

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**  
**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**  
**Université de Ghardaia**



**Faculté des Sciences de la Nature et de Vie et Sciences de la Terre**

**Département de Biologie**

**Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de**

**MASTER**

**Filière : Science biologiques**

**Spécialité : Biochimie appliquée**

**Par : SERIAH Salma**  
**KHERMOUCHE Afaf**  
**KHALDI Sihame**

**Thème**

---

***Caractérisation des extraits bruts des polysaccharides du fruit du palmier dattier***

---

Soutenu publiquement, le /06/2022 , devant le jury composé de :

<b>M<sup>me</sup>. HAMID OUDJANA Aicha</b>	Maître de conférences B	Univ. Ghardaia	Président
<b>M. HAMDAOUI Houari</b>	Maître Assistant B	Univ. Ghardaia	Examineur
<b>M. BELHACHEMI Mohammed Habib</b>	Maître de conférences B	Univ. Ghardaia	Encadrant

**Année universitaire : 2021/2022**



بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

ومن ثمرات النخيل والأعناب تتخذون منه سكرًا ومرزقًا حسنًا إن في ذلك لآية لقوم

يعقلون

صدق الله العظيم

سورة النحل/67



# *Dédicaces*

*C'est avec un très grand honneur que je dédie ce modeste travail  
marquant de ma vie*

*A ceux qui m'ont tout donné sans rien en retour*

*A ceux qui m'ont encouragé et soutenu dans mes moments les plus  
durs, et ceux à qui je dois tant*

*A Mes très chers parents*

*Aissa et Khadidja.*

*A ma sœur Mounia et mes frères Bakir, Salah eddine, et le petit  
Djamel.*

*A mon petit neveu Rabea et ma belle nièce Yasmine.*

*A toute ma grande famille Seriah et Chekebkeb.*

*A mes chères fidèles amies : Sihame, Afaf*

*Et Soumia Metiaz.*

*A mon fiancé Redouane et les membres de sa famille.*

*Je dédie ce mémoire à moi-même, pour tous mes efforts.*

*A toutes les personnes qui m'ont soutenu, m'ont inspiré ou m'ont  
aidé durant mes études supérieures.*

*Salma*



# *Dédicaces*

*Avant tout, je remercie Dieu tout-puissant de m'avoir donné le courage, la force, la volonté et la patience pour réaliser ce travail.*

*Je dédie ce mémoire*

*A mes chers parents ma mère et mon père*

*Qui m'ont toujours présente et continue de l'être pour faire mon bonheur.*

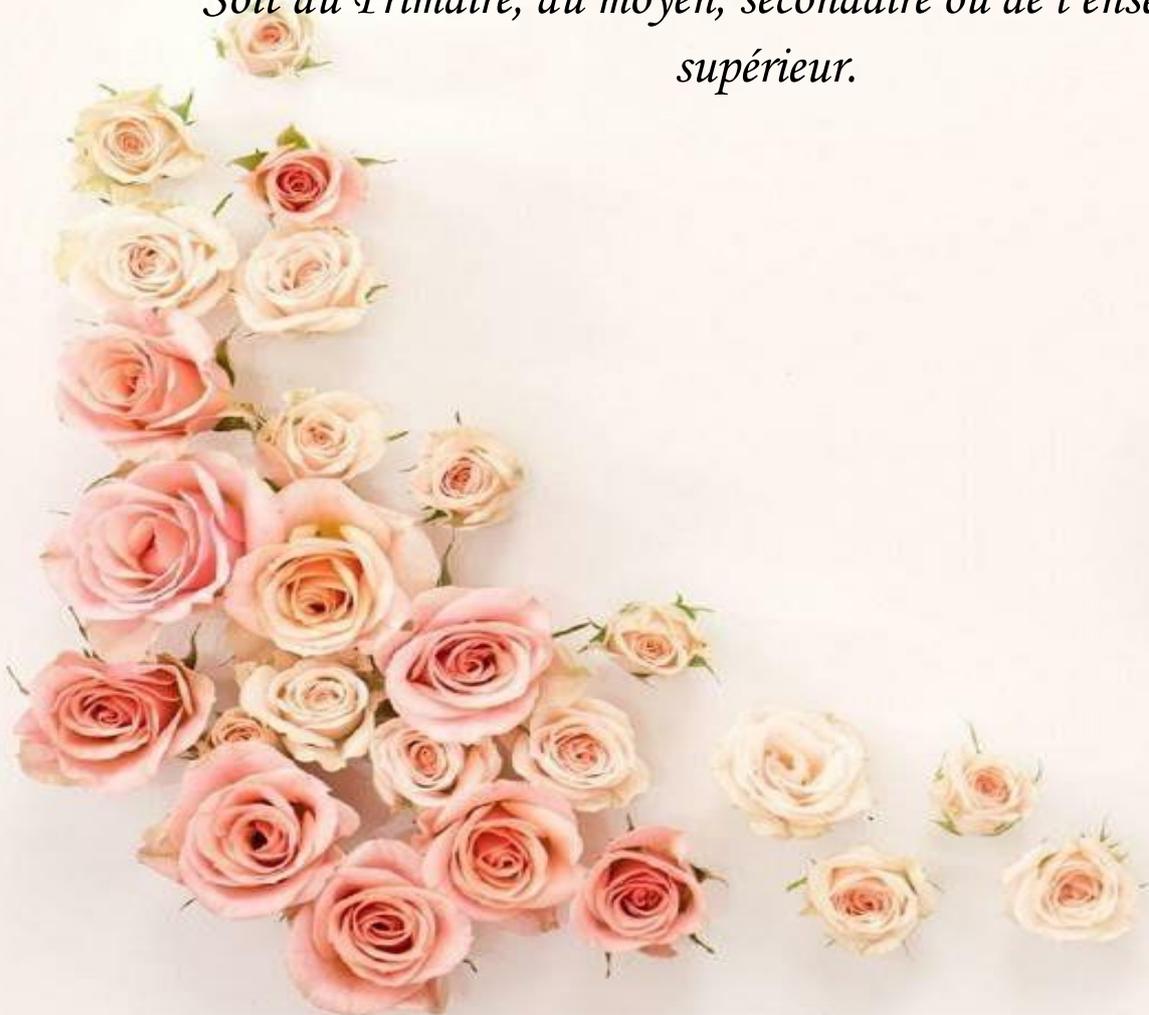
*A mes belles sœurs LINA et HAMIDA, Pour leur patience, leur soutien et leurs encouragements.*

*A toute ma famille BABA BENYEHMED et KHERMOUCHE.  
et mes amis.*

*A mes chères fidèles amies : Sihame, Salma.*

*Sans oublier tous les professeurs que ce  
Soit du Primaire, du moyen, secondaire ou de l'enseignement  
supérieur.*

*Afaf*



# *Dédicaces*

*C'est avec un grand honneur et une grande gratitude*

*Que je dédie le fruit de ce modeste travail*

*A Mes très chers parents*

*Mon père Mohammed*

*Et*

*Ma mère Meriama*

*Que Dieu les a préservés et prolongé leur vie.*

*A mon unique frère Slimane.*

*A mes chères cousines Manel et Soumia.*

*A toute ma grande famille Khaldi et Ammi moussa.*

*A mes fidèles binômes Afaf et Salma.*

*A tous mes chères aimables amies.*

*A toutes les personnes que j'ai connues.*

*Sihame*





# Remerciements

*Au nom du Dieu clément et miséricordieux et que le salut de Dieu soit sur son prophète  
**MOHAMED***

*Au terme de ce travail, il nous est agréable avant tout de remercier Dieu, le tout puissant, pour nous avoir données la force et la patience pour achever ce travail. A nos chers parents qui dès notre naissance, ont toujours fait de leur mieux pour qu'afin, nous sommes là. Pour leur volonté de nous avoir appris le sens de la persévérance, ainsi que pour leurs inspirations courageuses*

*Nos vifs remerciements et notre profonde gratitude s'adressent à notre Encadrant **M<sup>r</sup> BELHACHEMI Mohammed Habib**, maitre conférence B au Département de Biologie à la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie de l'Université de Ghardaïa, pour la confiance qu'il nous a témoigné, ses conseils, ses orientations, ses précieuses remarques constructives, ses encouragements et surtout pour le temps qu'il nous a consacré dans les moments les plus pénibles.*

*Nous exprimons nos profonds remerciement aux membres de jury le président **M<sup>me</sup> HAMID OUDJANA Aicha** maitre conférence B au Département de Biologie à la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie de l'Université de Ghardaïa d'avoir accepté de présider le jury et l'examineur **M<sup>r</sup> HAMDAOUI Houari** maitre-assistant B au Département de Biologie à la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie de l'Université de Ghardaïa d'avoir accepté d'examiner ce travail.*

*Nous offrons nos plus sincères remerciements à toute l'équipe du laboratoire ou nous avons fait notre travail pratique : **M<sup>r</sup> BENSALAH Bachir** et **M<sup>r</sup> BENHAMMOUDA Hichem** Pour les orientations et les conseils.*

*Nous souhaiterons également remercier nos professeurs de la faculté des sciences de la nature et de la vie pendant les cinq années du notre parcours.*

*Bien que toutes les personnes qui ont contribués de près ou de loin à la réalisation de ce travail trouvent ici mes sincères remerciements.*

**Merci à vous tous !**

## Résumé

L'étude porte sur la caractérisation des extraits bruts des polysaccharides de fruit de palmier dattier qu'ils contiennent divers composants biochimiques, ce qui en reflète leurs plusieurs activités biologiques. Afin de caractériser partiellement les polysaccharides hydrosolubles des extraits bruts de quatre variétés de fruit de palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) qui sont Ajwa, Timjouhert, Ghers et Deglet Nour, et l'évaluation de leur activité antioxydante, une extraction à reflux est réalisée, à température ambiante pendant 2h, pour l'obtention des extraits bruts des polysaccharides. Leur précipitation est faite par l'éthanol à 90°. Le rendement massique de l'extrait polysaccharidique est de 4.61%, 7.54%, 3.83% et 3.82% respectivement pour chaque variété. La composition de l'extrait brut des polysaccharides hydrosolubles après évaporation dans l'étuve, donne 49.36%, 55.20%, 55.64%, 55.71% d'oses totaux, et parmi les oses 35.38%, 32.90%, 35.73%, 35.73% d'oses neutres. Les sucres réducteurs, donne 65.6 %, 55.3%, 5% et 58.3g%. L'hydrolyse des polysaccharides par l'acide trifluoroacétique à 4 M durant 5 heures à 80°C, et l'analyse par chromatographie sur couche mince (CCM), indique que le glucose, l'arabinose et le galactose sont parmi les monosaccharides qui composent les extraits bruts des polysaccharides étudiées. L'activité antioxydante des extraits a été évaluée *in vitro* en utilisant le test DPPH. Parmi les extraits de dattes, l'extrait de la variété Deglet-Nour possède l'activité antioxydante la plus inhibitrice du radical DPPH avec une valeur d'IC50 égale à 5mg/ml. Généralement les résultats indiquent que chaque variété est différente de l'autre, tant en termes de caractérisation biochimiques que biologique.

**Mots clé :** *Phoenix dactylifera* L., Datte, Caractérisation partielle, Polysaccharides, Activité antioxydante.

## ملخص

تتعلق الدراسة بتحديد خصائص المستخلص الخام لمتعدد السكريات لثمار النخيل التي تحتوي على مكونات كيموحيوية مختلفة، وهذا يعكس أنشطتها البيولوجية العديدة. من أجل الوصف الجزئي لمتعدد السكريات القابل للذوبان في الماء من المستخلص الخام لأربعة أنواع من ثمار النخيل (*Phoenix dactylifera L*) وهي العجوة، تيمجوهرة، غرس و دقلة نور، يتم الاستخلاص بالارتجاع، عند 80 درجة مئوية لمدة ساعتين، للحصول على مستخلصات متعدد السكريات. يتم الترسيب من خلال الاثانول 90°. المرذود الكتلي لمستخلص متعدد السكريات هو 4.61%، 7.54%، 3.83% و 3.82% على التوالي لكل نوع. مكونات المستخلص الخام لمتعدد السكريات القابل للذوبان في الماء بعد التبخر في الحاضنة هو 49.36%، 55.20%، 55.64%، 55.71% من إجمالي السكريات، منها 35.38%، 32.90%، 35.73%، 35.73% من السكريات المحايدة. فيما يتعلق بالسكريات المرجعة، يعطي 65.6%، 5.53%، 5% و 58.3%. ويشير التحلل المائي لعديد السكريات بواسطة حمض ثلاثي فلور الخل 4M لمدة 5 ساعات عند 80 درجة مئوية، والتحليل الكروماتوغرافي بالطبقة الرقيقة (CCM) إلى أن الجلوكوز والأرابينوز والجالاكتوز من بين السكريات الأحادية التي تشكل المستخلصات الخام لمتعدد السكريات المدروسة. تم تقييم النشاط المضاد للأكسدة للمستخلصات في المختبر باستخدام اختبار DPPH من بين مستخلصات التمر، يحتوي صنف دقلة نور على النشاط المضاد للأكسدة الأكثر تثبيطاً لجذور DPPH بقيمة IC50 تساوي 5 ملجم/مل. تشير النتائج بشكل عام إلى أن كل نوع من التمور يختلف عن الأخر، سواء من الناحية الكيموحيوية أو البيولوجية.

**الكلمات المفتاحية :** *Phoenix dactylifera L.*، تمر، التوصيف الجزئي، السكريات المتعددة، النشاط المضاد للأكسدة.

## **Abstract**

The study focuses on the characterization of the crude extracts of polysaccharides of date palm fruit that they contain various biochemical components, which reflects their several biological activities. In order to partially characterize the water-soluble polysaccharides of the crude extracts of four varieties of date palm fruit which are Ajwa, Timjoughert, Ghers and Deglet Nour, a reflux extraction is carried out to obtain polysaccharide extracts, at 80° for 2 hours, their precipitation is made by ethanol in 90°. The mass yield of polysaccharide extract is 4.61%, 7.54%, 3.83% and 3.82% respectively for each variety. The composition of the crude extract of the water-soluble polysaccharides after evaporation in the oven is 49.36%, 55.20%, 55.64% and 55.71% of total ose, of which 35.38%, 32.90%, 35.73% and 35.73% of neutral ose. Concerning reducing sugars, gives 65.6 %, 55.3%, 5% and 58.3%. Hydrolysis of polysaccharides by 4 M trifluoroacetic acid for 5 hours at 80°C, and thin-layer chromatography (TLC) analysis indicates that glucose, arabinose and galactoses are among the monosaccharides that make up the extract. The antioxidant activity of the extracts was evaluated in vitro using the DPPH test. Among date extracts, the Deglet-Nour variety has the most inhibitory antioxidant activity of the DPPH radical with an IC50 value equal to 5mg/ml. Generally the results indicate that each variety is different from the other, both in terms of biochemical and biological characterization.

**Keywords :** *Phoenix dactylifera* L., Date, Partial characterization, Polysaccharides, Antioxidant activity.

## *Liste des tableaux*

Tableau 1: Classification des dattes selon la consistance et ces caractéristiques.....	12
Tableau 2: Différence de la teneur en sucre entre les dattes fraîches et séchées .....	13
Tableau 3: Teneur en eau de quelques variétés de dattes algériennes .....	13
Tableau 4: Classification des polysaccharides selon la structure.....	16
Tableau 5: Classification des polysaccharides selon l'origine.....	17
Tableau 6: Classification des polysaccharides selon leur fonction biologique.....	17
Tableau 7: Méthodes de caractérisation des polysaccharides .....	23
Tableau 8: Caractéristiques des variétés Ghr, Ajw, Dgl et Tmj.....	29
Tableau 9: Teneurs moyennes en composés phénoliques totaux des extraits bruts des polysaccharides des quatre variétés de dattes étudiées .....	43
Tableau 10: Composition en oses totaux et en oses neutres des extraits bruts des polysaccharides des dattes .....	45
Tableau 11: Teneurs en sucres réducteurs des extraits polysaccharidiques.....	46
Tableau 12: Valeurs des IC50 du DPPH pour les extraits polysaccharidiques de dattes et le standard .....	48
Tableau 13: Composition en monosaccharides des extraits de polysaccharides hydrosolubles des quatre fractions de différentes variétés étudiés, CCM (Dgl, Ghr, Tmj, Ajw) (Ara : arabinose, Gal : galactose, Glc : glucose, Man : mannose).....	50

## *Liste des figures*

Figure 1: Schéma du palmier dattier .....	5
Figure 2: Schéma d'une palme.....	6
Figure 3: Répartition géographique du palmier dattier dans le monde .....	8
Figure 4: Localisation des oasis dans le Sahara Algérien .....	9
Figure 5: Photo des composants essentiels de la datte .....	10
Figure 6: Stades de maturation du fruit du palmier dattier .....	12
Figure 7: Diagramme de classification des polysaccharides végétaux.....	18
Figure 8: Structure primaire de la cellulose .....	19
Figure 9: Structure d'hémicellulose .....	20
Figure 10: Représentation schématique des structures pectiques .....	20
Figure 11: Structure linéaire de la molécule d'amylose.....	21
Figure 12: Structure ramifié de molécule de l'amylopectine.....	21
Figure 13: Structures des fructanes type inuline et lévane.....	22
Figure 14: Photos des variétés étudiées.....	28
Figure 15: Situation géographique de la wilaya de Ghardaïa .....	30
Figure 16: Situation géographique et limites administratives .....	31
Figure 17: Protocole expérimental .....	31
Figure 18: Montage de chauffage à reflux .....	33
Figure 19: Différentes étapes de l'extraction des polysaccharides hydrosoluble des dattes.....	34
Figure 20: Réaction d'un antioxydant avec le radical DPPH.....	37
Figure 21: Montage de dosage des sucres réducteurs .....	38
Figure 22: Principaux éléments de la CCM .....	39
Figure 23: Rendements massiques des extractions polysaccharidiques de dattes .....	42
Figure 24: Présentations graphiques des pourcentages d'inhibition du radical DPPH par les différents extraits polysaccharidiques des variétés Ajw (A), Tmj (B), Ghr (C), Dgl (D) ainsi que le standard Vit C.....	47
Figure 25: Suivi par CCM de l'hydrolyse par l'acide trifluoroacétique 4 M à 80°C, en fonction du temps (heure) de l'extrait de polysaccharides hydrosolubles de quatre variétés de dattes.....	50

## *Liste des abréviations*

<b>% :</b>	Pourcentage	<b>HPLC :</b>	Chromatographie liquide de haute performance
<b>Abs :</b>	Absorbance	<b>K :</b>	Potassium
<b>Ajw :</b>	Ajwa	<b>Km :</b>	Kilomètre
<b>Ara :</b>	Arabinose	<b>Man :</b>	Mannose
<b>C° :</b>	Dégré Celsius	<b>Mg :</b>	Magnésium
<b>Ca :</b>	Calcium	<b>mg/ml :</b>	Milli gramme/ Millilitre
<b>CCM :</b>	Chromatographie sur couche mince	<b>Mn :</b>	Manganèse
<b>CG :</b>	Chromatographie en phase gazeuse	<b>ON :</b>	Oses neutre
<b>CI50 :</b>	Concentration inhibitrice médiane	<b>OT :</b>	Oses totaux
<b>Cu<sub>2</sub>O :</b>	Oxyde de cuivre	<b>P :</b>	Phosphore
<b>Dgl :</b>	Deglet Noor	<b>PhM :</b>	La phase mobile
<b>DL :</b>	Diffusion de lumière	<b>PhS :</b>	La phase stationnaire
<b>DO :</b>	Densité optique	<b>R<sup>2</sup> :</b>	Coefficient de Régression
<b>DPPH :</b>	2,2'-diphényl-1-picrylhydrazyle	<b>Rf :</b>	Rapport frontal
<b>EAG:</b>	Equivalent acide gallique	<b>rpm :</b>	Tour par minute
<b>EP:</b>	Extrait polysaccharidiques	<b>Se :</b>	Sélénium
<b>Fe :</b>	Fer	<b>SM :</b>	Spectroscopie de masse
<b>G :</b>	Gramme	<b>TFA :</b>	Acide trifluoroacétique
<b>g/L :</b>	gramme /Litre	<b>Tmj :</b>	Timjouhert
<b>Gal :</b>	Galactose	<b>V/V :</b>	Volume /Volume
<b>Ghr :</b>	Ghers	<b>Vit C</b>	Vitamine C
<b>Glu :</b>	Glucose	<b>Zn :</b>	Zinc
<b>H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>:</b>	Acide sulfurique	<b>μl :</b>	Microlitre

# ***Table des matières***

Résumé	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Liste des abréviations	
Table des matières	
Introduction .....	1

## **Partie I : Synthèse bibliographique**

### **Chapitre 1 : Le palmier dattier**

1. Généralités sur le palmier dattier .....	4
1.1. Morphologie du palmier .....	4
1.2. Position systématique .....	7
1.3. Répartition géographique du palmier dattier .....	7
1.3.1. Dans le monde.....	7
1.3.2. En Algérie .....	8

### **Chapitre 2 : Les dattes**

1. Les dattes .....	10
1.1. Description générale des dattes .....	10
1.2. Différents stades de maturation des dattes .....	11
1.3. Classification de dattes.....	12
1.4. Composition biochimique des dattes.....	13
1.4.1. Sucres.....	13
1.4.2. Eau .....	13
1.4.3. Composés phénolique .....	14
1.5. Qualité nutritionnelle des dattes .....	14

### **Chapitre 3: Les polysaccharides**

1. Généralités sur les polysaccharides .....	15
1.1. Définition .....	15
1.2. Biochimie des polysaccharides .....	15
1.2.1. Structure des glucides .....	15
1.3. Polysaccharides hydrosolubles.....	16
1.4. Classification des polysaccharides .....	16
2. Polysaccharides des végétaux .....	17
2.1. Les polysaccharides de structure .....	18
2.2. Les polysaccharides de réserve .....	21
2.3. Les exsudats et les mucilages.....	22

3.	Caractérisation des polysaccharides végétaux .....	22
3.1.	Caractérisation structurale.....	23
3.1.1.	Composition en monosaccharides .....	24
3.2.	Caractérisation des activités biologiques .....	24
3.2.1.	Activité antioxydante.....	25
3.2.2.	Activité anti-inflammatoire .....	25
3.2.3.	Activité anticancéreuse.....	26

## **Partie II : Matériel et méthodes**

1.	Matériel végétal .....	28
2.	Présentation de la région d'étude .....	30
2.1.	Situation géographique.....	30
2.1.1.	Premier site d'échantillonnage .....	30
2.1.2.	Deuxième site d'échantillonnage.....	30
3.	Méthodologie de travail .....	31
4.	Extraction des polysaccharides hydrosolubles.....	32
4.1.	L'extraction à reflux.....	32
4.2.	Calcul du rendement d'extraction .....	33
5.	Dosage des composés phénoliques totaux .....	34
6.	Caractérisation biochimique partielle des polysaccharides .....	35
6.1.	Dosages colorimétriques .....	35
6.1.1.	Dosage des oses totaux par la méthode de Dubois .....	35
6.1.2.	Dosage des oses neutres par le résorcinol .....	36
7.	Evaluation de l'activité antioxydante des polysaccharides.....	36
8.	Dosage des sucres réducteurs par la méthode Bertrand.....	37
9.	Caractérisation qualitative des polysaccharides.....	39
9.1.	Chromatographie sur couche mince .....	39

## **Partie III : Résultats et discussion**

1.	Rendement de l'extraction des polysaccharides .....	42
2.	Dosage des polyphénols totaux.....	43
3.	Oses totaux et oses neutres .....	45
4.	Sucres réducteurs .....	46
5.	Evaluation de l'activité antioxydante par le test du DPPH.....	47
6.	Chromatographie sur couche mince.....	49
	Conclusion et perspectives .....	53
	Références bibliographiques.....	55

Annexes

# *Introduction*

Dès le début de siècle, de nombreuses études morphologiques ont porté sur le palmier dattier qui s'emploie, soit la détermination des cultivars, soit l'élaboration des listes des principaux cultivars dans leurs zones agricoles traditionnelles. Néanmoins ces études couramment descriptives et souvent incomplètes (Ipagri *et al.*, 2005). Au fil du temps, les études ont évolué pour inclure la recherche sur les produits du palmier en termes de contenu et de qualité.

Palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) est l'arbre fruitier principal de la famille Arecaceae qui se situe dans les zones arides, tropicales et sous-tropicales du monde précisément celles qui s'étirent d'Afrique du Nord au Moyen-Orient (Ahmed, 2016).

La situation géographique et les caractéristiques climatiques de l'Algérie offrent une grande variété de plantes, avec plus de 3000 espèces végétales (Sánchez-Chávez *et al.*, 2019). En Algérie, phoeniciculture occupe la première place dans l'agriculture saharienne et occupe une place importante dans le système de production agricole, couvrant une superficie de 167 269 hectares, avec 18,5 millions de palmiers et un rendement de 1 029 596 tonnes (Madrp, 2017, cité par, Makouf, 2020).

L'arbre contenir une source de matières premières duquel quasiment chaque partie de l'arbre est utilisable pour création des éléments fonctionnels pour la construction, la consommation et / ou d'autres fonctions de la vie quotidienne (Abdennabi *et al.*, 2016).

Des parties de palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) ont été largement utilisées dans la médecine traditionnelle dans le passé pour traiter diverses affections, notamment l'hypertension artérielle, les troubles de la mémoire, le diabète, la fièvre, la paralysie, l'athérosclérose et les troubles neurologiques (Abu-Reidah *et al.*, 2017).

Par ailleurs, les dattes sont riches en glucides, certaines vitamines, elles sont également une excellente source de fibres alimentaires et contiennent de grandes quantités de minéraux, de lipides et de protéines. Sauf pour ses usages diététiques (Baliga *et al.*, 2011).

Au cours des deux dernières décennies, les chercheurs ont réévalué l'importance des glucides et envisagé leurs nombreuses applications, notamment dans le domaine biomédical, en raison de leur large éventail de propriétés thérapeutiques, des ressources abondantes, des ressources renouvelables, non toxiques et biodégradables (Boual, 2014).

Les polysaccharides, également appelés polyholosides, sont des macromolécules composées d'un grand nombre d'unités monosaccharidique. Ils jouent des rôles primordiaux dans le stockage de l'énergie et le maintien de l'intégrité structurale des organes (Quentin F, 2011). Les polysaccharides sont issus de différentes sources et ont été largement étudiés et utilisés pour leurs propriétés techno-fonctionnelles dans les secteurs pharmaceutiques, cosmétiques, de l'industrie papetière, agroalimentaire et dans l'extraction pétrolière (Liu *et al.*, 2015).

Les polysaccharides ont leurs propres activités biologiques, y compris l'activité antioxydante, anticancéreuse et antibactérienne. Par conséquent, il existe un besoin de découvrir et de développer des polysaccharides bioactifs en tant qu'aliments fonctionnels ou médicaments pour la santé humaine (Yan *et al.*, 2016).

Plusieurs études ont montré que les polysaccharides végétaux présentent une variabilité structurelle et diverses propriétés physicochimiques que l'on ne retrouve dans aucune autre classe d'organismes (Warrand, 2004).

De ce fait, le présent travail est une étude des polysaccharides hydrosolubles de quatre variétés de dattes algériennes « Ajwa, Timjoughert, Ghers et Deglet Nour » dans l'objectif recherché, vise à l'extraction et la caractérisation des extraits bruts des polysaccharides des dattes, ainsi que l'évaluation de leur activité biologique.

Ce document est présenté selon le plan suivant et qui comprend en trois parties :

- ❖ **Partie 1** : qui se compose en trois chapitres : chapitre 1 un rappel bibliographique sur le palmier dattier (*Phoenix dactylifera*), chapitre 2 les dattes et leur composition chimique, chapitre 3 généralités sur les polysaccharides, leur définition et les différentes classifications.
- ❖ **Partie 2** : une étude expérimentale concernant la méthodologie d'extraction, la caractérisation biochimique partielle des extraits bruts polysaccharidiques et l'évaluation de leur activité antioxydante en utilisant le test DPPH.
- ❖ **Partie 3** : les principaux résultats obtenus des analyses réalisées, suivi d'une discussion

Ce travail s'achève par une conclusion générale avec les perspectives ouvrant la voie à des études ultérieures.

# *Partie I :*

## *Synthèse bibliographique*

## 1. Généralités sur le palmier dattier

Dans le Sahara, il existe une grande diversité de plantes et d'arbres adaptés au climat du désert permet de vivre dans ces conditions extrêmes. Parmi celles-ci, la plus connue dans le milieu oasien c'est " le palmier dattier " (Ardekani, 2010).

Palmier dattier (en Français), Nakhla (en Arabe), Tazdaït, Tanekht, Tainiout (en Berbère), Date Palm (en Anglais) ou la *phoeniculture* (nom scientifique) qui est de *Phonix Dactylifera L* (Chikh salah, 2021).

Il a une importance économique pour de nombreux pays arides et chauds et est considéré comme une composante majeure de l'écosystème oasien (Guettouchi *et al.*, 2017).

Le palmier dattier est considéré comme un symbole de la vie désertique en raison de son adaptation à la chaleur, à la sécheresse et à la salinité en comparaison aux autres espèces (El-Juhany, 2010).

Généralement, les forêts de palmiers algériennes sont situées dans la partie nord-est du Sahara dans des oasis avec de bonnes conditions hydriques et thermiques (Daas Amieur, 2009). Les palmiers dattiers commencent à fructifier à un âge moyen cinq ans et continuer à produire plus de 60 kg à raison de 40-60 kg/arbre/ans pour plus de 60 ans (Ayachi *et al.*, 2009).

### 1.1. Morphologie du palmier

Le palmier a une hauteur de 20-30 m, avec un tronc cylindrique (stipe), avec une couronne de feuilles, les feuilles sont pennées réparties et 4-7 m de long. L'espèce est dioïque et présente des inflorescences mâles ou femelles, les fleurs femelles à trois carpelles sont autonomes et une seul grandit pour former la datte (Chniti, 2015).

La morphologie du palmier dattier adulte est constituée de 05 principaux organes, comme suit (Figure 1) :

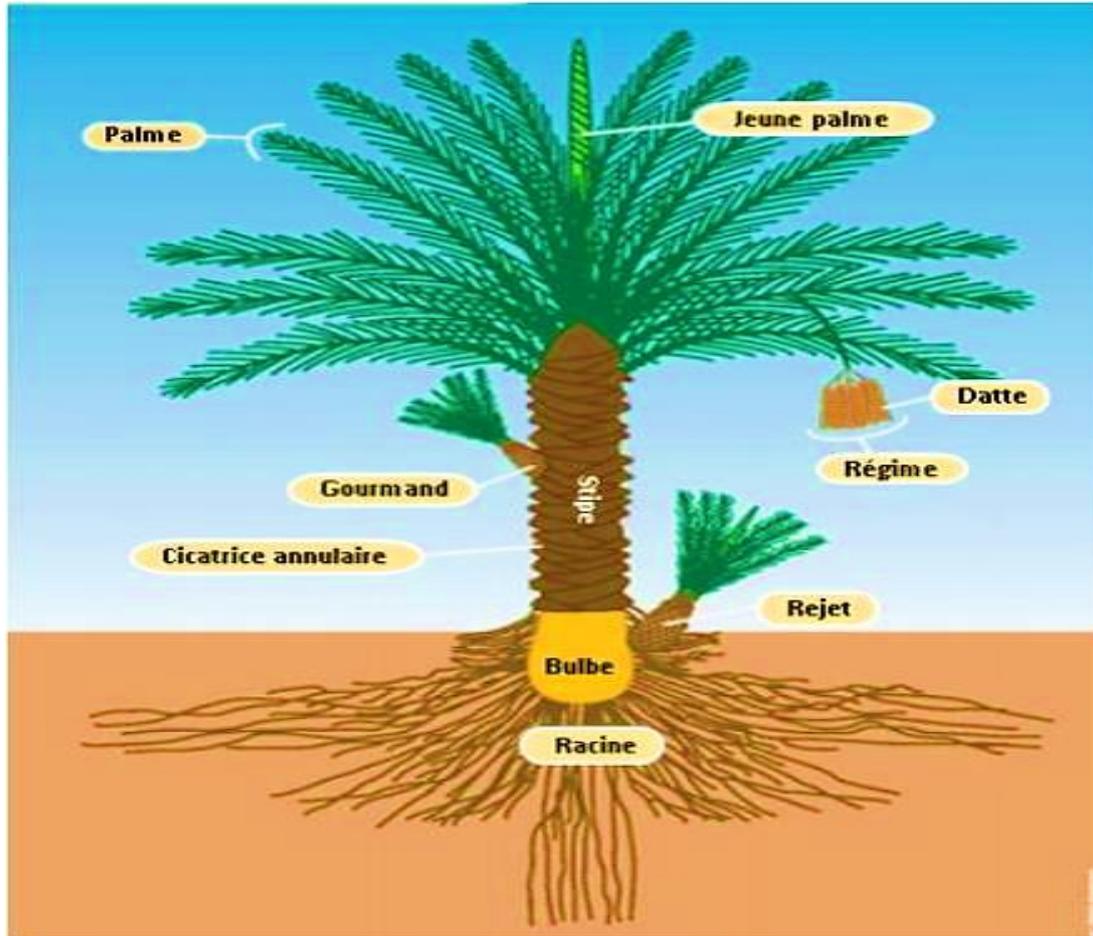


Figure 1: Schéma du palmier dattier (Nguyen Thi Truc *et al.*, 2013)

- **Les racines :** Le palmier est identifié par un système racinaire distingué se compose de plusieurs zones racinaires : racines respiratoires, racines de nutrition et racines d'absorption de l'eau. Entre les racines et le stipe il y a un bulbe volumineux qui émerge en partie du sol (Chaudhry *et al.*, 2009).
- **Le tronc (Le stipe) :** La forme cylindrique est encore recouverte et protégée par les pétioles de palmes ou être coupé (pour faciliter l'ascension). Il Peut atteindre une hauteur de 20m dont l'épaisseur reste la même pendant la vie du palmier, sauf parfois, certaines parties de rétrécissement correspondant à des périodes de mauvaise nutrition (sécheresse, froid ou accidents divers).

- **Les feuilles (Les palmes)** : Ils proviennent de bourgeons terminaux, et se compose de folioles pliées longitudinalement qui deviennent des épines 2, 3 ou 4 à la base de la palme. Les palmiers en bon état peuvent à l'état adulte, il y a environ 100 à 125 palmes actives. Chaque feuille peut mesurer de 2 à 6 m de long et vivre de 4 à 7 ans, alors elle décolorer en jaune , puis sèche et meurt (Figure 2).

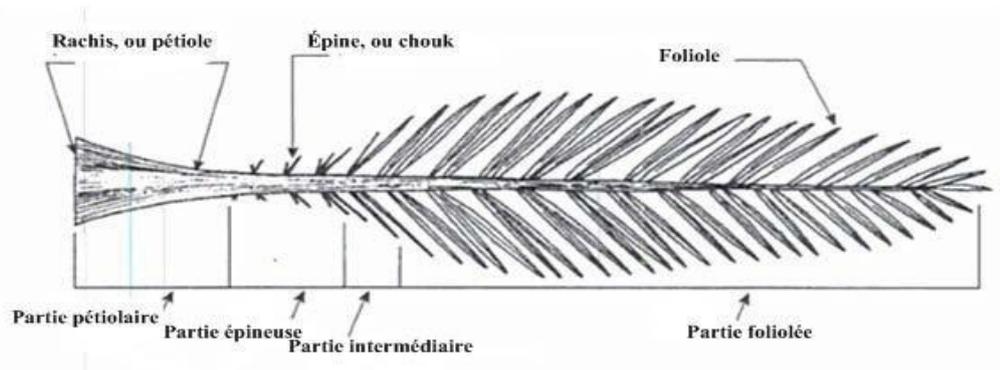


Figure 2: Schéma d'une palme (Peyron, 2000)

- **Les inflorescences (Les spadices)** : Le palmier dattier est une plante dioïque, où les fleurs mâles et femelles sont sur des pieds différents, avec des inflorescences homogènes. Les spadices ont la forme d'une grappe d'épis (0,25-1 m de long) enveloppées dans des spathes. De plus, les inflorescences mâles se composent d'environ 40 à 60 fleurs blanches à l'odeur caractéristique, l'inflorescence femelle est se compose de fleurs blanches inodores, 30 à 60 fleurs par plante chaque inflorescence compte 50 à 80 rameaux.
- **Le fruit (La datte)** : est une baie contenant un noyau (graine) et dont la forme peut varier (Ipgrî *et al.*, 2005). La datte devient consommable, lorsque les conditions favorables sont remplies, passant par plusieurs stades de développement caractérisés par des changements assez remarquables (couleur, taille, poids, composition). La relation entre le poids du noyau et le poids de la datte permet d'en apprécier la qualité commerciale.

Ces organes peuvent revêtir diverses formes représentatives des caractères variétaux du palmier dattier (Chikh salah, 2021).

## 1.2. Position systématique

Le palmier dattier a été désigné comme *Phoenix dactylifera* par LINNE en 1753. Le palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) provient du mot « phoenix », qui signifie palmier dattier en Phénicie et dactylifera vient du mot grec « dactylos », ce qui veut dire doigt, désignant la forme du fruit (Mimouni, 2015).

Le genre phoenix comprend au minimum 12 espèces, l'espèce la mieux connue est le *Phénix dactylifera*, dont les fruits « dattes » sont fortement commercialisés sur le marché international (Espiard, 2002).

Le palmier dattier est une Angiosperme Monocotylédone, sa position botanique se présente comme suit :

**Clade** : Commelinidees

**Ordre** : Arecales

**Famille** : Arecaceae

**Genre** : Phoenix

**Espèce** : *Phoenix dactylifera* L.

(Dobignard *et al.*, 2010)

## 1.3. Répartition géographique du palmier dattier

### 1.3.1. Dans le monde

Le dattier peut être cultivé sur tous les continents de la planète, principalement entre les 39° de latitude Nord et les 20° de latitude Sud. En revanche, la principale région productrice est le Moyen-Orient et l'Afrique du Nord, où 89 % des dattes sont produites (Figure 3). Au cours des dernières années, on a constaté une augmentation du nombre de dattes semées dans cette région. Ainsi, le nombre total de palmiers dattiers aux Emirats arabes unis, par exemple, a augmenté de 10 millions en 1999 à 43 millions en 2010. De façon similaire, le Sultanat d'Oman ajoutera également 1 million de palmiers dattiers d'ici 2015. Des projets d'envergure pour introduire le palmier dattier dans les zones arides avec des ressources limitées, comme en Namibie et en Inde, ont influencé la diffusion et

l'expansion de la culture du palmier dattier dans de nouveaux territoires (Manickavasagan *et al.*, 2012).

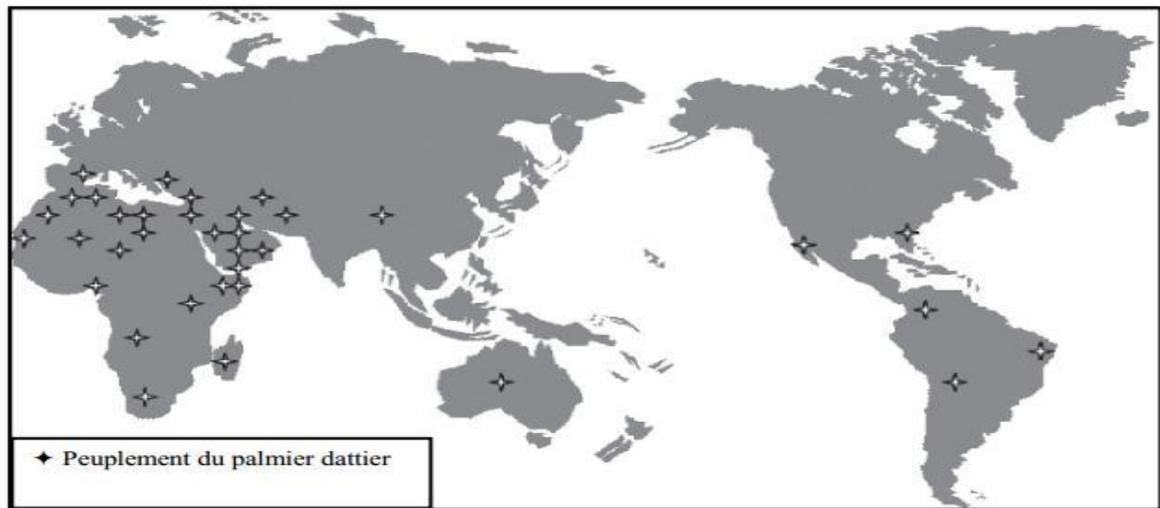


Figure 3: Répartition géographique du palmier dattier dans le monde (Hadrami *et al.*, 2009)

### 1.3.2. En Algérie

La culture du palmier dattier est limitée à 17 wilayas (Messaid, 2008), comme montre la figure 4 elle est cultivée au Sahara du pays : Ziban (Biskra), Le Souf (El-Oued), Oued-Righ (M'Ghaïr, Touggourt...), Ouargla, M'Zab (Ghardaïa), Touat (Adrar), Gourrara (Timimoun), Tidikelt (In-Salah), Saoura (Béchar), Hoggar-Tassili (Tamanrasset, Djanet). Il existe aussi de petites palmeraies dans le sud des Wilayas steppiques (Tébessa, Khenchella, Batna, Djelfa, Laghouat, M'Sila, Naâma, El-Bayedh) (Belguedj *et al.*, 2015).

Les principales régions phoénicoles sont :

- À l'Est : les Zibans (Biskra), Oued Righ (entre Ouargla et Touggourt), Oued Souf, la cuvette de Ouargla et le M'zab (Ghardaïa). Ces palmerais consistent principalement en Deglet-Nour, un cultivar de très grande valeur commerciale.
- À l'Ouest : la Saoura (Beni Abess), le Touat (Adrar), le Gourara (Timimoun), Le Tidikelt (Reggane) et le Golea. Ces palmiers possèdent un verger très variés (Adel *et al.*, 2013).

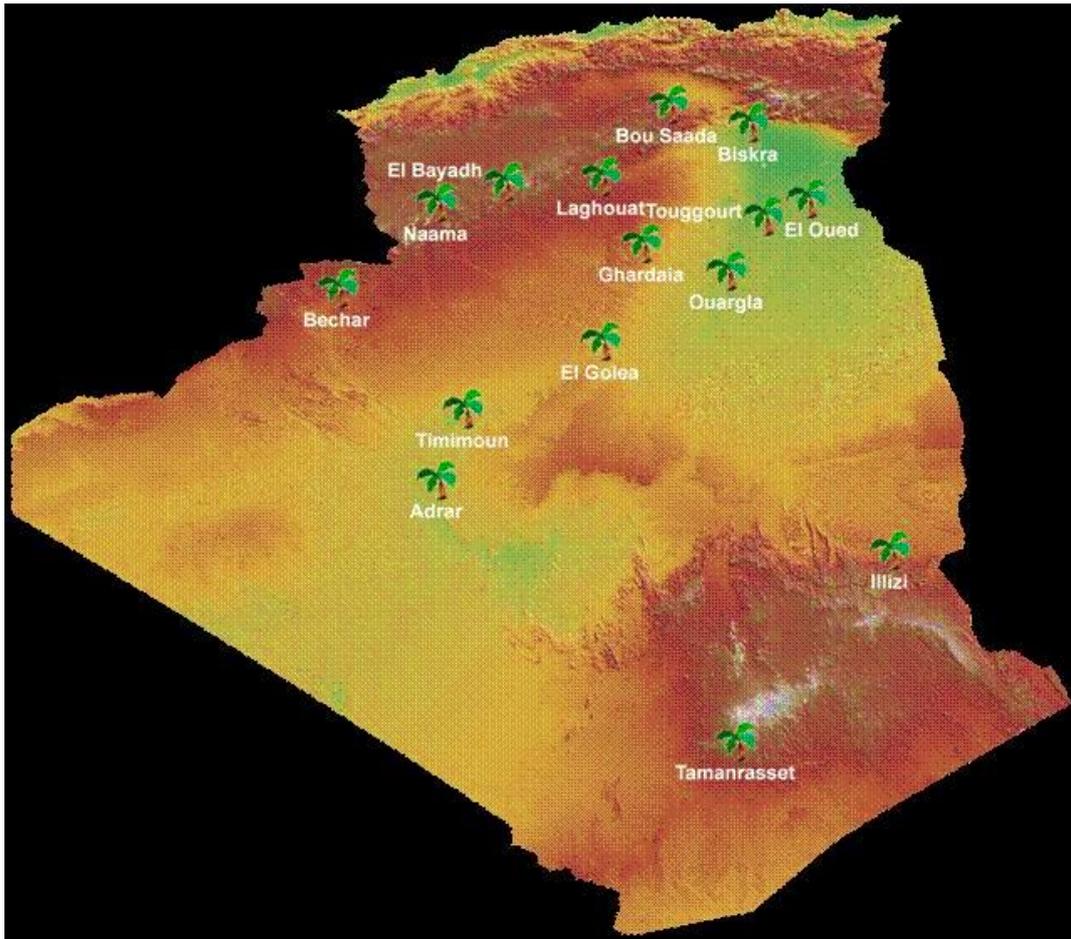


Figure 4: Localisation des oasis dans le Sahara Algérien (Bachiri, 2020)

## 1. Les dattes

### 1.1. Description générale des dattes

Les dattes, fruits du palmier dattier, il s'agit d'une baie, de forme le plus souvent allongée, oblongue ou ovoïde. Elle comporte deux parties :

- Une partie non comestible de la datte : constituée par la graine ou le noyau, dont une consistance est dure.
- Une partie comestible : appelée aussi chaire ou pulpe, possède une mince enveloppe cellulosique, l'épicarpe. La graine est entourée d'une zone intérieure de teinte plus claire et de texture fibreuse, l'endocarpe, réduite à une membrane parcheminée (Figure 5). Les deux se distinguent par le mésocarpe charnu et fibreux dont la consistance varie en fonction des variétés, du climat et de la période de mûrissement (Chniti, 2015).

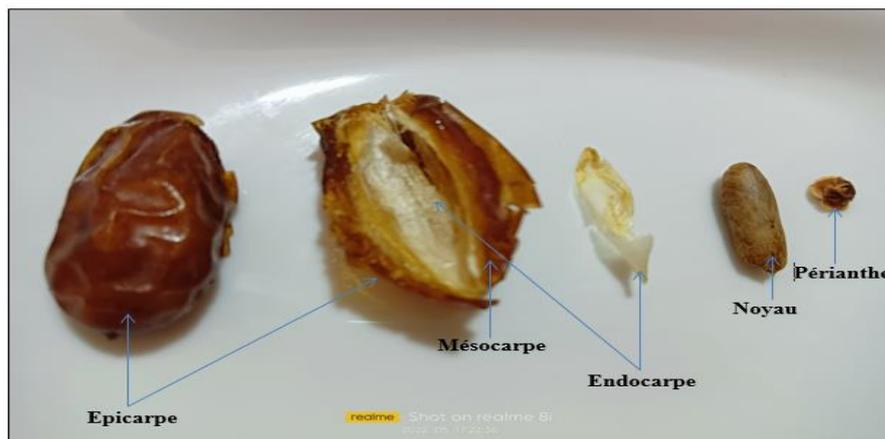


Figure 5: Photo des composants essentiels de la datte (Photo originale, 2022)

La forme, la taille et la couleur des fruits sont variables en fonction de la variété. Ses dimensions varient considérablement de 1,5 à 8 cm de long et de 2 à 15 g de poids, la couleur va de blanc jaunâtre à très foncé presque noir, y compris les ambres, rouges et bruns (Noui, 2016).

## 1.2. Différents stades de maturation des dattes

Les dattes pendant leur développement et leur maturation passe par plusieurs stades, connus par leurs dénominations arabes : Hababouk, Kimri, Khalal, Routab et Tamr (Nasir *et al.*, 2015).

**a) Loulou ou Hababouk :** ce stade vient directement après la fécondation, il se caractérise par une croissance lente des dattes, une couleur blanchâtre, légèrement verte, le fruit pèse un gramme (Peyron, 2000).

**b) Kimri :** ce stade dure entre 9 et 14 semaines, les dattes sont de couleur verte (Figure 6) avec une teneur élevée en eau (85%) et sont caractérisées par un accroissement rapide de leur poids, de leur taille et de leur teneur en sucre (Nasir *et al.*, 2015).

**c) Khalal :** ce stade dure entre 3 et 5 semaines, la couleur du fruit dattier passe du vert au jaune clair (Figure 6), puis vire au jaune, rouge ou rose en fonction de la variété. La datte est caractérisée par une diminution de la rapidité de l'augmentation de son poids, de ses dimensions et de son contenu en eau, bien que sa concentration en sucre augmente rapidement (Al-Farsi et Lee, 2008).

**d) Martouba ou Routab :** Au stade Routab, les dattes peut durer entre 2 et 4 semaines, elles deviennent plus foncées en jaune (Figure 6), ce stade est caractérisé par : la perte de la turgescence du fruit de fait de la diminution de sa teneur en eau, l'insolubilisation des tanins qui s'attachent à l'épicarpe du fruit et l'augmentation de taux des monosaccharides qui offre un goût sucré au fruit (Nasir *et al.*, 2015).

**e) Tamar ou Tmar :** Il s'agit de la dernière étape du mûrissement pendant laquelle le fruit perd une grande quantité d'eau (Figure 6) (El-Sharnouby *et al.*, 2009).

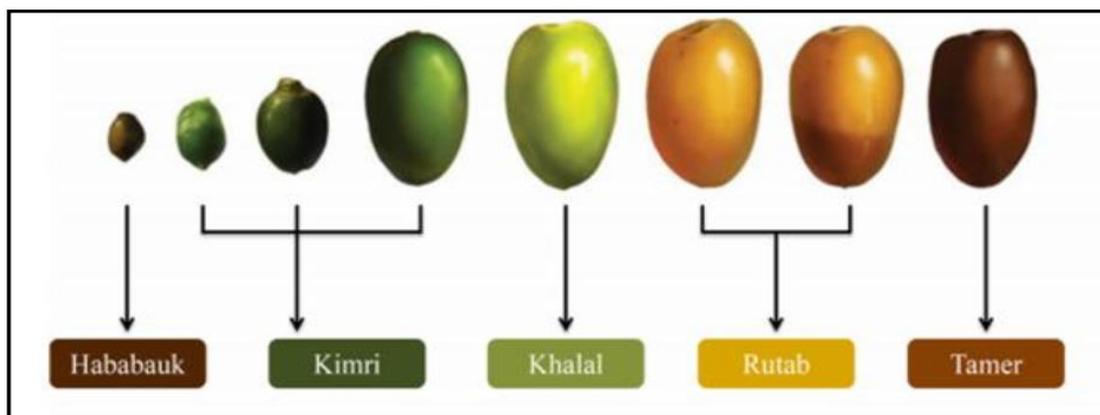


Figure 6: Stades de maturation du fruit du palmier dattier (Al-Mssallem *et al.*, 2013)

### 1.3. Classification de dattes

D'après (Espiard, 2002), les dattes sont classées en trois catégories selon leur consistance : dattes molles, dattes demi-molles et dattes sèches de consistance dure (Tableau 1).

Tableau 1: Classification des dattes selon la consistance et ces caractéristiques (Benahmed, 2012 ; Espiard, 2002)

Consistance	Caractéristique	Variétés et pays
Molle	Taux d'humidité supérieur ou égal à 30%, elles sont à base de sucres (fructose, glucose).	Ghars (Algérie), Ahmar (Mauritanie), Kashram et Miskrani (Egypte, Arabia saoudite).
Demi-molle	De 20 à 30% d'humidité. Il s'agit des dattes à base de saccharose par excellence.	Deglet-Nour (Algérie) Mehjoul (mauritanie), sifri et zahidi (Arabia saoudite).
Sèche	Moins de 20% d'humidité. Elles sont riches en saccharose.	Degla Beida et Mech Degla (Tunisie et Algérie) et Amesrie (Mauritanie).

## 1.4. Composition biochimique des dattes

### 1.4.1. Sucres

Les sucres sont les principaux éléments qui composent la datte (Al-farsi *et al.*, 2005), ils représentent 95% du poids sec de la datte entière (Al-farsi *et al.*, 2008). Les principaux sucres trouvés dans les dattes fraîches et séchées sont le fructose, le glucose et le saccharose (Al-farsi *et al.*, 2005). La différence de teneur en sucre entre les dattes séchées et les dattes fraîches (Tableau 2) peut être due au niveau de la maturité et la réduction de l'humidité des dattes (Nasir *et al.*, 2015). La teneur en sucre dépend du climat, du stade de maturation de la datte, du cultivar et de sa consistance. Les sucres réducteurs (glucose et fructose) sont les éléments les plus importants des dattes comparées au saccharose, parce qu'ils sont une source d'énergie condensée qui peut conduire à une augmentation rapide de la glycémie due à leur absorption rapide après la digestion (Liu *et al.*, 2000).

Tableau 2: Différence de la teneur en sucre entre les dattes fraîches et séchées (Nasir *et al.*, 2015)

Dattes	Teneur en sucre (g/100)		
	Saccharose	Fructose	Glucose
Dattes fraîches	4.03 g	19.4 g	22.8 g
Dattes séchées	11.6 g	29.4 g	30.4 g

### 1.4.2. Eau

Les dattes ont moins de 40% d'humidité, elles sont considérées comme des aliments à humidité intermédiaire dont elle est relativement facile à conserver. La teneur en eau est selon les variétés, le stade de maturation et le climat. Elle varie de 8 à 30 % du poids de la chair fraîche avec une moyenne d'entour 19 % (Tableau 3) (Noui, 2007).

Tableau 3: Teneur en eau de quelques variétés de dattes algériennes (Belguedj *et al.*, 2008; Khenfar, 2004)

Catégories	Variétés	Teneur en eau (%)
Dattes molles	Ghars	25.40
Dattes demi-molles	Deglet-Nour	22.60
Dattes sèches	Mech-Degla	13.70

### 1.4.3. Composés phénolique

Les polyphénols sont des composés bioactifs qui aide à éliminer les radicaux libres résultant du stress oxydatif (Al-Harrasi *et al.*, 2014). La majorité des recherches ont montré que les dattes constituent une source importante de composés phénoliques (Vayalil, 2002), comme : les hydroxycinnamates, proanthocyanidines et flavonoïdes. Les principaux hydroxycinnamates découverts sont les dérivés des acides p-coumariques, chlorogéniques, féruliques et sinapiques. Les principaux flavonoïdes découverts sont la lutéoline, la quercétine et le kaempférol (Dayang *et al.*, 2014). La teneur phénolique des variétés de dattes a été déclarée comme instable et peut être due à plusieurs facteurs : les conditions de croissance, de stockage, la maturité des dates testées, etc (Allaith, 2008).

### 1.5. Qualité nutritionnelle des dattes

Les dattes sont riches en certaines substances nutritionnelles et donnent une bonne source d'énergie rapide due à leur contenu élevée en sucres (70-80%) duquel la plupart sont sous forme de glucose et de fructose, qui sont facile à absorber par le corps humain.

La meilleure valeur nutritive des dattes est pareillement basée sur leur fibre nourrissant et leur contenu en minéraux essentiels dont le Ca, Fe, Mg, P, K, le Zn, Se et le Mn. La datte est inclus dans les remèdes populaires pour le thérapeutique de différentes maladies infectieuses et tumorale (Saafi *et al.*, 2011).

La datte généralement ne constitue pas une source importante de vitamines. Les plus dominante sont la vitamine A et les vitamines B1 et B2 qui sont en proportions appréciables. Les vitamines C et D sont pratiquement non existantes (Al-Shahib *et al.*, 2003; Bousdira, 2007).

## 1. Généralités sur les polysaccharides

### 1.1. Définition

Les polysaccharides, également appelés polyholosides sont des macromolécules composées d'un grand nombre d'unités monosaccharidiques. Ils jouent un rôle important dans le stockage de l'énergie et le maintien de l'intégrité structurelle des organes (Quentin F, 2011).

Les structures des polysaccharides isolés de la biomasse provenant de diverses sources sont extrêmement complexes et diverses. Ils sont principalement composés de sucres hexoses et/ou pentoses reliés entre eux par des liaisons O-glycosidiques. On distinguera les homopolysaccharides constitués d'un seul type de saccharide et les hétéropolysaccharides constitués de plusieurs saccharides. Ces polymères peuvent être linéaires ou ramifiés. Lorsque plusieurs monosaccharides sont présents dans ces structures, c'est le sucre le plus suivi du suffixe "ane" qui donne son nom au polysaccharide. Plus d'oses minoritaires seront associées à ce nom. Par exemple, les galactomannanes sont constitués d'un squelette de mannose (ose principal) substitué par des résidus de galactose (Shi, 2016).

### 1.2. Biochimie des polysaccharides

Les polysaccharides connaissent de nombreux groupes hautement réactifs (acétamide, amine, carboxyle et/ou hydroxyle) qui peuvent être utilisés dans différentes voies métaboliques ou biochimiques (J. Wang *et al.*, 2017). Ils se caractérisent par une hydrophilie élevée due à l'existence d'un grand nombre de groupes hydroxyle dans leur structure. Ainsi, de nombreuses réactions chimiques, mêmes que l'oxydation, la sulfatation, l'estérification, l'amidation, ont été opérées, visant à générer des dérivés aux propriétés déterminées (Karaki *et al.*, 2016).

#### 1.2.1. Structure des glucides

Les glucides sont des molécules organiques se caractérisent par la présence de liaisons carbone avec des fonctions hydroxyle, aldéhyde ou cétone et possiblement des fonctions carboxyle ou amine (Quentin F, 2011). Ils comprennent les sucres simples ou monosaccharides (ou oses), les polysaccharides et leurs dérivés.

Ces composés sont les principaux nutriments de la plupart des organismes, particulièrement sous forme de glucose. Ils fournissent l'énergie et le carbone nécessaires à la biosynthèse des protéines, des acides nucléiques, des lipides et d'autres glucides (Sánchez, 2006).

La diversité des structures et fonctionnes des glucides leur donne des propriétés physico-chimiques et biologiques très variée (Fenoradosoa, 2009, cité par Benaoun, 2017).

### 1.3. Polysaccharides hydrosolubles

Les polysaccharides hydrosolubles, souvent appelés hydro colloïdes, sont des substances muqueuses largement répandues, généralement issues de tissus animaux (glycosaminoglycanes, chitine, etc.), de microorganismes bactériens ou fongiques (xanthane, gellane, curdlane, scléroglycane, etc.), des micro et macro algues (carraghénanes, alginates de porphyrine, etc.), et même des plantes terrestres comme les succulentes, les plantes à gomme et autres (pectine, gomme arabique, guar, etc) (Peters, 2016).

### 1.4. Classification des polysaccharides

Les polysaccharides peuvent être classés de nombreuses façons possibles, notamment sur la base de la structure, de la composition chimique, des sources et des applications (Liu *et al.*, 2015), cette classification est illustrée dans les tableaux 4,5 et 6.

Tableau 4: Classification des polysaccharides selon la structure (KAKI M, 2008)

Classification	Polysaccharides	Exemples
Selon la structure	Homopolysaccharides	Glucanes, mannes, galactanes, fructanes, xylanes
	Hétéropolysaccharides	Galactomannanes, Hémicelluloses

Tableau 5: Classification des polysaccharides selon l'origine (Louis, 2004)

Classification	Origines	Exemples
Selon l'origine	Végétale	Les algues
	Animale	Le foie, les muscles
	Bactérienne et fongiques	<i>Auricularia polytricha</i> , <i>Candida albicans</i>

Tableau 6: Classification des polysaccharides selon leur fonction biologique (Berg J M, 2012; Moussard, 2016)

Classification	Type de fonction	Exemples	la fonction biologique dans l'organisme vivant
Selon la fonction biologique	Polysaccharides de réserve	Glycogène	Stockage de l'énergie pour les animaux
		Amidone	Réservoir d'hydrates de carbone des végétaux
	Polysaccharides de structure	Cellulose	Composant principale de la paroi cellulaire des plantes
		Chitine	constituant majeur des cellules de certaines plantes et des certains animaux

## 2. Polysaccharides des végétaux

Les polysaccharides végétaux sont utilisés dans de nombreux secteurs industriels tels que l'industrie alimentaire, l'industrie cosmétique ainsi que les industries pharmaceutique, papetière et textile... (Delattre, 2005).

Les polysaccharides végétaux appartiennent à trois grands groupes :

- Les polysaccharides structuraux (propriétés biomécaniques) qui forment la paroi pectocellulosique des cellules (cellulose, hémicellulose, pectines) ;
- les polysaccharides de réserve (amidon, caroube, inuline) constituant des formes de stockage du carbone ;
- Des exsudats polysaccharides (gomme arabique) et finalement des mucilages.

Cette classification est illustrée dans la figure 7.

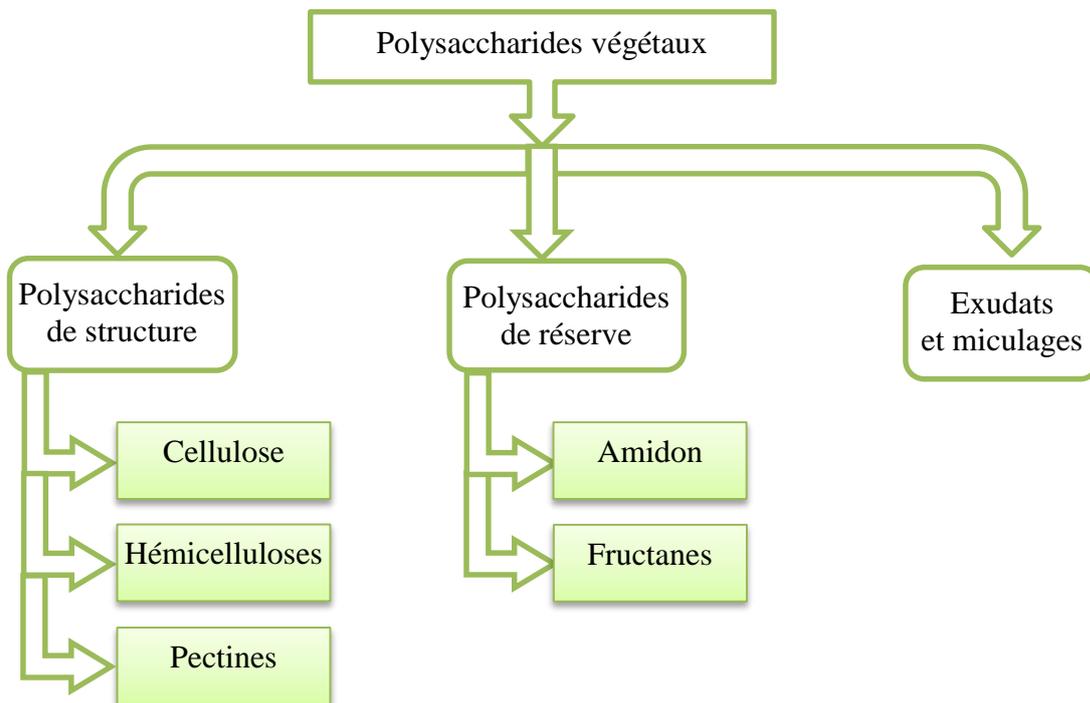


Figure 7: Diagramme de classification des polysaccharides végétaux (Akroun *et al.*, 2020)

## 2.1. Les polysaccharides de structure

### ▪ Cellulose

C'est le polymère organique le plus disponible dans la biosphère, et le composant essentiel de la paroi cellulaire des végétaux (Saxena *et al.*, 2005). Elle joue un rôle essentiel en régulant le mécanisme de croissance chez les plantes (Rongpipi *et al.*, 2019).

La cellulose est linéaire, composé seulement de résidus de D-glucose liés par des liaisons  $\beta$  (1 $\rightarrow$ 4) (Figure 8) (Le Floch *et al.*, 2015). C'est une substance qui est synthétisée par le complexe intermembranaire « cellulose synthase » au niveau de la membrane plasmique (Roberts, 2018).

Elle est insoluble dans la majorité des solvants, sa structure cristalline en résultant des caractères mécaniques de résistance, et un accommodement des chaînes de cellulose en fibrilles qui donne pareillement une grande flexibilité (Chouana, 2017).

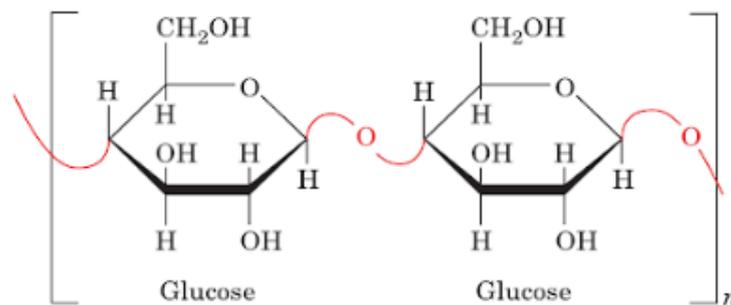
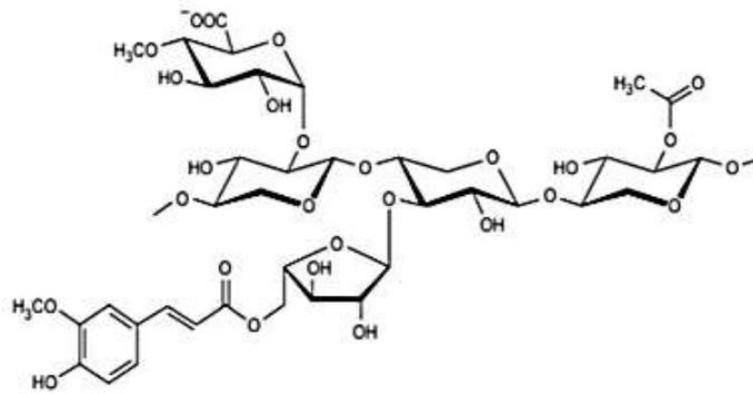


Figure 8: Structure primaire de la cellulose (Voet *et al.*, 2016)

#### ▪ Hémicelluloses

Les hémicelluloses présentent un degré élevé de variété en fonction des espèces végétales, tel que le type de tissus et les stades de maturité. Les monosaccharides les plus apparent dans ce type de structure sont le glucose, le mannose et la xylose (Adler *et al.*, 2014). Même si ces polysaccharides sont pour la plupart de nature hétéropolymériques (xyloglucanes, arabinoxyanes, glucomannanes, glucuronoxyanes ou glucuronoarabinoxyanes), certains hémicelluloses homopolymériques (glucanes, mannanes et xylanes) ont été présentés dans la littérature (Habibi *et al.*, 2004; Moine, 2005). La structure des hémicelluloses comporte en un squelette basique de monosaccharides liés en  $\beta$ -(1,4) et de type D-pyranoses, où l'O-4 est en position équatoriale (Figure 9) (O'Neill *et al.*, 2003).

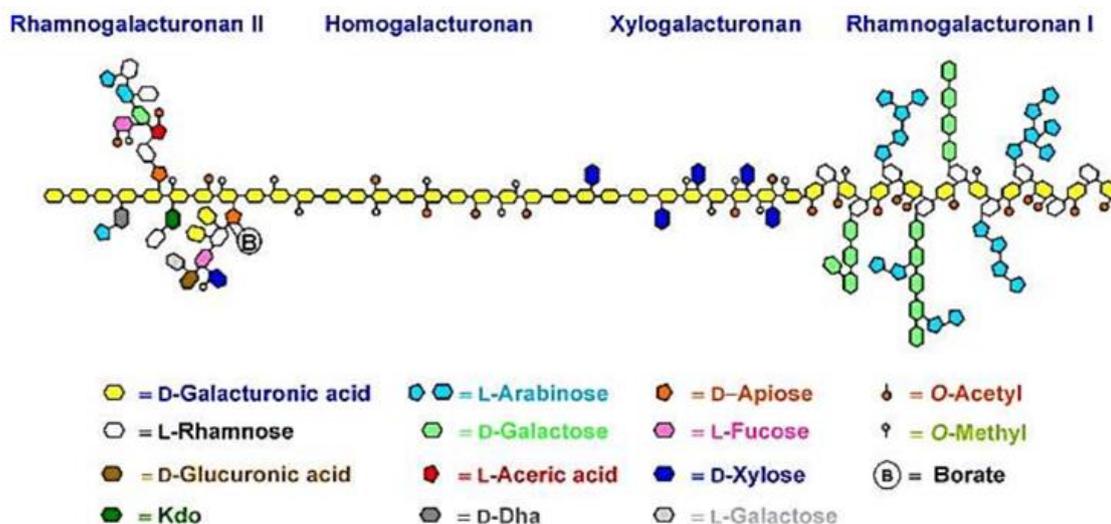
Figure 9: Structure d'hémicellulose (Machmudah *et al.*, 2017)

### ▪ Pectines

Sont des macromolécules de nature glucidique, d'origine uniquement végétale. Ce sont les principaux composants de la lamelle moyenne des parois de cellules (Delattre, 2005). Elle est particulièrement composée de 3 types, soit : homogalacturonanes (HGA), rhamnogalacturonans I (RGI) et rhamnogalacturonans II (RGII) (Mungure *et al.*, 2018).

Le squelette homo-galacturonique linéaire (HGA) lié en  $\alpha$  (1 $\rightarrow$ 4) ; par roulement avec deux types de régions de rhamno-galacturonanes très ramifiées, nommées RG-I et RG-II.

- RG-I est remplacé par des chaînes latérales d'unités arabinose et galactose.
- RG-II a une structure hautement préservée, composée d'un squelette HG ramifié avec 11 monosaccharides distincts, y compris quelques sucres rares comme le 2-O-méthylxylose, l'apiose, l'acide acérique (Figure 10) (Liu *et al.*, 2015).

Figure 10: Représentation schématique des structures pectiques (Scheller *et al.*, 2007)

## 2.2. Les polysaccharides de réserve

### ▪ Amidon

L'amidon est une réserve nutritive par les plantes et une alimentation importante pour les animaux. Il est un mélange de glucanes que les végétaux synthétisent pour constituer leur réserve principale nutritive. Il est présent dans le cytoplasme en tant que granules insolubles de  $\alpha$ -amylose et d'amylopectin (Figure 11 et 12) (Voet *et al.*, 2007).

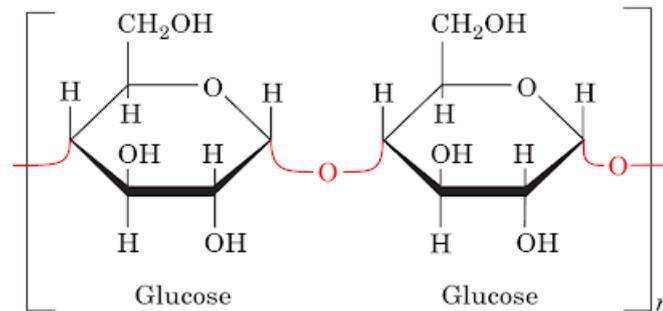


Figure 11: Structure linéaire de la molécule d'amylose (Voet *et al.*, 2016)

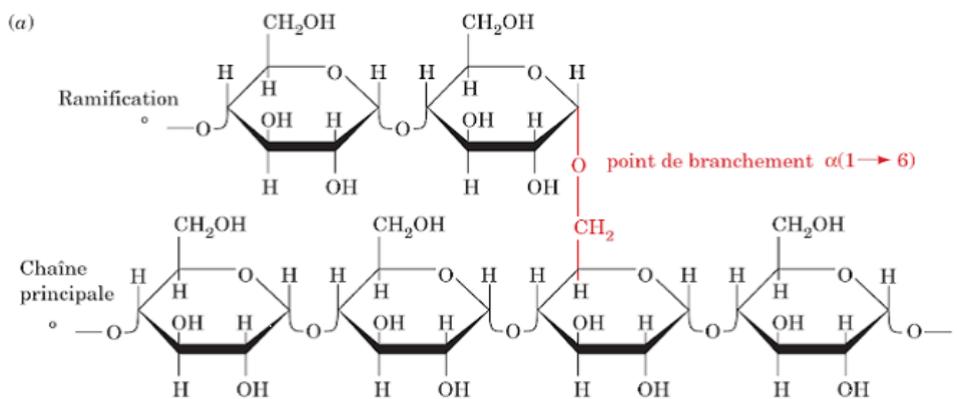


Figure 12: Structure ramifié de molécule de l'amylopectine (Voet *et al.*, 2016)

### ▪ Fructanes

Les fructans sont également appelés fructosanes, ils sont disponibles dans une grande variété d'oligo- et de polysaccharides chez plusieurs espèces de bactéries, des champignons et des plantes (Chandrashekar *et al.*, 2016). Les fructanes sont des polymères de fructose liés aux résidus de fructosyl ou de glucosyl d'une molécule de saccharose. Les résidus fructosyles sont liés l'un à l'autre par des liaisons O-glycosidiques en  $\beta(2 \rightarrow 1)$  ou en  $\beta(2 \rightarrow 6)$  (Lothier, 2007).

Ils sont classés dans plusieurs familles selon leurs liaisons glycosidiques, comprenant des unités D-fructofuranoses liées en  $\beta$ -(2  $\rightarrow$ 1) comme l'inuline, des unités D-fructofuranoses liées en  $\beta$ -(2  $\rightarrow$ 6) comme les lévanes (Figure 13), ou des structures fortement ramifiées composées de résidus de D-fructofuranose liées en  $\beta$ -(2  $\rightarrow$ 1) et  $\beta$ -(2  $\rightarrow$ 6) comme les graminanes (Chandrashekara *et al.*, 2016).

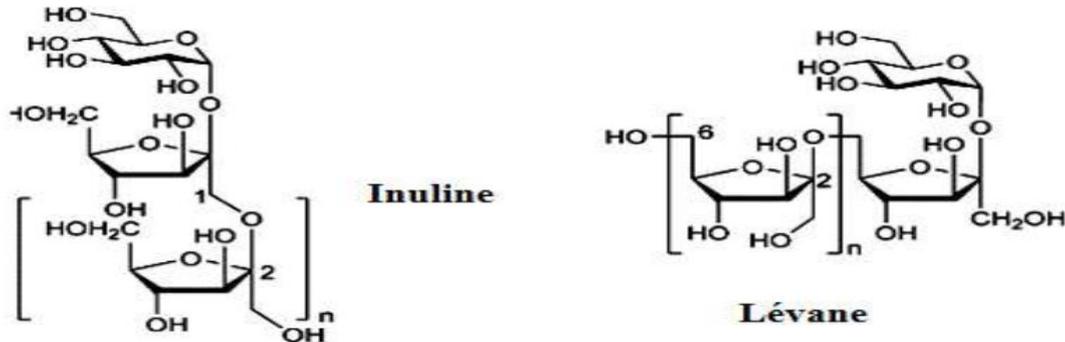


Figure 13: Structures des fructanes type inuline et lévane (Soria *et al.*, 2012)

### 2.3. Les exsudats et les mucilages

Il s'agit des classes de polysaccharides végétaux très voisins et difficile à séparer. Il est compliqué de dissoudre le problème de connaissance si un exsudat de plante ou un extrait doit être nommé gomme (collante) ou mucilage (visqueux, gluant). Les exsudats résultant de surfaces d'arbre forment un groupe identifiable appelé gomme (acacia, tragacanth, karaya, ghatti,...) D'autre part, l'appellation de mucilage est applicable aux extraits découlant de graines, ainsi aux substances qui affluent d'écorce ou de tissus flexibles (feuilles, tiges, racine) (Delattre, 2005).

## 3. Caractérisation des polysaccharides végétaux

Généralement, la majorité des polysaccharides naturels sont des bio-polymères précieux pour leur vaste spectre d'activités biologiques. Les polysaccharides issus des végétaux sont reconnus spécialement par leurs activités antioxydantes et anticancéreuses. Pourtant, plusieurs études sur la propriété des polysaccharides ont réussi conclure que ces fonctions sont étroitement associées aux propriétés structurales (Chen *et al.*, 2018).

Selon (Jin *et al.*, 2012), les caractéristiques physique et structurales des polysaccharides sont généralement déterminés par :

- ✓ La composition et les séquences de monosaccharides ;
- ✓ Le poids moléculaire ;
- ✓ La configuration et la position de liaisons glycosidiques ;
- ✓ Le degré de polymérisation des branches ;
- ✓ La grandeur moléculaire ;
- ✓ La solubilité et les propriétés rhéologiques.

Les méthodes de caractérisation des polysaccharides sont illustrées dans le tableau suivant :

Tableau 7 : Méthodes de caractérisation des polysaccharides (Akroun *et al.*, 2020)

Les caractéristiques déterminées	Les méthodes
Détermination et distribution du poids moléculaire	pression osmotique, DL, viscosémitrie
Analyse de la composition en monosaccharides	Hydrolyse acide, HPLC, CG, CG/SM
Analyse des liaisons glycosidiques	Méthylation, CG/SM
Les formes anomériques ( $\alpha$ , $\beta$ )	Hydrolyse acide, spectroscopie infrarouge, résonance magnétique
Position en monosaccharides	Méthylation, oxydation de Smith, oxydation périodique, CG/SM, résonance magnétique

### 3.1. Caractérisation structurale

Dès un certain temps, l'analyse structurale des polysaccharides a été le pilier des améliorations de la glycoscience qui demeure un domaine peu développé à cause de quelques limites des approches analytiques (Kamerling *et al.*, 2007).

Les méthodes chimiques telles que l'hydrolyse acide partielle, l'oxydation par l'acide périodique et dégradation de Smith sont importantes pour identifier les caractéristiques structurales des polysaccharides (Zeng *et al.*, 2019).

### 3.1.1. Composition en monosaccharides

L'analyse monosaccharidiques donne des rapports sur les masses molaires, impliquant la rupture de l'ensemble des liaisons glycosidiques, permet de fractionner des monosaccharides libérés, de détecter et de quantifier chaque monosaccharide. Il s'agit de l'une des approches fondamentales de l'étude structurale des polysaccharides et de ses activités (Cao *et al.*, 2013).

Les méthodes de chromatographie les plus couramment utilisées dans cette analyse sont les suivants : la chromatographie sur couche mince (CCM), la chromatographie en phase gazeuse (CG) et la chromatographie liquide de haute performance (HPLC). Une autre méthode plus efficace pour déterminer des monosaccharides est la chromatographie d'échange d'anion à pH élevé (HPAEC) couplée à une détection ampérométrique pulsée (DAP) (Hu *et al.*, 2013).

L'analyse de la composition des monosaccharides rencontre des difficultés de séparation et de détection puisqu'ils sont fortement hydrophiles et que la plupart sont des épimères (Yan *et al.*, 2016).

#### ❖ L'hydrolyse acide

L'hydrolyse acide consiste à dégrader les liaisons glycosidiques entre les monosaccharides par un acide fort avec la présence de la chaleur. Durant cette hydrolyse, les monosaccharides relâchés peuvent être dégradés et afin d'éviter ce phénomène, l'hydrolyse doit être effectuée en équilibrant la vitesse et le temps (vitesse courante et temps adéquat).

L'acide sulfurique et l'acide trifluoroacétique (TFA) sont souvent utilisés, pour l'acide sulfurique peut être difficile à enlever, de sorte qu'il peut causer une interférence avec certains tests. D'autre part le TFA est volatil, par conséquent il est facile à éliminer avant une analyse plus approfondie (Cui, 2005).

### 3.2. Caractérisation des activités biologiques

Les propriétés structurales, chimiques et physiques des polysaccharides qu'importe leur origine (animale, végétale ou microbienne) donne à ces molécules plusieurs activités biologiques et des propriétés pharmacologiques. Présentement, nombreuses recherches montrent que les polysaccharides possèdent certain nombre des activités biologiques et un large éventail de fonctions, particulièrement des effets sur l'activité immunitaire et des

avantages éventuels pour la santé humaine, comportant l'activité antioxydante, antitumorale, antivirale, neuroprotectrice et immunorégulatrice (Wang *et al.*, 2016).

### 3.2.1. Activité antioxydante

Certains auteurs ont démontré qu'un grand nombre de polysaccharides végétaux sont considérés comme des antioxydants potentiels, qui jouent un rôle important pour prévenir les dommages oxydatifs causés par le stress oxydatif dans l'organisme vivant. Pendant le stress oxydatif, certaines molécules appelées espèces réactives d'oxygène (ERO) sont produites, comme les radicaux libres. Ces molécules y participent dans diverses pathologies telles que le cancer, les maladies cardiovasculaires, la polyarthrite rhumatoïde, l'athérosclérose et dans les procédés dégénératifs liée au vieillissement.

L'évaluation de l'activité antioxydant des polysaccharides est déterminée à l'aide de plusieurs tests tels que 1, 1diphényl-2-picrylhydrazyl (DPPH), l'acide 2,2'-azino-bis (3-éthylbenzothiazoline-6-sulphonique) (ABTS), l'analyse de la puissance du radicale antioxydant et de réduction de la ferrique (FRAP) (García-Vaquero *et al.*, 2017).

L'activité antioxydante des polysaccharides dépend de nombreux paramètres, le type et la position des groupes fonctionnels, le type de saccharide et les liaisons glycosidiques (S. K. Chen *et al.*, 2009).

### 3.2.2. Activité anti-inflammatoire

L'inflammation est une réponse de défense à diverses agressions extérieures ou dommages cellulaires qui induit la libération de médiateurs du système immunitaire au niveau des sites d'inflammation (Espinoza *et al.*, 2019), elle est considérée comme un facteur de risque pour le développement ou la progression de nombreuses maladies. Cette réaction nécessite des médicaments anti-inflammatoires comme traitement, qui fonctionne de manière purement symptomatique (Muster, 2005).

Ces dernières années, la recherche des polysaccharides biologiquement actifs est devenue un point chaud de la recherche en raison de leurs propriétés pharmacologiques intéressantes, notamment des activités anti-inflammatoires qui jouent un rôle important dans l'inhibition de l'expression des chimiokines et des activités enzymatiques dans les réponses inflammatoires (Yu *et al.*, 2018).

### 3.2.3. Activité anticancéreuse

Le cancer est un problème majeur de santé publique mondiale et la deuxième cause de mortalité après les maladies cardiovasculaires. La chirurgie et la chimiothérapie sont généralement les principaux traitements du cancer. Actuellement, certaines études montrent l'efficacité des médicaments anticancéreux issus de ressources naturelles car ils ont peu d'effets secondaires (Xie *et al.*, 2013).

Les polysaccharides ont des effets anticancéreux sur les cellules tumorales en induisant une prolifération lymphocytaire plus élevée, et ils sont utilisés comme médicaments anti tumoraux naturels (Wei *et al.*, 2011).

Liu *et al.* (2006) ont rapporté que les macrophages sont d'excellentes cibles pour l'immunothérapie tumorale et que l'acétylmannane, un modificateur de la bio réponse polysaccharidique et un puissant stimulateur cellulaire, peut améliorer la réponse à la cytotoxicité en induisant une cytotoxicité dans les cellules péritonéales de souris.

# *Partie II :*

## *Matériel et méthodes*

Ce travail expérimental a été effectué au sein du laboratoire de recherche de département de Biologie, faculté des sciences de la nature et de la vie et des sciences de la terre de l'Université de Ghardaïa (Algérie), durant le deuxième trimestre de l'année universitaire 2021/2022.

### 1. Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé dans la présente étude se compose de quatre variétés de dattes : Gher « Ghr », Timjohert « Tmj », Deglet Nour « Dgl » et Ajwa « Ajw » (Figure 14) du palmier dattier, *Phoenix dactylifera* L. Ces variétés sont choisies en fonction de leur large consommation, leur qualité gustative et leur disponibilité sur le marché.

Les échantillons ont été récoltés en octobre 2021 au stade Tmar, ensuite, ils sont conservés et stockés dans la chambre froide à une température de (-8) °C jusqu'à l'utilisation.



Figure 14: Photos des variétés étudiées

Le tableau suivant présente les caractéristiques des variétés étudiées :

Tableau 8: Caractéristiques des variétés Ghr, Ajw, Dgl et Tmj

Variétés	Caractéristiques
<b>Ghars</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Selon Bessas <i>et al.</i> (2007) Ghars est un cultivar de consistance très molle et de forme droite ;</li> <li>▪ De couleur jaune au stade bser, mielleuse au stade routabe et brun foncé à maturité.</li> <li>▪ Le mésocarpe est charnu, présente une texture fibreuse.</li> <li>▪ L'épicarpe est vitreux brillant, collé et légèrement plissé.</li> <li>▪ Le périanthe est de couleur jaune-clair, légèrement vouté (Bessas <i>et al.</i>, 2007)</li> <li>▪ Ses dimensions sont selon Belguedj (2002) Les suivantes :               <ul style="list-style-type: none"> <li>-Un poids moyen de 9 g ;</li> <li>-Une longueur moyenne de 4 cm ;</li> <li>-Un diamètre moyenne de 1.8 cm.</li> </ul> </li> </ul>
<b>Ajwa</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Selon Khalid <i>et al.</i> (2017), Ajwa est un fruit doux et secs ;</li> <li>▪ La couleur est brun foncé à la maturation.</li> <li>▪ La forme est ovoïde allongée.</li> <li>▪ La taille de 2 à 3 cm.</li> <li>▪ Elle contient peu d'eau (environ 20%)</li> <li>▪ Son goût doux et sucré.</li> </ul>
<b>Deglet-Nour</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Selon Absi (2013) Deglet-Nour est une datte demi-molle ;</li> <li>▪ De forme fuselée à ovoïde ;</li> <li>▪ De couleur toux claire jaunâtres ;</li> <li>▪ Elle se caractérise par : un poids moyen de 12g, une longueur moyenne de 6 cm, un diamètre moyen de 1.8 cm.</li> <li>▪ Le mésocarpe présente une texture fine légèrement fibreuse, et un épicarpe lisse légèrement plissé et brillant (Bennamia <i>et al.</i>, 2006).</li> </ul>
<b>Timjouhert</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Selon Bouaziz <i>et al.</i> (2015) la datte Timjouhert est de forme ovoïde allongée, légèrement aplatie du coté périanthe ;</li> <li>▪ La couleur est marron foncé au stade Tmar ;</li> <li>▪ Des fibres beiges sur un côté, avec un épicarpe peu lisse, brillant ;</li> <li>▪ La consistance demi-molle ;</li> <li>▪ Le mésocarpe est fin, de texture fibreuse.</li> </ul>

## 2. Présentation de la région d'étude

Notre étude porte sur quatre échantillons de dattes algérienne provenant de deux régions, trois échantillons (Ghr, Tmj et Dgl) des Oasis de N'tissa « Beni-Isguen » de la wilaya de Ghardaïa et un échantillon (Ajw) de la Wilaya de Meniaa dont leurs localisations géographiques sont différentes.

### 2.1. Situation géographique

#### 2.1.1. Premier site d'échantillonnage

La wilaya Ghardaïa, se situe à 600 Km au sud d'Alger dans la partie centrale du nord du Sahara algérien aux portes du désert à 32° 30 de latitude Nord et à 3° 45 de longitude (Figure 15). Le territoire de la wilaya couvre une superficie de 86560 Km<sup>2</sup>, comptant 8 daïras et 11 communes (Ben Semaoune, 2008).

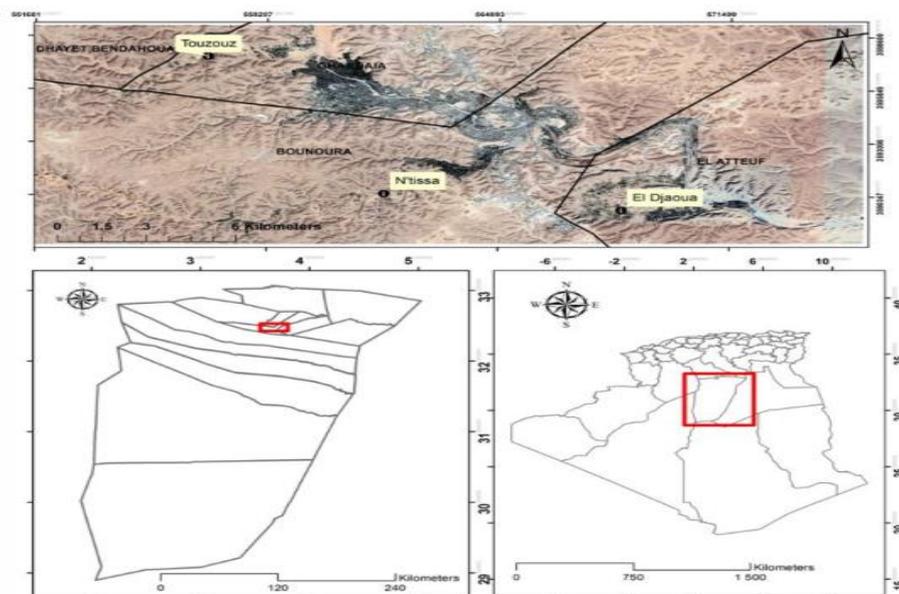


Figure 15: Situation géographique de la wilaya de Ghardaïa (Sahara, 2009)

#### 2.1.2. Deuxième site d'échantillonnage

La wilaya d'El-Meniaa est située dans une zone aride à 270 Km au sud-ouest du chef lieu de la wilaya de Ghardaïa, à mi-chemin sur l'axe central Alger-Tamanrasset, à 950 km au sud d'Alger, 380 Km au Nord Ouest de Timimoune et à 512 Km au Nord d'Ain Salah. Elle est située au lit d'Oued Seggueur, bordée à l'Ouest par les dernières dunes du Grand erg occidental et à l'Est par la falaise découpée de Hamada (Figure 16) (Messatfa *et al.*, 2017).

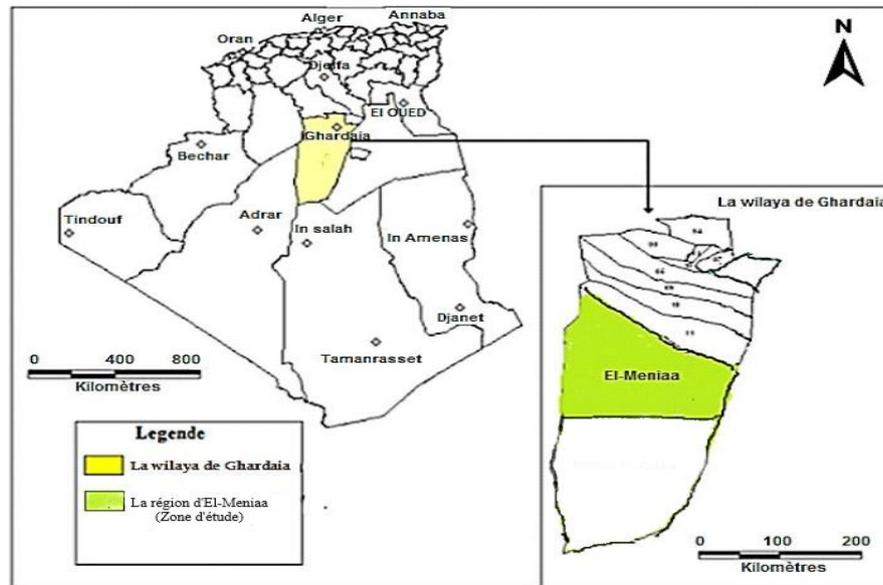


Figure 16: Situation géographique et limites administratives (Ouledbrahim *et al.*, 2021)

### 3. Méthodologie de travail

Plusieurs analyses sont réalisées dont certaines consistent en caractérisations biochimiques, activité biologique..., la figure 17 décrit la méthodologie de travail adoptée dans ce travail.

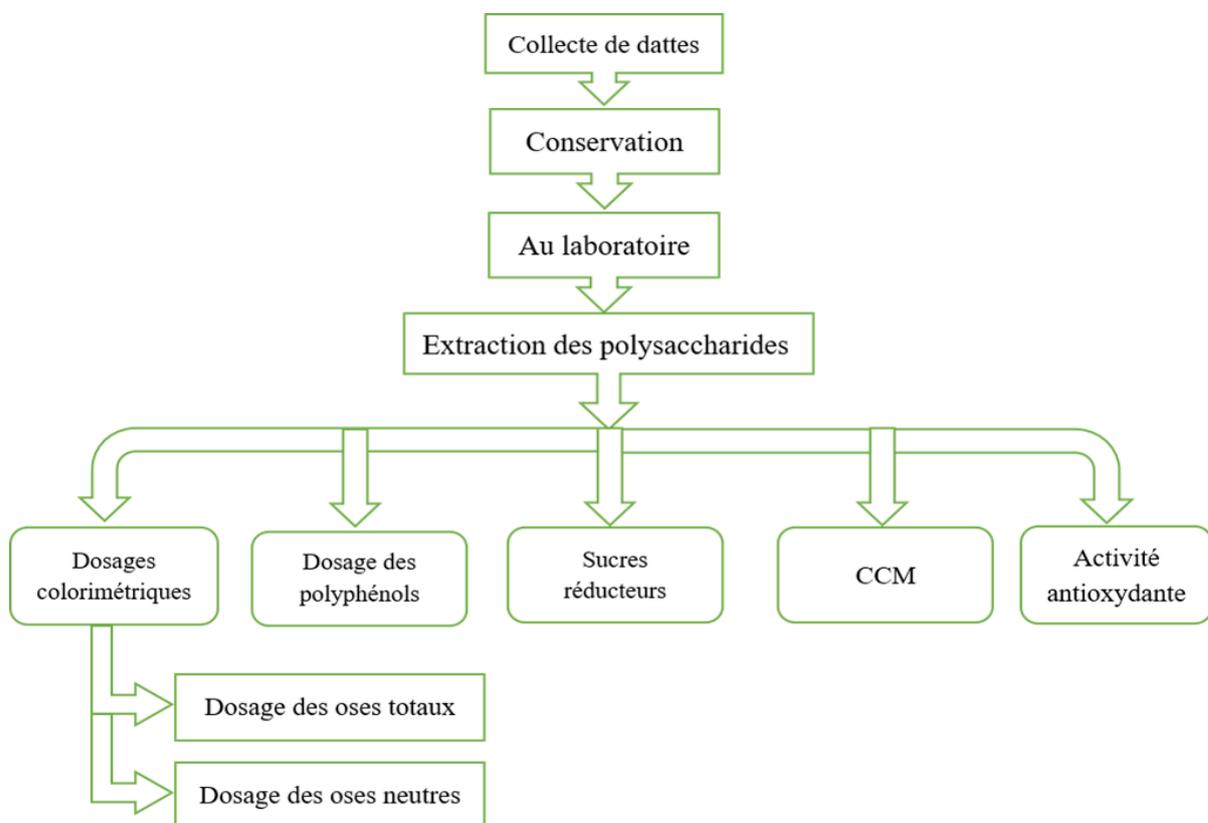


Figure 17: Protocole expérimental

## 4. Extraction des polysaccharides hydrosolubles

L'extraction est une étape très importante qui permet d'isoler les principes actifs de la matière végétale (Mahmoudi *et al.*, 2013). L'extraction est affectée par la nature chimique des composants, la méthode d'extraction utilisée et la présence de substances interférentes (Jin *et al.*, 2012). Les polysaccharides sont généralement extraits des matières végétales par l'eau chaude, ce qui nécessite un long temps et une température élevée (Zhu *et al.*, 2016).

L'obtention des polysaccharides à partir de nos échantillons est faite selon le processus de l'extraction à reflux.

### 4.1. L'extraction à reflux

Le montage à reflux permet de chauffer un mélange réactionnel en évitant de perdre une partie des réactifs lorsqu'ils entrent en ébullition.

Pour réaliser un chauffage à reflux, on utilise (Figure 18) :

- Un réfrigérant à boules qui sert à recondenser les vapeurs qui se forment grâce à une circulation d'eau froide constante. Ainsi les réactifs qui s'évaporent sous l'action de la chaleur retournent dans le ballon.
- Un support élévateur (ou boy) placé sous le chauffe ballon permet de retirer rapidement ce dernier de manière à stopper instantanément le chauffage du ballon en cas de problème.
- Un chauffe ballon ou calotte chauffante est un appareil électrique à chauffage uniforme réglé par un thermostat. Le ballon doit être bien placé au fond de l'appareil afin que ses parois soient en contact avec les résistances.

Pour porter le mélange réactionnel à la température désirée, on peut utiliser un bain marie à température voisine de 100°C (Mokhtaria, 2020).

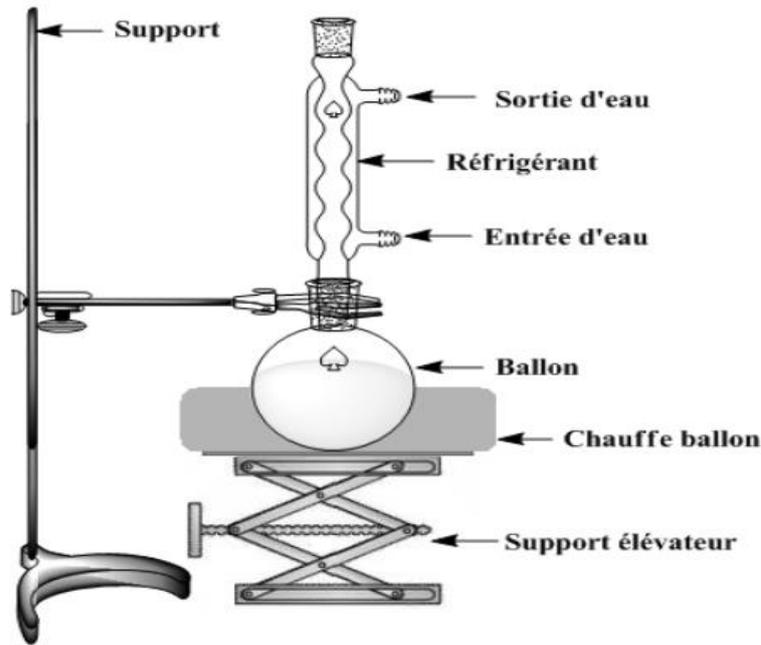


Figure 18: Montage de chauffage à reflux (Chenni, 2010)

- **Mode opératoire**

D'abord cinquante grammes (50 g) des dattes dénoyautées et coupées en petits morceaux sont introduits dans 1000 mL d'eau distillée bouillante avec agitation dans un extracteur à reflux, pendant 2 heures. Ensuite l'extrait est filtré puis centrifugé à 5000 rpm pendant 15 minutes. Le surnageant obtenu est concentré à l'aide d'un évaporateur rotatif à 60 °C (jusqu'à l'obtention de moins de 100 ml). Ce surnageant, ainsi concentré, est traité avec l'éthanol (4 fois le volume) pendant 48 heures à 4 °C. Après une centrifugation à 5000 rpm pendant 15 minutes, le précipité est récupéré et séché à 45 °C (dans une étuve propre) afin d'obtenir l'extrait brut des polysaccharides (Figure 19) (Ishurd *et al.*, 2002).

#### 4.2. Calcul du rendement d'extraction

Le rendement de l'extraction (R en %) correspond au rapport entre le poids de l'extrait sec obtenu et le poids de la matière végétale sèche (Abdelazize, 2013). Les rendements d'extraction des polysaccharides bruts sont calculés selon la formule suivante :

$$\text{Rendement de l'extraction (\%)} = \frac{\text{Poids des extraits bruts des polysaccharides (g)}}{\text{Poids total de la matière végétale (g)}} \times 100$$

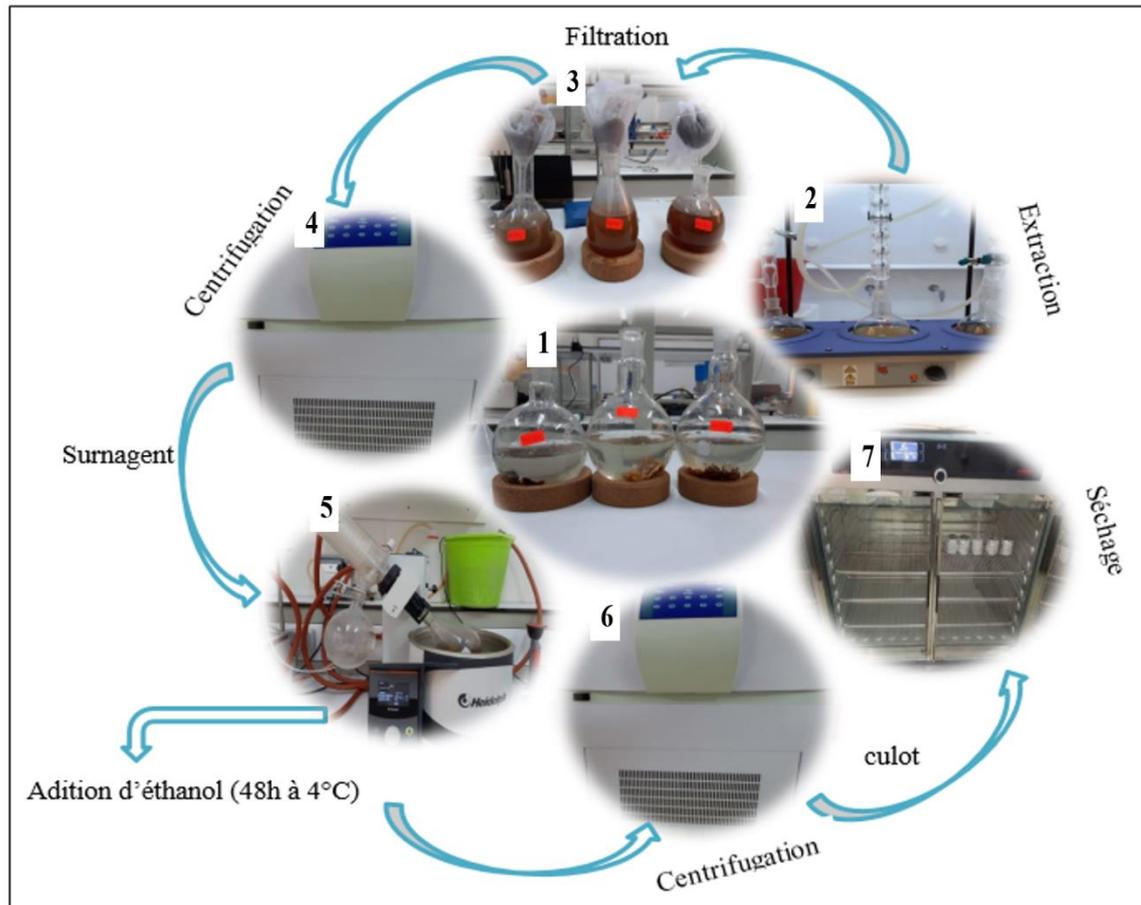


Figure 19: Différentes étapes de l'extraction des polysaccharides hydrosolubles des dattes (Photos originales, 2022)

## 5. Dosage des composés phénoliques totaux

### • Principe

La concentration des composés phénoliques totaux a été estimée par la méthode de Folin-Ciocalteu qui repose sur la grande oxydabilité de ces composés. Le réactif de Folin-Ciocalteu est un acide de couleur jaune constitué par un mélange d'acide phosphotungstique ( $H_3PMo_{12}O_{40}$ ) et d'acide phosphomolybdique ( $H_3PMo_{12}O_{40}$ ). Il est réduit, lors de l'oxydation des phénols, en un mélange d'oxydes bleus de tungstène ( $W_8O_{23}$ ) et de molybdène ( $Mo_8O_{23}$ ), l'intensité de la couleur est proportionnelle au taux de composition phénoliques oxydés (Boizot *et al.*, 2006).

- **Mode opératoire**

Le contenu en phénols totaux des extraits a été déterminé en utilisant le protocole de Dewanto *et al.* (2002). Une prise de 125 µl d'extrait convenablement dilué (il faut chercher la concentration idéal par plusieurs essais par rapport plusieurs concentrations) et mis dans un tube en présence de 500 µl d'eau distillée et de 125 µl du réactif de Folin-Ciocalteu. Après agitation vigoureuse et repos du mélange pendant 6 min, 1250 µl d'une solution de carbonate de sodium ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) à 7% sont ajoutés et le mélange est ajusté à 3 ml avec de l'eau distillée. Le tube est placé au repos pendant 90 mn à température ambiante et à l'obscurité, ensuite l'absorbance est mesurée à 760 nm. Une courbe d'étalonnage est réalisée en parallèle dans les mêmes conditions opératoires en utilisant l'acide gallique à des concentrations de 0.05 à 0.4 mg.ml<sup>-1</sup>.

- **Expression des résultats**

Les teneurs en polyphénols totaux sont exprimées en milligramme équivalent acide gallique par gramme de l'extrait polysaccharidique (mg EAG.g<sup>-1</sup> EP).

## **6. Caractérisation biochimique partielle des polysaccharides**

### **6.1. Dosages colorimétriques**

Les teneurs en oses neutres (ON), oses totaux (OT) et en composés phénoliques totaux des polysaccharides des dattes ainsi que leurs activités antioxydantes ont été déterminées par des méthodes colorimétriques.

#### **6.1.1. Dosage des oses totaux par la méthode de Dubois**

La quantité d'oses totaux constitutifs des polysaccharides est déterminée par la méthode de dosage colorimétrique de Dubois *et al.* (1956). Lors du dosage des oses totaux, les dérivés de furfural générés par l'hydrolyse des polysaccharides par l'acide sulfurique interagissent avec le phénol par condensation pour former des composés de coloration orange-jaune absorbant à 487 nm (Chouana, 2017).

- **Mode opératoire**

Un volume de 200µl d'échantillon est mis dans des tubes à essai avec 200 µl de phénol à 5% (5g de phénol sont dissout dans 100ml d'eau distillée). Puis, 1 ml d'acide sulfurique 96% est ajouté rapidement et le mélange est agité immédiatement. Les tubes sont incubés à 90 °C pendant 5 min, puis maintenus 30 min à température ambiante à l'abri de la lumière. L'absorbance est mesurée à 487 nm. Une gamme étalon de glucose est réalisée avec des concentrations en oses comprises entre 0,05 et 0,35 g/L.

### 6.1.2. Dosage des oses neutres par le résorcinol

La quantité d'oses neutres constitutifs des polysaccharides est déterminée par la méthode de dosage colorimétrique de Monsigny *et al.* (1988). Lors du dosage des oses neutres, les dérivés de furfural générés par l'hydrolyse des polysaccharides par l'acide sulfurique se condensent avec le résorcinol pour donner un complexe brun-orange dont l'absorbance est mesurée à 450 nm (Chouana, 2017).

- **Mode opératoire**

Un volume de 200µl d'échantillon est mis dans des tubes à essai avec 200 µl d'une solution de résorcinol (6 mg/mL) et 1 mL d'acide sulfurique (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) à 96%. Après incubation pendant 30 min à 90°C, le mélange réactionnel est refroidi à température ambiante à l'obscurité pendant 30 min, l'absorbance est mesurée à 450 nm. Une gamme étalon est préparée avec des solutions de glucose comprises entre 0 et 0,14 g/L.

## 7. Evaluation de l'activité antioxydante des polysaccharides

- ❖ **Test anti-radicalaire par le dosage au 2,2'-diphényl-1-picrylhydrazyle (DPPH)**

- **Principe**

Le DPPH<sup>•</sup> (2,2-phényl-1-picryl hydrazyl) est un radical libre de couleur violette qui est réduit en DPPH-H (2,2-phényl-1-picryl hydrazine), de couleur jaune, en présence de donneurs de protons (Figure 20). Ceci permet de suivre la cinétique de décoloration à 517 nm. L'intensité de la coloration est inversement proportionnelle à l'activité antiradicalaire (Talbi *et al.*, 2015).

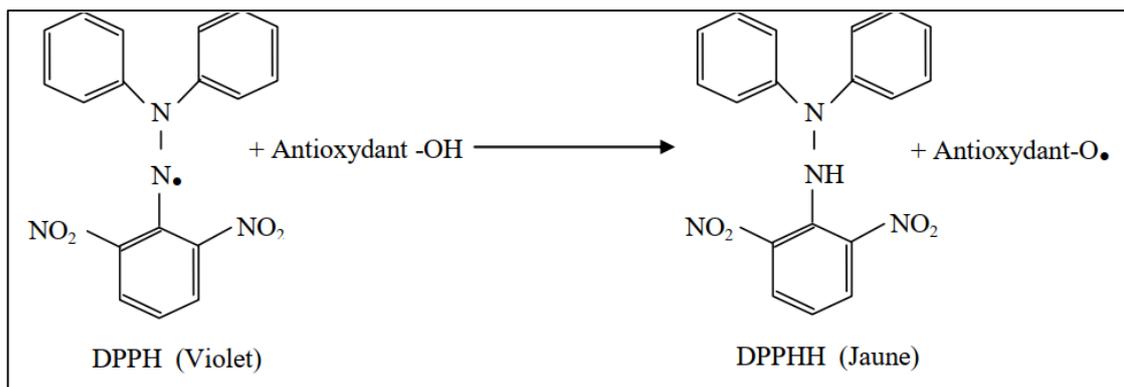


Figure 20: Réaction d'un antioxydant avec le radical DPPH (Talbi *et al.*, 2015)

### • Mode opératoire

Le protocole de piégeage du radical DPPH a été effectué en suivant la méthode d'El-Haci *et al.* (2013). Un volume de 50  $\mu$ l de l'extrait, à des concentrations différentes (0, 0.5, 1, 2, 3, 4, 5 et 6 mg/ml), Pour les extraits bruts de polysaccharides, est mélangé avec 1.950 ml de la solution DPPH ( $6 \times 10^{-5}$  M, dans l'éthanol). Après avoir réagir pendant 30 minutes à température ambiante, l'absorbance immédiatement mesurée à 517 nm.

Le contrôle positif est représenté par l'acide ascorbique dont l'absorbance a été mesuré dans les mêmes conditions que les échantillons et pour chaque concentration. L'activité antiradicalaire est estimée selon l'équation ci-dessous :

$$\text{Activité antiradicalaire (\%)} = \frac{\text{Abs contrôle} - \text{Abs échantillon}}{\text{Abs contrôle}} \times 100$$

Où :

- $A_{\text{blanc}}$  est l'absorbance du blanc control (sans l'échantillon) ;
- $A_{\text{échantillon}}$  est l'absorbance des différents échantillons testés.

La valeur  $IC_{50}$  (la concentration à laquelle cette activité de piégeage est de 50%) a été obtenue en utilisant le logiciel « GraphPad Prism 9.3.1 ».

## 8. Dosage des sucres réducteurs par la méthode Bertrand

### • Principe

Cette méthode est basée sur la réduction de la liqueur de Fehling par les sucres réducteurs contenus dans l'échantillon (Navarre, 1974).

L'échantillon doit être dépourvu de toutes les autres matières réductrices et dilué d'une façon que la quantité de sucres soit inférieure à 5g/l.

- **Mode opératoire**

Le protocole suivi est celui qui a été établi par Bertrand (Navarre, 1974). Dans une première étape, étalonner la liqueur de Fehling (Annexe) à l'aide d'une solution de glucose à 5%. Et pour le dosage remplacer la solution de glucose par l'extrait préparé et dilué. Verser en très petites quantités, la solution de glucose à 5% (ou l'extrait préparé et dilué) contenue dans une burette graduée, jusqu'à la décoloration complète de la liqueur de Fehling et la formation d'un précipité monoxyde de cuivre ( $\text{Cu}_2\text{O}$ ) de couleur rouge (Figure 21). Ensuite, par comparaison, on détermine la quantité de sucres contenue dans l'extrait de datte.

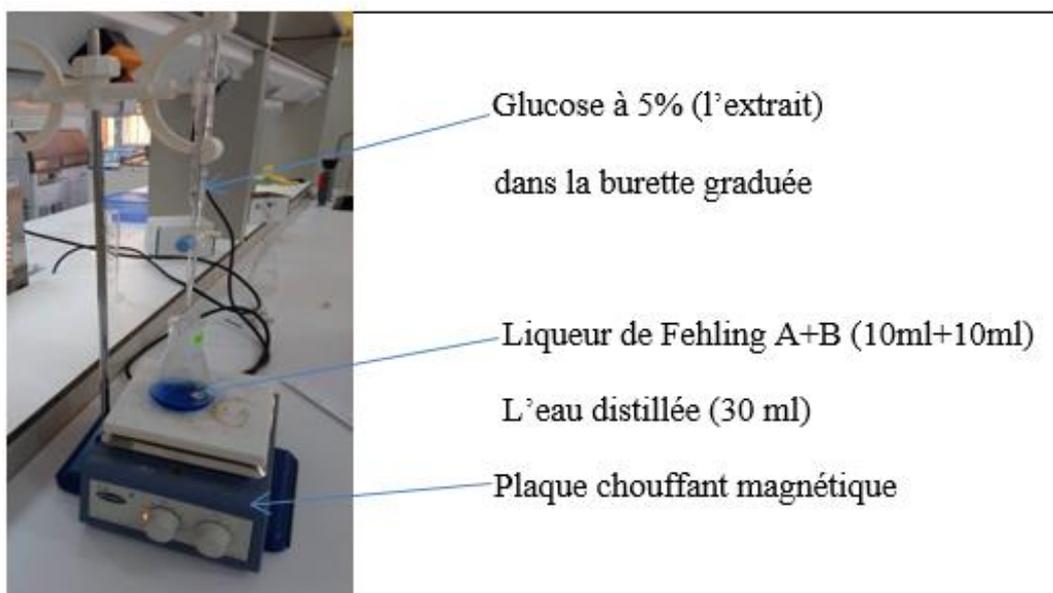


Figure 21: Montage de dosage des sucres réducteurs (Photo originale, 2022)

- **Calcul de la quantité des sucres réducteurs**

La formule suivante a été utilisée pour exprimer les résultats :

$$R = \frac{5 \times N}{N'} \times F$$

Soit :

**R** : la quantité de sucres réducteurs en g/l ;

**N** : le nombre de ml de solution de glucose à 5% utilisée ;

**N'** : le nombre de ml de filtrat utilisé pour la décoloration de la liqueur de Fehling;

**F** : le facteur de dilution.

## 9. Caractérisation qualitative des polysaccharides

### 9.1. Chromatographie sur couche mince

- **Principe**

La chromatographie sur couche mince (CCM) est basée essentiellement sur des phénomènes d'adsorption et sur le principe de la capillarité. Lorsque la plaque sur laquelle on a déposé l'échantillon est placée dans la cuve chromatographique, l'éluant monte à travers la phase stationnaire (PhS). Mais, en fonction de sa densité, de sa solubilité dans la phase mobile et des forces électrostatiques retenant le composant sur la PhS, chaque composant de l'échantillon se déplace à sa propre vitesse dans l'absorbant. Le contenant sera une cuve chromatographique, à savoir un récipient habituellement en verre, de forme variable, fermé par un couvercle étanche. La phase mobile (PhM), également appelée éluant est un solvant (ou un mélange de solvants), qui progresse le long d'une phase dite « stationnaire », fixée sur un support, en entraînant les composants de l'échantillon (Tuzimski *et al.*, 2006).

On prend comme mesure de la vitesse de migration de chaque substance dans un système de solvants donné le  $R_f$  définit par la formule

$$R_f = \frac{\text{Distance parcourue par la substance}}{\text{Distance parcourue par le front}} \quad (\text{Randerath } et al., 1971).$$

La figure 22 présente les principaux éléments d'une séparation chromatographique sur couche mince.

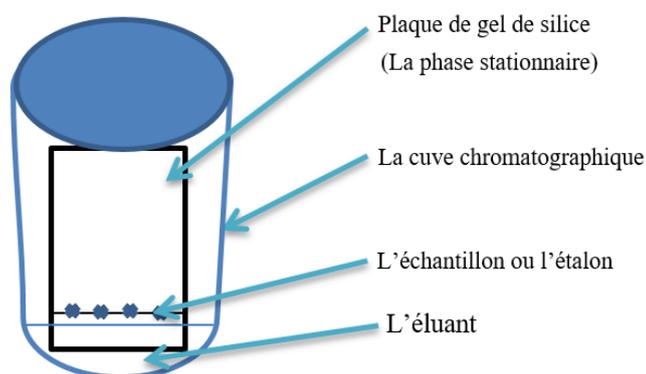


Figure 22: Principaux éléments de la CCM

- **Mode opératoire**

Afin de déterminer la composition osidique d'un polysaccharide, on procède à son hydrolyse.

- a) **Hydrolyse des liaisons glycosidiques**

25 g de l'extrait brut de polysaccharides hydrosolubles lyophilisés de datte est hydrolysé par 2 ml d'acide trifluoroacétique 4 M, à 100°C pendant 3 heures, dans des tubes fermés à l'aide d'un bouchon à vis. Après refroidissement, l'hydrolysate est centrifugé à 2000 g pendant 5mn. Le surnageant est récupéré, puis l'acide est évaporé à l'aide d'un dessiccateur sous vide.

- b) **Réalisation de CCM et révélation :**

Dans un premier stade, on vérifie qualitativement la composition en oses des hydrolysats. A 1,5 cm du bas de la plaque en déposant en parallèle, sur une même plaque, une série des étalons : arabinose, galactose, glucose, mannose ainsi que la solution d'hydrolysate, 10 µL de chaque solution correspondant, on introduit la plaque dans une cuve étanche dont l'atmosphère est saturée par le mélange de la phase mobile. Le développement du chromatogramme est effectué de façon ascendante jusqu'à le front. Après séchage, la révélation du chromatogramme est faite en pulvérisant sur la plaque le réactif de Molisch (pour 100 mL : 0,25 g d' $\alpha$ -naphthol, 50 mL d'éthanol et 50 mL d'acide sulfurique à 20%), et en séchant à l'aide d'un sèche cheveux 10 à 15 min. Le rapport frontal (Rf) est calculé pour chaque constituant (Zakaria *et al.*, 2011) avec modification.

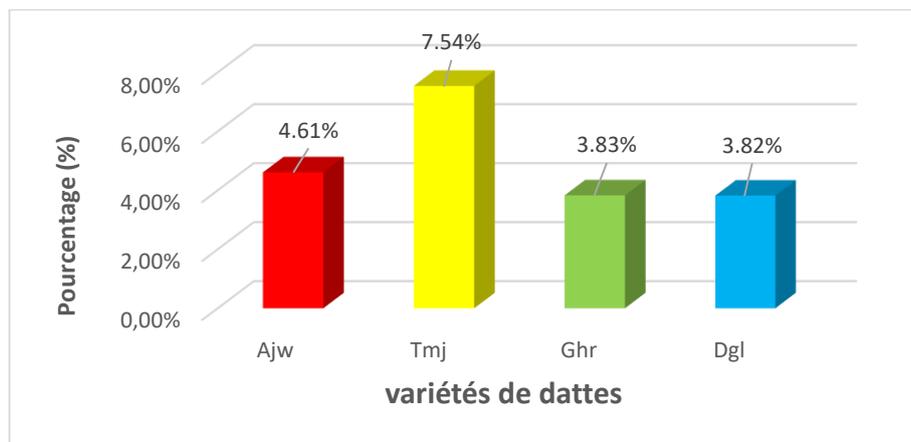
# *Partie III :*

## *Résultats et Discussion*

Les résultats d'analyses et les activités biologiques testées des extraits bruts des polysaccharides de quatre variétés de dattes (Ajw, Tmj, Ghr, Dgl) sont développés dans cette partie.

### 1. Rendement de l'extraction des polysaccharides

Les extraits bruts des polysaccharides obtenus par extraction à reflux des quatre cultivars de dattes étudiés sont présentés dans l'Annexe 2, ainsi que leurs rendements d'extraction sont indiqués dans la figure 23.



**Figure 23:** Rendements massiques des extractions polysaccharidiques de dattes

Les résultats obtenus montrent que le cultivar Tmj présente le meilleur rendement est estimé à 7.54%, suivie par le cultivar Ajw qui présente un rendement de 4.67%. Les cultivars Ghr et Dgl présentent des rendements très proches avec respectivement 3.83% et 3.82%.

Le rendement polysaccharidique du cultivar Ajw est supérieur en comparant avec celui trouvé par Oulad mebatrek Mohammed *et al* (2017) du même cultivar qui est de  $1.5 \pm 0.4\%$ , et il est inférieur au rendement polysaccharidique trouvé par Achour fatima zahra (2018) de l'ordre de 4.96% du cultivar Ajwa. Par contre cette dernière étude a montré des rendements polysaccharidiques plus élevés égal à 5.9% et 5.68% pour les cultivars Ghr et Dgl respectivement. Mehlou *et al.* (2017) estime un rendement massique inférieur à celui obtenu dans la présente étude avec 1.39% pour le cultivar Dgl.

Le rendement de l'extraction dépend de différents paramètres notamment le matériel végétal étudié (taille des particules), les caractéristiques physico-chimiques des solvants utilisés et particulièrement leur polarité (Haimoud, 2017 ; Lee *et al.* 2003), cela dépend également des conditions et la durée du stockage, de période de récolte ainsi que la méthode et les conditions de réalisation de l'extraction (Benmeddour *et al.*, 2013).

Telli *et al.* (2010) signalent que les facteurs ayant une influence sur le rendement de l'extraction sont : le solvant, la température et la durée de l'extraction.

De plus, Kaushik *et al.* (2017) ont signalé que la température d'extraction a un effet significatif sur le rendement massique de l'extraction.

Le rendement de l'extraction des polysaccharides hydrosolubles varie en fonction de plusieurs facteurs à savoir l'environnement climatique, la localisation, l'origine géographique et la période de récolte (Sáenz *et al.*, 2004).

## 2. Dosage des polyphénols totaux

Dans le but de l'évaluation des extraits bruts des polysaccharides préparés à partir de dattes, un dosage des polyphénols totaux a été effectué. Les teneurs en polyphénols totaux dosés des différents extraits polysaccharidiques ont été calculées à partir d'une courbe d'étalonnage réalisée (Annexe 5) avec différentes concentration de l'acide gallique. Les résultats obtenus sont exprimés en milligramme équivalent acide gallique par gramme d'extrait polysaccharidique (mg EAG.g<sup>-1</sup>EP) (Tableau 9).

**Tableau 9:** Teneurs moyennes en composés phénoliques totaux des extraits bruts des polysaccharides des quatre variétés de dattes étudiées

Variétés	Teneur moyennes en polyphénols totaux (mg EAG.g <sup>-1</sup> EP)
Ajw	0.11±0.003
Tmj	0.05±0.0004
Ghr	0.09±0.001
Dgl	0.24±0.002

D'après les résultats, on remarque que les teneurs en composés phénoliques totaux de différents extraits polysaccharidiques sont variables, La teneur de l'extrait de la variété Dgl ( $0.24 \pm 0.002$  mg EAG.g<sup>-1</sup>EP) présente la teneur la plus élevée par rapport aux autres extraits (Tmj, Ghr, Ajw). La faible teneur en composés phénoliques totaux est retrouvée dans l'extrait de la variété Tmj avec une valeur de l'ordre de  $0.05 \pm 0.0004$  mg EAG.g<sup>-1</sup>EP. Notons que la faible teneur en polyphénols dans l'extrait brut des polysaccharides indique la pureté de l'extrait.

En comparaison nos résultats des teneurs de polyphénols totaux exprimés en milligramme équivalent acide gallique par gramme d'extrait polysaccharidique (mg EAG.g<sup>-1</sup>EP) avec celles exprimés en milligramme équivalent acide gallique/100g de poids frais de la datte (mg EAG/100g de poids frais) d'autre étude. L'étude de Daas Amieur (2009) a montré que les teneurs en polyphénols totaux des variétés Deglet Nour et Ghars égale à  $142.69 \pm 0.88$  mg/100g de poids frais et  $121.53 \pm 0.50$  mg/100g de poids frais respectivement.

D'après la comparaison avec les résultats des études ultérieures, nous pouvons dire que le résultat obtenu des concentrations des polyphénols totaux dans les extraits polysaccharidiques des dattes est faible et négligeable.

Les composés phénoliques ont des propriétés antioxydantes en raison de leur capacité à piéger les radicaux libres et les espèces réactives de l'oxygène, le processus est radicalaire (Sökmen *et al.*, 2012). Cependant, les polyphénols contenus dans nos extraits bruts des polysaccharides ne sont probablement pas responsables de l'activité antioxydante car ces concentrations en polyphénols totaux sont très faibles.

### 3. Oses totaux et oses neutres

La composition en oses totaux et en oses neutres des extraits bruts des polysaccharides des dattes sont montrée dans le tableau 10.

**Tableau 10:** Composition en oses totaux et en oses neutres des extraits bruts des polysaccharides des dattes

<b>Les extraits polysaccharidiques</b>	<b>Oses totaux (%)</b>	<b>Oses neutres (%)</b>
Ajw	49.36	35.38
Tmj	55.20	32.90
Ghr	55.64	35.73
Dgl	55.71	35.73

On remarque que les quatre extraits polysaccharidiques de dattes étudiées représentent des teneurs en oses totaux et en oses neutres très proches entre les quatre variétés.

La teneur en oses totaux la plus élevée est celle de l'extrait polysaccharidique de la variété Dgl soit 55.71%, tandis que l'extrait polysaccharidique de la variété Ajw représente la teneur la plus faible soit 49.36%.

Il est noté que les extraits polysaccharidiques des variétés Ghr et Dgl ont la même teneur en oses neutres soit 35.73%, cette dernière représente la teneur la plus élevée, suivie par les extraits polysaccharidiques des variétés Ajw et Tmj soit 35.38% et 32.90% respectivement.

Pour l'extrait polysaccharidique de la variété Dgl, la teneur en oses totaux semble plus faible que celui trouvés par Mehlou *et al* (2017), soit 78.47%, par contre, la teneur en oses neutres est proche de celle obtenue par le même auteur, soit 39.13%.

Selon Ebringerová *et al.* (2003) cette variation est discutée par les paramètres susceptibles d'influencer sur le taux des compositions brutes d'un extrait, à savoir, la quantité du solvant utilisé par rapport à la matière première, le type de polysaccharide, la température d'extraction et la procédure d'extraction comme la décoction et la macération.

#### 4. Sucres réducteurs

Le tableau 11 exprime les teneurs en sucres réducteurs.

**Tableau 11:** Teneurs en sucres réducteurs des extraits polysaccharidiques de datte (Ajw, Tmj, Ghr, Dgl)

Variétés	Ajw	Tmj	Ghr	Dgl
<b>Quantité des sucres réducteurs (mg/ml)</b>	6.56	5.53	5	5.83
<b>Pourcentage des sucres réducteurs (%)</b>	65.6	55.3	50	58.3

D'après la présente étude, le taux de sucres réducteurs de l'extrait polysaccharidique de quatre variétés de dattes : Ajwa, Timjohert, Ghers et Deglet Nour, déterminé par la méthode basé sur la réduction de la liqueur de Fehling par les sucres réducteurs contenus dans l'échantillon est exprimé en milligramme par millilitre et en pourcentage, représente des valeurs très proche ont de 65.6%, 55.3%, 50% et 58.3% respectivement.

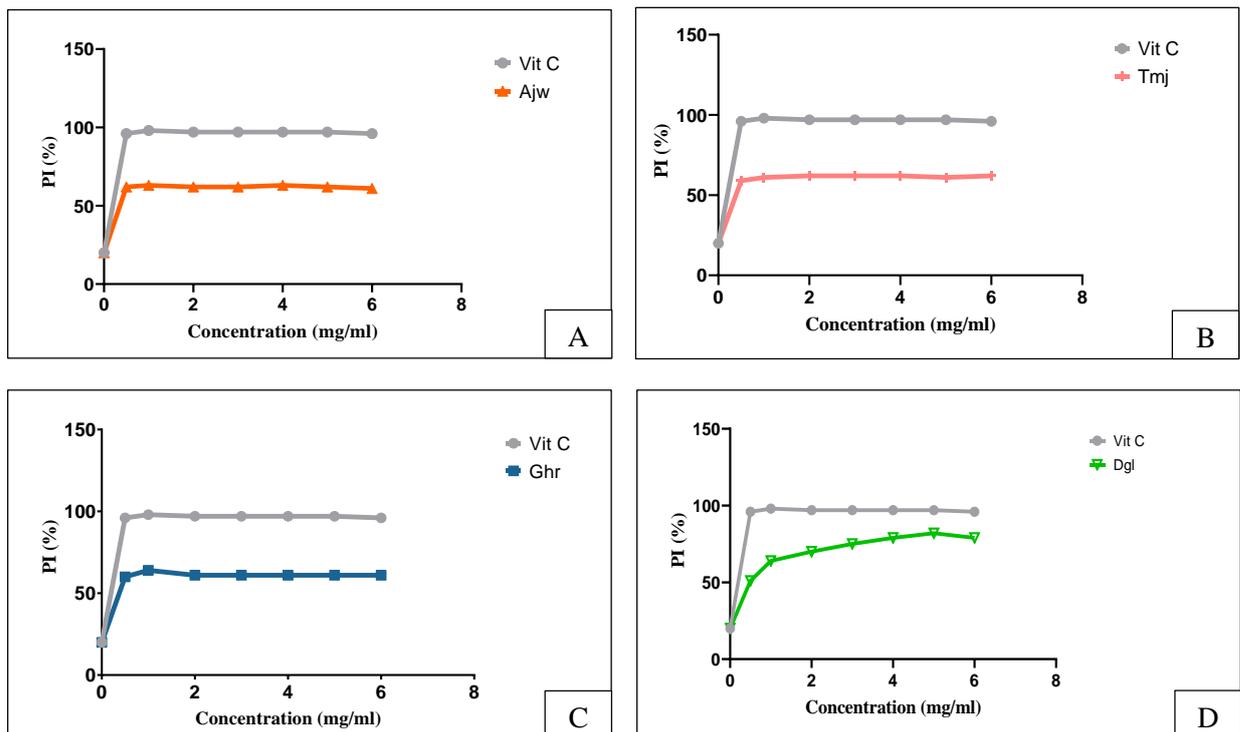
La teneur en sucre réducteur la plus élevée est celle de l'extrait polysaccharidique de la variété Ajw soit 65.6%, tandis que l'extrait polysaccharidique de la variété Ghr représente la teneur la plus faible soit 50%.

Le résultat trouvé est différent au résultat rapporté par Abaibia *et al.*, (2018), pour les deux variétés Ghers (77.46%) et Deglet Nour (28%). Cependant, le résultat trouvé est supérieur à ceux obtenus par Açourène (2001) et Zaid (2002) qui est de l'ordre de 26.72 % et à ceux obtenus par Belkacemi *et al.*, (2019) qui est de l'ordre de 37.5%.

## 5. Evaluation de l'activité antioxydante par le test du DPPH

L'activité antioxydante des différents extraits a été évaluée par le test de DPPH, celui-ci est souvent utilisé pour la rapidité des résultats en tant qu'il est utilisé pour le criblage des molécules dotées d'activités antioxydantes présentes dans les extraits végétaux (Yi *et al.*, 2008).

La figure 24 présente les variations du pourcentage de réduction du DPPH en fonction de solutions d'extraits bruts des polysaccharides à différentes concentrations.



**Figure 24:** Présentations graphiques des pourcentages d'inhibition du radical DPPH par les différents extraits polysaccharidiques des variétés Ajw (A), Tmj (B), Ghr (C), Dgl (D) ainsi que le standard Vit C

La capacité antioxydante des différents extraits a été déterminée à partir de l'indice IC50 (concentration d'inhibition) qui correspond à la concentration nécessaire d'inhiber à 50% la formation des radicaux libres, plus la valeur de IC50 est petite, plus la capacité antioxydante d'un composé ou d'extrait testé est grande (Mansouri *et al.*, 2005). Les résultats de mesure des pourcentages d'inhibition (IC50) des extraits bruts des polysaccharides des quatre variétés et l'acide ascorbique sont illustrés dans le tableau 12.

**Tableau 12:** Valeurs des IC50 du DPPH pour les extraits polysaccharidiques de dattes et le standard

Extraits polysaccharidiques/ standard	IC50 (mg/ml)
Vit C	0.17 ± 0.004
Ajw	0.61 ± 0.009
Tmj	0.65 ± 0.005
Ghr	0.64 ± 0.028
Dgl	0.71 ± 0.041

La vitamine C ou l'acide ascorbique est utilisée comme antioxydant standard dans ce travail, il présente une activité anti radicalaire avec une IC50 égale à 0.17±0.004 mg/ml. Cette activité est supérieure aux valeurs de tous les extraits testés (Figure 24).

Parmi les quatre extraits bruts polysaccharidiques testés, l'extrait de la variété Ajw représente l'extrait le plus actif avec une IC50 de 0.61±0.009 mg/ml, suivie de l'extrait de la variété Ghr et Tmj avec des IC50 de 0.64±0.028 mg/ml, 0.65±0.005 mg/ml respectivement. Cependant, l'extrait de la variété Dgl présente une activité antiradicalaire inférieure à celles de tous les extraits testés, avec une IC50 de l'ordre de 0.71±0.041 mg/ml (Tableau 12).

D'après nos résultats, l'ordre décroissant de l'activité anti-radicalaire contre les radicaux libres DPPH des extraits bruts des polysaccharides des quatre variétés et le standard est :

$$\text{Vit C} > \text{Ajw} > \text{Ghr} > \text{Tmj} > \text{Dgl}$$

En comparaison avec les résultats des études similaires à notre étude, Achour Fatima Zahra (2018) a évalué l'activité antioxydante des extraits bruts des polysaccharides de trois variétés de dattes Ajw, Ghr et Dgl, les IC50 trouvée sont respectivement 7.74±0.02 mg/mL, 14.78± 0.013 mg/mL, et 3.04±0.09mg/mL.

Oulad mebarek *et al.*, (2017) ont testé la capacité antioxydante de l'extrait bruts des polysaccharides de deux variétés de dattes Ajwa et Tazerzait, ont trouvé une IC50 égale à 6 mg/ml pour l'extrait brut des polysaccharides de la variété Ajw.

Plusieurs facteurs influent sur l'activité antioxydante des polysaccharides, notamment la composition des monosaccharides, la masse moléculaire, le type de liaison glycosidique et la conformation (Zhang *et al.*, 2015).

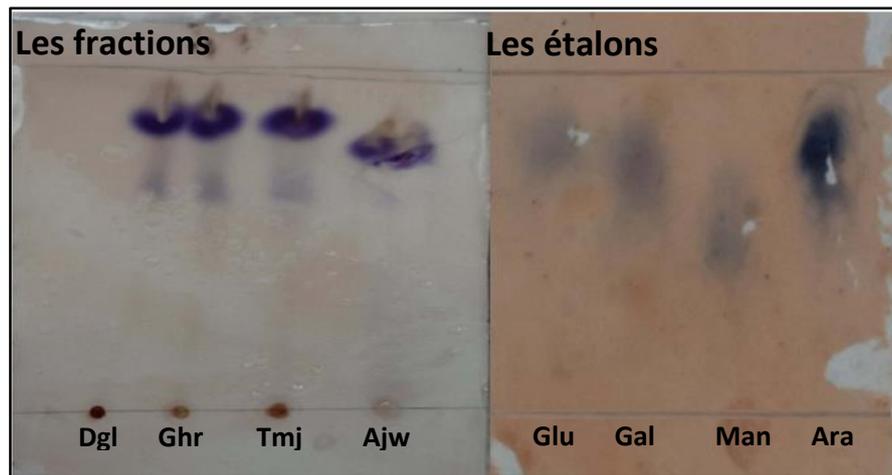
Des recherches récentes dans le domaine de la glycobiologie montrent que, les polysaccharides d'origine végétale, en particulier les plantes médicinales, ont des effets protecteurs sur les espèces réactives de l'oxygène. Leur rôle fondamental est de bloquer l'action des radicaux libres. La capacité des extraits de polysaccharides varie selon la plante et la fraction (Benariba, 2015).

En fonction des résultats obtenus, nous pouvons dire que l'ensemble des extraits bruts des polysaccharides des dattes étudié présentent des bonnes propriétés antioxydantes.

## **6. Chromatographie sur couche mince**

L'analyse chromatographique a permis de caractériser qualitativement les différents hydrolysats de polysaccharides bruts extraits de quatre variétés de dattes étudiés au stade Tmar. La nature des oses constitutifs a été déterminée par la lecture des chromatogrammes et la comparaison des rapports frontaux des taches apparues avec ceux des étalons.

La lecture de chromatogramme (Figure 25) révèle la présence de deux spots pour chaque fraction, et une bonne résolution est notée pour la migration des étalons de glucose, de galactose, de mannose et d'arabinose.



**Figure 25:** Suivi par CCM de l'hydrolyse par l'acide trifluoroacétique 4 M à 80°C, en fonction du temps (heure) de l'extrait de polysaccharides hydrosolubles de quatre variétés de dattes

Les RF obtenus pour la première fraction « Dgl » sont 0.83, 0.71. La deuxième fraction « Ghr » a des RF de 0.83, 0.71. La troisième fraction « Tmj » soit 0.83, 0.7. La quatrième fraction concernant « Ajw » soit 0.79, 0.7. D'autre part il est noté que les Rf des étalons sont les suivants 0.8, 0.77, 0.6 et 0.77 pour glucose, galactose, mannose et arabinose respectivement.

Il est observé que les aires des premiers spots des fractions « Dgl », « Ghr », « Tmj » et « Ajw », sont situées approximativement aux mêmes niveaux des aires des spots de glucose, de galactose et d'arabinose avec des RF très proches (Figure 25). Cela indique que les premiers spots de toutes les fractions peuvent être composés soit par le glucose, le galactose et/ou l'arabinose, cependant, le mannose ne correspond à aucune fraction (Tableau 13).

**Tableau 13:** Composition en monosaccharides des extraits de polysaccharides hydrosolubles des quatre fractions de différentes variétés étudiés, CCM (Dgl, Ghr, Tmj, Ajw) (Ara : arabinose, Gal : galactose, Glc : glucose, Man : mannose)

		Etalon			
		Glu	Gal	Man	Ara
TFA (4M/5h)	Fractions				
	Dgl	+	+	-	+
	Ghr	+	+	-	+
	Tmj	+	+	-	+
	Ajw	+	+	-	+

La présence de glucose, de galactose et de l'arabinose dans la fraction « Dgl » est confirmée par l'étude de Mehellou et *al.*, (2017). Ainsi que Benagga et Daddi Addoun (2016) ont trouvés des résultats similaires pour la même variété à deux stades phénologiques différents Tmar et Loulou.

La composition en oses constitutifs de l'extrait brut de polysaccharides des quatre variétés de dattes au stade Tmar « Dgl », « Ghr », « Tmj », « Ajw » par CCM indique une hétérogénéité des oses, surtout pentoses et hexoses, constitués majoritairement de glucose, de galactose, et de l'arabinose.

*Conclusion et  
Perspectives*

Notre travail tourne autour la caractérisation des extraits bruts des polysaccharides hydrosolubles de quatre variétés de fruits Ajwa, Timjoughert, Ghers et Deglet Nour du palmier dattier *Phoenix dactylifera* L.

Les polysaccharides des dattes étudiées a été extraire par la procédure de l'extraction à reflux suivie par la précipitation dans l'éthanol, exprimant des rendements range de 3.82% à 7.54%. La variété Timjoughert présente le rendement le plus élevé.

Cette étude revèle une variabilité intéressante entre les variétés de dattes étudiées, donne des valeurs en oses totaux de 49.36%, 55.20%, 55.64%, 55.71%, et des teneurs en oses neutres de 35.38%, 32.90%, 35.73%, 35.73%, les sucres réducteurs, donne 65.6%, 55.3%, 50% et 58.3% pour les variétés de dattes Ajw, Tmj, Ghr, Dgl respectivement.

Le test de l'activité antioxydante des extraits polysaccharidiques testés par la méthode DPPH montre que l'ensemble des variétés présentent des bonnes propriétés antioxydantes et que la variété Deglet Nour possède une activité puissante.

La séparation par chromatographie sur couche mince donne la composition en monosaccharides suivante : glucose, galactose et arabinose pour l'ensemble des variétés étudiées

En conclu par perspective des essais complémentaire à ce travail être réalisé tel que :

- ✓ Optimisation des conditions d'extraction à savoir, la température, le temps d'extraction à fin d'augmenter le rendement en polysaccharides ;
- ✓ Utilisation des autres techniques d'extraction ;
- ✓ Addition de plusieurs types de glucides comme étalons dans la méthode de la CCM ;
- ✓ Évaluation d'autres activités biologiques telles que l'activité anticoagulante et antiinflammatoire.
- ✓ Orienter les recherches scientifiques vers la réalisation des études approfondies sur les polysaccharides contenue de dattes.

*Références*  
*Bibliographiques*

- ABAIBIA Hassina, R. H. (2018). *Caractérisation nutritionnels et morphologiques de trois variétés de dattes : « Deglet-Nour », « Mech-Degla », « Ghars »*. (Master). Université Abdelhamid Ibn Badis-Mostaganem,
- Abdelazize, M. (2013). *Caractérisation, activité antimicrobienne et antioxydante des huiles essentielles de trois espèces de sauges (Salvia algeriensis, Salvia argentea et Salvia barrelieri)*. Université Hassiba Ben Bouali, chef. (p.118)
- Abdennabi, R., Bardaa, S., Mehdi, M., Rateb, M. E., Raab, A., Alenezi, F. N., . . . Belbahri, L. (2016). Phoenix dactylifera L. sap enhances wound healing in Wistar rats: Phytochemical and histological assessment. *International Journal of Biological Macromolecules*, 88, 443-450.
- Absi, R. (2013). *Analyse de la diversité variétale du palmier dattier (Phoenix dactylifera L.): Cas des Ziban (Région de Sidi Okba)*. Université Mohamed Khider-Biskra.
- Abu-Reidah, I. M., Gil-Izquierdo, Á., Medina, S., & Ferreres, F. (2017). Phenolic composition profiling of different edible parts and by-products of date palm (Phoenix dactylifera L.) by using HPLC-DAD-ESI/MSn. *Food Research International*, 100, 494-500.
- Acourene, S., Belguedj, M., & TALEB, B. (2001). Caractérisation, évaluation de la qualité de la datte et identification des cultivars rares de palmier dattier de la région des Ziban. *Recherche agronomique*, 5(8), 19-39.
- Adel, L., Ourida, A.-L., Sihem, M., Yassine, N., & Salima, B. (2013). Optimization of deglet-nour date (Phoenix dactylifera L.) Phenol extraction conditions. *International Journal of Nutrition and Food Engineering*, 7(11), 1023-1026.
- Adler, S., Verdeil, J.-L., Lartaud, M., Fock-Bastide, I., Joët, T., Conéjéro, G., & Noirot, M. (2014). Morphological and histological impacts of the laurina mutation on fructification and seed characteristics in Coffea arabica L. *Trees*, 28(2), 585-595.
- Ahmed, M. J. (2016). Preparation of activated carbons from date (Phoenix dactylifera L.) palm stones and application for wastewater treatments. *Process safety and environmental protection*, 102, 168-182.
- Akroun, S., & Tellab, L. (2020). *Extraction, purification et caractérisation des polysaccharides végétaux*. Université Mouloud Mammeri,
- Al-Farsi, M., Alasalvar, C., Morris, A., Baron, M., & Shahidi, F. (2005). Compositional and sensory characteristics of three native sun-dried date (Phoenix dactylifera L.) varieties grown in Oman. *Journal of agricultural and food chemistry*, 53(19), 7586-7591.
- Al-farsi, M. A., & Lee, C. Y. (2008). Nutritional and functional properties of dates : a review. *Critical reviews in food science and nutrition*, 48(10), 877-887.
- Al-Harrasi, A., Rehman, N. U., Hussain, J., Khan, A. L., Al-Rawahi, A., Gilani, S. A., . . . Ali, L. (2014). Nutritional assessment and antioxidant analysis of 22 date palm (Phoenix dactylifera) varieties growing in Sultanate of Oman. *Asian Pacific journal of tropical medicine*, 7, S591-S598.
- 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.

- Al-Mssallem, I. S., Hu, S., Zhang, X., Lin, Q., Liu, W., Tan, J., . . . Zhang, T. (2013). Genome sequence of the date palm *Phoenix dactylifera* L. *Nature communications*, 4(1), 1-9.
- Al-Shahib, W., & Marshall, R. J. (2003). The fruit of the date palm : its possible use as the best food for the future ? *International journal of food sciences and nutrition*, 54(4), 247-259.
- Ardekani M R S., K., HajimahmoodiM., Jahangiri M., Hadjiakhoondi A. (2010). Comparison of Antioxidant Activity and Total Phenol Contents of some Date Seed Varieties from Iran. *Iranian Journal of Pharmaceutical Research*, 9, 141-146.
- Audigie, C., Dupont, G., & Zonszain, F. (1985). *Principes des méthodes d'analyse biochimique*.
- Ayachi, A., Alloui, N., Bennoune, O., Yakhlef, G., Daas Amieur, S., Bouzid, W., . . . Abdessemed, H. (2009). Antibacterial activity of some fruits; berries and medicinal herb extracts against poultry strains of Salmonella. *American-Eurasian J Agric Environ Sci*, 6(1), 12-15.
- Bachiri, F. Z. (2020). *Conception de la chaîne logistique de production des dattes en Algérie*. M: MOHAMMED BENNEKROUF.
- 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.
- Belguedj, M. (2002). Les ressources génétiques du palmier dattier, caractéristiques des cultivars de dattiers dans les palmeraies du Sud-Est Algérien. *Institut national de la recherche agronomique d'Algérie*, 1, 289.
- Belguedj, M., Tirichine, A., & Guerradi, M. (2008). La culture du palmier dattier dans les oasis du Ghardaia (Algérie). *Alger : INRA, Algérie*.
- Belguedj, N., Bassi, N., Fadlaoui, S., & Agli, A. (2015). Contribution à l'industrialisation par l'amélioration du processus traditionnel de fabrication de la boisson locale à base de datte (Rob). *Journal of new sciences, Agriculture and Biotechnology*, 20(7), 818-829.
- BELKACEMI Dalia, R. S. (2019). *Essai d'Incorporation de la Poudre de Datte Obtenue par Séchage dans une Formulation Alimentaire (Madeleine)*. (Master). UNIVERSITE AKLI MOHAND OULHADJ – BOUIRA, (56).
- Ben Semaoune, Y. (2008). Les parcours sahariens dans la nouvelle dynamique spatiale: contribution à la mise en place d'un schéma d'aménagement et de gestion de l'espace (SAGE)-cas de la région de Ghardaïa. *Mémoire Magister, Université Kesdi Merbah, Ouargla*, 54-57.
- Benahmed, D. (2012). *Analyse des aptitudes technologiques des poudres de dattes (phoenix dactylifera-l) améliorées par la spiruline. Etude des propriétés rhéologiques, nutritionnelles et antibactériennes*. Université de Boumerdès-M'hamed Bougara,
- Benaoun, F. (2017). *Caractérisation structurale et potentiel biologique des polysaccharides issus de Plantago notata Lagasca (Plantaginaceae) et Urginea noctiflora Batt. Trab (Liliaceae)*. Université Clermont Auvergne(2017-2020),

- BENARIBA Yousra Zohra Eddine, N. F. (2015). *Effet antioxydant des polysaccharides d'origine végétale*. Université des Frères Mentouri Constantine, (35).
- 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.
- Bennamia, A., & Messaoudi, B. (2006). Contribution à l'étude de la composition des dattes «Deglet Nour» et «Ghars» dans le pédocpaysage de la cuvette de Ouargla, mémoire de diplôme d'études supérieur en biochimie. In : Ouargla.
- Berg J M, T. J. L., Stryer L, Gregory J, et Gatte Jr. (2012). *Biochimie* (6ème ed.).
- Bessas, S. M., Aired, S., Ababou, N., Leklou, H., & Masmoudi, A. (2007). O-16 Syndrome de Marcus Gunn : 3 cas. *Revue Neurologique*, 163(4), 127.
- Boizot, N., & Charpentier, J.-P. (2006). Méthode rapide d'évaluation du contenu en composés phénoliques des organes d'un arbre forestier. *Cahier des Techniques de l'INRA*, 79-82.
- Boual, Z. (2014). *Caractérisation physico-chimique des polysaccharides de quelques plantes spontanées à caractère médicinal récoltées dans la région de Ghardaïa (Sahara Septentrional Est algérien) : Activité biologique*. Thèse de doctorat, Biochimie, Université Kasdi-Merbah de Ouargla, Algérie,
- Bouaziz, D., & Bordjiba, I. (2015). Contribution à l'étude des caractéristiques physico-chimiques et organoleptiques de quelques variétés des dattes algériennes. *Mémoire de Master, Université 8 Mai 1945 Guelma*.
- BOUSDIRA, K. (2007). *Contribution à la connaissance de la biodiversité du palmier dattier pour une meilleure gestion et une valorisation de la biomasse [texte imprimé]: caractérisation morphologique et biochimique des dattes des cultivars les plus connus de la région du Mzab*. Université de Boumerdès-M'hamed Bougara.
- Buelguedj, M. (2001). Caractéristiques des cultivars de dattes dans les palmeraies du Sud-Est Algérien. *INRAA El-Harrach N° 11, Alger*, 289p.
- Cao, X., Liu, R., Liu, J., Huo, Y., Yang, W., Zeng, M., & Yang, C. (2013). A novel polysaccharide from *Lentinus edodes* mycelia exhibits potential antitumor activity on laryngeal squamous cancer cell line Hep-2. *Applied biochemistry and biotechnology*, 171(6), 1444-1453.
- Chandrashekar, P. M., & Venkatesh, Y. P. (2016). Immunostimulatory properties of fructans derived from raw garlic (*Allium sativum* L.). *Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre*, 8(2), 65-70.
- Chaudhry, I. S., & Malik, S. (2009). The Impact of Socioeconomic and Demographic Variables on Poverty : A Village Study. *Lahore Journal of Economics*, 14(1).
- Chen, S. K., Tsai, M. L., Huang, J. R., & Chen, R. H. (2009). In vitro antioxidant activities of low-molecular-weight polysaccharides with various functional groups. *Journal of agricultural and food chemistry*, 57(7), 2699-2704.
- Chen, Y., Jiang, X., Xie, H., Li, X., & Shi, L. (2018). Structural characterization and antitumor activity of a polysaccharide from *Ramulus mori*. *Carbohydrate polymers*, 190, 232-239.

- Chenni, M. (2010). *Contribution à l'étude chimique et biologique de la racine d'une plante médicinale : Bryonia dioica Jacq.* Université d'Oran1-Ahmed Ben Bella.
- Chikh salah, A. (2021). *Modélisation et analyse économétrique du prix des dattes de palmier (phoeniciculture) en Algérie.* غرداية جامعة,
- Chniti, S. (2015). *Optimisation de la bioproduction d'éthanol par valorisation des refus de l'industrie de conditionnement des dattes.* Université Rennes 1.
- Chouana, T. (2017). *Caractérisation structurale et activités biologiques des polysaccharides d'Astragalus gombo bunge.* Université Clermont Auvergne(2017-2020).
- Chouana, T. (2017). *Caractérisation structurale et activités biologiques des polysaccharides d'Astragalus gombo bunge.* Université Clermont Auvergne(2017-2020).
- Cui, S. W. (2005). *Food carbohydrates : chemistry, physical properties, and applications :* CRC press.
- Daas Amiour, S. (2009). *Etude quantitative des composés phénoliques des extraits de trois variétés de dattes (Phoenix dactylifera L.) Et évaluation in vitro de leur activité biologique.* Université de Batna 2.
- Daas Amiour, S. (2009). *Etude quantitative des composés phénoliques des extraits de trois variétés de dattes (Phoenix dactylifera L.) Et évaluation in vitro de leur activité biologique.* Université de Batna 2.
- Dayang, J., Reuben, C., & Raji, F. (2014). Nutritional, socioeconomic and health benefits of dates. *International Journal of Food and Nutritional Sciences*, 3(6), 63.
- Delattre, C. (2005). *Stratégie d'obtention d'oligosaccharides anioniques par dégradation enzymatique de glucuronanes.* Amiens.
- Dewanto, V., Wu, X., Adom, K. K., & Liu, R. H. (2002). Thermal processing enhances the nutritional value of tomatoes by increasing total antioxidant activity. *Journal of agricultural and food chemistry*, 50(10), 3010-3014.
- Dobignard, A., & Chatelain, C. (2010). Index synonymique de la flore d'Afrique du Nord 1. Pteridophyta, Gymnospermae, Monocotyledonae. *Conserv. Jardin Bot. Genève, ECWP. Genève.*
- Dubois, M., Gilles, K. A., Hamilton, J. K., Rebers, P. t., & Smith, F. (1956). Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Analytical chemistry*, 28(3), 350-356.
- Dumitriu, S. (2004). *Polysaccharides : structural diversity and functional versatility:* CRC press.
- Ebringerová, A., Kardošová, A., Hromádková, Z., & Hříbalová, V. (2003). Mitogenic and comitogenic activities of polysaccharides from some European herbaceous plants. *Fitoterapia*, 74(1-2), 52-61.
- El-Haci, I. A., Bekkara, F. A., Mazari, W., & Gherib, M. (2013). Phenolics content and antioxidant activity of some organic extracts of endemic medicinal plant *Anabasis aretioides* Coss. & Moq. From Algerian Sahara. *Pharmacognosy Journal*, 5(3), 108-112.

- El-Juhany, L. I. (2010). Degradation of date palm trees and date production in Arab countries: causes and potential rehabilitation. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 4(8), 3998-4010.
- El-Juhany, L. I. (2010). Degradation of date palm trees and date production in Arab countries: causes and potential rehabilitation. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 4(8), 3998-4010.
- El-Sharnouby, G. A., & Al-Eid, S. M. (2009). Utilization of enzymes in the production of liquid sugar from dates. *African Journal of Biochemistry Research*, 3(3), 041-047.
- Espiard, E. (2002). *Introduction à la transformation industrielle des fruits [Texte imprimé]*: Éd. Tec & Doc.
- Espinoza, L. C., Silva-Abreu, M., Calpena, A. C., Rodríguez-Lagunas, M. J., Fábrega, M.-J., Garduño-Ramírez, M. L., & Clares, B. (2019). Nanoemulsion strategy of pioglitazone for the treatment of skin inflammatory diseases. *Nanomedicine : Nanotechnology, Biology and Medicine*, 19, 115-125.
- García-Vaquero, M., Rajauria, G., O'Doherty, J. V., & Sweeney, T. (2017). Polysaccharides from macroalgae : Recent advances, innovative technologies and challenges in extraction and purification. *Food Research International*, 99, 1011-1020.
- Guettouchi, A., Elshibli, S., Haider, N., Nabulsi, I., & Ykhlef, N. (2017). Molecular diversity in date palm (*Phoenix dactylifera* L.) cultivars from Algeria indicated by RAPD and ISSR polymorphisms. *Plant Cell Biotechnology and Molecular Biology*, 18(1-2), 76-89.
- Habibi, Y., Heyraud, A., Mahrouz, M., & Vignon, M. (2004). Structural features of pectic polysaccharides from the skin of *Opuntia ficus-indica* prickly pear fruits. *Carbohydrate research*, 339(6), 1119-1127.
- Hadrami, I. E., & Hadrami, A. E. (2009). Breeding date palm. In *Breeding plantation tree crops: tropical species* (pp. 191-216): Springer.
- Haimoud, S. (2017). *Etude phytochimique et rôles biologiques des variétés de Phoenix dactylifera (datte) de l'Algérie*. Thèse de Doctorat, Département de Nutrition et Sciences des Aliments ...
- Hu, D. j., Cheong, K. l., Zhao, J., & Li, S. p. (2013). Chromatography in characterization of polysaccharides from medicinal plants and fungi. *Journal of Separation Science*, 36(1), 1-19.
- Imene MAKOUF, A. G. (2020). Etude palynologique des pollens de palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) dans la région d'El-Meghaier.
- Ipgri, I., Inram, I., & FEM, P. (2005). Descripteurs du Palmier dattier (*Phoenix dactylifera*L.). *Institut international des ressources phytogénétiques, Rome, Italie*.
- Ipgri, I., Inram, I., & FEM, P. (2005). Descripteurs du Palmier dattier (*Phoenix dactylifera*L.). *Institut international des ressources phytogénétiques, Rome, Italie*.
- Ishurd, O., Sun, C., Xiao, P., Ashour, A., & Pan, Y. (2002). A neutral  $\beta$ -d-glucan from dates of the date palm, *Phoenix dactylifera* L. *Carbohydrate research*, 337(14), 1325-1328.

- Jin, M., Zhao, K., Huang, Q., Xu, C., & Shang, P. (2012). Isolation, structure and bioactivities of the polysaccharides from *Angelica sinensis* (Oliv.) Diels: A review. *Carbohydrate polymers*, 89(3), 713-722.
- Jin, M., Zhao, K., Huang, Q., Xu, C., & Shang, P. (2012). Isolation, structure and bioactivities of the polysaccharides from *Angelica sinensis* (Oliv.) Diels: A review. *Carbohydrate polymers*, 89(3), 713-722.
- Kaki, M., S. M. (2008). *Aperçu sur les polysaccharides de la plante spontanée Plantago notata à caractère médicinal dans la région de Ouargla.*
- Kamerling, J., & Gerwig, G. (2007). Strategies for the structural analysis of carbohydrates. *Comprehensive glycoscience, from chemistry to systems biology*, 2, 1-68.
- Karaki, N., Aljawish, A., Humeau, C., Muniglia, L., & Jasniewski, J. (2016). Enzymatic modification of polysaccharides: Mechanisms, properties, and potential applications: A review. *Enzyme and Microbial Technology*, 90, 1-18.
- Kaushik, P., Dowling, K., Adhikari, R., Barrow, C. J., & Adhikari, B. (2017). Effect of extraction temperature on composition, structure and functional properties of flaxseed gum. *Food chemistry*, 215, 333-340.
- 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.
- Khenfar, B. (2004). Contribution à l'étude de quelques caractéristiques morphologiques de quatre cultivars de palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) dans la région de droh (Wilaya de Biskra). *Mémoire d'Ingénieur. Département d'agronomie. Batna.*
- Le Floch, A., Jourdes, M., & Teissedre, P.-L. (2015). Polysaccharides and lignin from oak wood used in cooperage: Composition, interest, assays: A review. *Carbohydrate research*, 417, 94-102.
- Lee, K. W., Kim, Y. J., Lee, H. J., & Lee, C. Y. (2003). Cocoa has more phenolic phytochemicals and a higher antioxidant capacity than teas and red wine. *Journal of agricultural and food chemistry*, 51(25), 7292-7295.
- Liu, C., Leung, M., Koon, J., Zhu, L., Hui, Y., Yu, B., & Fung, K. (2006). Macrophage activation by polysaccharide biological response modifier isolated from *Aloe vera* L. var. *chinensis* (Haw.) Berg. *International Immunopharmacology*, 6(11), 1634-1641.
- Liu, J., Willför, S., & Xu, C. (2015). A review of bioactive plant polysaccharides: Biological activities, functionalization, and biomedical applications. *Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre*, 5(1), 31-61.
- Liu, J., Willför, S., & Xu, C. (2015). A review of bioactive plant polysaccharides: Biological activities, functionalization, and biomedical applications. *Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre*, 5(1), 31-61.
- Liu, S., Willett, W. C., Stampfer, M. J., Hu, F. B., Franz, M., Sampson, L., . . . Manson, J. E. (2000). A prospective study of dietary glycemic load, carbohydrate intake, and risk of coronary heart disease in US women. *The American journal of clinical nutrition*, 71(6), 1455-1461.

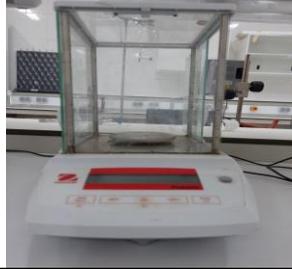
- Lothier, J. (2007). *Métabolisme des fructanes chez Lolium perenne L.: identification de deux gènes codant des fructane exohydrolases (FEHs) et étude de la régulation de l'activité FEH par les sucres solubles*. Caen.
- Louis, S. (2004). *Diversité structurale et d'activité biologique des albumines entomotoxiques de type Ib des graines de légumineuses*. INSA de Lyon,
- Machmudah, S., Kanda, H., & Goto, M. (2017). Hydrolysis of biopolymers in near-critical and subcritical water. In *Water Extraction of Bioactive Compounds* (pp. 69-107): Elsevier.
- Mahmoudi, S., Khali, M., & Mahmoudi, N. (2013). Etude de l'extraction des composés phénoliques de différentes parties de la fleur d'artichaut (*Cynara scolymus L.*). *Nature & Technology*(9), 35.
- Manickavasagan, A., Essa, M. M., & Sukumar, E. (2012). *Dates: production, processing, food, and medicinal values*: CRC Press.
- 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.
- Mehellou, Z., Boual, Z., Benagga, S., Daddi Addoun, N., Michaud, P., Ould El Hadj, M.D. (2017). Etude des polysaccharides hydrosolubles et alcalisolubles extraits des dattes demies molles de la variété Deglet Nour de *Phoenix dactylifera L.* récoltée au Sahara septentrional Est algérien.
- Messaïd, H. (2008). *Optimisation du processus d'immersion-rehydratation du système dattes seches-jus d'orange*. Boumerdes, Université M'hamed Bougara. Faculté des sciences de l'ingénieur.
- Mimouni, Y. (2015). Développement de produits diététiques hypoglycémiant à base de dattes molles variété «Ghars», la plus répandue dans la cuvette de Ouargla. *Ouargla: universite Kasdi Marbah*.
- Moine, C. (2005). *Extraction, caractérisation structurale et valorisation d'une famille d'hemicelluloses du bois : Obtention de matériaux plastiques par modification des xylanes*. Limoges,
- Mokhtaria, D. (2020). *TRAVAUX PRATIQUES DE CHIMIE ORGANIQUE*. Retrieved from
- Monsigny, M., Petit, C., & Roche, A.-C. (1988). Colorimetric determination of neutral sugars by a resorcinol sulfuric acid micromethod. *Analytical biochemistry*, 175(2), 525-530.
- Moussard. (2016). *Biochimie et biologie moléculaire. UE1 première année des études de santé*. Boecla. (P: 57-60)
- Mungure, T. E., Roohinejad, S., Bekhit, A. E.-D., Greiner, R., & Mallikarjuna, K. (2018). Potential application of pectin for the stabilization of nanoemulsions. *Current opinion in food science*, 19, 72-76.
- Muster, D. (2005). Médicaments de l'inflammation. *EMC-Stomatologie*, 1(1), 21-29.
- Nasir, M. U., Hussain, S., Jabbar, S., Rashid, F., Khalid, N., & Mehmood, A. (2015). A review on the nutritional content, functional properties and medicinal potential of dates. *Sci. Lett*, 3(1), 17-22.

- Navarre, J. (1974). Manuel d'œnologie (2ème édition) baillier. Paris, p218.
- Noui, Y. (2007). *Caractérisation physico-chimique comparative des deux principaux tissus constitutifs de la pulpe de datte Mech-Degla*. Boumerdes, Université M'hamed Bougara. Faculté des sciences de l'ingénieur.
- Noui, Y. (2016). *Fabrication et caractérisation des produits alimentaires élaborée à base de datte*. Université Batna1,
- O'Neill, M. A., & York, W. S. (2003). The composition and structure of plant primary cell. *The plant cell wall*, 8, 1-54.
- Oulad mebarek Mohammed, R. M. (2017). *Evaluation de l'activité antioxydante des extraits aqueux de deux variétés des dattes Ajwa et Tazerzait*. (Master). Université de Ghardaia,
- Ouledbrahim, R., & ZEGGAI, S. (2021). Diagnostic des maladies et ravageurs des Cultures fourragères dans la région de Ghardaïa/El-Goléa.
- Petera, B. (2016). *Extraction et caractérisations (structurale et physico-chimique) de polysaccharides hydrosolubles issus de cladoces de Cereus triangularis*. Université Blaise Pascal-Clermont-Ferrand II,
- Peyron, G. (2000). Guide illustré de formation: Cultiver le palmier dattier. Éd. CIRAD. Montpellier.
- Quentin F, G. P., Guillolon M, et Quintard B. (2011). *Biochimie En 83 fiches* (Dunod ed.). Paris.
- Randerath, K., & Tâm, N.-Đ. (1971). *Chromatographie sur couches minces*: Gauthier-Villars Paris.
- Roberts, A. (2018). *Cellulose microfibril structure: inspirations from plant diversity*. Paper presented at the IOP Conference Series: Earth and Environmental Science.
- Rongpipi, S., Ye, D., Gomez, E. D., & Gomez, E. W. (2019). Progress and opportunities in the characterization of cellulose—an important regulator of cell wall growth and mechanics. *Frontiers in Plant Science*, 1894.
- Saafi, E. B., Louedi, M., Elfeki, A., Zakhama, A., Najjar, M. F., Hammami, M., & Achour, L. (2011). Protective effect of date palm fruit extract (*Phoenix dactylifera* L.) on dimethoate induced-oxidative stress in rat liver. *Experimental and Toxicologic Pathology*, 63(5), 433-441.
- Sáenz, C., Sepúlveda, E., & Matsuhira, B. (2004). *Opuntia* spp mucilage's: a functional component with industrial perspectives. *Journal of arid environments*, 57(3), 275-290.
- Sahara, S. (2009). Effects of Temperatures and Rainfall Variability on the Abundance and Diversity of Caelifera (Insecta, Orthoptera) in Three Natural Environments in the Mzab Valley. *Sahara (Algeria)*, 13(2), 217-228.
- Sánchez, M. P. (2006). Polysaccharides ayant une activité immunomodulatrice chez les champignons indigènes du Québec.
- Sánchez-Chávez, E., Rodríguez, A., Castro-Castro, A., Pérez-Farrera, M. A., & Sosa, V. (2019). Spatio-temporal evolution of climbing habit in the Dahlia-Hidalgoa group (Coreopsidae, Asteraceae). *Molecular phylogenetics and evolution*, 135, 166-176.

- Saxena, I. M., & Brown Jr, R. M. (2005). Cellulose biosynthesis: current views and evolving concepts. *Annals of botany*, 96(1), 9-21.
- Scheller, H. V., Jensen, J. K., Sørensen, S. O., Harholt, J., & Geshi, N. (2007). Biosynthesis of pectin. *Physiologia plantarum*, 129(2), 283-295.
- Shi, L. (2016). Bioactivities, isolation and purification methods of polysaccharides from natural products: A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 92, 37-48.
- Sökmen, B., Aydın, S., & Kinalioğlu, K. (2012). Antioxidant and antibacterial properties of a lichen species *Diploschistes scruposus* (Schreb.) Norman. *European Journal of Biology*, 71(1), 43-51.
- Soria, A. C., Brokl, M., Sanz, M. L., & Martínez-Castro, I. (2012). Sample preparation for the determination of carbohydrates in food and beverages.
- Talbi, H., Boumaza, A., El-Mostafa, K., Talbi, J., & Hilali, A. (2015). Evaluation de l'activité antioxydante et la composition physico-chimique des extraits méthanolique et aqueux de la *Nigella sativa* L. *Journal of Materials and Environmental Science*, 6(4), 1111-1117.
- Tayeb, O. k. M. (2017). *Mise en valeur des dérivés de dattes de la région d'Oued Souf pour la production de bioéthanol*. (Doctorat). Université Kasdi Merbah Ouargla, Ouargla.
- Telli, A., Mahboub, N., Boudjeh, S., Siboukeur, O., & Moulti-Mati, F. (2010). Optimisation des conditions d'extraction des polyphénols de dattes lyophilisées (*Phoenix dactylifera* L.) variété ghars. *Annales des sciences et technologie*, 2(2), 107-114.
- Tuzimski, T., & Sherma, J. (2006). Thin-Layer Chromatography. *Encyclopedia of Analytical Chemistry: Applications, Theory and Instrumentation*, 1-26.
- Vayalil, P. K. (2002). Antioxidant and antimutagenic properties of aqueous extract of date fruit (*Phoenix dactylifera* L. *Arecaceae*). *Journal of agricultural and food chemistry*, 50(3), 610-617.
- Voet, D., & Voet, J. G. (2007). *Biochimie* (Boeck Ed. 2 ème ed.).
- Voet, D., & Voet, J. G. (2016). *Biochimie : De Boeck Supérieur*.
- Wang, J., Liu, W., Chen, Z., & Chen, H. (2017). Physicochemical characterization of the oolong tea polysaccharides with high molecular weight and their synergistic effects in combination with polyphenols on hepatocellular carcinoma. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 90, 160-170.
- Wang, P., Li, S., Zhou, T., Gan, R.-Y., Zhang, P., & Li, H.-B. (2016). Resources and bioactivities of polysaccharides. *Int J Tradit Nat Med*, 6, 1-8.
- Wang, S.-J., Wang, X.-H., Dai, Y.-Y., Ma, M.-H., Rahman, K., Nian, H., & Zhang, H. (2019). *Prunella vulgaris*: a comprehensive review of chemical constituents, pharmacological effects and clinical applications. *Current Pharmaceutical Design*, 25(3), 359-369.
- Warrand, J. (2004). *Etude structurale et propriétés en solution des polysaccharides constitutifs du mucilage de lin (Linum Usitatissimum L.)*. Amiens,

- Wei, X., Mao, F., Cai, X., & Wang, Y. (2011). Composition and bioactivity of polysaccharides from tea seeds obtained by water extraction. *International Journal of Biological Macromolecules*, 49(4), 587-590.
- Xie, J.-H., Liu, X., Shen, M.-Y., Nie, S.-P., Zhang, H., Li, C., . . . Xie, M.-Y. (2013). Purification, physicochemical characterisation and anticancer activity of a polysaccharide from *Cyclocarya paliurus* leaves. *Food chemistry*, 136(3-4), 1453-1460.
- Xu, Y., Gao, Y., Zhong, M., Li, J., Cao, H., Huang, S., . . . Zhang, K. (2017). Isolation, characterization and bioactivities of the polysaccharides from *Dicliptera chinensis* (L.) Juss. *International Journal of Biological Macromolecules*, 101, 603-611.
- Yan, J., Shi, S., Wang, H., Liu, R., Li, N., Chen, Y., & Wang, S. (2016). Neutral monosaccharide composition analysis of plant-derived oligo-and polysaccharides by high performance liquid chromatography. *Carbohydrate polymers*, 136, 1273-1280.
- Yi, Z., Yu, Y., Liang, Y., & Zeng, B. (2008). In vitro antioxidant and antimicrobial activities of the extract of *Pericarpium Citri Reticulatae* of a new Citrus cultivar and its main flavonoids. *LWT-Food Science and technology*, 41(4), 597-603.
- Yu, Y., Shen, M., Song, Q., & Xie, J. (2018). Biological activities and pharmaceutical applications of polysaccharide from natural resources: A review. *Carbohydrate polymers*, 183, 91-101.
- Zahra, A. F. (2018). *Evaluation de l'activité antioxydante des extraits bruts des polysaccharides de trois variétés des dattes (DegletNour, Elgharss et Ajwa)*. (Master). Université de Ghardaia,
- Zakaria, B., Abdellah, K., & Didi, O. E. H. M. (2011). Caractérisation partielle des polysaccharides hydrosolubles des feuilles d'*Asphodelus tenuifolius* Cavan (Liliaceae): effet prébiotique des oligosaccharides issus de l'hydrolyse des polysaccharides. *Algerian Journal of Arid Environment "AJAE"*, 1(2).
- Zeng, P., Li, J., Chen, Y., & Zhang, L. (2019). The structures and biological functions of polysaccharides from traditional Chinese herbs. *Progress in molecular biology and translational science*, 163, 423-444.
- Zhang, B., Deng, Z., Ramdath, D. D., Tang, Y., Chen, P. X., Liu, R., . . . Tsao, R. (2015). Phenolic profiles of 20 Canadian lentil cultivars and their contribution to antioxidant activity and inhibitory effects on  $\alpha$ -glucosidase and pancreatic lipase. *Food chemistry*, 172, 862-872.
- Zhu, W., Xue, X., & Zhang, Z. (2016). Ultrasonic-assisted extraction, structure and antitumor activity of polysaccharide from *Polygonum multiflorum*. *International Journal of Biological Macromolecules*, 91, 132-142.

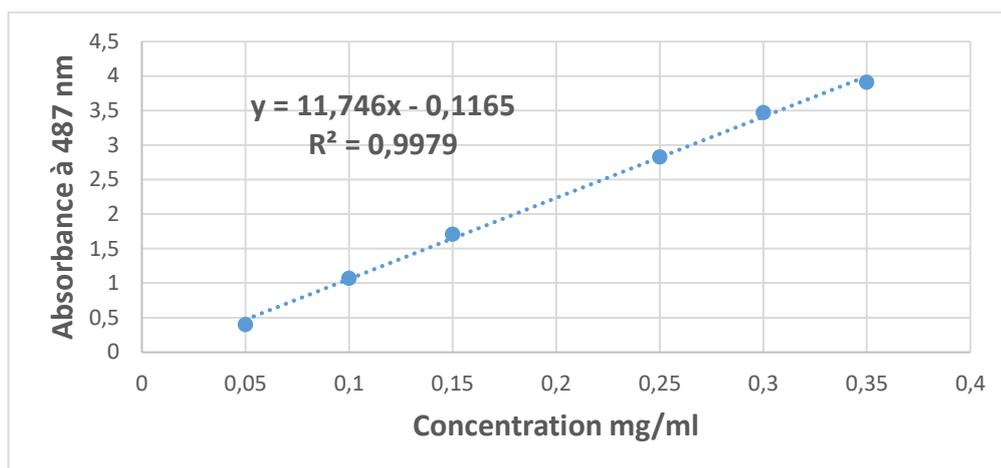
# *Annexes*

			
Balance analytique de type <b>OHAUS</b>	Extracteur à reflux de type <b>ELECTROTHERMAL</b>	Centrifugeuse de type <b>FIRLABO</b>	Evaporateur rotatif de type <b>HEIDOLPH</b>
			
Bain marie de type <b>MEMMERT</b>	Vortex de type <b>STUART</b>	Etuve de type <b>MEMMERT</b>	Spectrophotomètre de type <b>SPECTROSCAN 40</b>
			
Agitateur magnétique de type <b>STUART</b>			

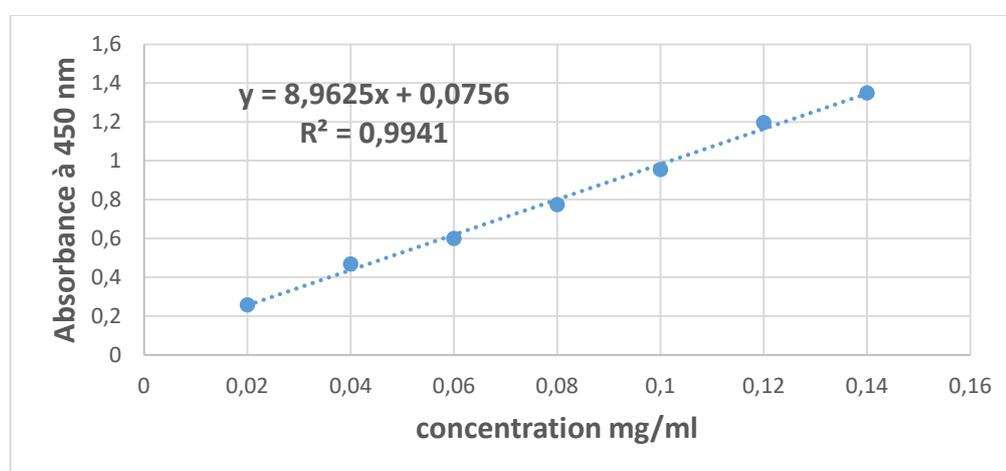
**Annexe 1 : Différents appareils utilisées**



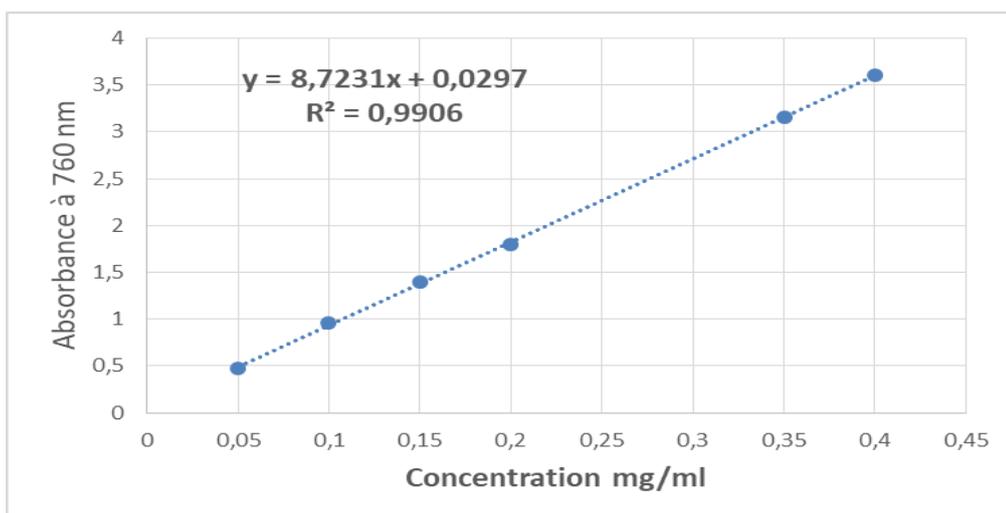
**Annexe 2 : Extraits bruts des polysaccharides des dattes**



**Annexe 3 :** Courbe d'étalonnage des oses totaux (glucose)



**Annexe 4 :** Courbe d'étalonnage des oses neutres (glucose)



**Annexe 5 :** Courbe d'étalonnage des polyphénols totaux (acide gallique)

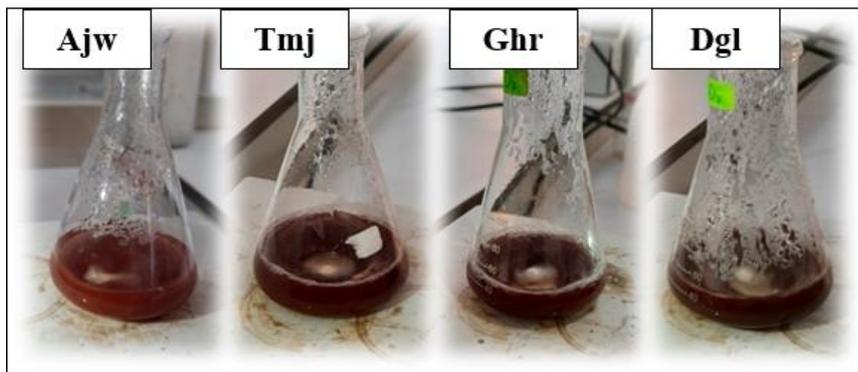
## Annexe 6

Les sucres réducteurs :

- **Etalonnage**

❖ Introduire dans un Erlenmeyer :

- 10ml de solution de Fehling A ;
- 10ml de solution de Fehling B ;
- 30ml d'eau distillée.



**Annexe 7** : Photo représente les précipités des solutions des extraits après la réduction par la liqueur de fehling