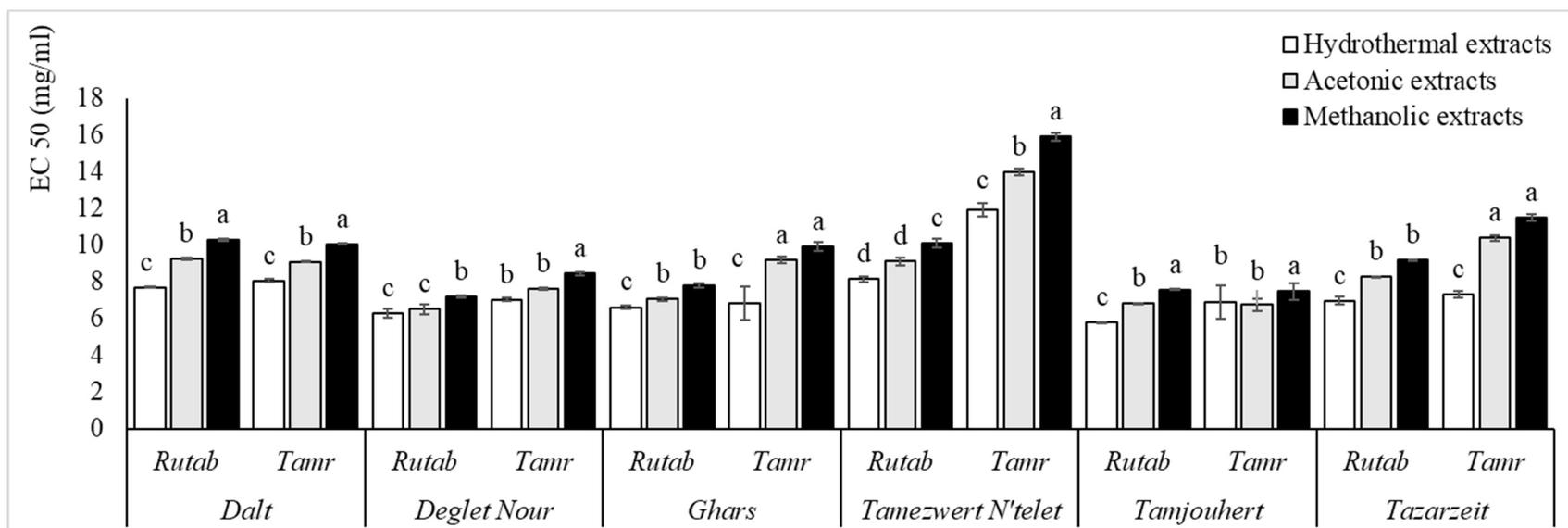
Similar phenolic acid profiles have been reported for Omani cultivars, showing that ferulic acid was the major compound [34]. In their study on the Tunisian secondary date cultivars. Mrabet et al. [16] identified and quantified some phenolic acids, including gallic, protocatechuic, vanillic or *p*-coumaric acids, and tyrosol, where gallic acid was the main compound.

Regarding the effect of extraction, samples from different solvents had similar phenolic patterns with little differences in their amounts, which were higher in the TE. These results are in disagreement with those of Hachani et al. [27], who found that caffeic acid-*o*-(sinapoyl-*o*-hexoside) was detected only in the 80% methanolic extract, whereas luteolin was identified in all 70% acetonic extracts. According to Mrabet et al. [19], gallic acid was the only phenolic compound whose concentration decreased with steam explosion treatment (SET) at the highest temperature. Additionally, Allaith et al. [35] also reported increasing concentrations (from 160.3 to 866.2 mg/kg) of phenols in thermally treated dates at 100 °C. According to these authors, the temperature solubilizes higher quantities of phenols.

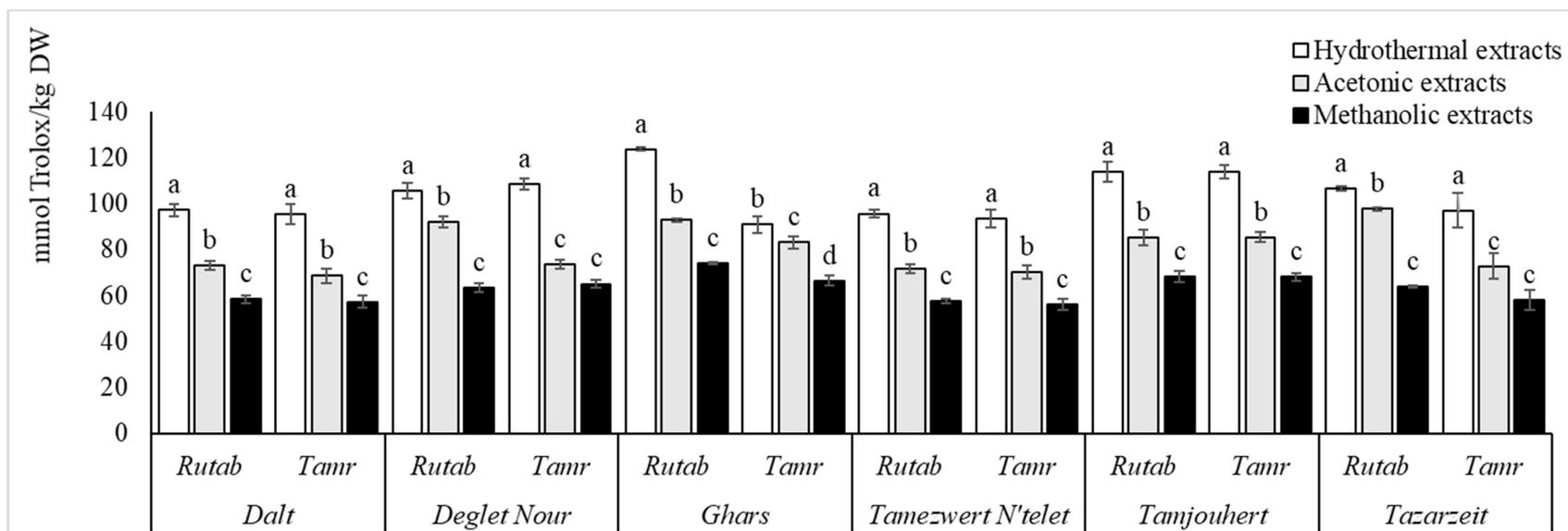
In terms of thermal degradation products, similar results were published by Mrabet et al. [16]. These authors found that HMF ranged from  $3687 \pm 92$  to  $4791 \pm 50$  mg/kg in ST and from  $9004 \pm 759$  to  $13,157 \pm 664$  mg/kg in SET, while furfural dropped down from  $1.4 \pm 0.1$  to  $0.1 \pm 0.0$  mg/kg, probably due to its volatilization under high temperatures

### 3.6. Antioxidant Activity

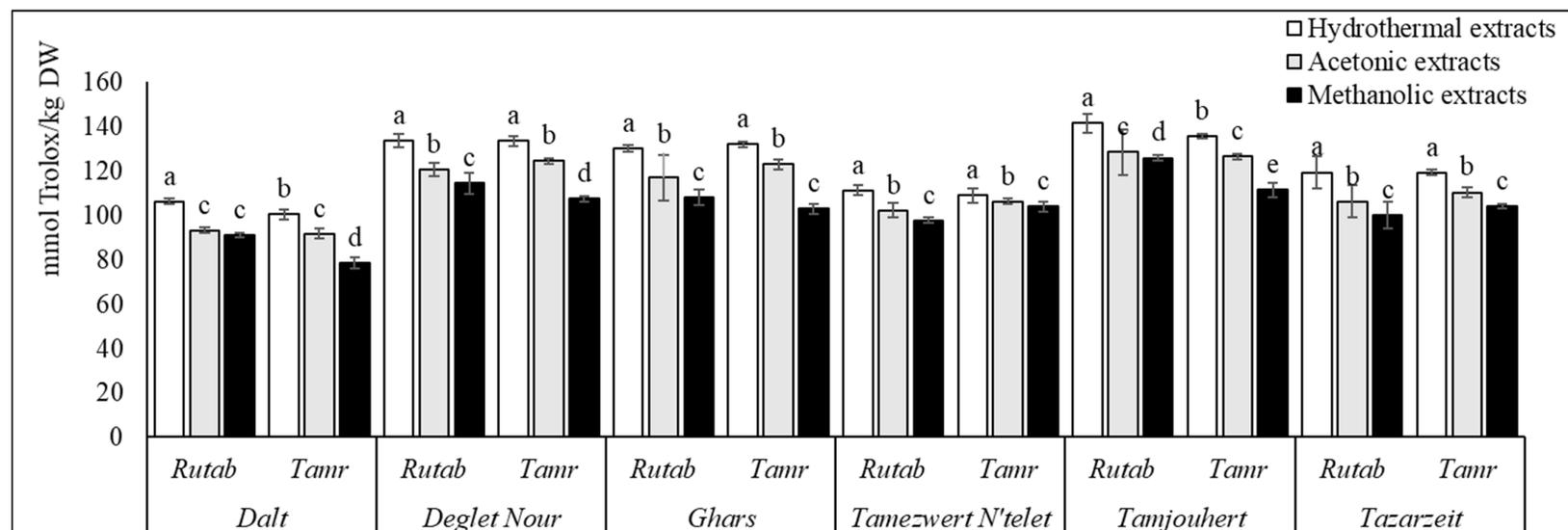
The analyzed cultivars showed great variation between them in terms of AOA, assayed by three different tests (Figure 2, Figure 3 and Figure 4). The differences are genotype-dependent and influenced by fruit maturation stage and storage time [33]. The soil conditions and doses of fertilizers were also reported to be responsible for affecting the antioxidant efficiency (AOE) of date fruits [8].



**Figure 2.** The 1,1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) scavenging capacity of all cultivars and ripe stages for the three extraction systems. Values are mean  $\pm$  SD. Different letters indicate that the results are statistically different ( $p < 0.05$ ,  $b < a$ ).



**Figure 3.** 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid (ABTS) scavenging capacity of all cultivars and ripe stages for the three extraction systems. Values are mean  $\pm$  SD. Different letters indicate that the results are statistically different ( $p < 0.05$ ,  $b < a$ ).



**Figure 4.** Ferric reducing power of all cultivars and ripe stages for the three extraction systems. Values are mean  $\pm$  SD. Different letters indicate that the results are statistically different ( $p < 0.05$ ,  $b < a$ ).

The free radical DPPH scavenging ability of the samples was high, with EC 50 values ranging between  $5.80 \pm 0.08$  and  $15.91 \pm 1.45$  mg/mL in HE. Furthermore, the strongest DPPH antiradical efficiency was recorded at the earliest stage in HE, followed by AE and finally ME.

For the ABTS radical scavenging capacity, the values obtained for HE were significantly higher than those for ME and AE. In comparison with the latest stage, the ABTS results at the earliest stages were significantly the highest.

Regardless of the extraction procedure and the ripening stage, all of the samples exhibited a good reducing power, which varied significantly from  $78.70 \pm 0.26$  to  $141.56 \pm 0.33$  mmol Trolox/kg DW.

Concerning the DPPH antiradical efficiency, all of the extracts, especially HE, exhibited strong scavenging capacity. This finding is in agreement with those of Mansouri et al. [33], who reported that date fruits exhibited potent DPPH scavenging capacities. Similarly, it was reported that DPPH inhibition varied between 32% and 86% [28]. Biglari et al. [31] reported that Iranian dates possessed the highest AOA that ranged from 22.83 to 54.61  $\mu\text{mol}$  trolox equivalent/ 100g of fresh weight ( $\mu\text{mol}$  TE/100g FW). In their study about the AOA of Algerian date fruits, Hachani et al. [27] reported that the AOA of some commercial antioxidants, assayed as EC 50 of DPPH, is much stronger than our cultivars (0.004, 0.002, 0.005 and 0.018 g/L for butylated hydroxytoluene (BHT), Vitamin C, tert-Butylhydroquinone (TBHQ) and Vitamin E, respectively).

Free radicals are not exclusively negatively charged like DPPH, and that is why the determination of the scavenging capacity of ABTS, which is positively charged, is important. According to Mrabet et al. [19], the ABTS antiradical efficiency of the thermally treated dates was similar to BHT—it reached 0.55 mmol Trolox/g. The same authors demonstrated that the AOE increased with the severity of the thermal treatment.

Regarding reducing power, all cultivars exhibited potent reducing power. These results were in line with those reported for Algerian dates by other authors, which varied from 272 to 1175 mg GAE/100 g DW and from 23 to 75 mg GAE/100 g DW, respectively [28,35].

AOA depends mainly on the extracted compounds, which, in turn, depend on the maturity status. The results published, in this sense, are in agreement with this study. According to Haider et al. [8], the AOE was higher at khalal and thereafter but declined at the tamr stage (2.14–0.36). Allaith et al. [35] explained this decrease in AOE by the decreasing amounts of tannins, ascorbic acid and  $\beta$ -carotene. Awad et al. [36] explained the highest AOE during the khalal stage by the higher level of TPC.

Likewise, AOA relies deeply on the solvent of extraction. In this context, our results are supported by the study of Hachani et al. [27], who reported that the DPPH scavenging activity of methanolic extracts was proven to be less active than acetonetic extracts, with EC 50 values ranging from 0.35 to 3.70 g of dry residue/L. Similarly, a lower reducing power was obtained in 80% methanol; it varied from 2.25 to 25.68 g of dry residue/L. Additionally, Mrabet et al. [17] reported high AOA in TE and that SET enhanced it better than ST.

It can easily be seen that our cultivars exhibited potent AOA and, thus, they may have many pharmaceutical applications.

### 3.7. Correlations

The correlation coefficients ( $R^2$ ) between TPC, the sum of the individual phenolic content (IPC), TSC, HMF, the main phenolic acid (gallic acid), the main flavonoid (catechin) and the AOA as assessed by DPPH, ABTS and FRAP tests were calculated and the results are presented in Table 3. Significant positive correlations (5%) were pointed out between TPC and FRAP as well as ABTS scavenging capacity. Nevertheless, the TPC was negatively correlated with DPPH. A similar trend of correlations was obtained between the IPC and the AOA as expressed by ABTS, DPPH and FRAP, implying that phenolics are the main components responsible for the AOA of date fruits. The findings are in line with those of other authors who highlighted the potent contribution of phenolic compounds to the antioxidant capacities of date fruits [31,33,35].

**Table 3.** Correlation coefficients between phenolic compounds and antioxidant activity.

	ABTS	DPPH	FRAP	TPC	IPC	Gallic Acid	Catechin	TSC	HMF
ABTS		-0.47	0.70	0.68	0.76	0.80	-0.33	-0.24	0.29
DPPH	-0.47		-0.52	-0.43	-0.37	-0.24	0.04	0.35	-0.03
FRAP	0.70	-0.52		0.72	0.56	0.44	-0.21	-0.17	0.05
TPC	0.68	-0.43	0.72		0.90	0.57	0.05	-0.16	0.12
IPC	0.76	-0.37	0.56	0.90		0.90	-0.36	-0.37	0.31
Gallic acid	0.80	-0.24	0.44	0.57	0.90		0.24	-0.38	0.40
Catechin	-0.33	0.04	-0.21	0.05	-0.36	-0.24		0.02	-0.14
TSC	-0.24	0.35	-0.17	-0.16	-0.37	-0.38	0.02		0.98
HMF	0.29	-0.03	0.05	0.12	0.31	0.40	-0.14	0.98	

TPC = Total Phenolic Content; ICP = Individual Phenolic Content; TSC = Total Sugar Content; HMF = Hydroxymethylfurfural.

Additionally, gallic acid was positively correlated with ABTS (0.80) and FRAP (0.44). These correlations indicated that gallic acid and catechin did not contribute directly to the DPPH or ABTS scavenging capacity, respectively. Previous studies mentioned negative correlations between AOA and some phenols. Moreover, the strongest correlation (0.98) was observed between the TSC and HMF, which confirms the derivation of HMF from sugar.

#### 4. Conclusions

The effect of the ripening stage and the extraction solvent on the phenolic and sugar profiles as well as the AOA of Algerian secondary dates was investigated. The obtained results showed that the TSC increased from the rutab to the tamr stage, whereas AOA and TPC start decreasing gradually as the fruits ripened. Among the used solvents, the hydrothermal extracts gave the best results for all the analyzed parameters. This study also revealed the richness of the Algerian secondary date cultivars in many nutrients and bioactive compounds that possess health benefits and, thus, their potential nutraceutical effects. Relying upon the obtained results, thermal treatment of date fruits is very useful for their valorization and it is a promising technology in food industries. This “alicament” can be both used as a functional food ingredient and incorporated into other formulations to obtain more healthy and nutritious foods.

**Author Contributions:** M.T. Conceptualization, Methodology, Software, Validation, Formal analysis, Investigation, Data curation, Writing- Original draft, Visualization; D.E.K. Conceptualization, Methodology, Resources, Supervision; Project administration; M.A.F.-P., A.B.-O., J.F.-B. Software, Validation, Formal analysis, Visualization; G.R.-G. Conceptualization, Methodology, Resources, Supervision; Project administration. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

**Funding:** This research received no external funding.

**Institutional Review Board Statement:** Not applicable.

**Informed Consent Statement:** Not applicable.

**Data Availability Statement:** The authors confirm that the data supporting the findings of this study are available within the article and its supplementary materials.

**Acknowledgments:** This research was supported by the Spanish Ministry of Economy and Competitiveness and co-funded by a European Social Fund (ESF) (project AGL2016-79088R) and the Spanish Ministry of Economy and Competitiveness Ramon y Cajal Programme (RyC 2012-10456).

**Conflicts of Interest:** The authors declare that there are no conflicts of interest regarding this manuscript.

## References

1. Perveen, K.; Bokhari, N.A.; Soliman, D.A. Antibacterial activity of Phoenix dactylifera L. leaf and pit extracts against selected Gram negative and Gram positive pathogenic bacteria. *J. Med. Plants Res.* **2012**, *6*, 296–300.
2. Qadir, A.; Shakeel, F.; Ali, A.; Faiyazuddin, M. Phytotherapeutic potential and pharmaceutical impact of Phoenix dactylifera (date palm): Current research and future prospects. *J. Food Sci. Technol.* **2020**, *57*, 1191–1204.
3. Saleh, E.A.; Tawfik, M.S.; Abu-Tarboush, H.M. Phenolic contents and antioxidant activity of various date palm (Phoenix dactylifera L.) fruits from Saudi Arabia. *Food Nutr. Sci.* **2011**, *2*, 1134.
4. Hussain, M.I.; Farooq, M.; Syed, Q.A. Nutritional and biological characteristics of the date palm fruit (Phoenix dactylifera L.)—A review. *Food Biosci.* **2020**, *34*, 100509.
5. Maqsood, S.; Adiamo, O.; Ahmad, M.; Mudgil, P. Bioactive compounds from date fruit and seed as potential nutraceutical and functional food ingredients. *Food Chem.* **2020**, *308*, DOI: 10.1016/j.foodchem.2019.125522.
6. Ghnimi, S.; Al-Shibli, M.; Al-Yammahi, H.R.; Al-Dhaheri, A.; Al-Jaberi, F.; Jobe, B.; Kamal-Eldin, A. Reducing sugars, organic acids, size, color, and texture of 21 Emirati date fruit varieties (Phoenix dactylifera, L.). *NFS J.* **2018**, *12*, 1–10.
7. Mrabet, A.; Hammadi, H.; Rodríguez-Gutiérrez, G.; Jiménez-Araujo, A.; Sindic, M. Date Palm Fruits as a Potential Source of Functional Dietary Fiber: A Review. *Food Sci. Technol. Res.* **2019**, *25*, 1–10.
8. Haider, M.S.; Khan, I.A.; Jaskani, M.J.; Naqvi, S.A.; Khan, M.M. Biochemical attributes of dates at three maturation stages. *Emir. J. Food Agric.* **2014**, 953–962.
9. Awad, M.A.; Al-Qurashi, A.D.; Mohamed, S.A. Biochemical changes in fruit of an early and a late date palm cultivar during development and ripening. *Int. J. Fruit Sci.* **2011**, *11*, 167–183.
10. Ahmed, I.A.; Ahmed, A.W.K.; Robinson, R.K. Chemical composition of date varieties as influenced by the stage of ripening. *Food Chem.* **1995**, *54*, 305–309.
11. Shenasi, M.; Aidoo, K.; Candlish, A. Microflora of date fruits and production of aflatoxins at various stages of maturation. *Int. J. Food Microbiol.* **2002**, *79*, 113–119.
12. Shahdadi, F.; Mirzaei, H.; Garmakhany, A.D. Study of phenolic compound and antioxidant activity of date fruit as a function of ripening stages and drying process. *J. Food Sci. Technol.* **2015**, *52*, 1814–1819.
13. Rastegar, S.; Rahemi, M.; Baghizadeh, A.; Gholami, M. Enzyme activity and biochemical changes of three date palm cultivars with different softening pattern during ripening. *Food Chem.* **2012**, *134*, 1279–1286.
14. El Arem, A.; Saafi, E.B.; Flamini, G.; Issaoui, M.; Ferchichi, A.; Hammami, M.; Helall, A.N.; Achour, L. Volatile and nonvolatile chemical composition of some date fruits (*Phoenix dactylifera* L.) harvested at different stages of maturity. *Int. J. Food Sci. Technol.* **2012**, *47*, 549–555.
15. Al-zoreky, N.S.; Al-Taher, A.Y. Antibacterial activity of spathe from *Phoenix dactylifera* L. against some food-borne pathogens. *Ind. Crop. Prod.* **2015**, *65*, 241–246.
16. Mrabet, A.; Jiménez-Araujo, A.; Fernández-Bolaños, J.; Rubio-Senent, F.; Lama-Muñoz, A.; Sindic, M.; Rodríguez-Gutiérrez, G. Antioxidant phenolic extracts obtained from secondary Tunisian date varieties (*Phoenix dactylifera* L.) by hydrothermal treatments. *Food Chem.* **2016**, *196*, 917–924.
17. Mrabet, A.; Rodríguez-Gutiérrez, G.; Rubio-Senent, F.; Hamza, H.; Rodríguez-Arcos, R.; Guillén-Bejarano, R.; Sindic, M.; Jiménez-Araujo, A. Enzymatic conversion of date fruit fiber concentrates into a new product enriched in antioxidant soluble fiber. *LWT-Food Sci. Technol.* **2017**, *75*, 727–734.
18. Singleton, V.L.; Rossi, J.A. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *Am. J. Enol. Vitic.* **1965**, *16*, 144–158.
19. Mrabet, A.; García-Borrego, A.; Jiménez-Araujo, A.; Fernández-Bolaños, J.; Sindic, M.; Rodríguez-Gutiérrez, G. Phenolic extracts obtained from thermally treated secondary varieties of dates: Antimicrobial and antioxidant properties. *Lwt-Food Sci. Technol.* **2017**, *79*, 416–422.
20. Fernández-Bolaños Guzmán, J.; Rodríguez Gutiérrez, G.; Lama Muñoz, A.; Sánchez Moral, P. Dispositivo y Procedimiento Para el Tratamiento de los Subproductos de la Obtención de Aceite de Oliva. 2012. Available online: <https://digital.csic.es/handle/10261/54269> (accessed on 25-02-2021).
21. Rubio-Senent, F.t.; Rodríguez-Gutiérrez, G.; Lama-Muñoz, A.; Fernández-Bolaños, J. New phenolic compounds hydrothermally extracted from the olive oil byproduct alperujo and their antioxidative activities. *J. Agric. Food Chem.* **2012**, *60*, 1175–1186.
22. Mrabet, A.; Rodríguez-Arcos, R.; Guillén-Bejarano, R.; Chaira, N.; Ferchichi, A.; Jiménez-Araujo, A. Dietary fiber from Tunisian common date cultivars (*Phoenix dactylifera* L.): Chemical composition, functional properties, and antioxidant capacity. *J. Agric. Food Chem.* **2012**, *60*, 3658–3664.
23. Ziadi, M.; Gaabeb, N.; Mrabet, A.; Ferchichi, A. Variation in physicochemical and microbiological characteristics of date palm sap (*Phoenix dactylifera*) during the tapping period in oasian ecosystem of Southern Tunisia. *Int. Food Res. J.* **2014**, *21*, 561–567.
24. Elleuch, M.; Besbes, S.; Roiseux, O.; Blecker, C.; Deroanne, C.; Drira, N.-E.; Attia, H. Date flesh: Chemical composition and characteristics of the dietary fibre. *Food Chem.* **2008**, *111*, 676–682.
25. El-Sohaimy, S.; Hafez, E. Biochemical and nutritional characterizations of date palm fruits (*Phoenix dactylifera* L.). *J. Appl. Sci. Res.* **2010**, *6*, 1060–1067.
26. Sawaya, W.; Khatchadourian, H.; Khalil, J.; Safi, W.; Al-Shalhat, A. Growth and compositional changes during the various developmental stages of some Saudi Arabian date cultivars. *J. Food Sci.* **1982**, *47*, 1489–1492.

27. Hachani, S.; Hamia, C.; Boukhalkhal, S.; Silva, A.M.; Djeridane, A.; Yousfi, M. Morphological, physico-chemical characteristics and effects of extraction solvents on UHPLC-DAD-ESI-MSn profiling of phenolic contents and antioxidant activities of five date cultivars (*Phoenix dactylifera* L.) growing in Algeria. *NFS J.* **2018**, *13*, 10–22.
28. Benmeddour, Z.; Mehinagic, E.; Le Meurlay, D.; Louaileche, H. Phenolic composition and antioxidant capacities of ten Algerian date (*Phoenix dactylifera* L.) cultivars: A comparative study. *J. Funct. Foods* **2013**, *5*, 346–354.
29. Benkerrou, F.; Amrane, M.; Louaileche, H. Ultrasonic-assisted extraction of total phenolic contents from *Phoenix dactylifera* and evaluation of antioxidant activity: Statistical optimization of extraction process parameters. *J. Food Meas. Charact.* **2018**, *12*, 1910–1916.
30. Djaoudene, O.; Bey, M.B.; Louaileche, H. Physicochemical Characteristics and Nutritional Compositions of Some Date (*Phoenix dactylifera* L.) Fruit Cultivars. *Acta Univ. Cibiniensis. Ser. E Food Technol.* **2019**, *23*, 129–138.
31. Biglari, F.; AlKarkhi, A.F.; Easa, A.M. Antioxidant activity and phenolic content of various date palm (*Phoenix dactylifera*) fruits from Iran. *Food Chem.* **2008**, *107*, 1636–1641.
32. Besbes, S.; Drira, L.; Blecker, C.; Deroanne, C.; Attia, H. Adding value to hard date (*Phoenix dactylifera* L.): Compositional, functional and sensory characteristics of date jam. *Food Chem.* **2009**, *112*, 406–411.
33. Mansouri, A.; Embarek, G.; Kokkalou, E.; Kefalas, P. Phenolic profile and antioxidant activity of the Algerian ripe date palm fruit (*Phoenix dactylifera*). *Food Chem.* **2005**, *89*, 411–420.
34. Rahman, M.S.; Al-Farsi, S.A. Instrumental texture profile analysis (TPA) of date flesh as a function of moisture content. *J. Food Eng.* **2005**, *66*, 505–511.
35. Allaith, A.A.A. Antioxidant activity of Bahraini date palm (*Phoenix dactylifera* L.) fruit of various cultivars. *Int. J. Food Sci. Technol.* **2008**, *43*, 1033–1040.
36. Awad, M.A.; Al-Qurashi, A.D.; Mohamed, S.A. Antioxidant capacity, antioxidant compounds and antioxidant enzyme activities in five date cultivars during development and ripening. *Sci. Hortic.* **2011**, *129*, 688–693.

## Résumé

Cette étude s'inscrit dans le cadre de la préservation de l'agro-biodiversité du palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) via l'étude des propriétés physico-chimiques, la qualité microbiologique, les activités antioxydante et antimicrobienne des fruits et pâtes issus de six cultivars secondaires Ghardaouis (*dalt*, *deglet nour*, *ghars*, *tamezwert n'telet*, *tamjoughert* et *tazarzeit*) en fonction du stade de maturation et du solvant d'extraction (l'eau, l'acétone 65% et le méthanol 65%). Des analyses sensorielles des pâtes ont été également réalisées. Les échantillons se caractérisent par un pH légèrement acide (5.64-5.80), une forte teneur en sucres (55.09-82.65%), dont le glucose est le sucre dominant, et en composés phénoliques (261.57-279.82 mg EAG/100g), avec une prédominance de l'acide cinnamique ; des teneurs moyennes en eau (10.43-12.25%) et de faibles teneurs en protéines, en lipides et en minéraux (2 - 4%). La flore totale ne dépasse pas  $6 \times 10^3$  UFC/g, avec une prédominance de la flore fongique et une absence de pathogènes, à l'exception de la pâte témoin qui renferme des CF et des CSR. Les extraits ont exhibé un fort pouvoir réducteur, chélateur et de piégeage du DPPH et de l'ABTS ( $6.28 \leq EC_{50} \leq 10.42$  mg/ml). Ils ont inhibé la croissance de la plupart des souches cibles (0-24 mm). Les extraits aqueux issus de la variété *tamjoughert* au stade *rotab*, se sont avérés les plus actifs. Au cours de la maturation, le pH et les teneurs en sucres augmentent tandis que la charge microbienne, la teneur en composés phénoliques et les bio-potentiels diminuent. La transformation des fruits en pâtes induit une réduction importante des charges microbiennes (31.62-71.21%) et une augmentation des teneurs en polyphénols et des bioactivités (36.55 et 59.37%). Les pâtes préparées des cultivars *tamjoughert* et *tazarzeit* ont obtenu les scores les plus élevés et sont préférées par le consommateur. Ces résultats confirment l'importance de la préservation de la biodiversité du palmier dattier à Ghardaia et par extension, au niveau national.

**Mots clés :** *Phoenix dactylifera* L., cultivars secondaires, Pâte de dattes, Maturation, Extraction, Bioactivités, Analyses Sensorielles, Qualité Hygiénique, Propriétés Physico-chimiques.

## Abstract

This study aimed to the preservation of the agro-biodiversity of the date palm (*Phoenix dactylifera* L.) through the study of the physicochemical properties, the microbiological quality, the antioxidant and antimicrobial activities of the fruits and pastes obtained from six secondary cultivars (*dalt*, *deglet nour*, *ghars*, *tamezwert n'telet*, *tamjoughert* and *tazarzeit*) depending on the stage of maturation and the extraction solvent (water, acetone 65% and methanol 65%). Sensory analyzes of the pastes were also carried out. The samples are characterized by a slightly acidic pH (5.64-5.80), a high sugar content (55.09-82.65%), among of which glucose is the dominant sugar, and phenolic compounds content (261.57-279.82 mg GAE/g), with a predominance of cinnamic acid; average water contents (10.43-12.25%) and low levels of proteins, lipids and minerals (2 - 4%). The total flora does not exceed  $6 \times 10^3$  CFU/g, with a predominance of fungal flora and absence of pathogens, with the exception of the control paste which contains FCs and SRCs. The extracts exhibited strong reducing, chelating and scavenging power of DPPH and ABTS ( $6.28 \leq EC_{50} \leq 10.42$  mg/ml). They inhibited the growth of most target strains (0-24 mm). The aqueous extracts from the *tamjoughert* cultivar at the *rotab* stage were found to be the most active. During maturation, the pH and sugar contents increase while the microbial load, the phenolic compounds content and the bio-potentials decrease. The transformation of fruits into pastes induces a significant reduction in microbial loads (31.62-71.21%) and an increase in polyphenol content and bioactivities (36.55 and 59.37%). Pastes prepared from cultivars *tamjoughert* and *tazarzeit* obtained the highest scores and are preferred by the consumers. These results confirm the importance of preserving the biodiversity of the date palm in Ghardaia and by extension, at the national level.

**Keywords:** *Phoenix dactylifera* L., secondary cultivars, Date paste, Maturation, Extraction, Bioactivities, Sensory analyzes, Hygienic quality, Physico-chemical parameters.

## ملخص

تهدف هذه الدراسة للحفاظ على التنوع البيولوجي الزراعي لنخيل التمر (*Phoenix dactylifera* L.) من خلال دراسة الخصائص الفيزيائية والكيميائية والنوعية الميكروبيولوجية والأنشطة الحيوية المضادة للأكسدة و الميكروبات لفاكهة وعجينة التمر لستة أصناف ثانوية من غرداية (*dalt*, *deglet nour*, *ghars*, *tamezwert n'telet*, *tamjoughert*, *tazarzeit*) بدلالة مرحلة النضج والمذيب (ماء، أسيتون 65%، ميثانول 65%). كما تم إجراء التحليلات الحسية لعجائن التمر. تتميز العينات بمحوضة طفيفة (5.64-5.80)، محتوى عالي من السكريات (55.09-82.65%)، حيث الجلوكوز هو السكر السائد، والمركبات الفينولية (261.57-279.82 مغ/100غ)، مع غلبة حمض السيناميك، نسب متوسطة من الرطوبة (10.43-12.25%) و نسب منخفضة من البروتينات، الدهون والمعادن (2-4%). لا يتجاوز مجموع الميكروبات  $6 \times 10^3$  UFC/g، مع غلبة الفطريات وعدم وجود البكتيريا الممرضة، باستثناء العينة الشاهدة التي تحتوي على CF و CSR. تتميز المستخلصات بقدرة قوية على الارجاج ومحاصرة الـ DPPH و ABTS ( $6.28 \leq EC_{50} \leq 10.42$  مغ/مل). كما تثبطت معظم السلالات المستهدفة (0-24 مم). وجد أن المستخلصات المائية من صنف *tamjoughert* في مرحلة *rotab* هي الأكثر نشاطا. أثناء النضج، يزداد الـ pH ونسبة السكر بينما تنخفض نسبة الميكروبات، الفينولات والنشاط الحيوي. يؤدي تحويل الثمار إلى عجينة إلى انخفاض كبير في نسبة الميكروبات (31.62-71.21%) وزيادة محتوى الفينولات والنشاط الحيوي (36.55 و 59.37%). العجائن المحضرة من الأصناف *tamjoughert* و *tazarzeit* حصلت على أعلى الدرجات وفضلها المستهلكون. تؤكد هذه النتائج أهمية الحفاظ على التنوع البيولوجي لنخيل التمر في غرداية وبالتالي على المستوى الوطني.

**الكلمات المفتاحية :** الأصناف الثانوية، عجينة التمر، النضج، الاستخراج، النشاط الحيوي، التحليلات الحسية، الجودة الصحية، الخصائص الفيزيوكيميائية،