



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

Université des Frères Mentouri Constantine جامعة الإخوة منتوري قسنطينة

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie كلية علوم الطبيعة و الحياة

قسم الكيمياء الحيوية والبيولوجيا الخلوية والجزيئية

Département : Biochimie et Biologie Cellulaire et Moléculaire

Mémoire présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master 2

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Alimentaires

Spécialité : Biochimie de la Nutrition

Intitulé :

---

**Evaluation *In vitro* de l'activité anti-oxydante, antidiabétique et anti-inflammatoire d'une variété de dattes sèches Algériennes (*Phoenix dactylifera* L.)**

---

Présenté et soutenu par: <sup>Mlle</sup> CHABANE Romaiassa

Le : 20/09/2020

<sup>Mlle</sup> KERMICHE Rahil

Jury d'évaluation :

Présidente: <sup>Mme</sup> MOUSSAOUI S. Maitre de conférences«B» UFM-Constantine 1

Rapporteur : <sup>Mme</sup> DJAALAB I. Maitre de conférences «B» Institut des sciences vétérinaires UFM1

Co-rapporteur : <sup>M<sup>s</sup></sup> SMADI A. Chercheur vétérinaire Centre de Recherche en Biotechnologie Cne

Examinatrice : <sup>Mme</sup> MANSOUR H. Maitre de conférences «A» Institut des sciences vétérinaires UFM1

*Année universitaire*  
2019 - 2020

## **Remerciements**

*Tout d'abord, nos remerciements les plus sincères s'adressent à **ALLAH**, le tout-puissant, qui a fait de nous ce que nous sommes aujourd'hui et nous a donné le courage et la santé pour achever ce travail.*

*Nous exprimons toutes nos gratitudee à notre encadreur **Mme DJAALAB Imen**, Maître de conférences B à l'institut des sciences vétérinaires El khroub pour les orientations, les encouragements et les fructueux conseils dans le suivi de ce travail.*

*Nous voudrions également remercier notre Co-encadreur **Mr SMADI Adnane** Chercheur vétérinaire et Chef du laboratoire de production animale (CRBt) pour les efforts qu'il a déployé pour nous au sein de son laboratoire.*

*Nous remercions très sincèrement **Mme MOUSSAOUI Samira** Maître de conférences B à la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie d'avoir présidé le jury de notre soutenance ainsi que **Mme MANSOUR Hadria** Maître de conférences A à l'institut des sciences vétérinaires El khroub d'avoir examiné notre travail.*

*Nous remercionsaussi tous les ingénieurs des différents laboratoires du centre de recherche en biotechnologie CRBt qui nous ont aidés dans l'accomplissement de ce modeste travail.*

*Au final, nous remercions toute personne ayant contribué de près ou de loin pour l'aboutissement de ce travail.*

## ***Dédicaces***

*Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, le dévouement et le respect que j'ai toujours eu pour vous mes parents **Hocine** et **Zleikha**, vous m'avez donné la meilleure éducation, vous m'avez toujours encouragé et motivé dans mes études. Ce travail est le fruit de vos sacrifices.*

*À ma deuxième maman **Bariza**, aucune dédicace ne saurait être assez éloquente pour exprimer ce que tu mérites pour tous les sacrifices consentis durant mon enfance et même à l'âge adulte.*

*Que DIEU te protège et te garde en bonne santé.*

*À mes très chers frères: **Aymen** et **Mouad***

*À mes très chères copines, amis, cousines, camarades et sœurs: **Ahlem**, **Aya**,  
**Dalel**, **Houda**, **Imen**, **Ines**, **Islem**, **Meriem**,  
Mon binôme **Romeissa** et ma petite **Ouijdane**.*

*Je ne peux trouver les mots justes et sincères pour vous exprimer mes pensées et mon affection fraternelles*

*A toute ma grande famille **KERMICHE***

***KERMICHE Rahil***

## ***Dédicaces***

*Avec la générosité et l'aide d'ALLAH le majestueux qui m'a donné la patience, le courage et la santé, j'ai pu réaliser ce modeste travail que je dédie*

*À ce lui qui ne cesse de se sacrifier pour moi, à ma fierté et mon bonheur, à mon très cher père **Farhat**. Merci pour ta patience, tes encouragements et tes orientations durant toutes mes années d'études.*

*Que Dieu te donne une longue et joyeuse vie.*

*À celle qui m'a donné la tendresse, l'amour et la confiance. À la source de mes efforts, à ma très chère maman **Moufida**. Avec un énorme plaisir et une immense joie, je dédie ce travail à toi maman pour ta permanente présence à mes cotés et ton soutien moral tout au long de ma vie.*

*Que Dieu te donne une longue et joyeuse vie.*

*À mes chers frères **Khaled** et **Zinou** et mon unique petite-sœur **Aya**.*

*À mon cher fiancé **Housseem** que je remercie pour son soutien et sa patience, ainsi à tous les membres de sa famille.*

*À mon cher oncle **Azize** et mes très chères cousines **Rym** et **Wiam** ainsi qu'à mon binôme **Rahil**.*

*À toute ma grande famille **CHABANE***

***CHABANE Romaiassa***

## SOMMAIRE

Remerciment

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des équations

INTRODUCTION ..... 1

### *ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE*

#### CHAPITRE I : Palmier dattier *Phoénix dactylifera* L

<b>I. Généralité sur palmier dattier</b> .....	<b>5</b>
I.1 Historique et étymologie.....	<b>6</b>
I.2 Position systématique.....	<b>7</b>
I.3 Répartition géographique et production de datte .....	<b>7</b>
I.3.1 Répartition et production dans le monde.....	<b>8</b>
I.3.2 Répartition et production en Algérie.....	<b>9</b>
I.4 Morphologie du palmier dattier ( <i>Phoénix dactylifera</i> L).....	<b>10</b>
I.4.1 Système racinaire ou radiculaire.....	<b>10</b>
I.4.2 Système végétatif.....	<b>11</b>
I.4.2.1 Tronc ou stipe.....	<b>11</b>
I.4.2.2 Le rejet.....	<b>11</b>
I.4.2.3 Bulbe .....	<b>11</b>
I.4.2.4 Gourmand.....	<b>11</b>
I.4.2.5 Feuilles ou palmes.....	<b>12</b>
I.4.3 Système floral et reproduction.....	<b>12</b>
I.5 Pathologie du palmier dattier.....	<b>13</b>

<b>II. Les fruits (la datte)</b> .....	<b>14</b>
II.1 Définition.....	<b>14</b>
II.2 Les stades de la maturation de la datte.....	<b>15</b>
II.2.1 Stade Habbabouk .....	<b>15</b>
II.2.2 Stade kimri.....	<b>15</b>
II.2.3 Stade kalal (Bser).....	<b>15</b>
II.2.4 Stade Routab.....	<b>16</b>
II.2.5 Stade tamar.....	<b>16</b>
II.3 Classification des dattes.....	<b>16</b>
II.3.1 Dattes molles.....	<b>16</b>
II.3.2 Dattes demi-molles.....	<b>17</b>
II.3.3 Dattes sèches.....	<b>17</b>
II.3.4 Dattes déclassés (Rebuts de dattes).....	<b>17</b>
II.4 Composition biochimique de la datte .....	<b>18</b>
II.4.1 Composition biochimique de la partie comestible "Pulpe".....	<b>18</b>
II.4.1.1 L'eau.....	<b>18</b>
II.4.1.2 Les sucres.....	<b>19</b>
II.4.1.3 Les fibres .....	<b>19</b>
II.4.1.4 Les protéines et les acides aminés .....	<b>19</b>
II.4.1.5 Les lipides .....	<b>20</b>
II.4.1.6 Les éléments minéraux.....	<b>20</b>
II.4.1.7 Les vitamines.....	<b>21</b>
II.4.2 Composition biochimique de la partie non comestible "Noyau".....	<b>21</b>
II.4.2.1 La matière grasse.....	<b>22</b>
II.4.2.2 Les fibres.....	<b>22</b>

II.4.2.3 Les cendres ou éléments minéraux.....	23
II.4.2.4 Les protéines.....	23
II.4.2.5 Les vitamines.....	23
II.5 Valeur nutritionnelle de la datte.....	23
II.6 Propriétés pharmacologiques des dattes.....	24
II. 7 Impact économique des déchets des dattes.....	24

## **CHAPITRE II : Phytochimie et activités biologiques de la datte**

<b>I. Les métabolites secondaires.....</b>	<b>26</b>
I.1 Les composés phénoliques.....	26
I.1.1 Les flavonoïdes.....	26
I.1.2 Les non-flavonoïdes.....	27
I.1.2.1 Acides hydroxy benzoïques (HBA).....	27
I.1.2.2 Acides hydroxy cinnamiques (HCA).....	28
I.1.3 Les caroténoïdes.....	29
I.1.4 Les tanins.....	30
<b>II. Le stress oxydant.....</b>	<b>30</b>
II.1 Les radicaux libres.....	31
<b>III. Les activités biologiques de <i>Phoenix dactylifera</i> L.....</b>	<b>32</b>
III.1 L'activité anti-oxydante.....	32
III.1.1 Mise en évidence de l'activité anti-radicalaire.....	32
III.1.1.1 Activité anti-radicalaire au DPPH.....	32
III.1.1.2 Activité du piégeage du cation radical ABTS <sup>+</sup> .....	33
III.1.1.3 Activité de réduction du complexe Cuivre-Néocuproïne.....	34
III.2 Activité enzymatique.....	35

III.2.1	Evaluation de l'activité antidiabétique.....	35
III.2.1.1	Définition de l'enzyme alpha amylase.....	36
III.2.1.2	Inhibition de l'alpha amylase.....	36
III.2.2	Evaluation de l'activité Anti-inflammatoire <i>in vitro</i> .....	37
III.2.2.1	Définition de l'inflammation.....	37
III.2.2.2	Les anti-inflammatoires.....	37
III.2.2.2.1	Les anti-inflammatoires non stéroïdiens (AINS).....	37
III.2.2.2.2	Anti-inflammatoires stéroïdiens.....	38
III.2.2.2.3	Les anti-inflammatoires naturels.....	38
III.2.2.3	Principe de l'activité anti inflammatoire <i>in vitro</i> .....	38
III.3	Autres activités biologiques de <i>Phoenix dactylifera</i> L.....	39

## **ETUDE EXPERIMENTALE**

### **Chapitre III : Matériels et Méthodes**

<b>I.</b>	<b>Matériel végétal.....</b>	<b>42</b>
I.1	Broyage et tamisage.....	43
<b>II.</b>	<b>Méthodes d'extraction.....</b>	<b>43</b>
II.1	Macération et extraction.....	43
II.1.1	Extraction solide-liquide.....	43
II.1.2	Extraction liquide-liquide.....	45
<b>III.</b>	<b>Activités biologiques de <i>Phoenix dactylifera</i> L.....</b>	<b>48</b>
III.1	Détermination du contenu total en polyphénols et en flavonoïdes.....	48
III.1.1	Contenu total phénolique (TPC).....	48
III.1.2	Contenu total flavonoïque (TFC).....	49
III.2	Activité anti-oxydante.....	50
III.2.1	Activité anti radicalaire au DPPH.....	50

III.2.2	Activité du piégeage du cation radical ABTS <sup>•+</sup> .....	50
III.2.3	Activité de réduction du complexe cuivre-néocuproïne (CUPRAC).....	51
III.3	Activité enzymatique.....	52
III.3.1	Evaluation de l'activité antidiabétique.....	52
III.3.2	Activité anti-inflammatoire ( <i>in vitro</i> ).....	53
IV.	<b>Analyses statistiques</b> .....	54
<b>CHAPITRE IV : Résultats et Discussion</b>		
I.	<b>Le rendement de l'extraction de <i>Phoenix dactylifera</i> L</b> .....	56
II.	<b>Détermination du contenu total en polyphénols et la teneur des flavonoïdes</b> .....	58
II.1	Dosage des polyphénols par la méthode de Folin-Ciocalteu (FCR).....	58
II.2	Dosage des flavonoïdes par la méthode de trichlorure d'aluminium.....	59
III.	<b>Les activités biologiques</b> .....	65
III .1	Les activitésantioxydantes.....	65
III .1.1	Activité anti-radicalaire au DPPH.....	65
III.1.2	Activité du piégeage du cation radical ABTS.....	69
III.1.3	Activité de réduction du complexe cuivre-neocuproïne (CUPRAC).....	73
III .2	Activité enzymatique.....	77
III .2.1	Evaluation de l'activité antidiabétique.....	77
III .2.1.1	Inhibition de l'alpha amylase.....	77
III .3	Evaluation de l'activité anti-inflammatoire <i>in vitro</i> .....	81
<b>CONCLUSION ET PERSPECTIVES</b> .....		86
<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES</b> .....		89
<b>ANNEXES</b> .....		104
<b>RESUME</b>		

## LISTE DES ABREVIATIONS

**A<sub>0.5</sub>** : Concentration indiquant 0,50 d'absorbance

**ABTS** : Sel d'ammonium de l'acide 2,2'-azinobis-(3-éthylbenzothiazoline-6-sulfonique)

**AcOEt** : Acétate d'éthyl

**A-E** : acétate d'éthyle

**Al** : Aluminium

**BHA** : Butylhydroxyanisole

**BHT** : Butylhydroxytoluène

**BSA** : Bovine sérum albumen

**°C** : Degré Celsius

**CI<sub>50</sub>** : Concentration d'inhibition à 50%

**Cm** : Centimètre

**CUPRAC** : Complexe cuivre- néocuproïne

**DPPH** :  $\alpha,\alpha$ -diphényl- $\beta$ -picrylhydrazyl

**E-D** : éther di-éthylique

**EAG** : Équivalent de l'acide gallique

**EQ** : Équivalent de la quercétine

**FCR** : Folin-Ciocalteu

**g**: Gramme

**H**: Heure

**Kg** : Kilogramme

**m**: Mètre

**M** : Molaire

**MEC** : Méthyléthyl cétone

**MeOH** : Méthanol

**mg** : Milligramme

**min** : Minute

**ml** : Millilitre

**mM** : Millimolaire

**MM** : Masse molaire

**N** : Noyau

**mmol** : Millimole

**Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>** : Carbonate de sodium

**nm** : Nanomètre

**P** : Pulpe

**P+N** : Pulpe et Noyau de rebuts de dattes

**pH**: Potentiel hydrogène

**ppm** : Partie par million

**s** : Seconde

**SD** : Standard de déviation

**SM** : Solution mère

**TFC** : Contenu total en flavonoïdes

**TPC** : Contenu total en polyphénols

**U** : Unité

**µg** : Microgramme

**µl** : Microlitre

**µmol** : Micromole

**v** : Volume

## LISTE DES FIGURES

Figure	Titre	Page
1	Palmier dattier ( <i>Phoenix dactylifera</i> L).....	05
2	Distribution géographique du palmier dattier dans le monde.....	08
3	Les différents types de racine du palmier dattier <i>Phoénix dactylifera</i> L.....	10
4	Présentation schématique d'un palmier dattier.....	13
5	La morphologie de la graine du palmier dattier.....	14
6	Les différents stades de maturation des dattes.....	16
7	Quelques variétés de dattes.....	18
8	Coupe d'une datte et du noyau.....	22
9	Classes distinctes des flavonoïdes.....	27
10	Les acides hydroxybenzoïques identifiés dans les dattes.....	28
11	Les acides hydroxycinnamiques identifiés dans les dattes.....	29
12	les Caroténoïdes identifiés dans les dattes.....	29
13	Les tanins non hydrolysables identifiés dans les dattes.....	30
14	Déséquilibre Antioxydant /Oxydant.....	31
15	Réduction du DPPH par un antioxydant.....	33
16	Formation et piégeage du radical ABTS <sup>•+</sup> par un antioxydant donneur de H <sup>•</sup> .....	34
17	Réduction du complexe chromogène de Cu <sup>+2</sup> - Nc <sub>2</sub> .....	35
18	Représentation schématique de la structure de l'alpha amylase.....	37
19	Echantillon de rebuts de dattes récolté dans la région d'Oued-Souf.....	42
20	Séchage et broyage des rebuts de dattes.....	43
21	Macération et agitation à froid (A) suivi par la filtration sur papier wattman (B).....	44
22	Evaporation des solutions macérées à l'aide de l'évaporateur rotatif.....	44
23	Macération des échantillons dans un bain à ultrason (Grant).....	45
24	Affrontement des extraits avec les solvants organiques.....	46

25	Déshydratation des extraits bruts et des phases à l'aide de l'azote gazeux.....	46
26	Protocole d'extraction des différentes parties de <i>Phoenix dactylifera</i> L (pulpes, noyaux et dattes entières).....	47
27	Uneplaque descriptive (96 puits) pour l'activité antidiabétique.....	53
28	La courbe d'étalonnage de l'acide gallique.....	59
29	La courbe d'étalonnage de la quercétine.....	59
30	Plaque de dosage des polyphénols (TPC) des extraits des rebuts des dattes de <i>Phoenix dactylifera</i> L.....	60
31	Plaque de dosage des flavonoïdes (TFC) des extraits des rebuts des dattes de <i>Phoenix dactylifera</i> L.....	60
32	Teneur en composés phénolique des différents extraits de rebuts de dattes de la plante <i>Phoenix dactylifera</i> L.....	62
33	Teneur en flavonoïdes de différents extraits de rebuts de dattes de la plante <i>Phoenix dactylifera</i> L.....	62
34	Plaques de dosage de l'activité anti radicalaire (DPPH) des extraits bruts et des Phases des rebuts de dattes de <i>Phoenix dactylifera</i> L.....	66
35	Valeurs des CI <sub>50</sub> du test DPPH pour les extraits bruts et les phases des rebuts des dattes de <i>Phoenix dactylifera</i> L.....	68
36	Plaques de dosage de l'activité anti radicalaire (ABTS) des extraits des rebuts de dattes de <i>Phoenix dactylifera</i> L.....	70
37	Valeurs des CI <sub>50</sub> du test ABTS pour les extraits bruts et fractions des rebuts de dattes de la plante <i>Phoenix dactylifera</i> L.....	72
38	Plaques de dosage de l'activité anti radicalaire (CUPRAC) des extraits des rebuts des dattes de <i>Phoenix dactylifera</i> L.....	74
39	Valeurs des A <sub>0,50</sub> du test CUPRAC pour les extraits des extraits des rebuts des dattes de <i>Phoenix dactylifera</i> L.....	76
40	Les plaques de dosage de l'activité anti diabétique (inhibition d'alpha-amylase) des extraits des rebuts des dattes de <i>Phoenix dactylifera</i> L.....	78
41	Inhibition de l'α-amylase par les extraits des rebuts de dattes de <i>Phoenix dactylifera</i> L.....	79

<b>42</b>	Une présentation des tubes à essais de dosage de l'activité anti inflammatoire (la dénaturation du Bovine sérum albumine (BSA)) par les deux extraits (N brut et P+N brut) des rebuts de dattes de <i>Phoenix dactylifera</i> L.....	<b>81</b>
<b>43</b>	la dénaturation du Bovine sérum albumine (BSA) par les extraits des rebuts des dattes de la plante <i>Phoenix dactylifera</i> L.....	<b>82</b>

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau	Titre	Page
1	La position systématique du <i>Phoenix dactylifera</i> L.....	07
2	Production de dattes dans le monde.....	09
3	Teneur en sucres de quelques variétés de dattes algériennes de la région Zibans (% de matière sèche).....	19
4	Teneur en acides aminés de la chair de datte de variété khodari (mg / 100 g sec poids).....	20
5	Teneur en minéraux de la pulpe de dattes de la variété Trunjav.....	21
6	Pourcentage de L'acide gras dans les noyaux.....	22
7	Les dilutions de la gamme d'étalon de l'acide gallique.....	48
8	Les dilutions de la gamme d'étalon de la Quercétine.....	49
9	Rendement des extraits bruts du fruit de <i>Phoenix dactylifera</i> L.....	57
10	Rendement des fractions récoltéesdes différentes parties de <i>Phoenix dactylifera</i> L.....	57
11	Le contenu total en polyphénols et la teneur des flavonoïdes des extraits des déchets des fruits de <i>Phoenix dactylifera</i> L de différentes phases.....	61
12	Inhibition du radical DPPH par les extraits des rebuts des dattes de <i>Phoenix dactylifera</i> L .....	67
13	Inhibition du cation radical ABTSpar les extraits des rebuts des dattes de <i>Phoenix dactylifera</i> L.....	71
14	Réduction du complexe néocoproïne par la méthode CUPRAC des extraits des rebuts des dattes de <i>Phoenix dactylifera</i> L.....	75
15	Inhibition de l' $\alpha$ -amylase par les extraits des rebuts des dattes de <i>Phoenix dactylifera</i> L.....	79
16	Pourcentage d'inhibition de la dénaturation de Bovine sérum albumine (BSA).....	82

## LISTE DES EQUATIONS

Equation	Titre	Page
1	Pourcentage d'inhibition du DPPH.....	50
2	Pourcentage d'inhibition d'ABTS.....	51
3	Pourcentage d'inhibition de l' $\alpha$ -amylase.....	52
4	Pourcentage d'inhibition de BSA.....	54
5	Rendement d'extraction.....	56
6	Equation de la courbe d'étalonnage de l'acide Gallique.....	58
7	Equation de la courbe d'étalonnage de la Quercétine.....	59

# ***INTRODUCTION***

## INTRODUCTION

Les différents composés des plantes offrent une vaste source de molécules qui présentent différents effets dans l'homéostasie humaine. Ils ont été largement reconnus comme une source très importante de la plupart des composants actifs et efficaces (**Lorenzi et Matos, 2000**).

La situation géographique et les caractéristiques climatiques de l'Algérie fournissent une variété de plantes qui atteignent plus de 3000 espèces végétales (**Sánchez et al., 2019**).

Le Sahara Algérien, le cœur du pays, étendu sur trois quarts de la surface totale, avec son riche patrimoine en palmiers dattiers, permet au pays d'occuper le 4<sup>ème</sup> rang mondiale producteur de dattes avec 789 357 tonnes (**FAO, 2010**) et le 1<sup>er</sup> producteur de l'union du Maghreb arabe (**FAO, 2012**). La production Algérienne en dattes compte plus de 13 millions de palmiers et 940 cultivars (**Hannachi et al., 1998**).

Le fruit du palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L) est pour les populations sahariennes un fruit providentiel doté d'une charge culturelle, nutritionnelle et santé sans équivalent. Ce fruit est considéré comme un aliment de base et peut servir à l'élaboration de produits alimentaires de grande valeur énergétique et diététique (**Benchelah et al., 2008 ; Munier, 1973**).

Ces dernières années, plusieurs travaux sont consacrés aux propriétés physicochimiques et médicinales de la datté. Quelques auteurs évoquent de multiples transformations technologiques et biologiques susceptibles d'ajouter de la valeur à ces propriétés intrinsèques, en termes de praticité et de fonctionnalités. L'utilisation des dattes communes se base sur la production de pâte, de jus, de miel, de farine et de confiture de dattes (**Belguedj et al., 2008**).

De plus, les noyaux de dattes peuvent être destinés à l'alimentation du bétail, la fabrication du pain, l'extraction de polysaccharides, la fabrication du charbon actif et d'autres utilisations pharmacologiques, cosmétologiques et en médecine traditionnelle (**El gasim et al., 1995 ; Addoun et al., 2000 ; Al-Qarawi et al., 2005 ; Chaira et al., 2007 ; Jassim et Naji, 2007**).

Les rebuts de dattes ou Hachef sont le résultat de triage après la récolte représentant 25% de la production dattières annuelle (**Chahma et longo, 2001**). Ces dattes sèches restent très mal exploitées et toujours d'une façon traditionnelle (**Genin et al., 2001 ; Meradi et al., 2016**). Ces sous-produits du palmier se sont révélés riches en différentes

substances biochimiques et minérales de haute valeur (fibres diététiques, protéines, polyphénols et matières grasses) douée de propriétés antioxydantes et anti radicalaires (**Abdel Nabey, 1999 ; Djouab, 2007 ; Lecheb, 2010**).

Ces dattes déclassées peuvent faire l'objet de plusieurs formulations alimentaires et/ou non alimentaires, ce qui permet de leur trouver de sérieux débouchés, ainsi une préservation de l'environnement oasien représenté par son patrimoine phoenicicole (**Djaalab et al., 2016**).

Afin de valoriser notre flore oasienne Algérienne, source potentielle de molécules naturelles bioactives, nous inscrivons notre présent travail qui se propose d'approfondir les connaissances sur l'espèce botanique *Phoenix dactylifera* L jouissant de grandes propriétés pharmacodynamiques. Pour cela, nous nous sommes fixés comme principaux axes :

- L'étude phytochimique des rebuts des dattes : noyau, pulpe et datte entière.
- L'évaluation *In vitro* de l'activité anti-oxydante, antidiabétique et anti-inflammatoire des extraits des trois parties du fruit de *Phoenix dactylifera* L. de variété « Hachef ».

Avant de développer cette partie expérimentale, nous avons présenté succinctement quelques données bibliographiques concernant la répartition, la morphologie du fruit du palmier dattier, son intérêt pharmacologique, nutritionnel et commercial. Les différents composés biochimiques et phénoliques contenu dans la datte. Et enfin, nous avons développé plus amplement le pouvoir antioxydant, antidiabétique et anti-inflammatoire de ce sous-produit.

# *Etude bibliographique*

# Chapitre I :

## ***LA DATTE ET LE PALMIER DATTIER***

***Phoenix dactylifera L***

## CHAPITRE 1

### LA DATTE ET LE PALMIER DATTIER (*Phoenix dactylifera* L)

#### I. Généralité sur palmier dattier

Le palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L) est une plante importante pour les populations vivant au Sahara Algérien (Mansouri et al., 2005). C'est l'une des plantes les plus anciennes cultivées dans le Sud-ouest d'Asie et en Afrique du Nord (Al-Alawi et al., 2017). Le palmier dattier a joué un rôle important dans la vie quotidienne des gens depuis 7000 ans (Ahmed et al., 1995). C'est le pivot de l'agriculture oasienne, il offre une gamme de sous-produits agricoles et assure la principale ressource pour l'alimentation et la finance des oasiens (Benchelah et al., 2008). Dans les wilayas sahariennes de l'Algérie, on estime le nombre à 10 millions de palmiers dattiers dont 76% palmiers productifs donnant une production annuelle de 270000 tonnes de dattes dont 45% de Deglet Nour (Figure 01) (Chahma et Longo, 2001).



Figure 01: Palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L)

Cette plante est une espèce très importante dans les zones arides et semi-arides. Le palmier joue un rôle social, environnemental et économique (Briones et al., 2011) qui fournit non seulement des dattes comme nourriture pour l'homme et les animaux, mais aussi un grand nombre de productions diverses qui sont très utiles (Djerbi, 1991).

Le palmier dattier est une plante dioïque à reproduction allogame, les palmiers mâles sont appelés communément « Dokkars » ou pollinisateurs et les palmiers femelles sont appelés « Nakhla ». Ses dokkars se multiplient aussi bien par semis de graines (noyaux), que par plantations des rejets (djebbars). La multiplication par noyaux ne reproduit pas fidèlement la « variété » dont il est issu, on obtient en moyenne par semis de noyaux 50% de sujets mâles et 50% de sujets femelles (**Buelguedj, 2007**).

La multiplication se fait donc par le rejet qui reproduit intégralement les caractéristiques du pied mère (sexe, qualité des fruits) et le gourmand ou Roukab (branche secondaire) qui se développe en haut sur le tronc ou sur les stipes (**Chaibi et al., 2002**). Le pollen du palmier dattier peut être utilisée comme complément alimentaire qui favorise la fertilité masculine (contre impuissance chez l'homme) et féminine (traitement de stérilité chez la femme) mais aussi augmente les capacités du système de défense immunitaire (**Hazem et Hassan, 2011**).

### I.1 Historique et étymologie

Le palmier dattier a été dénommé *Phoenix dactylifera* L par Linné en 1734 (**Abdallah, 1990**). Le terme *Phoenix* proviendrait du nom de dattier chez les Grecs de l'Antiquité qui le considéraient comme l'arbre des Phéniciens et *dactylifera* signifier doigt, en raison de la forme du fruit vient de latin *dactylus* dérivant du grec *dactylis* (**Absi, 2013**).

Cette plante a longtemps été l'une des cultures fruitières les plus importantes dans les régions arides de la péninsule arabique, de l'Afrique du Nord et du Moyen-Orient. Au cours des trois derniers siècles, les dattes ont également été introduites dans des nouvelles zones de production en Australie, Inde, Pakistan, Mexique, Sud Afrique, Amérique du Sud et États-Unis. Les dattes sont l'une des plus anciennes cultures fruitières connues et sont cultivées en Afrique du Nord et au Moyen-Orient depuis au moins 5000 ans (**Zohary et Hopf, 2000**).

Le premier enregistrement de la recherche irakienne montre que la culture des dattes a probablement été établie dès 3000 ans avant notre ère. En raison de la longue histoire de la culture des dattes et de la large distribution et des échanges de cultivars de dattes, l'origine exacte des dattes est inconnue. Elles proviennent très probablement de l'ancienne région de la Mésopotamie (Sud de l'Irak) ou de l'Ouest de l'Inde (**Wrigley, 1995**).

Depuis son centre d'origine, la culture des dattes s'est répandue à travers la péninsule arabique, l'Afrique du Nord et le Moyen-Orient. La culture de la datte s'était apparemment répandue en Égypte au milieu du deuxième millénaire avant Jésus Chris. La propagation de la

culture des dattes a ensuite accompagné l'expansion de l'islam et atteint le sud de l'Espagne et du Pakistan. Les Espagnols ont été les premiers à introduire des palmiers dattiers en dehors de la péninsule arabique, de l'Afrique du Nord, du Moyen-Orient et de l'Asie du Sud, en les transportant en Amérique (Nixon, 1951).

## I.2 Position systématique

Le palmier dattier est une plante monocotylédone qui est considérée parmi les espèces les plus importantes dans la famille des *Arecaceae* (*Palmae*), qui regroupe environ 200 genres et plus de 2500 espèces. Le genre *Phoenix* comprend 14 espèces réparties dans les régions tropicales et subtropicales de l'Ancien monde (Govarets et al., 2005 ; Henderson, 2009 ; Jainet al., 2011). Cette classification botanique du palmier dattier est donnée par Djerbi (1994) et Jain et al. (2011) dans le tableau suivant :

Tableau 01 : La position systématique du *Phoenix dactylifera* L.

<b>Groupe:</b>	<i>Spadiciflore. S</i>
<b>Embranchement:</b>	<i>Angiospermes</i>
<b>Classe:</b>	<i>Monocotylédones</i>
<b>Ordre:</b>	<i>Palmales</i>
<b>Famille:</b>	<i>Palmae</i>
<b>Sous-famille</b>	<i>Coryphinées</i>
<b>Tribu:</b>	<i>Phoenixaceae</i>
<b>Genre:</b>	<i>Phoenix</i>
<b>Espèce:</b>	<i>Phoenix dactylifera</i> L.

## I.3 Répartition géographique et production de datte

Le palmier dattier est une espèce connue pour sa capacité d'adaptation aux conditions très sévères, des régions chaude et sèches (Ghazi et sahraoui, 2005). Cette espèce est localisée dans les zones arides et semi-arides du globe (Briones et al., 2011).

### I.3.1 Répartition et production dans le monde

Le nombre de dattiers existant dans le monde est estimé à plus de 100 millions de palmiers. Sa répartition fait ressortir que l'Asie est en première position avec 60 millions de palmiers dattiers (Arabie Saoudite, Bahreïn, Émirats Arabes Unis, Iran, Irak, Koweït, Oman, Pakistan, Turkménistan et Yémen). L'Afrique vient en deuxième position avec 32.5 millions de palmiers dattiers (figure 02) (Algérie, Egypte, Libye, Mali, Maroc, Mauritanie, Niger, Somalie, Soudan, Tchad et Tunisie) (Aberlenc et Bertossi, 2012).



**Figure 02:** Distribution géographique du palmier dattier dans le monde  
(Sakina, 2013)

La production mondiale de dattes est évaluée à 7,20 millions de tonnes dont environ 70% sont générés par les pays arabes et en petites quantités en Espagne et au Mexique. L'Égypte étant le premier pays producteur mondial de dattes avec environ 1502000 tonnes et 21 % de la production mondiale comme (tableau 02) (FAO, 2015).

Tableau 02 : La production des dattes dans le monde (FAO, 2015)

Production en tonnes. Chiffres 2015		
Données de FAOSTAT (FAO) <sup>6</sup>		
 Égypte	1 501 799	21 %
 Iran	1 083 720	15 %
 Arabie saoudite	1 065 032	15 %
 Algérie	848 199	12 %
 Irak	676 111	9 %
 Pakistan	526 749	7 %
 Oman	269 000	4 %
 Émirats arabes unis	245 000	3 %
 Tunisie	195 000	3 %
 Libye	174 040	2 %
 Chine	150 000	2 %
 Maroc	107 611	1 %
Autres pays	347 528	5 %
<b>Total</b>	<b>7 189 789</b>	<b>100 %</b>

### I.3.2 Répartition et production en Algérie

En Algérie, les palmeraies commencent au Sud de l'Atlas saharien par les palmeraies de Biskra à l'Est, celles du M'Zab au centre et celles du Bni-Ounif à l'Ouest. La superficie occupée par le palmier dattier couvre 103.129 ha, qui diffère d'une wilaya à une autre. La superficie la plus importante concerne les wilayas de Biskra et d'El-Oued atteignant toutes les deux 53.533ha (52%), donc plus de la moitié de la superficie totale du pays occupée par le palmier dattier (MADR, 2013).

Selon les statistiques publiées par l'organisation arabe de développement agricole (AOAD, 2010), l'Algérie est le deuxième producteur de dattes dans la région arabe avec une production annuelle oscillant entre 550 et 600 000 tonnes. L'Algérie suit l'Égypte en tête de liste avec une production totale d'un million de tonnes par an et 12,1 palmiers.

L'Algérie occupe une position de leader au Maghreb il semble que la qualité des dattes algériennes soit la meilleure. La production des dattes remonte à l'économie algérienne à l'équivalent de 20 à 25 millions de dollars. Avec cette production, l'Algérie est parmi les huit plus grands producteurs de dattes au monde. Les statistiques indiquent des niveaux de

productivité importants dans la ville de Biskra, qui compte plus de 4 millions de palmiers, dont 60% (2,5 millions) sont des dattes de variété "Deglet Nour" (Laid, 2015).

#### I.4 Morphologie du palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L)

Le palmier dattier est considéré comme une herbe géante pour ses caractéristiques morphologiques et sa hauteur qui peut atteindre 10 à 30 m. On distingue quatre parties anatomiques : les racines (système racinaire), le stipe et feuilles (système végétatif) et l'appareil reproducteur (Abbouna et Nechachbi, 2017).

##### I.4.1 Système racinaire ou radicaire

Ce système racinaire est de type fasciculé disposé en faisceaux de racines très peu ou pas ramifiées, qui sont tous liés au système vasculaire au niveau de la base du stipe. Leur développement dépend du mode de culture, des caractéristiques physico-chimiques du sol, de la profondeur de la nappe phréatique et aussi du cultivar (Figure 3) (Daher, 2010).

On distingue trois types de racines selon leur profondeur et leur fonction :

➤ *Les racines respiratoires :*

- les racines aériennes adventives de 0 à 150 cm au-dessus du sol
- les racines de la couche superficielle du sol de 0 à -20cm (Bougedoura, 1991).

➤ *Les racines nutritives :* entre 20 cm à 1 m (Peyron, 2000).

➤ *Les racines d'absorption :* les racines de profondeur de 1 m à 17 m (Peyron, 2000).

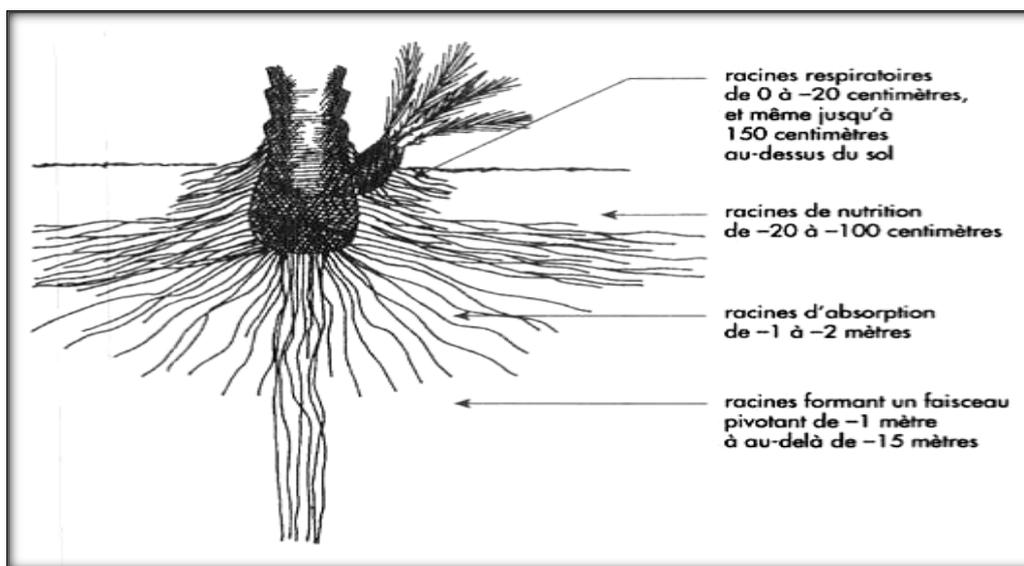


Figure 03 : Les différents types de racine du palmier dattier *Phoenix dactylifera* L (Peyron, 2000)

### **I.4.2 Système végétatif**

L'appareil végétatif est composé de plusieurs parties : le tronc ou stipe, le rejet, le bulbe, le gourmand et les feuilles ou palmes.

#### **I.4.2.1 Tronc ou stipe**

Le palmier dattier est une plante arborescente à tronc monopodique de forme généralement cylindrique uniforme, certains cultivars peuvent cependant avoir un tronc de forme relativement tronconique et pouvant se rétrécir en fonction des mauvaises conditions d'entretien, des maladies, des insectes et aussi avec l'âge. Le tronc porte le nom de tige ou stipe. Ce dernier a un port élancé, de couleur brune, lignifié et non ramifié. Il est doté dans sa partie coronaire d'un simple bourgeon terminal ou zone de croissance en longueur (**Djerbi, 1994**).

Ce stipe est atteint 30 à 40 m de long et l'élongation est d'environ 20 à 30 cm par an. Cette élongation est continue grâce à l'activité du méristème apical et le diamètre du stipe dépend des facteurs écologiques (**Bouguedoura, 1991 ; Hussein et al., 1979**).

#### **I.4.2.2 Le rejet**

C'est une jeune pousse du végétal qu'il est possible de planter pour obtenir un nouveau palmier. Celui-ci sera choisi par l'homme parmi une sélection des meilleurs palmiers (**Sbiai, 2011**).

#### **I.4.2.3 Bulbe**

Se situant à la base du stipe, le bulbe constitue la réserve du palmier. De là part les systèmes racinaires d'où émergent les racines primaires courtes de moins d'un mètre et celles longues de plus de 20 mètres (**Sbiai, 2011**).

#### **I.4.2.4 Gourmand**

Un gourmand est une branche secondaire qui se développe sur la branche principale d'une plante. Il faut généralement les supprimer car comme leur nom l'indique, ils sont gourmands et épuisent inutilement la plante (**Sbiai, 2011**).

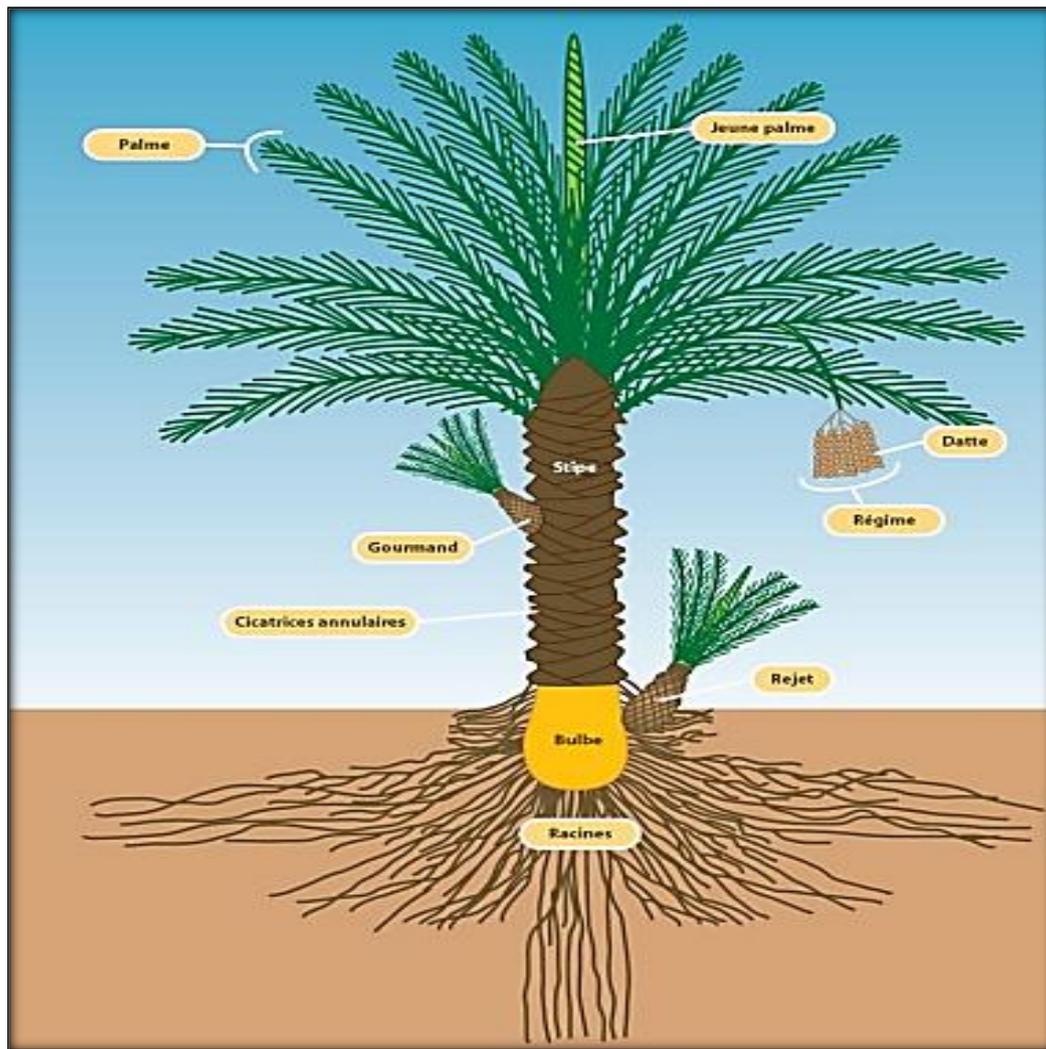
#### I.4.2.5 Feuilles ou palmes

Les palmes sont des feuilles composées, pennées plus ou moins longues, souples et flexibles en fonction des cultivars et des conditions de culture. Leur nombre est d'environ 70 palmes, disposées en spirale (**Mazaliak, 1981**). Elles sont longues de 4 à 7 mètres. La jeune palme est enroulée pendant toute sa croissance comme les brins d'herbe ou les feuilles de bambous. Par contre, les feuilles âgées peuvent rester contre le stipe quelques mois voire plusieurs années avant de tomber. L'ensemble des feuilles au sommet du stipe est appelé couronne ; elle peut faire de 6 à 10 mètres d'envergure (**Sbiai, 2011**).

#### I.4.3 Système floral et reproduction

L'appareil de reproduction du palmier dattier comporte les inflorescences (les spathes) et les fleurs. En général tous les arbres dioïques et précisément les *Phoenix*, les deux sexes étant séparés parce qu'il existe des pieds mâles donnant du pollen et pieds femelles produisant des fruits (les dattes) (**Peyron, 2000**). Les inflorescences mâles ou femelles, qui représentent les organes de reproduction, sont portées par des palmiers différents ont une forme de grappes d'épis protégés par une bractée ligneuse close et fusiforme. Ces inflorescences sont de couleur vert-jaunâtre et sont formées à partir de bourgeons développés à l'aisselle des palmes (**Moulay, 2003**).

Les fleurs du palmier dattier sont pratiquement sessiles et sans pédoncule. Elles sont portées par un axe charnu, la hampe ou spadice. Ce dernier est enveloppé dans une grande bractée membraneuse close appelée spathe. Les spathes sont de forme allongée d'une manière très générale et elles sont plus courtes et plus renflée chez les palmiers mâles (figure 04) (**Peyron, 2000**).



**Figure 04** : Présentation schématique d'un palmier dattier (Rouai et Zouzou, 2017).

### I.5 Pathologie du palmier dattier

Le palmier dattier se caractérise par sa nature particulière avec ses exigences climatiques qui font de l'environnement oasien un environnement caractérisé par la présence de nombreuses maladies qui affectent cette espèce et ces fruits, causées par des insectes, des acariens et d'autres ravageurs (Munier, 1973).

Les pathologies du palmier entraînent soit la mort du palmier, soit des symptômes particuliers avec une baisse ou une perte totale de la production. Les scientifiques ont classé ces pathologies en : maladies à ravageurs ou prédateurs, maladies physiologiques, maladies cryptogamiques à champignons, bactéries et ou virus (Djerbi et Bounaga, 1990).

Parmi les maladies cryptogamiques, le bayoud (*Fusarium*) est la maladie la plus grave du palmier dattier, causée par *Fusariumoxysporum* (Bougedoura, 1991). Cette maladie a commencé en Algérie en 1898 à Beni Ounif à cause des apports de rejets ou d'autres matériaux contaminés à partir des oasis frontalières marocaines (Dubost, 1972). Actuellement la maladie a gagné la région du M'zab et les zones du Sud-Est où sont concentrées les plus grandes palmeraies avec la variété Deglet-Nour (Idder, 1992).

Il existe, également, d'autres maladies telles que la pourriture des inflorescences (le Khamedj) causée par un champignon appelé *Mauginiellascaettae* qui se développe au printemps au moment où les températures commencent à s'adoucir. Cette maladie est caractérisée au début par l'apparition d'une ou deux tâches de brûlures ou brunes à la surface externe des spathes fermées (Djerbi, 1986 ; Bounaga et Djerbi, 1990 ; Dakhia et al., 2013). La pourriture de cœur (Le blaât) qui est due à *Phytophthora sp.* Cette maladie se caractérise par un blanchissement des palmes du cœur et par une pourriture humide à progression rapide et la pourriture des fruits qui est due à plusieurs espèces cryptogamiques tels qu'*Alternariasp* et *Cladosporiumsp* (Djerbi, 1988).

## II. Les fruits (la datte)

### II. 1 Définition

La datte, fruit du palmier dattier, est une baie oblongue dont la pulpe, épaisse et charnue, est recouverte d'une fine pellicule. Elle renferme une seule graine, très dure, plus ou moins volumineuse, qu'on évoque le plus souvent comme noyau (figure 05). Même à maturité, la couleur de ce fruit est variable, elle va du jaune doré au rouge sombre presque noir. Le poids de la datte varie de 10 à 20 g (Benchelaha et Maka., 2008). Les dimensions de ce fruit sont très variables, de 2 à 8 cm de longueur selon les variétés. (Djerbi, 1994).

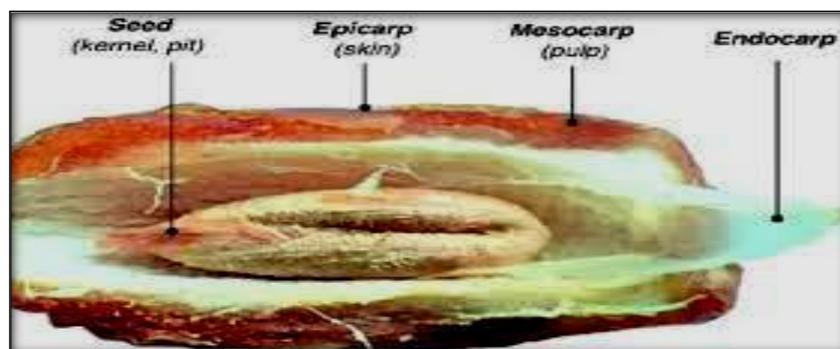


Figure 05 : La morphologie de la graine du palmier dattier (Ghnimi et al., 2017).

## II.2 Les stades de la maturation de la datte

De nombreux changements affectent la datte au cours de son développement (changements interne ou externe, la couleur, la composition chimique...). La maturation du fruit du palmier dattier comprend cinq stades : le stade Habbabouk, le stade Kimri, le stade Kalal, le stade Routabe et le stade Tamar (**Dawson, 1973 ; Munier, 1973 ; Akidi, 1987 ; Ipigri, 2005**).

### II.2.1 Stade Habbabouk

Ce stade est juste après la pollinisation. Il est caractérisé par une croissance lente qui dure environ quatre à cinq semaines, durant la quelle la datte a une couleur crème et une forme sphérique.

### II.2.2 Stade kimri

Ce stade dure sept à quatorze semaines. Le fruit commence son développement, grossit (changement de volume et poids) et prend une couleur vert, c'est la phase la plus longue de l'évolution des dattes. Ce stade compose de deux phases (**rygg, 1946**) :

La première phase est caractériser par :

- L'accroissement rapide du poids et du volume.
- L'accumulation des sucres réducteurs.
- Une acidité et un taux d'humidité élevés.

La deuxième phase est caractérisée par :(le contraire de la première phase)

- L'accroissement moins rapide du poids et du volume.
- La baisse du taux d'accumulation des sucres réducteurs.
- Une diminution légère de l'acidité et de l'humidité.

### II.2.3 Stade kalal (Bser)

Ce stade dure six semaines, la couleur change du vert au jaune rouge (selon la variété). Durant cette période, le fruit prend le poids et la taille maximum (Taille final). Les caractères de ce stade :

- Augmentation rapide de la teneur en sucre totaux et du saccharose.
- Augmentation rapide de la matière solide.
- La décroissance de l'acidité réelle et le taux d'humidité (**booij et al., 1992**).

### II.2.4 Stade Routab

Ce stade dure deux à quatre semaines où les points d'amollissement apparaissent, ce changement commence par la partie supérieure du fruit (**bakkaye, 2006**). La datte alors devient translucide de couleur presque noire (sa couleur passe du jaune de chrome à une couleur presque noire). A ce stade, les tannins se précipitent, sous la peau, sous forme insoluble. A ce moment, la datte devient molle et perd son astringence (**booij et al., 1992**).

### II.2.5 Stade tamar

La peau adhère à la pulpe et la couleur de cette dernière et de l'épiderme fonce progressivement (**Dawson et Aten, 1963**). C'est l'étape finale de la maturation du fruit où il perd presque tout son eau ce qui donne un rapport (sucre /eau) élevé (Figure 6) (**booij et al., 1992**).

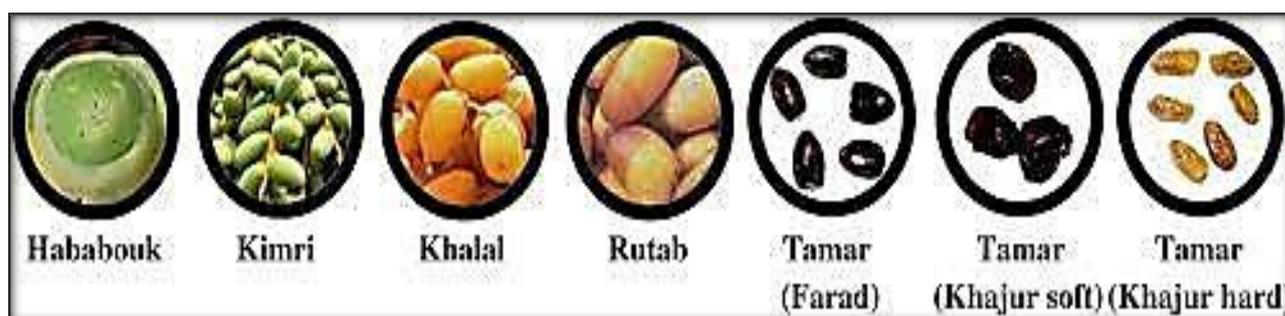


Figure 06 : Les différents stades de maturation des dattes (**Manjshwar et al., 2011**)

## II.3 Classification des dattes

La classification de la datte est basée sur le degré de maturité de ce fruit, qui est lui-même en fonction de sa teneur en eau (**hussein et al., 1974**). Donc, on distingue trois catégories classées et un quatrième déclassé :

### II.3.1 Dattes molles

Ces fruits sont de couleur foncée et de texture tendre avec un poids de 8,81g. Ces fruits renferment des teneurs élevées en sucres totaux, en sucres réducteurs et en glucose. C'est le cas de cultivar Ghars (**Sayah et Ould el hadjm, 2010**). Le taux d'humidité est supérieure ou égale 30% (**booij et al., 1992**).

### II.3.2 Dattes demi-molles

Ce sont de couleur foncée et de texture fibreuse avec un poids 10,97 g. Ces fruits riches en sucre réducteurs .C'est le cas de Deglet-Nour (**Sayah et Ould el hadjm, 2010**). Le taux d'humidité varie de 20 à 30% (**booij et al., 1992**).

### II.3.3 Dattes sèches

Les dattes sèches ne passent pas par le stade Routab, elles ont une couleur claire, une texture dure et un aspect farineux. Cette catégorie pèse environ 6,69g. Ces fruits présentent une teneur relativement élevée en saccharose. C'est le cas du cultivar Mech-Degla (**Sayah et Ould el hadjm, 2010**). Le taux d'humidité moins de 20% (**booij et al., 1992**).

### II.3.4 Dattes déclassés (rebuts de dattes)

Ce sont des dattes de mauvaise qualité, de faible valeur marchande, impropres à la consommation humaine soit du fait de leur faible qualité gustative, soit du fait de leur texture dure (**Estanove, 1990**). Les rebuts de dattes sont le résultat de triage après la récolte, représentent 25 % de la production dattier annuelle (**Chahma et longo, 2001**).

#### ▪ Catégories de rebuts de dattes

Ces rebuts sont composés par une grande gamme de catégories, représentés principalement par (**Maatallah, 1970 cité par Boudechiche, 2009**) :

- **M'soussa**: la véreuse, datte attaquée par l'*Ectomyclois*;
- **Kehla**: datte noire ayant été oxydée ;
- **Belha**: datte tardive immature ;
- **Bouferoua**: datte attaquée par le Boufaroua, *Oligonychusafrasiaticus*;
- **Mentoucha Mengouba**: attaquée par les oiseaux et d'autres rongeurs ;
- **Malbouza**: datte écrasée ;
- **Hachef**: datte déshydratée ;
- **Sich**: datte non fécondée.

Les deux dernières catégories de rebuts de dattes représentent la gamme la plus importante du point de vue tonnage et qui sont liées directement au manque d'eau d'irrigation pour le Hachef et à la mauvaise qualité ou l'indisponibilité du «Dokar» (pollen) pour le rebut Sich (**Chehma et al., 2000**).



Figure 07 :Quelque variété des dattes

#### II.4 Composition biochimique de la datte

Dans l'alimentation humaine, les dattes prennent une grande importance à cause de leur contenu riche en protéines, en sels, des minéraux, des fibres alimentaires, des acides gras et des acides aminés (Chandrasekaran et Bahkali, 2013).

##### II.4.1 Composition biochimique de la partie comestible "Pulpe"

La pulpe des dattes présente un pourcentage en poids de 82,79 % du fruit entier, quant aux deux tissus (brun et blanc), ils représentent respectivement 42,16 et 57,84 % du poids total de la pulpe. La partie comestible de la datte est composée biochimiquement de:

##### II.4.1.1 L'eau

En 2015, Sultana et al ont démontré que la teneur en eau varie de 13,2 à 14,1% du poids du fruit frais. L'humidité est un facteur influençant la détérioration de cet aliment. De plus, les différentes variétés de dattes sont classées en fonction de la teneur en eau.

### II.4.1.2 Les sucres

Le contenu en sucre est un composant nutritif important qui fournit de l'énergie aux cellules du corps humain, ce composant est prédominant dans la datte. La teneur du sucre de la chair des dattes varié généralement entre 51,8 et 55 % (Sultana et al., 2015). Les polysaccharides dans la pulpe des dattes sont constitués de xylose, d'arabinose, de glucose et de galactose (Hegazi, 1971). La teneur en sucres de quelques variétés des dattes est représentée dans le tableau suivant :

**Tableau 03:** Teneur en sucres de quelques variétés de dattes algériennes de la région Zibans, en % de matière sèche (Acourene et al., 2001)

Variétés	Saccharose	Sucres réducteurs
<b>Ghars</b>	5.0	82.12
<b>Tantboucht</b>	0.90	78.80
<b>Deglet-Ziane</b>	2.45	81.45
<b>Ltima</b>	4.29	73.40
<b>Safraia</b>	1.31	77.61
<b>Mech-Degla</b>	52.40	20.00
<b>Kenta</b>	40.55	36.80

### II.4.1.3 Les fibres

Les pulpes sont riches en fibre brute ou cellulose brute et contiennent 6.05 à 6.09% (Eman, 2015). Cette teneur varie selon le cultivar et le stade de maturation des dattes (Saada, 2012). Pour les dattes de faible qualité utilisées à des fins industrielles (comme les rebuts de dattes) contiennent jusqu'à 10% de fibre brute (Al-Farsi, 2008).

### II.4.1.4 Les protéines et les acides aminés

Les dattes ne sont pas une bonne source de protéines, elle présente un taux qui diffère selon les variétés allant de 1,72 à 4,73% du poids de la pulpe (Eman, 2015).

Le tableau suivant renseigne sur la teneur de certains acides aminés essentiels contenu dans les dattes et qui peuvent contribuer à l'alimentation humaine avec une haute qualité (Salem et Hegazi., 1971)

**Tableau 04** : Teneur en acides aminés de la chair de datte de variété khodari (mg / 100 g sec poids)  
(Eman, 2015)

Acide aminés	Teneur de la pulpe (mg/100)
Alanine	104
Arginine	56
Acide aspartique	147
Cystéine	36
Acide glutamique	232
Glycocolle	102
Histidine	9
Isoleucine	55
Leucine	100
Lysine	60
Méthionine	21
Phénylalanine	56
Proline	97
Sérine	57
Thréonine	50
Tryptophane	–
Tyrosine	40
Valine	78

#### II.4.1.5 Les lipides

La chair de la datte contient peu de matière grasse, leur taux varie entre 0.12 et 0.72% (Eman, 2015). Les lipides jouent un rôle plus physiologique que nutritionnel ; ce rôle est traduit par la protection du fruit (Barreveld, 1993).

#### II.4.1.6 Les éléments minéraux

La teneur en cendres totales dans les dattes varie de 2,13 à 2,18 % (Sultana et al., 2015). Les dattes contiennent au moins 15 minéraux, parmi ces minéraux ; le potassium qui est le plus abondant avec une teneur de 460-680 mg% et le sodium qui est le plus faible (0,6 à 1,0 mg%) (tableau 05) (Al-Shahib, 2003). Ainsi, les dattes sont également une source essentielle

de fer et d'oligo-éléments tels que le zinc, le manganèse, le cuivre, le chrome (Sultana et al., 2015).

**Tableau 05** : Teneur en minéraux de la pulpe de dattes de la variété Trunjav (Sultana et al., 2015)

Les minéraux	Teneur en minéraux
Potassium (mg%)	860
Calcium (mg%)	60
Phosphore (mg%)	55
Magnésium (mg%)	53
fer (mg%)	1,9
cuivre (mg%)	0,35
Manganèse (mg%)	1,1
Zinc (mg%)	0,72
Sélénium (mg%)	0,22
Sodium (mg%)	1

#### II.4.1.7 Les vitamines

D'après Al-Shahib (2003), les dattes sont de bonnes sources de vitamines et contiennent au moins six vitamines. La datte renferme une teneur en vitamine A variant de 0,7 à 1,2 mg% et en vitamine C de 0,7 à 0,9 mg%.

#### II.4.2 Composition biochimique de la partie non comestible "Noyau"

Le noyau représente 10 à 30% du poids de la datte (Hussein et al., 1998). Le noyau est entouré d'un endocarpe parcheminé. Le noyau est de forme allongée, plus ou moins volumineux lisse ou pourvu de protubérances latérales en arêtes ou ailettes, un sillon ventral, avec un embryon dorsal, sa consistance est dure et cornée (Figure 8) (Dammak et al., 2007).

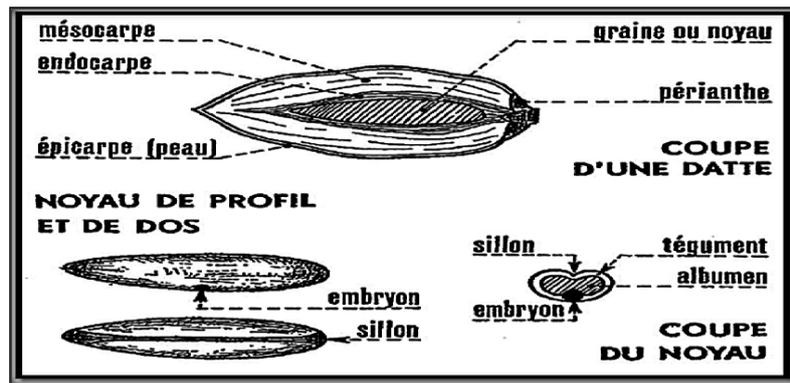


Figure 08 : Coupe d'une datte et du noyau (Munier, 1973).

Plusieurs études démontrées que le noyau contient des composés biochimiques plus importants parmi ces composés :

#### II.4.2.1 La matière grasse

Selon les données analytiques de **Mahmud et al en 2017**, les noyaux contiennent 8,69 % de matière grasse ; ces différents acides gras contenus dans le noyau sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau 06 : Pourcentage de acide gras dans les noyaux (Nehdi et al., 2010)

Acide gras	Teneur en %
Acide oléique	40,93%
Acide linoléique	19%
Acide laurique	10%
Acide palmitique	10%

#### II.4.2.2 Les fibres

Les fibres brutes sont le composant prédominant dans le noyau des dattes avec pourcentage de 66,24% (**Mahmud et al., 2017**). Selon l'**American Association of Cereal Chemists** cité par **mahmud et al en 2017**, les fibres alimentaires sont définies comme les parties comestibles des plantes. Aussi appelées des glucides analogues qui sont résistants à la digestion et à l'absorption dans l'intestin grêle humain avec une fermentation complète ou partielle dans le gros intestin. Par conséquent, les noyaux des dattes ont été proposés pour être

utilisés comme un complément alimentaire à base de fibres alternative au café sans caféine et ingrédient pour l'alimentation animale.

#### II.4.2.3 Les cendres ou éléments minéraux

Selon l'étude réalisée par **Mahmud et al en 2017**, la teneur en cendres des dattes est de 0.86%, cette teneur ne peut être négligée car elle identifie l'existence de composés inorganiques (minéraux) sous forme de sels et d'oxydes dans ce fruit (**Khalid et al., 2016**).

En **2017**, l'analyse des éléments minéraux réalisée par **Mahmud et al** démontre que le potassium est le minéral le plus présent dans le noyau de dattes (2,39%), suivi par ordre décroissant du magnésium, le phosphore, le calcium et dernièrement le sodium.

#### II.4.2.4 Les protéines

Les grains des dattes contiennent également des protéines. Dans l'étude de **Mahmud et al en 2017**, la teneur en protéine est de 5.25%. La composition en acides aminés d'une protéine est importante en termes de valeur nutritionnelle. Le noyau de dattes contient sept à dix acides aminés parmi lesquels l'acide glutamique est l'acide aminé le plus abondant avec un pourcentage de 17,83% suivi de l'acide aspartique (7,34 % -8,39%), la leucine (5,24% -5,5%) et la glycine (4,2% -4,5%) (**Bouaziz et al., 2008**).

#### II.4.2.5 Les vitamines

Les vitamines sont des nutriments essentiels pour maintenir la santé humaine. Plusieurs études démontrent que le noyau de dattes possède une quantité intéressante en vitamines. **Mahmud et al en 2017** affirme que la vitamine B<sub>5</sub> est présente dans les noyaux de dattes à des concentrations élevés suivi par la vitamine B<sub>3</sub>, la vitamine B<sub>12</sub> et la vitamine E.

### II.5 Valeur nutritionnelle de la datte

La valeur nutritive des dattes et ses bienfaits pour la santé sont bien connus dans le monde entier en raison de leur richesse en nutriments de haut niveau et de leurs propriétés favorisant la santé optimale. Les fruits du palmier dattier sont l'un des fruits les plus populaires regorgeant d'une liste impressionnante de nutriments essentiels, de vitamines et de minéraux nécessaires à la croissance. Les dattes sont la source de sucre naturel comme le glucose, le fructose et le saccharose qui fournissent au corps une énergie instantanée (**Sultana, 2015**).

## **II.6 Propriétés pharmacologiques des dattes**

Les recherches phytochimiques affirment que les dattes contiennent des substances phytochimiques bioactifs qui leurs confèrent des propriétés pharmacologiques. Le fruit du palmier dattier possède un piègeur de radicaux libres donc dispose d'un pouvoir antioxydant bénéficie des propriétés antimutagène, antimicrobien, anti-inflammatoire, gastro-protecteur, Ce fruit joui d'activités hépato-protectrices, néphroprotectrices, anticancéreuses et immunostimulantes. En plus de l'usage alimentaire des dattes, ces co-produits du palmier dattier présentent une valeur médicinale importante et sont largement utilisé pour traiter une variété de maladies dans les divers systèmes traditionnels de médecine (**Chandrasekaran et Bahkali, 2013**).

## **II.7 Impact économique des déchets des dattes**

En Algérie, le patrimoine phoenicicoles est souvent négligé pour d'autres activités plus rentables, il est donc intéressant maintenant que les recherches se focalisent sur des utilisations autres que la consommation traditionnelle de dattes, telles que la transformation des dattes de qualité commerciale modeste et de déchets de dattes par des procédés biotechnologiques simples qui répondrait parfaitement aux besoins socio-économiques du pays, alors que les régions phoenicicoles devraient attirer de nombreux investisseurs, ces derniers peuvent attirer beaucoup de profits et en même temps contribuer au développement de l'économie nationale (**Kaidi et Touzi, 2001**).

Les déchets de dattes constituent un substrat de choix pour la mise au point de substances à forte valeur En outre, vu la faisabilité et la simplicité de mise en place d'une telle industrie qui permettrait de réduire le chômage, d'améliorer le niveau de vie et de contribuer à l'augmentation des revenus des agriculteurs, ainsi que de réduire la dépendance économique du pays vis-à-vis des étrangers (**Kaidi et Touzi, 2001**).

# Chapitre II:

PHYTOCHIMIE ET ACTIVITES BIOLOGIQUES  
DE LA DATTE

## CHAPITRE II

### PHYTOCHIMIE ET ACTIVITES BIOLOGIQUES DE LA DATTE

#### I. Les métabolites secondaires

Les métabolites secondaires (MS) se trouvent dans toutes les parties des plantes supérieures, ils sont distribués différemment d'une plante à l'autre selon leurs rôles qui sont responsables des fonctions périphériques indirectement essentielles à la vie de ces plantes (**Hartmann, 2007**). Les métabolites secondaires sont classés en plusieurs groupes : les composés phénoliques, les terpènes et les alcaloïdes. Chaque classe renferme une très grande diversité de composés qui possèdent une très large gamme d'activités en biologie humaine (**Krief, 2003**).

Les constituants actifs du fruit de la datte *Phoenix dactylifera* L sont constitués d'acides phénoliques qui sont des dérivés de l'acide cinnamique, l'acide caféique et de l'acide vanillique ainsi que des constituants de flavonoïdes composés principalement de proanthocyanidines, de glycosides flavonoïdes et des anthocyanes (**Al-Farsi et al., 2005; Mansouri et al., 2005 ; Hong et al., 2006**).

##### I.1 Les composés phénoliques

Les composés phénoliques ou les polyphénols (PP) sont des métabolites secondaires qui sont divisés en flavonoïdes et non flavonoïdes (**Amiour et al., 2014**). La teneur en phénols et en polyphénols des dattes sont variées avec le cultivar, les stades de croissance et de développement, la santé et l'exposition des fruits de dattes à l'environnement et aux parasites (**El Hadrami et al., 2011**) .

##### I.1.1 Les flavonoïdes

Les flavonoïdes partagent un squelette carboné commun de diphenylpropanes ou deux cycles benzéniques reliés par une chaîne linéaire à trois carbones (Figure 9) (**Fang et al., 2002**). Parmi ces composés, on dénombre : les flavonols, les flavones, les anthocyanidines et les isoflavones . Les flavanones et flavones se trouvent généralement ensemble dans les fruits et sont liés par des enzymes spécifiques. Par contre, les flavones et les flavonols sont rarement retrouvés ensemble. Par ailleurs, les anthocyanes sont également absents dans les plantes riches en flavanones (**Carocho et Ferreira, 2013**).

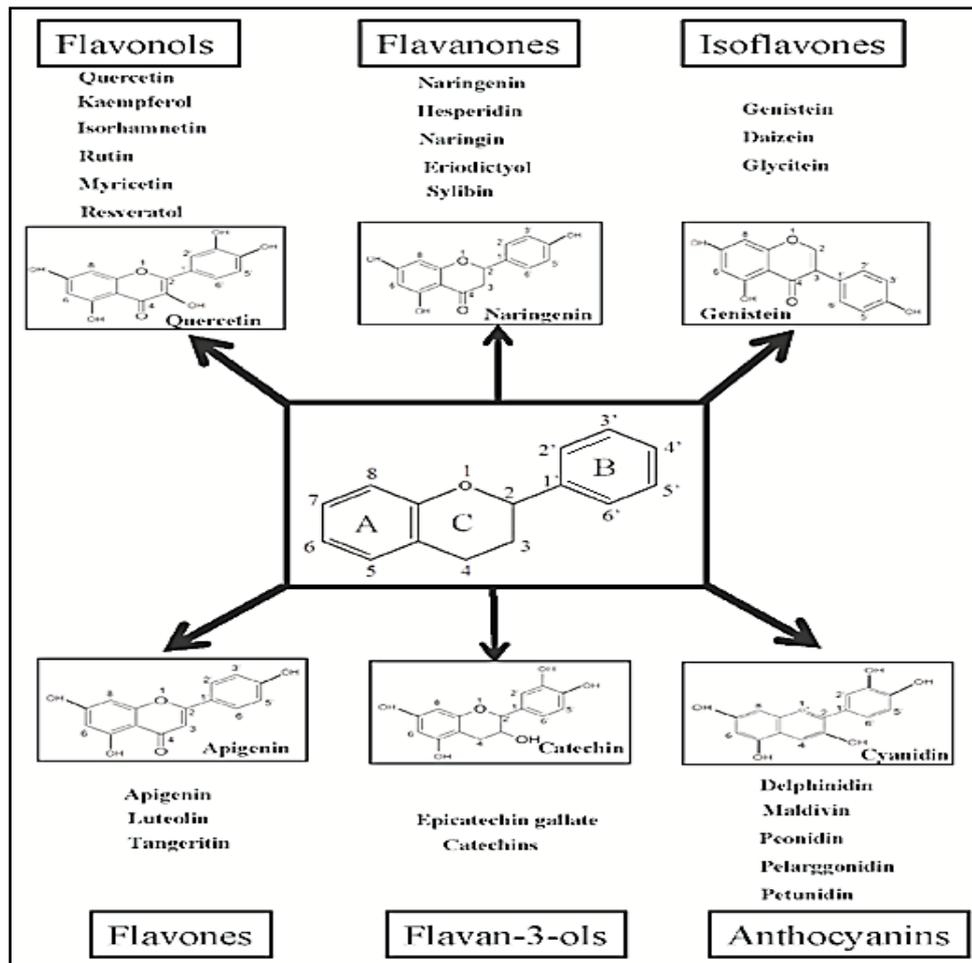


Figure 09: Classes distinctes des flavonoïdes (Kawser et al., 2016)

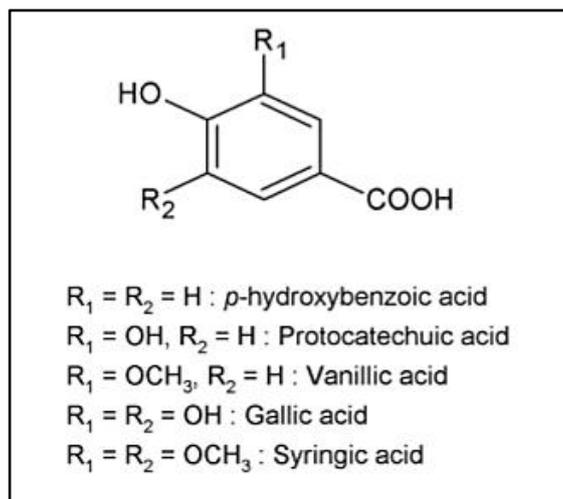
### I.1.2 Les non-flavonoïdes

Les non-flavonoïdes comprennent les acides phénoliques qui sont divisés en dérivés des acides benzoïques et en dérivés de l'acide cinnamique (El Hadrami et al., 2011). Les polyphénols de la datte sont subdivisés en deux classes primaires sont :

#### I.1.2.1 Acides hydroxy benzoïques (HBA)

Les acides hydroxy benzoïques dérivent directement de l'acide benzoïque, leur variation structurale est le résultat des hydroxylations et des méthyloxylation du cycle aromatique (Taleb et al., 2016). Les acides benzoïques sont souvent liés de manière covalente aux composants structuraux de la paroi cellulaire tels que la lignine et la cellulose (Figure 10). A cet effet, ils sont souvent présents sous forme liée les rendant ainsi insolubles (Acosta-Estrada et al., 2014).

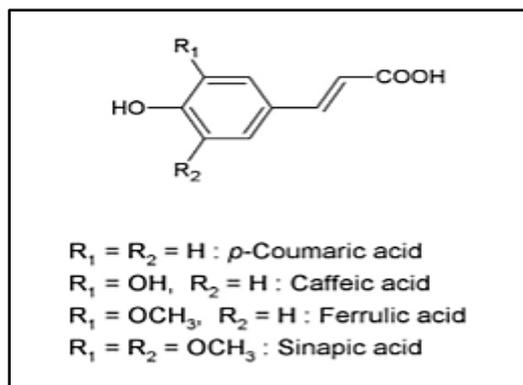
La teneur en HBA est généralement faible dans les dattes, constituant ainsi environ 24% des composés phénoliques totaux (Acosta-Estrada et al., 2014). Les HBA les plus courants identifiés dans les fruits de *Phoenix dactylifera* L sont l'acide p-hydroxybenzoïque, vanillique, syringique, protocatéchuïque et gallique (Taleb et al., 2016).



**Figure 10** : les Acideshydroxy-benzoïques identifiés dans les dattes (Taleb et al., 2016).

### I.1.2.2 Acides hydroxy cinnamiques (HCA)

Les acides hydroxy-cinnamiques sont dérivés de l'acide cinnamique et sont présents sous forme combinée de quatre molécules de base: l'acides p-coumariques, caféique, férulique, et sinapique (Figure 11) (Taleb et al., 2016). Les dattes affichant une teneur élevée en acide férulique et p-coumarique libre (Abbès et al., 2013). L'acide caféique est le HCA, le plus abondant présent dans les dattes, se situant en moyenne à 10 mg / 100 g (Vayalil, 2012).

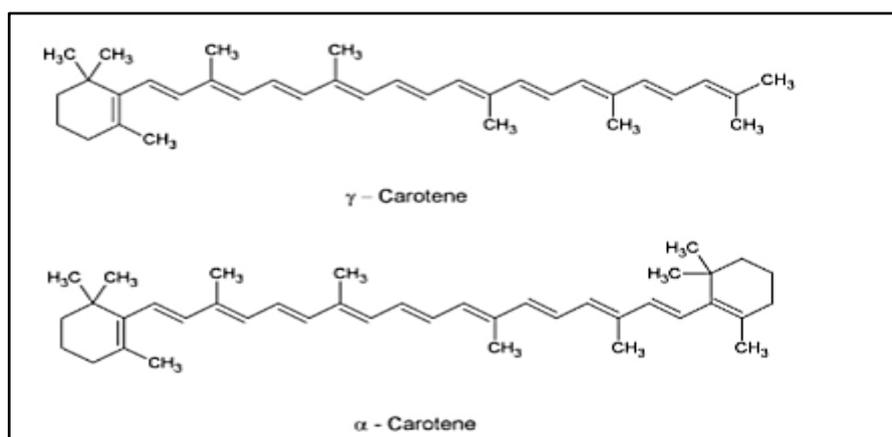


**Figure 11:** Les acides hydroxycinnamiques identifiés dans les dattes (Taleb et al., 2016).

### I.1.3 Les caroténoïdes

Les caroténoïdes sont des pigments naturels liposolubles qui donnent de la couleur aux plantes (Baliga et al., 2011). Ils sont biosynthésés par les plantes, les champignons et les bactéries (El-Hadrami et al., 2011).

Les fruits de datte sont une source modérée de caroténoïdes, ces derniers varient en fonction du stade de maturation de la datte et du type de cultivar (Al-Farsi et Lee, 2008; Vayalil, 2012). La lutéine, le  $\beta$ -carotène et la néoxanthine sont les principaux caroténoïdes de la datte (Figure 12) (Taleb et al., 2016). Les dattes pigmentées en jaune sont riches en acides gras  $\alpha$ -carotène,  $\beta$ -carotène et caroténol. En revanche, les dattes pigmentées en rouge contiennent le lycopène, le neurosporène, le  $\gamma$ -carotène et le  $\delta$ -carotène (caroténoïdes hydrocarbonés) (Gross et al., 1983).



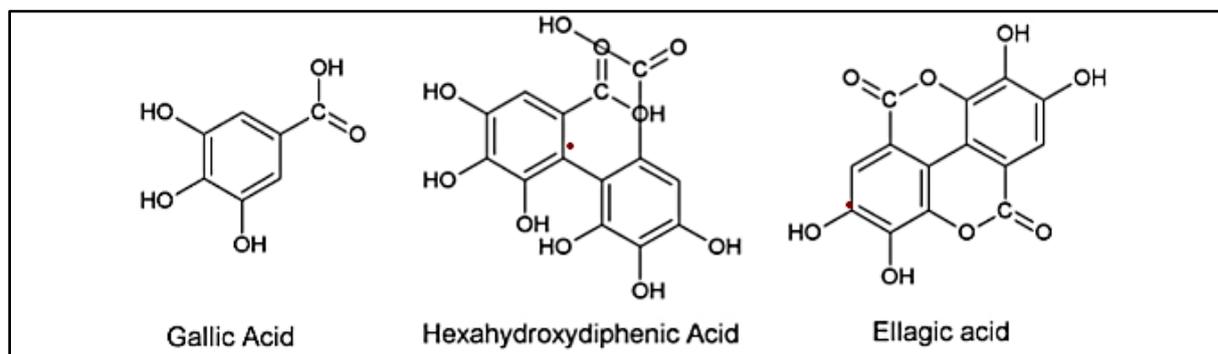
**Figure 12 :** Les caroténoïdes identifiés dans les dattes (Taleb et al., 2016)

### I.1.4 Les tanins

Les tanins sont des polyphénols végétaux qui fonctionnent pour précipiter les protéines des milieux aqueux (**Hammouda et al., 2013**). Ils sont subdivisés en fonction de leur structure, à savoir ; tanins hydrolysables et tanins non hydrolysables ou tanins condensés.

Les tanins hydrolysables sont des polyphénols complexes qui peuvent être dégradés en sucres et en acides phénoliques dans des conditions hydrolytiques. Les tanins non hydrolysables sont également appelés proanthocyanidines ou tanins condensés, possèdent la structure générale du flavane-3-ols polymérisé dans lequel les liaisons flavane sont le plus souvent C-4 à C-8 (**Hammouda et al., 2013**).

Les dattes et leurs fruits intermédiaires sont riches en tanins, mais la transformation et le stockage des aliments ont influencé cette teneur (**Martin-Sanchez et al., 2014**). D'après **Al-Harhi et al. (2015)**, la teneur en tanins diminue lorsque la teneur totale en phénols augmente ; Cette diminution de la teneur en tanins serait probablement due à leur dégradation pendant la maturation des fruits en raison d'enzymes et/ou d'un traitement mécanique (Figure 13).



**Figure 13** : Les tanins non hydrolysables identifiés dans les dattes (**Taleb et al., 2016**).

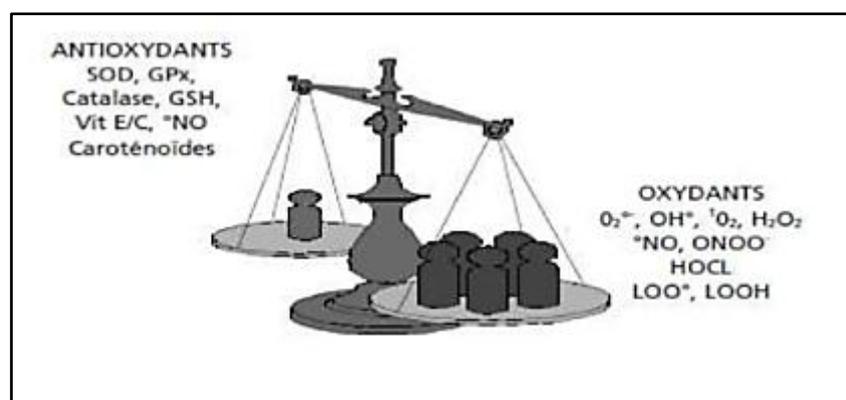
Certaines propriétés anti-oxydantes des composés phénoliques proviennent de leur capacité à perdre un proton et à dis-muter les radicaux libres (**Aksoy et al., 2013**). D'autres auteurs ont attribué un effet antimicrobien, anti-inflammatoire, anticarcinogène et antiviral aux composés phénoliques (**Amiour et al., 2014**).

## II. Le stress oxydant

Le stress oxydant correspond à un déséquilibre entre la génération d'espèces oxygénées activées (EOA) et les défenses anti-oxydantes de l'organisme (Figure 14). Parmi les causes de

stress oxydant ; notre mode de vie (tabagisme, alcoolisme, obésité, exercice physique intense...) mais aussi nos mauvaises habitudes alimentaires, l'augmentent de façon anormale la production des EOA dans notre organisme (**Haleng et al, 2007**).

Ceci qui déclenche des lésions des molécules biologiques tel que l'oxydation de l'ADN, des protéines, des lipides, des glucides et des lésions secondaires dues au caractère cytotoxique et mutagène des métabolites libérés lors de l'oxydation des lipides (**Favier, 2003 ; Koechlin, 2006 ; Colas, 2010 ; Bennamara, 2017**). Ces lésions moléculaires provoquent avec le temps des pathologies nombreuses comme l'athérosclérose, le cancer, les maladies inflammatoires et l'infertilité masculine (**Ait baziz et Chemali, 2017**).



**Figure 14:** Déséquilibre Antioxydant/Oxydant (Nasri et Hadje Brahim, 2014).

## II.1 Les radicaux libres

Les radicaux libres (RL) sont des atomes, des molécules ou des ions (dérivent de l'oxygène, l'azote et du soufre) avec un ou plusieurs électrons sur sa couche externe non appariés qui sont très instables et actifs vis-à-vis des réactions chimiques (**Carocho et Ferreira, 2013**). Ces atomes vont tenter de rattraper leurs électrons célibataires en agressant toute molécule susceptible de se faire arracher un électron (**Afanasev, 2009**). Ces radicaux libres à des concentrations physiologiques élevées induisent la mort cellulaire et l'apoptose (**Salido et Rosado, 2009**).

Il existe des facteurs oxydants responsables de l'augmentation de la production de radicaux libres par l'organisme qui sont les facteurs endogènes tel que la chaîne respiratoire, les réactions immunitaires, la traduction de signaux, le système NADPH oxydase et des sources exogènes telles que l'alimentation (**Morena et al., 2002**).

### III. Les activités biologiques de *Phoenix dactylifera* L

#### III.1 L'activité anti-oxydante

Un antioxydant est une molécule capable d'inhiber, de ralentir ou d'empêcher l'oxydation d'autres molécules qui se produisent d'une espèce réactive oxygénée ou sous l'influence de l'oxygène atmosphérique (**Pisoschi et Negulescu, 2011**). Les antioxydants peuvent également protéger le corps humain contre les radicaux libres et les effets des ROS (espèces réactives de l'oxygène). Ils retardent la progression de nombreuses maladies chroniques ainsi que la peroxydation lipidique (**Gülçin, 2012**).

La majorité des antioxydants naturels sont des composés phénoliques tel que les tocophérols, les flavonoïdes et les acides phénoliques (**Gülçin, 2012**).

##### III.1.1 Mise en évidence de l'activité anti-radicalaire

Le piégeage des radicaux libres est l'un des mécanismes par lesquels les antioxydants inhibent l'oxydation des lipides. Ce test est un test standard dont les études d'activités antioxydantes sont basés sur l'utilisation de DPPH, ABTS... etc. Ce sont des méthodes spectrophotométriques les plus populaires pour la détermination de la capacité antioxydante des aliments, des boissons et des extraits végétaux (**Gülçin, 2012**).

##### III.1.1.1 Activité anti-radicalaire au DPPH

L'activité anti-radicalaire au DPPH (2,2Diphénylpicrylhydrazine) a été développée par **Blois (1958)** sur les fruits des dattes selon la méthode de **Bouhlali et al. (2016)**. Cette méthode est basée sur la rapidité, la sensibilité, la facilité et la faible consommation de réactifs (**Musa et al., 2016**).

Cette méthode repose sur la capacité d'un composé à réduire le radical DPPH (figure 15). La réduction se traduit par un changement de couleur de la solution qui vire du violet au jaune en présence d'un composé anti-radicalaire. La réaction est alors quantifiée en mesurant l'absorbance de la solution par spectrophotométrie à 490 nm. Le changement de la coloration du violet au jaune est proportionnel au pouvoir antioxydant (Figure 15) (**Hama et al., 2019**).

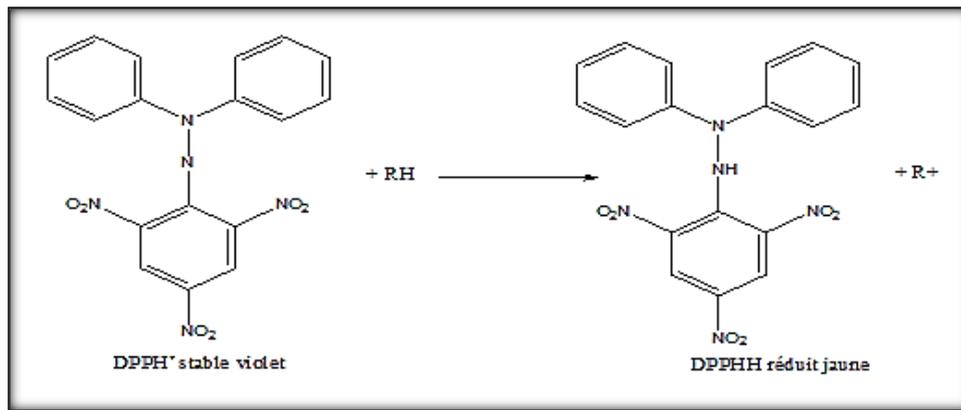
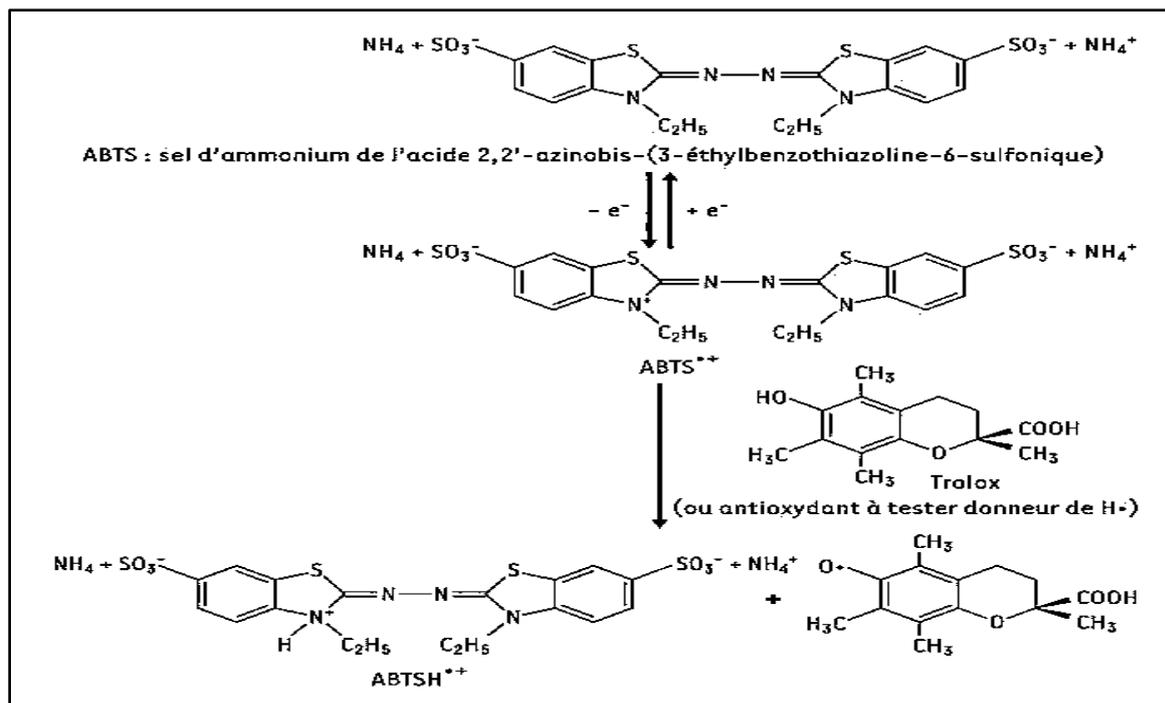


Figure 15 : Réduction du DPPH par un antioxydant (Hama et al., 2019)

### III.1.1.2 Activité du piégeage du cation radical ABTS<sup>+</sup>

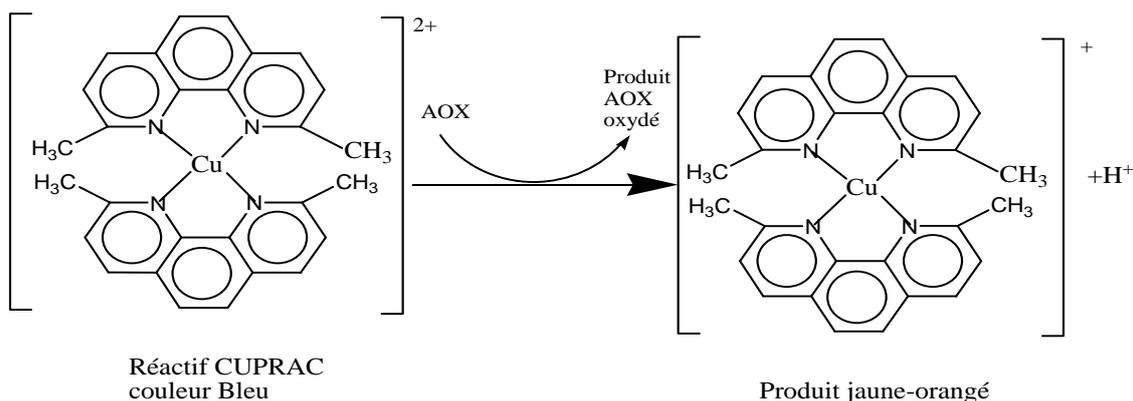
L'activité ABTS 2,2'-azinobis-(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonique) a été déterminée par **Re et al. (1999)** sur les fruits des dattes selon la méthode de **Bouhlali et al. (2016)**. C'est une technique de décoloration plus simple et plus fréquente (**Jia et al., 2012 ; Sridhar et al., 2018**) dans laquelle le radical est généré directement sous une forme stable avant la réaction avec des antioxydants putatifs (**Gülçin, 2012**). Cette méthode était basée sur l'activation de ABTS pour former le ABTS<sup>•+</sup> cation radicalaire (figure 16) (**Re et al., 1999**). La longueur d'onde de détection préférée est à 734 nm.



**Figure 16:** Formation et piégeage du radical ABTS<sup>•+</sup> par un antioxydant donneur de H<sup>•</sup>  
 (Marc *et al.*, 2004)

### III.1.1.3 Activité de réduction du complexe Cuivre-Néocuproïne

La méthode CUPRAC (Cupric ion Reducing Antioxidant Capacity) a été développée par **Apaket *et al.* (2006)** et **Soumiya *et al.* (2018)** sur les fruits des du palmier dattier. Ce réactif est beaucoup plus stable et facilement accessible que les réactifs radicalaires chromogènes comme l'ABTS et le DPPH (**Apak *et al.*, 2016**). Ces tests sont basés sur la réduction de Cu<sup>2+</sup> à Cu<sup>+</sup> par l'action combinée de tous les antioxydants (Figure 17). Cette méthode peut être utilisée pour la détermination de la capacité anti-oxydante d'un constituant alimentaire par le réactif Cu<sup>2+</sup> - Neocuproïne (Cu<sup>2+</sup> - Nc) comme agent oxydant chromogène. La réduction de Cu<sup>2+</sup> en présence de la néocuproïne par un agent réducteur donne un Cu<sup>+</sup> complexe avec pic d'absorption maximal à 450 nm (**Gülçin, 2012**).



**Figure 17** : Réduction du complexe chromogène de  $\text{Cu}^{+2} - \text{Nc}_2$  (Özyürek et al., 2011).

### III.2 Activité enzymatique

Une enzyme est une protéine qui facilite le déroulement d'une réaction biochimique. Ces enzymes sont des catalyseurs biologiques nécessaires pour la croissance, la maturation et la reproduction des êtres vivants, leur quantification se fait par la mesure de l'activité catalytique dans les échantillons biologiques est importante dans divers domaines (Glatz, 2006).

#### III.2.1 Evaluation de l'activité antidiabétique

Tous les êtres vivants produisent un grand nombre d'inhibiteurs protéiques afin de réguler l'activité des enzymes (Nair et al., 2013). Certaines de ces inhibiteurs agissent en bloquant directement le centre actif de l'enzyme sur divers sites locaux (Kavitha et al., 2012).

Les plantes utilisent également des inhibiteurs de l'alpha amylase comme mécanisme de défense et protection contre les insectes (Kumanan et al., 2010). Ces inhibiteurs naturels d'alpha amylase peuvent être employés en thérapie pour le traitement de l'hyperglycémie postprandiale avec un minimum d'effets secondaires. Or actuellement, les inhibiteurs antidiabétiques synthétiques utilisés causent des effets secondaires gastro-intestinaux (Nair et al., 2013).

Chez les personnes diabétiques où l'insuline est à des niveaux faibles empêchant l'élimination rapide du glucose extracellulaire du sang (Mohamed et al., 2009). En outre, chez les animaux, les inhibiteurs de l'amylase diminuent les niveaux élevés de glucose qui peuvent survenir après un repas en ralentissant la vitesse à laquelle l'alpha amylase peut convertir l'amidon en sucres simples (Nair et al., 2013).

### III.2.1.1 Définition de l'enzyme alpha amylase

Chez l'homme, il existe de nombreuses enzymes digestives, la plus importante est l'alpha-amylase pancréatique qui est responsable de la digestion de l'amidon. S'il y a une conversion excessive de l'amidon en sucres, cette enzyme augmentera le taux de sucre dans le sang. Ceci stimulera l'insuline qui entrera en action en ordonnant aux cellules de métaboliser l'excès de sucre. Ce cycle se produit sans fin chez une personne en bonne santé.

Mais dans certains cas, en raison d'une activité excessive de l'enzyme amylase, d'une carence en insuline ou d'une résistance à l'insuline, ce qui pourrait entraîner une hyperglycémie (**Ritika et al., 2016**). Pour contrôler cette hyperglycémie, plusieurs travaux sont en cours de réalisation sur l'inhibition de l'activité de l'enzyme amylase. Cependant, s'il y a une inhibition excessive de l'alpha amylase pancréatique (Figure 18), cela peut provoquer une fermentation bactérienne anormale des glucides non digérés dans le côlon, entraînant ainsi des flatulences et des diarrhées (**Ritika et al., 2016**).

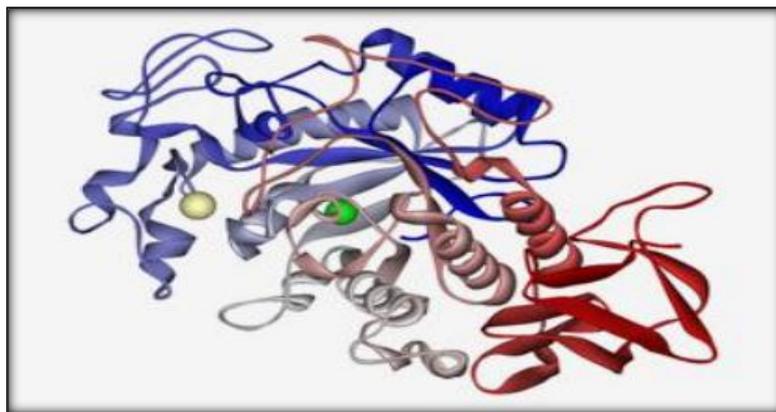
L'inhibiteur Acarbose (BAY g 5421), qui est d'origine microbienne, est le premier inhibiteur de l'alpha-glucosidase disponible dans le commerce pour le traitement du diabète et qui inhibe les activités de l'alpha-amylase (**Singh, 2014**).

Il existe d'autres inhibiteurs de l' $\alpha$ -amylase d'origine naturelle avec peu ou pas d'effets secondaires, c'est le cas des flavonoïdes et des composés phénoliques des plantes qui sont suggérés comme une approche alternative pour la prévention et le traitement de la maladie du diabète type 2 (**Khan et al., 2018**).

### III.2.1.2 Inhibition de l'alpha amylase

L'alpha amylase (a-amylase pancréatique bovine; EC 3.2.1.1, Sigma) est une enzyme ubiquitaire, synthétisée chez les plantes, les animaux et les micro-organismes supérieurs (**Janecek, 1997**). Ces alphas amylases sont des métallo-enzymes du calcium qui ne peuvent pas fonctionner en l'absence de calcium. Elle hydrolyse les liaisons osidiques de l'amylose, de l'amylopéctine, de l'amidon, du glycogène et d'autres polysaccharides contenant plus de trois liaisons  $\alpha$  (1-4) D-Glucose (**Singh, 2014 ; Kaushik et al., 2015**).

L'inhibition de l'alpha-amylase par le médicament standard acarbose ainsi que par les extraits des rebuts des dattes ont été réalisés par la méthode de **Shah Alam Khan et al. (2016)** selon la méthode chromogène adaptée par **Ali et al. (2006)**.



**Figure 18** : Représentation schématique de la structure de l'alpha amylase (Dahkordi et javan, 2012)

### **III.2.2 Evaluation de l'activité Anti-inflammatoire *in vitro***

#### **III.2.2.1 Définition de l'inflammation**

L'inflammation est un processus habituellement bénéfique pour l'organisme. Son but est d'éliminer l'agent pathogène et de réparer les lésions tissulaires. L'inflammation peut être néfaste du fait de l'agressivité de l'agent pathogène, de sa persistance, du siège de l'inflammation, des anomalies des régulations du processus inflammatoire et parfois même par des anomalies quantitatives ou qualitatives des cellules intervenant dans l'inflammation (Roussel *et al.*, 2005).

#### **III.2.2.2 Les anti-inflammatoires**

Les anti-inflammatoires sont définis comme étant des substances qui agissent sur la douleur qui apparaît suite à une agression d'un agent pathogène. Ces substances bloquent la sécrétion ou l'action de certains médiateurs chimiques de l'inflammation donc diminuent la sensation de douleur mais aussi de l'inflammation. Ces molécules sont classées en anti-inflammatoires stéroïdiens (cortisone et dérivés), anti inflammatoires non stéroïdiens (AINS) et anti-inflammatoires naturels (Hajjaj, 2017).

##### **III.2.2.2.1 Les anti-inflammatoires non stéroïdiens (AINS)**

Les AINS sont le plus souvent administrés par voie orale, cela signifie que selon leurs propriétés individuelles, les AINS sont absorbés par le système digestif pénètrent dans la circulation sanguine et sont métabolisés par le foie ou les reins. Les AINS agissent en bloquant la cyclo-oxygénase (Cox), inhibant ainsi la synthèse des prostaglandines à partir

d'acide arachidonique, tandis qu'une partie de la cascade d'acide arachidonique continue sur la voie de la lipo-oxygénase (Ziltener et al., 2010).

#### III.2.2.2 Anti-inflammatoires stéroïdiens

Les anti-inflammatoires stéroïdiens sont également appelés corticostéroïdes. Ils sont dérivés des corticostéroïdes naturels, hormones sécrétées par les glandes surrénales. Les corticostéroïdes sont très puissants et permettent de contrôler l'inflammation quand elle devient sévère ou qu'elle se déclenche sans raison apparente, comme dans les maladies dites inflammatoires (Thomas, 2017).

#### III.2.2.3 Les anti-inflammatoires naturels

Il existe des composés naturels possèdent une activité anti-inflammatoire tels que les compléments alimentaires et les remèdes à base de plantes tel que *Phoenix dactylifera* L traditionnellement utilisé pour traiter les troubles inflammatoires associés tels que l'asthme, l'œdème et les troubles gastriques et intestinaux (Yasin et al., 2015). Ces composés naturels inhibent les voies inflammatoires de la même manière que les AINS. En plus de la voie COX, de nombreux composés naturels agissent pour inhiber les voies inflammatoires du facteur nucléaire kB (NF-kB), ces molécules présentent un intérêt grandissant car elles offrent des avantages par rapport aux anti-inflammatoires classiques avec moins d'effets secondaires (Maroon et al., 2010).

#### III.2.2.3 Principe de l'activité anti inflammatoire *in vitro*

L'activité Anti-inflammatoire *in-vitro* est déterminée par la méthode de Kandikattu (2013). Le principe de cette technique consiste à mesurer le pouvoir inhibiteur de la dénaturation thermique (72°C) de protéine BSA (Bovine sérum albumen) par les extraits de différentes phases des rebuts des dattes de la plante *Phoenix dactylifera* L pour évaluer la propriété anti-inflammatoire. Dans ce test, la dénaturation de BSA est induit par traitement thermique, cette dénaturation soit du BSA ou/et des protéines natives modifie leurs propriétés et il exprime des antigènes associés à l'hypersensibilité type III et aussi provoque une hypersensibilité retardée liée au plusieurs maladies chroniques. De plus, il a déjà été prouvé que les AINS n'agissent pas seulement par l'inhibition de la production endogène de prostaglandines en bloquant l'enzyme COX mais aussi par la prévention de la dénaturation des protéines (Dharsana et Mathew, 2014).

### III.3 Autres activités biologiques de *Phoenix dactylifera* L

Plusieurs chercheurs affirment que *Phoenix dactylifera* L possède d'autres activités biologiques telle que : l'activité antibactérienne, activité anticancéreuse et anti-obésité.

**Amiour et al. (2014)** montrent que la datte a un effet antibactérien sur *Staphylococcus aureus* et *Bacillus spp.* Cette étude montre une corrélation linéaire entre la teneur en composés phénoliques de *Phoenix dactylifera* L et son activité antibactérienne.

D'autre part, **Omran et al. (2017)** précisent que les noyaux et les fruits entiers du palmier dattier ont des effets protecteurs contre le cancer mammaire.

Par ailleurs, l'obésité est causée par un apport calorique excessif, ce problème peut être corrigé en inhibant l'activité lipase pancréatique. A cet effet, **Masmoudi et al. (2016)** montre que les noyaux et les fruits de *Phoenix dactylifera* L procèdent une activité inhibitrice de la lipase pancréatique et donc ces dattes ont une activité anti-obésité.

# *Etude Exprimmental*

***CHAPITRE III:***  
***Matériels et Méthodes***

## CHAPITRE III : MATERIELS ET METHODES

Notre présente étude a pour but d'évaluer *in vitro* quelques activités biologiques rattachées à *Phoenix dactylifera* L. A cet effet, une investigation phyto-chimique est réalisée sur différentes parties de la datte déshydratée de la variété Hachef (le noyau, la pulpe et la datte entière) afin d'extraire les métabolites secondaires responsables du pouvoir anti-oxydant, anti-diabétique et anti-inflammatoire.

Pour cela, un suivi de certains paramètres physico-chimiques et biologique a été réalisé niveau des laboratoires de productions animales, d'analyses alimentaires et de biochimie du Centre National de Recherche en Biotechnologie (CRBt).

### I. Matériel végétal

Le choix de la plante étudiée est principalement dû à son importance nutritionnelle et économique. Les rebuts des dattes sont desco-produits du palmier dattier de faible valeur marchande, issus de l'écart de tri de récolte de dattes. Ces dattes sèches ne sont que très peu exploitées dans le domaine de la chimie des plantes d'où l'intérêt de leur étude.

Notre échantillon de dattes déclassées est récupéré (environ 5kg) après la récolte de dattes issues des palmeraies de la région d'Oued-Souf en période d'automne (Octobre-Novembre 2019). Arriver au niveau du laboratoire pharmacologie toxicologie de l'institut des sciences vétérinaires (université des frères Mentouri Constantine), une aliquote (2,5 kg) est prise afin de séparer les rebuts de dattes en 3 lots de 500g chacun: un lot de dattes entières, un lot de noyaux de dattes et un dernier lot de pulpe de dattes (Figure 19).



**Figure 19:** Echantillon de rebuts de dattes récolté dans la région de Oued-Souf (dattes entières: à gauche, noyaux de dattes: au centre – pulpe de dattes: à droite)

### I.1 Broyage et tamisage

Les dattes entières, la pulpe et les noyaux sont dans une étuve ventilée (chauffage à reflux de marque Memmert) (**annexes 1 et 2**) à une température de 50°C pendant 72h jusqu'à stabilisation du poids (**AOAC, 1999**). Au niveau du laboratoire pharmacologie toxicologie de l'institut des sciences vétérinaires, nous avons procédé au broyage et au tamisage de notre matériel végétal. Nos échantillons sont broyés à l'aide d'un broyeur à marteau (de marque Retsch Figure 20) suivi par un tamisage jusqu'à l'obtention d'une poudre qu'on conservera dans des bocaux en verre à l'abri de l'humidité pour d'éventuelles utilisations.



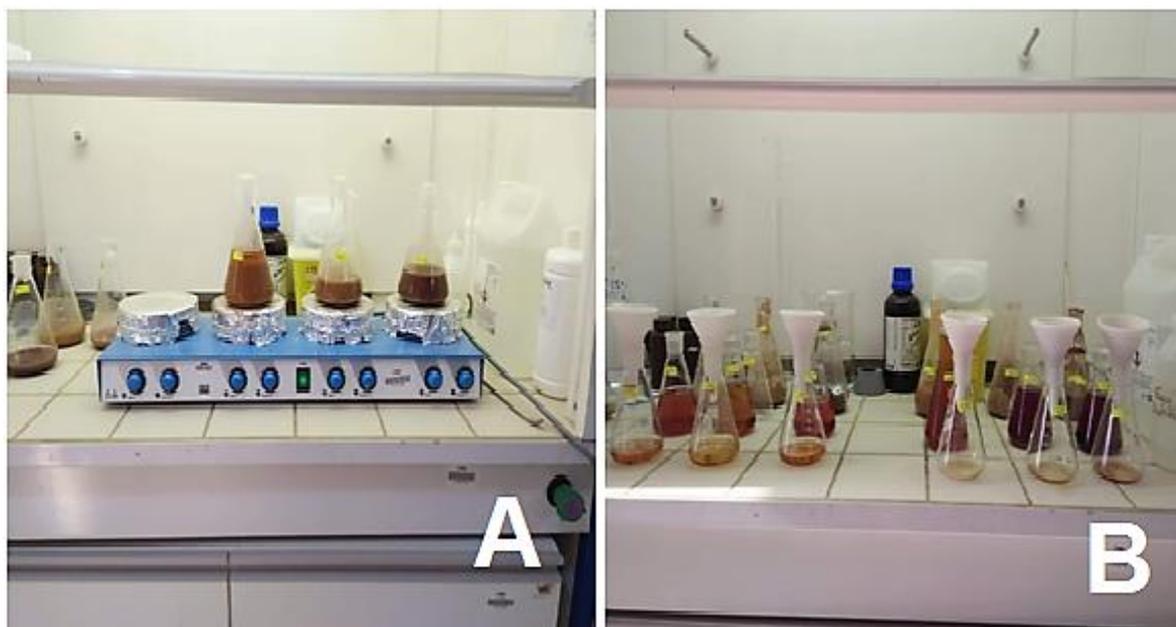
**Figure 20:** Séchage et broyage des rebuts de dattes (étuve(A) et broyeur utilisé (B)).

## II. Méthodes d'extraction

### II.1 Macération et extraction

#### II.1.1 Extraction solide-liquide

La poudre obtenue (50g) de chaque échantillon est mise dans un système hydro-méthanolique (MeOH/H<sub>2</sub>O 70:30 v:v) pendant 3 jours pour une macération à froid (**annexe 3**). Le mélange solvant-végétal est agité continuellement à l'obscurité, à l'aide d'un agitateur magnétique. Le système est renouvelé à la suite de sa filtration avec un papier filtre wattman (Figure 21).



**Figure 21 :** Macération et agitation à froid (A) suivi par la filtration sur papier wattman (B).

Après récupération des filtrats des différentes parties du fruit du palmier dattier, une évaporation à 40°C et à basse pression est réalisée grâce à l'évaporateur rotatif (de la marque FISHER SCIENTIFIC Figure 22) dans le but d'éliminer le maximum de solvants et obtenir 3 extraits bruts (Noyaux / Pulpes/ Dattes entières).



**Figure 22:** Evaporation des solutions macérées à l'aide de l'évaporateur rotatif (Fisher Scientific)

### II.1.2 Extraction liquide-liquide

Ces trois extraits brutes (noyaux/pulpes/dattes entières) sont dilués dans différents volumes d'eau ultra pure (10ml /100ml/80ml) à l'aide d'un ultrason (de marque GRANT Figure 23) suivi par filtration pour bien fusionner les solutions (annexe 02).

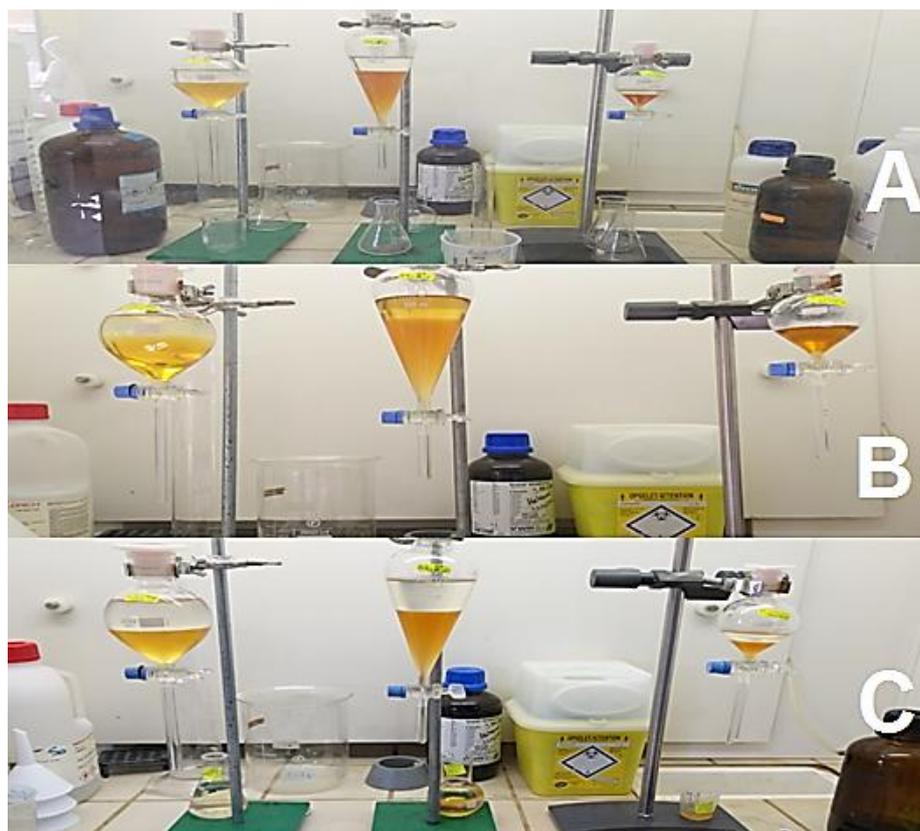


**Figure 23** : Macération des échantillons dans un bain à ultrason (Grant)

Les solutions obtenues après la filtration subissent une série d'affrontement par des solvants organiques (**annexe 4**) à polarité croissante dans une ampoule à décanter :

- L'étherdi-éthylique ( $\text{CHCl}_3$ ) (v/v)
- L'acétate d'éthyle (acOEt) (v/v)
- Le méthylethyle Cétone (MEC) (v/v)

Les phases et les solvants sont mélangés énergétiquement (v/v) en laissant sortir à chaque fois les gaz produits.



**Figure 24** : Affrontement des extraits par les solvants organiques : (A) 1<sup>ère</sup> phase (E-D), (B) 2<sup>ème</sup> phase (A-E) et (C) 3<sup>ème</sup> phase (MEC) avec la phase aqueuse

La fraction éther di-éthylique (E-D) peut s'évaporer à l'air libre par contre les deux autres fractions sont concentrées par évaporation à basse pression à 40°C. Nous avons utilisé de l'azote gazeux (Figure 25) afin d'éliminer totalement l'eau résiduelle contenue dans les fractions récoltées (annexe 03).



**Figure 25** : Déshydratation des extraits bruts et des phases à l'aide de l'azote gazeux

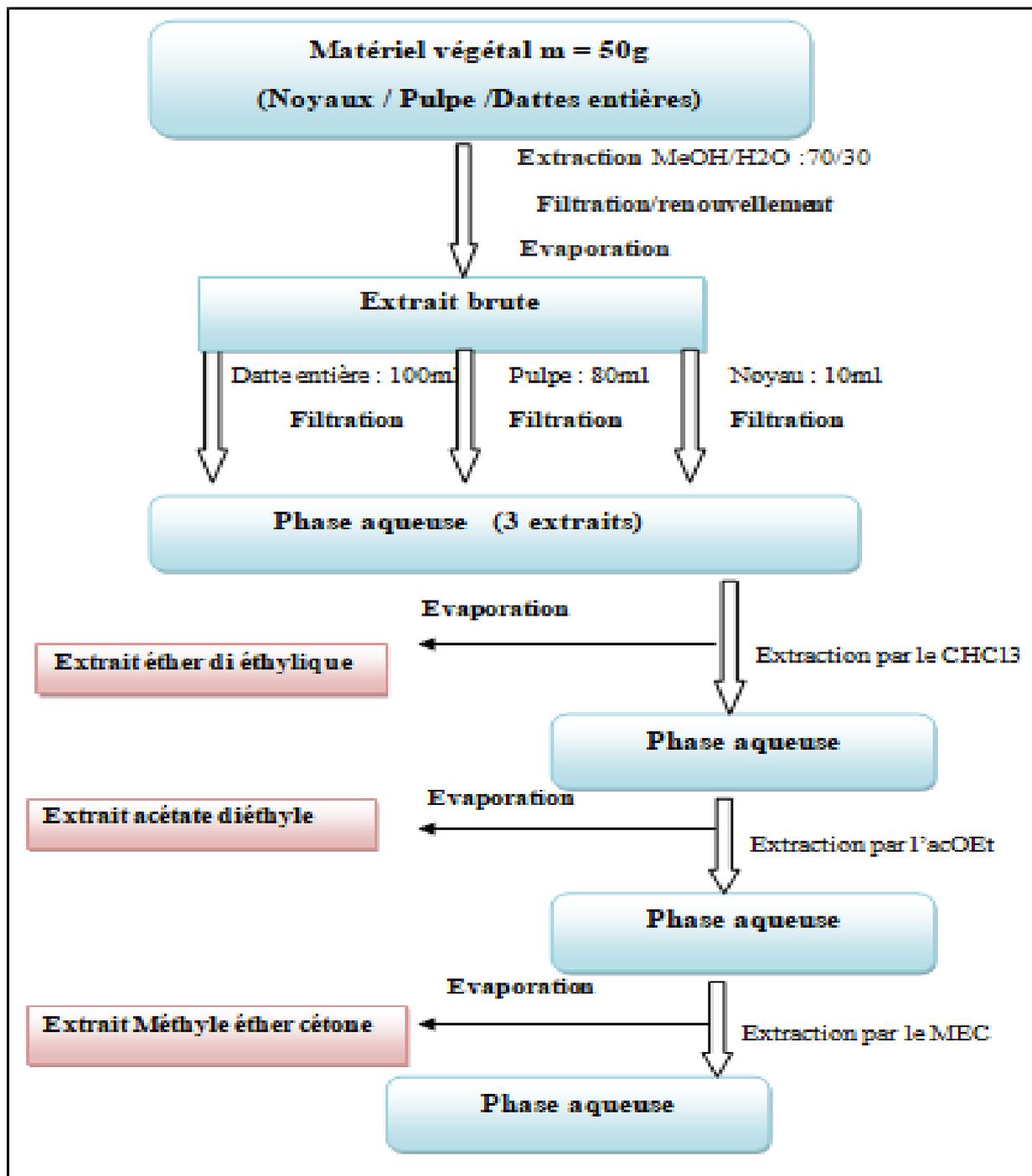


Figure 26 : Protocole d'extraction des différentes parties de *Phoenix dactylifera* L (pulpes, noyaux et dattes entières)

### III. Activités biologiques de *Phoenix dactylifera* L

#### III.1 Détermination du contenu total en polyphénols et en flavonoïdes

##### III.1.1 Contenu total phénolique (TPC)

La teneur phénolique totale des extraits de dattes déclassées est détectée à l'aide du Réactif Folin-Ciocalteu (FCR) (Singleton et Rossi ,1965) décrite par Bouhlali et al. (2015). Ce dosage se fait sur une microplaque selon la méthode rapportée par Muller et al. (2010).

##### ➤ Préparation des produits

- **Folin Ciocalteu:** 1 ml de solution de FCR concentré est diluée dans 9 ml d'eau distillé.
- **Carbonate de sodium anhydride (7.5%) :** 7,5g de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> est dissouts dans 100 ml d'eau distillé.

Un volume de 20µl d'extrait de plante (1mg d'extrait dissout dans 1 ml de méthanol) est ajouté à 100µl de FCR dilué (annexe 5). Ensuite, un volume de 75µl de carbonate de sodium est ajouté. Le mélange est incubé pendant 2 heures dans l'obscurité à température ambiante.

Un blanc est préparé de la même manière mais en remplaçant l'extrait de plante par le méthanol. La coloration produite est bleu, elle est proportionnelle à la teneur en phénols totaux dans l'extrait végétal. L'absorption maximale est d'environ 750 -765 nm.

##### ➤ Préparation de la gamme d'étalon de l'acide gallique

On prend une quantité de 0,5 mg de l'acide gallique qui est dissoute dans 5ml de méthanol pour obtenir la solution S1. Le tableau suivant représente les dilutions préparées pour la solution étalon.

**Tableau 07:** Les dilutions de la gamme d'étalon de l'acide gallique

Dilutions	25µg/ml	50µg/ml	75µg/ml	100µg/ml	125µg/ml	150µg/ml	175µg/ml	200µg/ml
SM (µl)	25	50	75	100	125	150	175	200
Méthanol (µl)	175	150	125	100	75	50	25	0

20µl de chaque dilution sont transférés dans une microplaque avec 100µl FCR (1:10) et 75µl de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (7,5%). L'incubation dure 2 heures suivie par la lecture sur microplaque à 765nm.

### III.1.2 Contenu total flavonoïque (TFC)

Le dosage des flavonoïdes totaux des extraits (bruts et des phases) des dattes est déterminé par **Kim et al en 2003** selon la méthode de **Topçu et al. (2007)**. Le principe de ce dosage est basé sur la formation d'un complexe entre  $Al^{+3}$  et les flavonoïdes.

#### ➤ Préparation des solutions

- **Solution 1** : Pour 1M acétate de Potassium : on dissout 9.80 g de  $CH_3COOK$  dans 100 ml d'eau distillé pour obtenir la solution  $S_1$ .

- **Solution 2** : Pour 10% de nitrate d'aluminium ( $Al(NO_3)_3, 9H_2O$ ), on pèse 10g de ce produit dans 100ml d'eau distillée.

Un volume de 50  $\mu l$  de l'extrait (une masse de 1 mg d'extrait est dissoute dans un volume de 1ml de méthanol) est mélangé avec 130 $\mu l$  de méthanol ; 10 $\mu l$  de la solution  $S_1$  ; 10  $\mu l$  de la solution  $S_2$  (**annexe 5**). Le mélange est ensuite incubé à la température ambiante pendant 40 min. La lecture est réalisée à 415 nm.

- **Blanc échantillon** : 50 $\mu l$  extrait + 150 $\mu l$  méthanol.

#### ➤ Préparation de la gamme d'étalon de la Quercétine

Prendre une quantité de 1mg de la Quercétine qui est dissoute dans 5ml de méthanol pour obtenir la solution mère (SM). Les dilutions sont préparées en suivant le tableau ci-dessous :

**Tableau 08:** Les dilutions de la gamme d'étalon de la Quercétine

Dilutions	25 $\mu g/ml$	50 $\mu g/ml$	75 $\mu g/ml$	100 $\mu g/ml$	125 $\mu g/ml$	150 $\mu g/ml$	175 $\mu g/ml$	200 $\mu g/ml$
SM ( $\mu l$ )	25	50	75	100	125	150	175	200
Méthanol ( $\mu l$ )	175	150	125	100	75	50	25	0

50  $\mu l$  de chaque dilution sont transférés dans une microplaque à 96 puits avec 130 $\mu l$  de méthanol (MeOH), 10 $\mu l$  de la solution 1 ( $S_1$ ) et 10  $\mu l$  de la solution 2 ( $S_2$ ). Attendre 40 minutes puis effectuer la lecture à 415 nm.

### III.2 Activité anti-oxydante

L'activité anti oxydante des extraits des trois parties du fruit de *Phoenix dactylifera* L est réalisée à l'aide de trois méthodes (**annexe 5**) :

- Piégeage du radical libre DPPH
- Piégeage du cation radical ABTS
- Réduction du complexe cuivre-neocuproéne (CUPRAC)

#### III.2.1 Activité anti radicalaire au DPPH

La capacité des extraits à réduire les radicaux libres de la DPPH est déterminée par la méthode spectrophotométrique décrite par **Blois (1958)**.

Dans une microplaque à 96 puits, 40µl de l'extrait préparé à plusieurs concentrations (une masse de 4 mg d'extrait est dissoute dans un volume de 1ml de méthanol) a été mélangé avec une solution de 160 µl du DPPH. Le mélange est incubé pendant 30min à l'abri de la lumière. Le BHA (Butylhydroxyanisole) (**voir annexe 6**) est utilisé comme standard et l'absorbance est mesurée à 517 nm.

Le pourcentage d'inhibition a été calculé selon l'équation suivante :

$$\text{Inhibition (\%)} = \left[ \frac{A_{\text{contrôle}} - A_{\text{extrait}}}{A_{\text{extrait}}} \right] \times 100$$

**Équation 1:** Pourcentage d'inhibition du DPPH

$A_{\text{contrôle}}$  : L'absorbance du contrôle négatif.

$A_{\text{extrait}}$  : L'absorbance de l'extrait de la plante.

#### III.2.2 Activité du piégeage du cation radical ABTS<sup>•+</sup>

L'activité d'élimination des radicaux libres des extraits de pulpe, de noyau et de datte entière est déterminée selon la méthode de **Re et al. (1999)**.

➤ **La préparation de l'ABTS**

Le cation radical  $ABTS^+$  a été produit par l'oxydation de la solution mère ABTS (7 mM) par 2,4 mM de persulfate de potassium dans un rapport (2:1). Le mélange est laissé au repos à l'obscurité et à température ambiante pendant 16 h avant son utilisation. Le mélange est dilué avec du méthanol à 70% après la stabilisation de leur absorbance ( $0,75 \pm 0,05$  nm).

Sur une microplaque de 96 puits, 160µl de l'ABTS ont été mélangés à 40 µl de l'extrait à différente concentration (une masse de 4 mg d'extrait est dissoute dans un volume de 1ml de méthanol). Le mélange est maintenu à température ambiante pendant 10 min, l'absorbance est mesurée à 734 nm. Le BHA et le BHT sont utilisés comme standards (**voir annexe 6**).

$$\text{Inhibition (\%)} = \left[ \frac{A_{\text{contrôle}} - A_{\text{extrait}}}{A_{\text{extrait}}} \right] \times 100$$

**Équation 2** : Pourcentage d'inhibition d'ABTS

### III.2.3 Activité de réduction du complexe cuivre-néocuproïne (CUPRAC)

La détermination de la capacité de réduction des ions cuivriques ( $Cu^{2+}$ ) est réalisée selon la méthode d'**Apak et al. (2004)**.

➤ **Préparation des solutions :**

**Solution 1** : 1,927 g d'Acétate d'ammonium ( $ACNH_4$ ) dissout dans 25 ml d'eau (pH=7).

**Solution 2**: 0,042625 g de Chlorure de cuivre ( $CuCl_2 \cdot 2H_2O$ ) dissout dans 25 ml d'eau.

**Solution 3** : 0,039 g de Neocupronin dissout dans 25ml MeOH.

Sur une microplaque de 96 puits, 40 µl de l'extrait préparé à plusieurs concentrations (une masse de 4 mg d'extrait est dissoute dans un volume de 1ml de méthanol) est mélangé avec 60 µl de la solution1, 50 µl de solution 3 et 50 µl de solution 2. Le mélange est incubé pendant une heure à température ambiante. L'absorbance est mesurée à 450nm. Le BHA et le BHT sont utilisés comme standards (**voir annexe 6**).

### III.3 Activité enzymatique

#### III.3.1 Evaluation de l'activité antidiabétique

L'activité antidiabétique des différents extraits de la plante *Phoenix dactylifera* L est testée selon la méthode d'inhibition de l'enzyme l'alpha-amylase. L'activité inhibitrice de l'alpha-amylase est réalisée par la méthode iode / iodure de (IKI) de **Zengin et al.(2014)** avec quelques modifications.

##### ➤ Préparation des solutions

- **alpha-amylase 1U** : Mettre 1ml de l'enzyme dans 9 ml de tampon phosphate (pH 6,9).
- **Amidon 0.1%** : Mettre la solution (amidon) dans une microonde à plusieurs cycles de 15 secondes (**annexe 7**).
- **Solution IKI** : Dissoudre 3g de KI dans 100 ml d'eau distillée. Ajouter 127 mg d'iode (5mM) puis agiter jusqu'à dissolution complète de la solution IKI.
- **Acide hypochlorique (1M)** : Ajouter doucement à 45.83 ml d'eau distillée, un volume de 4.17 ml d'Hcl pure.
- **Tampon phosphate** : mélanger le tampon phosphate (pH=6.9) avec 6mM NaCl (35.1 mg NaCl pour 100 ml de tampon).

Sur une microplaque de 96 puits (Figure 27), un volume de 25µl d'extrait végétal à différentes concentrations est mélangé avec 50µl d'une solution d'alpha-amylase 1U. Le tout est incubé une première fois pendant 10 min à 37°C. Ensuite, on ajoute 50 µl d'amidon (0,1%), le mélange est incubé une deuxième fois pendant 20 minutes à 37°C. Après ces incubations, 25 µl d'acide hypochlorique (1M) et 100µl d'iodure de potassium iode (IKI) sont ajoutés sur la microplaque.

L'inhibition de l'activité alpha-amylase par extrait ou standard est déterminée en mesurant l'absorbance à 630 nm. L'acarbose est utilisée comme standard (**voir annexe 6**). Le pourcentage d'inhibition de l'alpha-amylase est calculé par la formule suivante :

$$\% \text{Inhibition} = 1 - \left[ \frac{(\mathbf{Ac} - \mathbf{Ae}) - (\mathbf{As} - \mathbf{Ab})}{(\mathbf{Ac} - \mathbf{Ae})} \right]$$

**Équation 3** : Pourcentage d'inhibition de l'alpha-amylase

$A_c$ =Absorbance [Amidon+IKI+Hcl+Vol de solvant d'extrait+Vol tampon Enzyme]

$A_e$ =Absorbance [Enzyme+Amidon+IKI+Hcl+ Vol de solvant d'extrait]

$A_s$ =Absorbance [Enzyme+Extrait+Amidon+IKI+Hcl]

$A_b$ =Absorbance [Extrait+IKI+125  $\mu$ l de tampon]

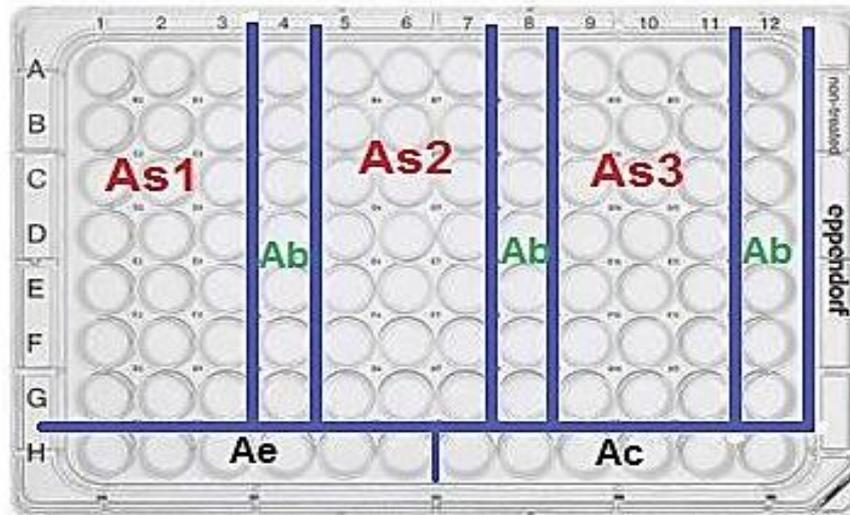


Figure 27: Une plaque descriptive (96 puits) pour l'activité antidiabétique

### III.3.2 Activité anti-inflammatoire (*in vitro*)

L'étude *in vitro* de l'activité anti-inflammatoire est déterminée selon la méthode décrite par **Kandikattu (2013)** avec quelques modifications.

#### ➤ Préparation des solutions :

- **Les extraits végétaux** : Différentes concentrations de l'extrait de la plante étudié sont préparées à partir d'une solution mère de 10000 ppm.
- **Tris-HCl (0.05 M) pH (6,6)** : 1,2144g de Tris est dissous dans 200 ml de l'eau distillée (le pH de cette solution est ajusté à 6,6 avec l'Hcl).
- **Préparation de la solution BSA (0,2%)**: 0,2 g de BSA (Bovine sérum albumen) est dissoute dans 100ml de tampon Tris-Hcl.
- **Blanc extrait** : 0.5ml d'extrait est ajouté à 0.5 ml de Tris-Hcl.
- **Blanc BSA** : 0.5 ml de la solution de BSA ajouté à 0.5 ml du solvant utilisé pour les extraits.

Dans des tubes à essais, 0.5 ml de chaque extrait végétal à différentes concentrations est mis avec 0.5 ml de solution de BSA (0.2%) lui-même préparé dans le Tris Hcl (pH = 6,6).

Le mélange est incubé à la température 37 C° pendant 15 min. Puis les extraits végétaux sont placés dans un bain marie à 72°C pendant 5 min pour la dénaturation des protéines.

Après refroidissement des tubes à essais, l'absorbance est mesurée à 660 nm dans un spectrophotomètre à cuve. Le voltarène est utilisé comme standard (**voir annexe 6**).

Le pourcentage de l'inhibition des précipitations est déterminé par rapport au contrôle en utilisant la formule suivante :

$$\text{Inhibition (\%)} = \left[ \frac{A_{\text{contrôle}} - A_{\text{extrait}}}{A_{\text{contrôle}}} \right] \times 100$$

**Équation 4** : Pourcentage d'inhibition de BSA

#### IV. Analyses statistiques

Les résultats de dosages biochimiques et des tests biologiques *in vitro* effectués sur les extraits bruts et les phases des trois parties du fruit de *Phoenix dactylifera* L (pulpe, noyaux et datte entière) sont exprimés en moyenne  $\pm$  SD d'analyses en trois répétitions.

Les valeurs de CI<sub>50</sub> (Concentration d'inhibition à 50%) et de A<sub>0.5</sub> (Concentration indiquant 0,50 d'absorbance) sont calculées par la méthode de régression linéaire à partir des trois courbes : [% inhibition = f (concentrations)] pour la CI<sub>50</sub> et [Absorbance= f (concentrations)] pour la A<sub>0.50</sub>.

***CHAPITRE IV:***  
***Résultats et discussion***

## CHAPITRE IV : RESULTATS ET DISCUSSION

Dans la présente partie, nous présenterons et traiterons les résultats obtenus de l'étude de l'activité biologique des extraits bruts et les fractions des rebuts de dattes de la plante *Phoenix dactylifera* L. Il s'agit de l'étude phyto-chimique des différentes parties de ladatte déclassée (variété Hachef) à savoir le noyau, la pulpe et le fruit entier. Ceci dans le but d'extraire les métabolites secondaires et l'analyse quantitative par dosages colorimétriques ainsi que l'évaluation de l'activité anti-oxydante, antidiabétique et anti-inflammatoire de ce fruit déshydraté de *Phoenix dactylifera* L.

### I. Le rendement de l'extraction de *Phoenix dactylifera* L

La mesure d'un rendement de l'extrait est une étape très importante pour savoir la quantité et le pourcentage d'extrait obtenus par une extraction. Ce rendement est le rapport entre le poids de l'extrait sec (après l'évaporation) exprimé en g et le poids de l'échantillon initial (poudre végétale en g) qui est exprimé en pourcentage par la formule suivante :

$$\frac{P_a - P_v}{P_e} \times 100 = \% \text{ Rendement}$$

**Equation 05** : le rendement d'extraction

**P<sub>a</sub>** : Poids de ballon contenant l'extrait (g)

**P<sub>v</sub>** : Poids de ballon Vide (g)

**P<sub>a</sub> - P<sub>v</sub>** : Poids de l'extrait sec (g)

**P<sub>e</sub>** : Poids de l'échantillon (poudre végétale(g)).

Le rendement des rebuts des dattes de *Phoenix dactylifera* L est calculé pour les extraits bruts et pour chaque fraction récoltée obtenue. Les résultats sont présentés dans les tableaux suivants (Tableau 9 et 10).

**Tableau 09** : Rendement des extraits bruts de *Phoenix dactylifera* L.

	Méthanol		
	Pulpe(P)	Noyaux(N)	Dattes entières (N+P)
Poids de l'échantillon (g)	50	50	50
Poids du ballon vide (g)	107,77	107,77	98,208
Poids de l'extrait sec (g)	35,96	5,16	29,21
Rendement %	<b>71,914</b>	<b>10,46</b>	<b>58,466</b>

L'extrait méthanolique de la pulpe (P) représente le rendement le plus élevé de 71,914 % par rapport de l'extrait méthanolique de la datte entière (N+P) avec un rendement moyen de 58,46%. Enfin, celui des noyaux (N) avec un pourcentage de 10,46%.

**Tableau 10** : Rendement des fractions récoltées des différentes parties de *Phoenix dactylifera* L.

Parties de plante	Méthanol											
	Ether di-éthylique (E-D)			Acétate d'éthyle (A-E)			méthyle éthyle cétone (MEC)			Phase aqueuse (Eau)		
	Poids du ballon vide (g)	Poids de l'extrait sec (g)	Rendement %	Poids du ballon vide (g)	Poids de l'extrait sec (g)	Rendement %	Poids du ballon vide (g)	Poids de l'extrait sec (g)	Rendement %	Poids du ballon vide (g)	Poids de l'extrait sec (g)	Rendement %
<b>P</b>	41,855	0,086	<b>1,91</b>	41,855	0,288	<b>2,88</b>	107,77	0,19	<b>1,92</b>	108,34	3,84	<b>83,4</b>
<b>N</b>	40,230	0,036	<b>3,6</b>	40,230	0,105	<b>10,5</b>	55,333	0,184	<b>18,4</b>	6,652	0,749	<b>74,9</b>
<b>N+P</b>	40,202	0,152	<b>1,9</b>	40,202	0,381	<b>4,2</b>	108,03	0,53	<b>6,65</b>	108,24	1,71	<b>21,4</b>

Le tableau ci-dessus représente les rendements massiques des fractions des extraits de déchets de dattes. A l'observation du tableau (10), nous remarquons que les rendements de la phase aqueuse (eau) des trois parties de la plante sont les plus élevés par rapport aux autres phases respectives (E-D, A-E et MEC) ; la phase aqueuse de la partie pulpe (P) représente le rendement le plus élevé suivi par les noyaux (N) puis les dattes entières (83 ; 75 et 21%).

En revanche, les autres phases présentent des rendements massiques très faibles (inférieurs à 20%) parce que certains acides phénoliques peuvent ce pendant se combiner avec des glucosides et devenir plus solubles dans l'eau (Kchaou et al., 2016). La partie noyaux de dattes est caractérisés par un rendement assez important dans les trois phases (E-D, A-E et MEC) avec un taux respectif de 3,7; 10,5 et 18,4 %.

Le rendement massique maximal des fractions hydrosolubles obtenu de la pulpe de dattes (P) est de 83,4 % alors que le rendement minimal des fractions hydrosolubles obtenu de la datte entière (N+P) est de 1,9 %. On remarque aussi que les rendements sont progressivement élevés de la première phase (éther di-éthylique) jusqu'à la dernière phase (phase aqueuse). Cette différence du taux de rendement, selon **Dai et Mumper (2010)**, serait probablement due à :

- La polarité des solvants utilisés qui peuvent être un facteur principal de cette différence;
- La composition différente et le temps et la température d'extraction ;
- La nature chimique et les caractéristiques physiques des échantillons.

## II. Détermination du contenu total en polyphénols et la teneur des flavonoïdes

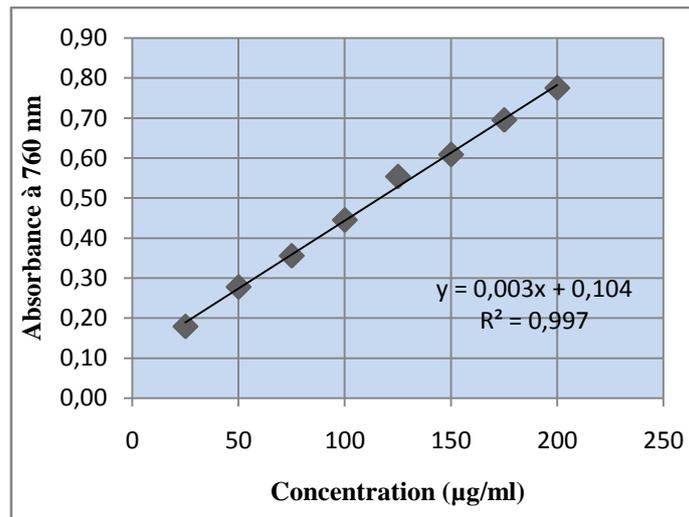
Le dosage quantitatif en polyphénols et en flavonoïdes des extraits des différentes parties de *Phoenix dactylifera* L de la variété Hachef ont été réalisées par deux méthodes respectives : la méthode de Folin-Ciocalteu (FCR) et la méthode de trichlorure d'aluminium.

### II.1 Dosage des polyphénols par la méthode de Folin-Ciocalteu (FCR)

Cette méthode été utilisée pour la détermination du contenu total des polyphénols. L'acide gallique a été utilisé comme étalon et les résultats obtenus sont représentés dans une courbe d'étalonnage (Figure 28). L'équation suivante détermine la teneur en polyphénols totaux (exprimée en  $\mu\text{g}$  équivalent d'acide gallique par mg du poids d'extrait ou  $\mu\text{g}$  GAE/mg d'extrait):

$$y = 0,0034x + 0,1044 \quad \text{avec } R^2 = 0,9972$$

**Equation 6** : Equation de la courbe d'étalonnage de l'acide gallique.



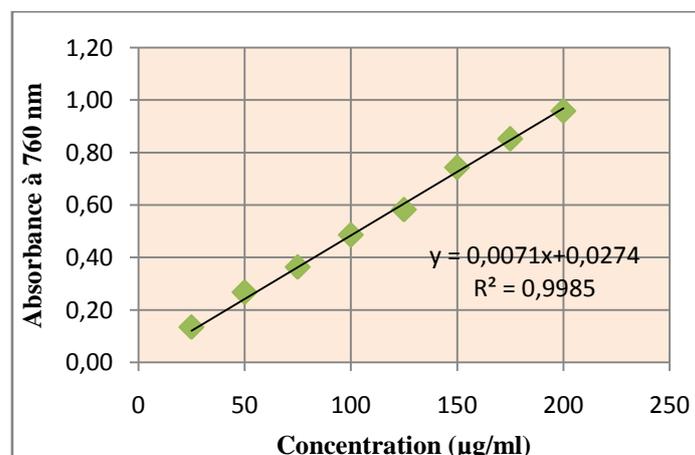
**Figure 28** : La courbe d'étalonnage de l'acide gallique.

## II.2 Dosage des flavonoïdes par la méthode de trichlorure d'aluminium

Cette méthode a été utilisée pour la détermination du contenu total des flavonoïdes. La quercétine a été utilisée comme standard et les résultats obtenus sont représentés dans une courbe d'étalonnage (Figure 29), ayant l'équation suivante :

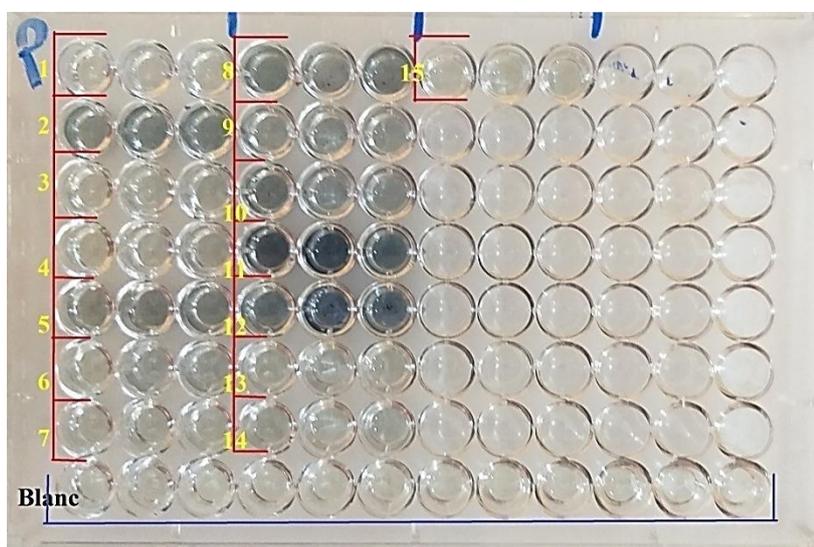
$$y = 0,0071x + 0,0274 \text{ avec } R^2 = 0,9985$$

**Equation 07** : Equation de la courbe d'étalonnage de la quercétine.

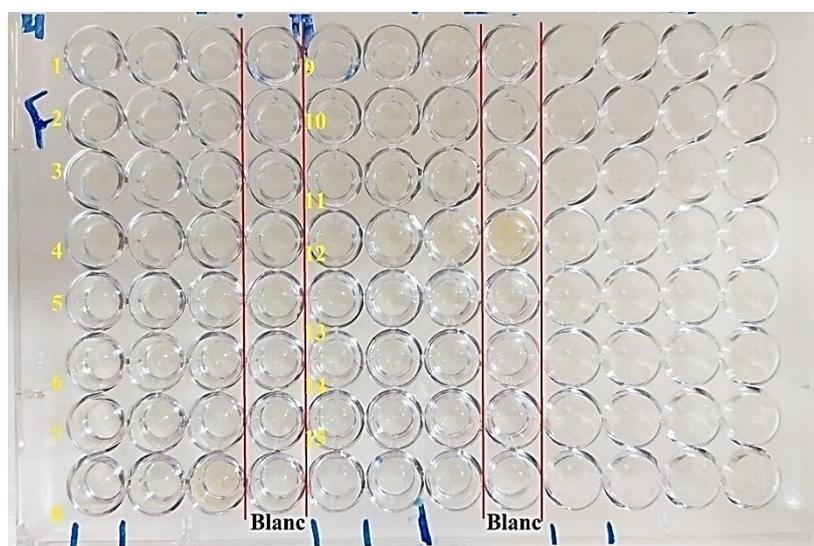


**Figure 29** : La courbe d'étalonnage de la quercétine.

La quantité des flavonoïdes a été rapportée en  $\mu\text{g}$  d'équivalent de la quercétine par mg de poids sec de l'extrait ( $\mu\text{g EQ/mg PS}$ ). Les résultats de ces deux méthodes sont regroupés dans les figures et le tableau suivantes (Figure 30, 31, 32 et 33 ; Tableau 11) :



**Figure 30** : Plaque de dosage des polyphénols (TPC) des extraits bruts et des fractions des rebuts de dattes de *Phoenix dactylifera* L.



**Figure 31** : Plaque de dosage des flavonoïdes (TFC) des extraits bruts et des fractions des rebuts de dattes de *Phoenix dactylifera* L.

**Tableau 11:** Le contenu total en polyphénols et la teneur des flavonoïdes des extraits bruts et des fractions des rebuts du fruit de *Phoenix dactylifera* L.

Phase	Teneur en composés phénolique ( $\mu\text{g GAE/mg d'extract}$ )		Teneur en flavonoïdes ( $\mu\text{g QE/mg d'extract}$ )
Brut	P	6,19 $\pm$ 1,77	11,25 $\pm$ 0
	N	81,74 $\pm$ 0,16	18,055 $\pm$ 0,14
	P+N	3,70 $\pm$ 1,63	12,083 $\pm$ 1,17
E-D	P	6,05 $\pm$ 2,12	22,430 $\pm$ 0,58
	N	72,82 $\pm$ 4,07	16,180 $\pm$ 0,29
	P+N	27,03 $\pm$ 0,16	15,208 $\pm$ 0
A-E	P	11,74 $\pm$ 1,18	19,583 $\pm$ 0,88
	N	93,50 $\pm$ 0,16	19,027 $\pm$ 0,14
	N+P	39,39 $\pm$ 0,44	20,486 $\pm$ 0,14
MEC	P	64,68 $\pm$ 0,16	26,180 $\pm$ 3,88
	N	<b>161,45 <math>\pm</math> 0,89</b>	29,097 $\pm$ 0
	P+N	140,96 $\pm$ 3,90	<b>46,458 <math>\pm</math> 0</b>
Eau	P	4,78 $\pm$ 1,77	14,791 $\pm$ 1,76
	N	25,47 $\pm$ 1,34	15,347 $\pm$ 0
	P+N	13,70 $\pm$ 1,52	10,069 $\pm$ 1,17

*E.D:* Ether di-éthylique; *A.E* : Acétate d'éthyle ; *Mec* : Méthyle éthyle cétone ; *P* : pulpe de rebuts de dattes ; *P+N* : pulpe et noyaux de rebuts de dattes ; *N* : noyaux de rebuts de dattes.

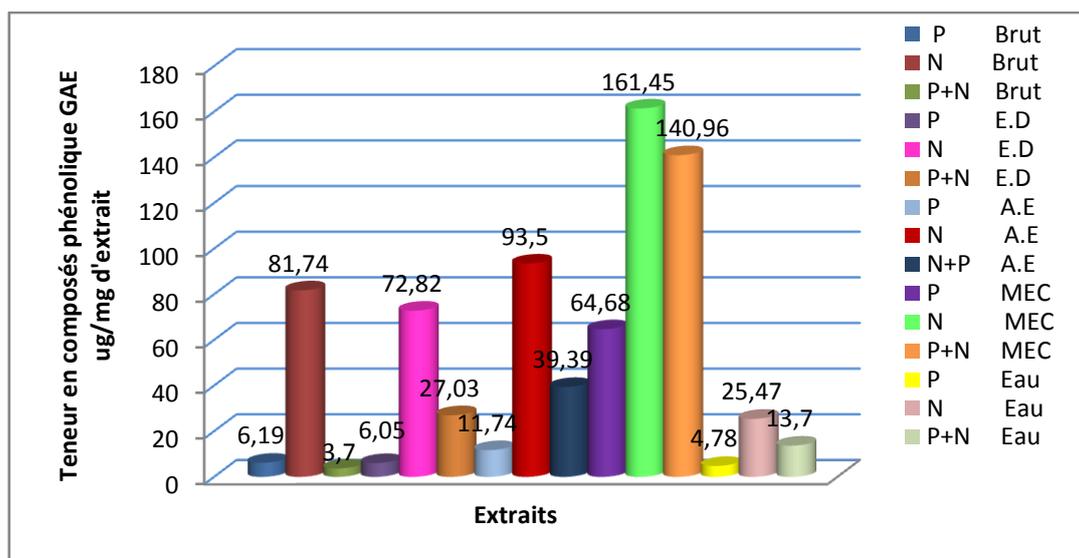


Figure 32 : Teneur en composés phénolique des différents extraits de rebuts de dattes de la plante *Phoenix dactylifera* L.

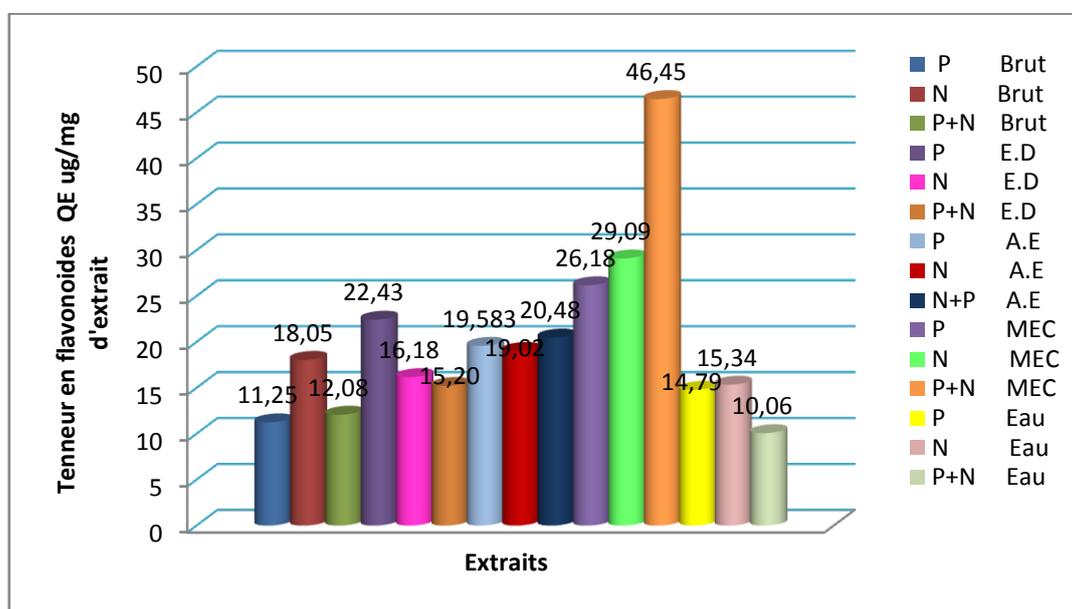


Figure 33 : Teneur en flavonoïdes de différents extraits de rebuts de dattes de la plante *Phoenix dactylifera* L.

D'après le tableau 11 représentant la variation de la teneur en polyphénols et en flavonoïdes des extraits bruts et des fractions des rebuts des dattes de la plante *Phoenix dactylifera* L. Les résultats du dosage des polyphénols sont obtenus par extrapolation de l'absorbance des extraits sur la courbe d'étalonnage de l'acide gallique. Nous remarquons que le Méthyle Ethyle Cétone (MEC) est le solvant qui a pu extraire le maximum de polyphénols pour les différentes parties des dattes déclassées ; La partie N est la plus riche avec  $161,45 \pm 0,89 \mu\text{g GAE/mg}$ , suivi par les deux autres parties de la plante étudiée P+N et P avec une teneur respective de  $140,96 \pm 3,90$  et  $64,68 \pm 0,16 \mu\text{g GAE/mg}$ . Les deux solvants respectifs Acétate d'éthyle et Ether di-éthylique utilisé pour l'affrontement ont extrait un taux élevé en polyphénols contenu dans les noyaux de dattes (N) pour l'ensemble de la fraction A-E ( $93,50 \pm 0,16 \mu\text{g GAE/mg}$ ) et de la fraction E-D ( $72,82 \pm 4,07 \mu\text{g GAE/mg}$ ).

En revanche, nous remarquons que la faible teneur en polyphénols est observée dans les extraits bruts et la phase aqueuse (eau) de la partie noyaux de dattes mais cette partie de la datte (N) est supérieure aux deux autres parties du fruit pulpe (P) et datte entière (P+N) ( $81,74 \pm 0,16 \mu\text{g GAE/mg}$  vs.  $6,19 \pm 1,77$  et  $3,70 \pm 1,63 \mu\text{g GAE/mg}$ ). En conséquent, les noyaux de dattes sont la partie la plus riche en polyphénols avec tous les solvants utilisés.

Par comparaison avec d'autre variété de la même plante *Phoenix dactylifera* L, nos résultats N eau, P+N eau, P A.E et P brute ( $25,47 \pm 1,34$  ;  $13,70 \pm 1,52$  ;  $11,74 \pm 1,18$  ;  $6,19 \pm 1,77 \mu\text{g GAE/mg}$ ) sont en accord avec les résultats retrouvés par **Muhammad et al., (2016)** qui ont rapporté que la teneur en composés phénoliques, pour des extraits méthanoliques de variété *Mariama*, *Ajwa*, *Mobroom*, *Safawi* est respectivement de  $24,53 \pm 0,74$  ;  $13,51 \pm 0,12$  ;  $10,28 \pm 0,04$  ;  $5,76 \pm 0,10 \mu\text{g GAE/mg}$ .

Dans une autre étude réalisée par **Tajini et al., (2020)**, la teneur en polyphénols est de  $4,52 \pm 0,31 \mu\text{g GAE/mg}$  et  $3,62 \pm 0,23 \mu\text{g GAE/mg}$  pour les variétés respectives Deglet nour et Madjoul. Ces teneurs sont en accord avec nos résultats respectifs (P eau, P+N brute :  $4,78 \pm 1,77$  ;  $3,70 \pm 1,77 \mu\text{g GAE/mg}$ ).

La détermination de la teneur en flavonoïdes est obtenus par extrapolation de l'absorbance des extraits sur la courbe d'étalonnage de la molécule standard « Quercétine ». On remarque que la teneur des flavonoïdes est complètement inférieure à  $50 \mu\text{g QE/mg}$  dans tous les extraits de *Phoenix dactylifera* L. Comparativement aux polyphénols totaux.

Le solvant Méthyle Ethyle Cétone ou MEC est le solvant qui a peut extraire le maximum de flavonoïdes dans P+N ( $46,458 \pm 0,0 \mu\text{g QE/mg}$ ); N ( $29,097 \pm 0,0 \mu\text{g QE/mg}$ ) et P ( $26,180 \pm 3,88 \mu\text{g QE/mg}$ ). Les trois parties de *Phoenix dactylifera* L affrontées par l'Acétate d'éthyle a extrait environ de  $20 \mu\text{g QE/mg}$  de flavonoides. De plus, les extraits des trois parties de la plante affronter avec Ether di-éthylique (E-D) indiquant des teneurs inferieures à celles retrouvées dans le solvant MEC : P ( $22,430 \pm 0,58 \mu\text{g QE/mg}$ ); N ( $16,180 \pm 0,29 \mu\text{g QE/mg}$ ) et N+P ( $15,208 \pm 0 \mu\text{g QE/mg}$ ). Par ailleurs, les extraits bruts et aqueux des trois parties de la plante indiquent des teneurs très proches allant de  $10$  à  $18 \mu\text{g QE/mg}$ .

Par comparaison avec d'autre variétés de dattes, la teneur en flavonoïdes de notre extraits P+N Mec, P+N A.E, P A.E et P+N E-D des rebuts des dattes de *Phoenix dactylifera* L ( $46,45 \pm 0$ ;  $20,84 \pm 0,1$ ;  $19,58 \pm 0,88$ ;  $15,20 \pm 0 \mu\text{g QE/mg}$ ) sont en accord avec les résultats retrouvé par **Benmeddour et al.,(2013)** qui ont rapporté que la teneur en composés phénoliques pour des extraits acétonique de la plante *Phoenix dactylifera* L variété Mech Degla, Thouri, Itima et Deglet Noor est de  $45,09 \pm 2,45$ ;  $21,97 \pm 0,68$ ;  $19,62 \pm 0,92$ ;  $15,22 \pm 0,50 \mu\text{g QE/mg}$  respectivement.

Selon l'étude réalisée par **Al-Farsi et al., (2005)**, la variabilité des types et des concentrations de composés phénoliques soit à l'intérieur ou entre les variétés des dattes peut être attribuée à plusieurs facteurs, y compris l'environnement conditions, telles que le climat, la température, les précipitations et l'humidité et d'autres facteurs relatifs à l'origine géographique et conditions de conservation et de traitement. Ces teneurs diffèrent aussi entre les variétés de dattes également selon la grande diversité des espèces commercialisées, le temps entre la récolte et la vente, le degré de maturité des fruits à la récolte et les différences de teneur en humidité.

D'un autre point de vue, la récupération des composés phénoliques dans différents échantillons est influencée par la polarité et la solubilité de ce composé dans les solvants d'extraction ; Il est donc difficile de sélectionner un solvant approprié pour l'extraction de composés phénoliques de tous les échantillons (**Alothman et al., 2009**). Selon une étude de **Soumaya et al. (2018)**, les résultats montrent que les solvants moins polaires conviennent à l'extraction des phénols lipophiles et que la teneur phénolique totale varie fortement entre les différents solvants et dépend du solvant utilisé et de sa polarité. Cette dernière étude est en

concordance avec nos résultats. Ainsi, dans notre étude nous remarquons que le MEC est le solvant qui a pu extraire la majorité des composés phénoliques.

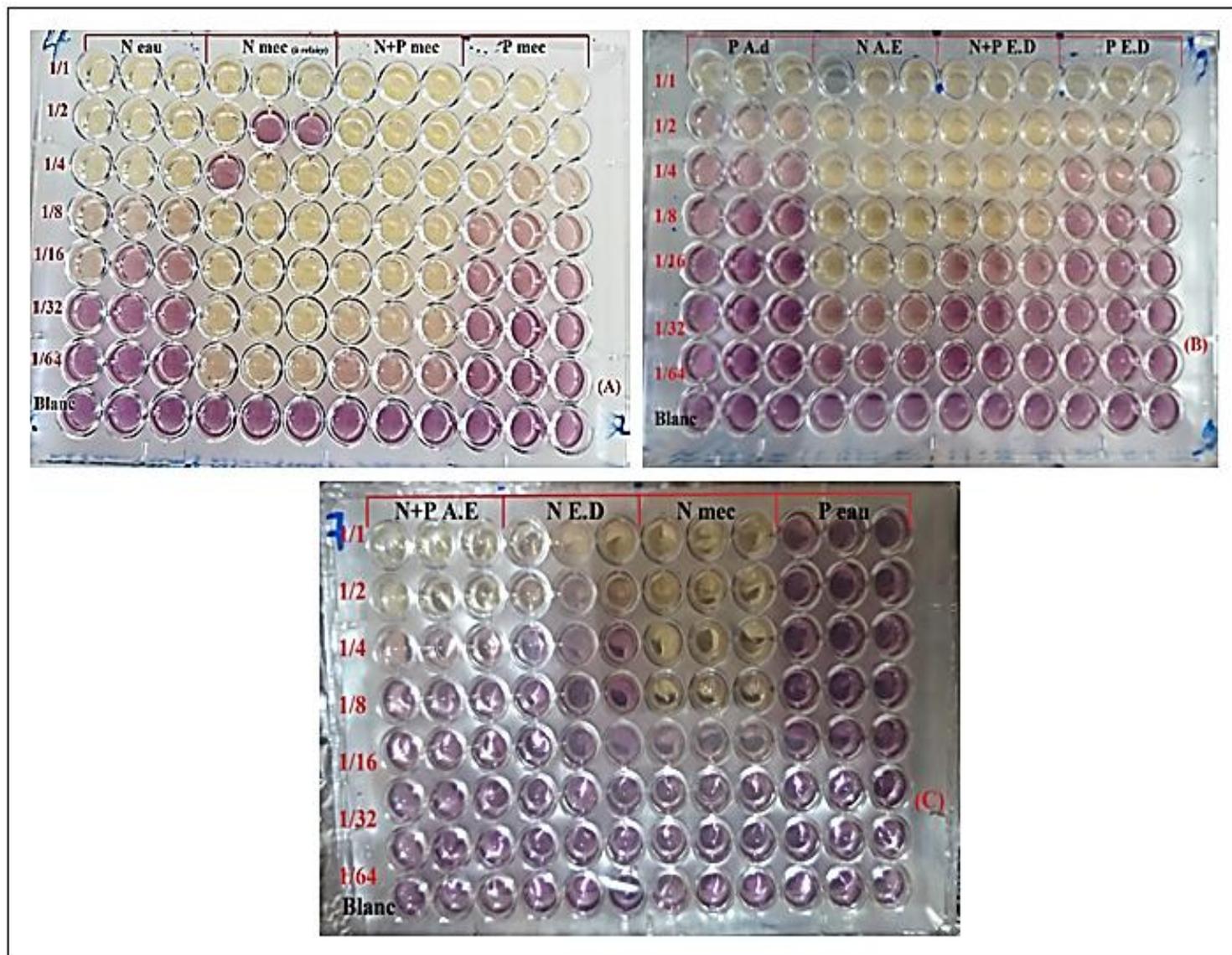
### III. Les activités biologiques

#### III .1 Les activités antioxydantes

L'évaluation de l'activité antioxydante des extraits Ether di-éthylique (P ; P+N ; N), Méthyle éthyle cétone (P ; P+N ; N) et Acétate d'éthyle (P ; P+N ; N) des rebuts des dattes de la plante *Phoenix dactylifera* L a été réalisée par trois méthodes : l'activité anti-radicalaire au DPPH, l'activité du piégeage du cation radical ABTS et l'activité de réduction du complexe cuivre-neocuproéne (CUPRAC).

##### III .1.1 Activité anti-radicalaire au DPPH

La concentration inhibitrice  $CI_{50}$  est inversement proportionnelle à la capacité antioxydante d'un composé. Elle exprime la quantité d'antioxydant requise pour diminuer la concentration du radical libre DPPH à 50 %. Ceci en suivant la réduction de ce radical qui s'accompagne par son passage de la couleur violette à la couleur jaune. Les résultats de l'activité anti-radicalaire au DPPH sont comparés aux étalons (BHA). Les résultats sont représentés dans les figures et le tableau suivants (Figure 34 et 35 et le tableau 12) :



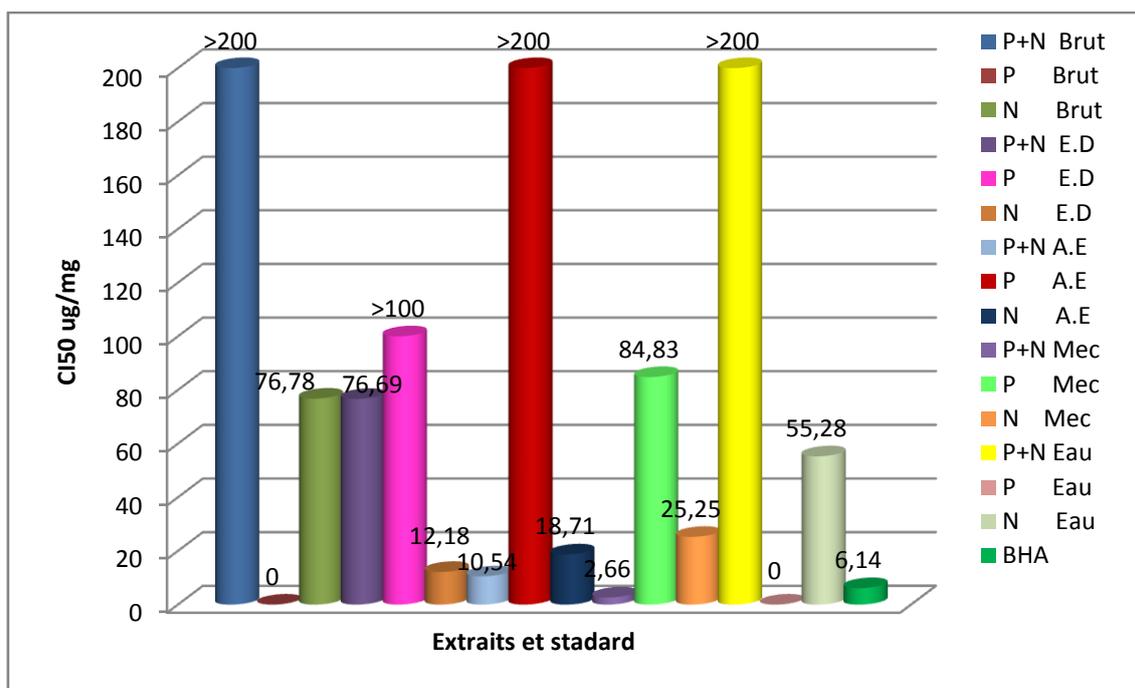
*E.D*: Ether di-éthylique; *A.E*: Acétate d'éthyle; *Mec*: Méthyle éthyle cétone; *P*: pulpe de rebuts de dattes;  
*P+N*: pulpe et noyaux de rebuts de dattes; *N*: noyaux de rebuts de dattes

**Figure 34** : Plaques (A) ; (B) et (C) de dosage de l'activité anti radicalaire (DPPH) des extraits bruts et des phases des rebuts de dattes de *Phoenix dactylifera* L.

Tableau12 : Inhibition du radical DPPH par les extraits bruts et les phases de *Phoenix dactylifera* L

	Extraits	Inhibition %						
		12,5 µg	25 µg	50 µg	100 µg	200 µg	400 µg	800 µg
Brut	P+N	NA	1,42±1,36	3,08±1,67	11,51±3,41	27,07±4,09	53,02±3,77	84,38±1,89
	P	NA	NA	NA	NA	<b>0,32±5,53</b>	<b>11,20±1,85</b>	<b>20,67±3,77</b>
	N	17,04±2,22	38,93±5,76	75,89±4,16	84,38±0,75	84,26±0,59	84,20±0,95	82,60±0,21
E-D	P+N	18,62±2,06	28,08±0,74	48,10±4,13	73,75±7,96	76,98±8,14	77,14±1,62	81,84±4,84
	P	4,89±1,87	11,68±5,61	13,92±2,23	28,58±3,15	51,22±3,04	75,17±1,56	79,38±4,05
	N	NA	0,92±1,11	5,38±2,06	18,44±5,08	30,80±2,88	73,92±7,37	77,07±5,09
A-E	P+N	NA	0,86±5,05	14,05±3,13	30,32±3,40	57,29±1,44	81,41±5,66	82,83±2,43
	P	10,04±1,56	11,95±1,58	16,82±1,86	29,56±6,10	44,38±1,74	66,15±0,99	83,59±0,43
	N	37,11±3,29	62,81±0,62	83,70±0,66	85,12±1,77	84,30±0,90	83,16±3,74	43,07±37,89
Mec	P+N	<b>63,21±1,06</b>	<b>80,08±0,57</b>	<b>85,47±0,28</b>	<b>86,66±0,09</b>	<b>84,98±1,88</b>	<b>85,09±0,68</b>	<b>82,96±0,82</b>
	P	11,39±7,83	14,00±4,26	37,08±3,36	52,37±1,04	72,84±6,85	82,26±0,81	83,45±0,93
	N	14,11±0,64	21,77±1,55	46,42±2,37	76,83±9,27	81,29±1,29	82,89±0,47	84,56±0,72
Eau	P+N	10,89±5,46	11,45±4,18	20,24±2,68	35,24±1,03	59,17±2,02	80,57±0,46	83,52±1,23
	P	NA	NA	NA	NA	<b>0,45±4,74</b>	<b>2,29±5,99</b>	<b>21,18±2,58</b>
	N	11,93±1,82	24,56±1,88	53,57±20,00	70,72±1,73	83,73±1,86	84,38±0,66	47,48±26,19
<b>BHA</b>		<b>76,55±0,48</b>	<b>79,89±0,26</b>	<b>81,73±0,10</b>	<b>84,18±0,10</b>	<b>87,13±0,17</b>	<b>89,36±0,19</b>	<b>90,14±0,00</b>

*E.D*: Ether di-éthylique; *A.E* : Acétate d'éthyle ; *Mec* : Méthyle éthyle cétone ; *P* : pulpe de rebuts de dattes ; *P+N* : pulpe et noyaux de rebuts de dattes ; *N* : noyaux de rebuts de dattes ; *BHA* : Butylhydroxyanisole ; *NA* : No absorbance.



**Figure 35 :** Valeurs des CI<sub>50</sub> du test DPPH pour les extraits bruts et les phases des rebuts des dattes de *Phoenix dactylifera* L.

D'après les valeurs des CI<sub>50</sub> du test DPPH pour les extraits des rebuts des dattes de *Phoenix dactylifera* L illustré dans la figure (35), on constate que l'extrait P+N Mec a un CI<sub>50</sub> (2,66±1,19µg/ml) Supérieure à celle de standard alors que l'extrait P+N A-E et N E-D ont manifesté respectivement une activité anti-radicalaire au DPPH (CI<sub>50</sub>) supérieure à celle de l'extrait N A-E (10,54±2,19 µg/ml ; 12,18±3,19µg/ml vs 18,71±0,83µg/ml), cette activité est deux fois plus faible que celle du BHA (CI<sub>50</sub>= 6,14±0,41µg/ml). L'activité anti-radicalaire respective des extraits de noyaux de dattes N des deux phases Mec et Eau sont de 25,25±21,96µg/ml et 55,28±15,80µg/ml, tandis que les deux extraits P brut et P eau ne présentent aucune activité anti radicalaire au DPPH.

Les résultats obtenus pour les extraits: la phase E-D de P; la phase eau de P + N, P, A-E et de P+N étaient relativement élevées (IC supérieure à 100 µg/ml) par rapport aux valeurs standard de BHA, indiquant une faible activité anti-radicalaire au DPPH. Mais en partie, en raison de la forte concentration d'extraits utilisés dans ce test (4 mg d'extrait), nous ferions mieux de la réduire à 1; 0,5 ou 0,25 mg pour obtenir éventuellement des valeurs plus proches des valeurs standard, comme l'indique la couleur de certains échantillons dans les plaques qui virent au jaune et indiquent la présence d'une certaine activité antioxydante.

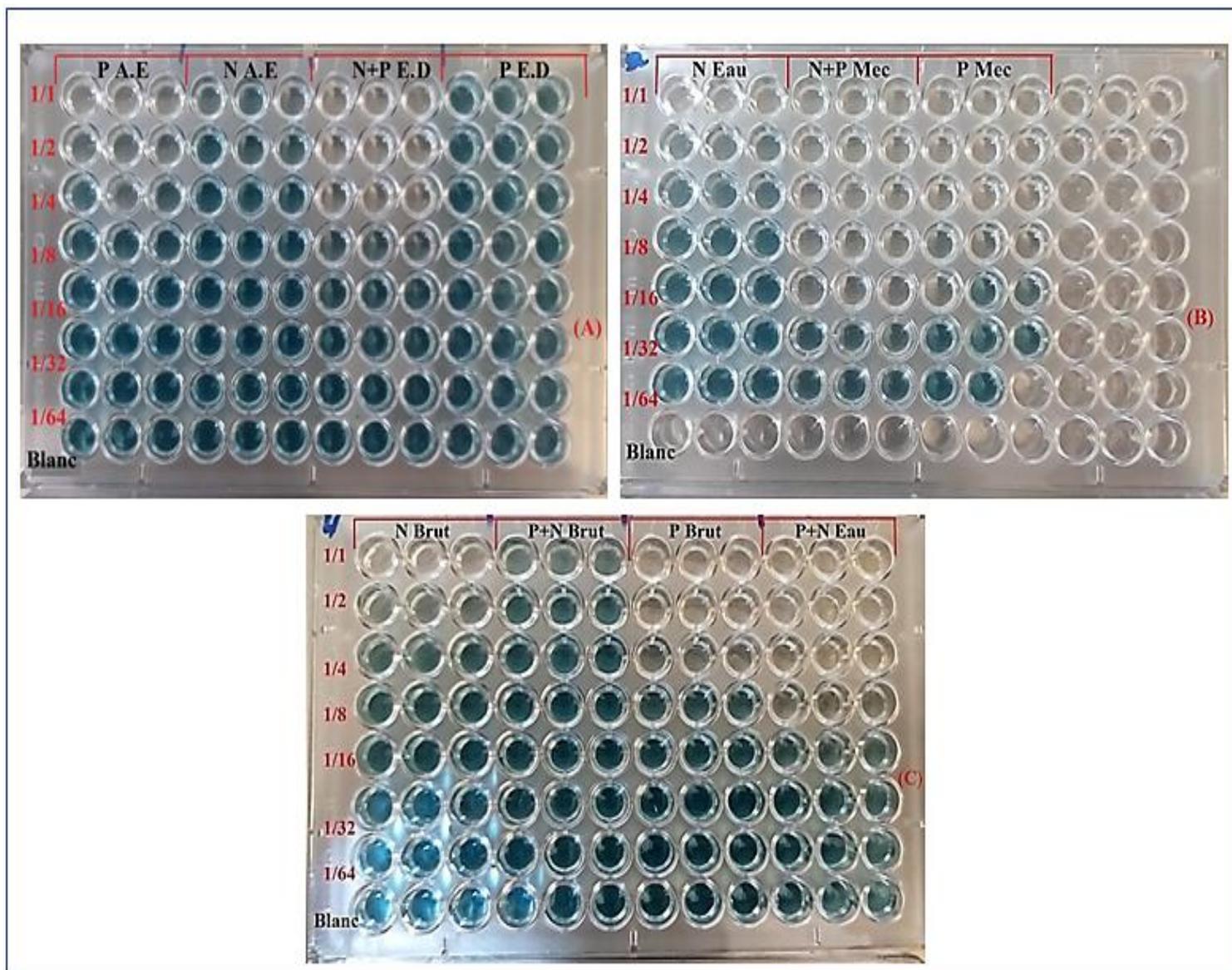
Des études de l'activité antioxydante de l'extrait méthanolique de la plante *Phoenix dactylifera* L cultivé dans le Sud de la Tunisie ont trouvé une teneur de l'ordre de  $68,13 \pm 0,04 \mu\text{g/ml}$  de la variété Deglat Noor et  $89,14 \pm 0,41 \mu\text{g/ml}$  de la variété Ftimi (**Masmoudi et al., 2016**). Ces résultats sont en accord avec les résultats de nos extrais respectifs de P Mec et de P+N A-E ( $84,83 \pm 8,34 \mu\text{g/ml}$  ;  $10,54 \pm 2,19 \mu\text{g/ml}$ ).

Dans une étude similaire à la nôtre, **Buhalali et al. (2016)** ont découvert une activité antioxydante de six sirops de fruits marocains issus de la plante *Phoenix dactylifera* L de différentes variétés (Bosliken, Pothami, Eclan, Jihl, Lahfs et Tamagont) de l'ordre de  $381,99 \pm 17,9841 \mu\text{g/ml}$  pour le sirop de Jihl ;  $447,31 \pm 6,28 \mu\text{g/ml}$  pour le sirop de Lhafs et  $562,83 \pm 34,21 \mu\text{g/ml}$  pour le sirop de Bouslikhen. Ces teneurs sont peu proches de celles de nos extraits.

Dans notre étude, nous remarquons une relation étroite entre la teneur en composés phénolique et flavonoïdes et la capacité anti-radicalaire au DPPH des rebuts des dattes ; Ces résultats sont en accord avec ceux de **Mansouri et al.(2005)** et **Biglari et al.(2008)** qui ont constaté que les teneurs totales en composés phénoliques et en flavonoïdes contribuent de manière significative à la capacité antioxydante de fruits de dattes.

### III.1.2 Activité du piégeage du cation radical ABTS

L'ABTS ou acide 2,2'-azino-bis-3-éthylbenzothiazoline-6-sulphonique est un composé organique stable utilisé dans l'évaluation de l'activité antiradicalaire.  $\text{ABTS}^{+\cdot}$  réagit avec l'antioxydant et passe de la couleur bleu-vert à un état incolore. Cette transformation est suivie par la mesure de l'absorbance à 734 nm et la détermination de la concentration inhibitrice des différents extraits en comparaison avec les standards BHA et BHT. Les figures (36 et 37) et le tableau (13) suivants illustrent les résultats du test du piégeage du cation radical ABTS des extraits de *Phoenix dactylifera* L de variété Hachef.



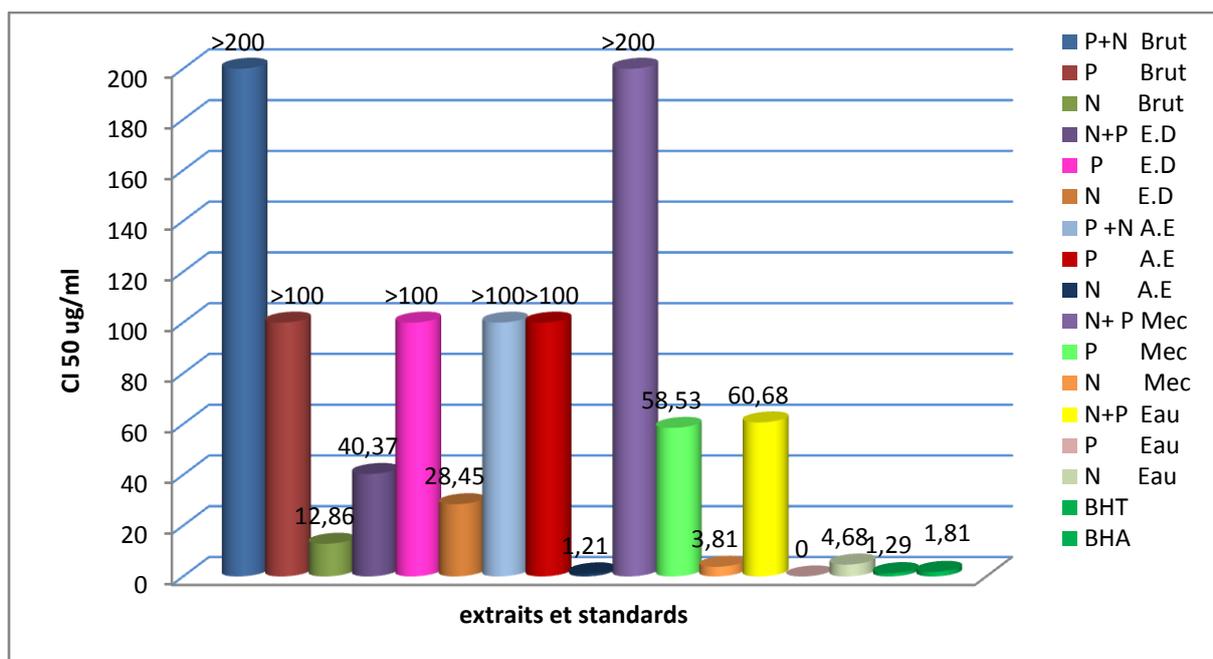
*E.D*: Ether di-éthylique; *A.E* : Acétate d'éthyle ; *Mec* : Méthyle éthyle cétone ; *P* : pulpe de rebuts de dattes ;  
*P+N* : pulpe et noyaux de rebuts de dattes ; *N* : noyaux de rebuts de dattes

**Figure36** : Plaques (A) ; (B) et (C) de dosage de l'activité anti radicalaire (ABTS) des extraits des rebuts de dattes de *Phoenix dactylifera* L.

**Tableau 13 :** Inhibition du cation radical ABTS par les extraits bruts et les phases des rebuts de dattes de *Phoenix dactylifera* L.

Extraits		Inhibition %						
		12,5 µg	25 µg	50 µg	100 µg	200 µg	400 µg	800 µg
Brute	P+N	0,31±5,99	9,36±3,49	10,01±2,18	19,20±0,69	15,80±7,29	37,94±1,70	61,92±1,80
	P	NA	NA	19,95±1,30	40,24±1,60	78,76±1,42	93,25±0,15	93,30±0,23
	N	NA	2,91±5,20	4,51±1,84	14,15±1,56	30,29±1,05	69,92±1,42	93,30±0,23
E-D	P+N	18,83±4,03	38,12±3,02	65,80±1,93	88,59±4,59	91,82±1,86	93,44±0,35	93,48±0,30
	P	4,44±3,75	15,33±0,20	25,56±1,60	40,56±3,99	63,96±2,14	91,47±0,80	92,30±0,75
	N	4,48±2,13	9,03±0,54	14,02±3,00	23,04±3,81	36,28±6,94	40,75±5,66	79,93±4,88
A-E	P+N	4,44±1,90	5,55±1,81	20,98±6,22	46,72±2,66	69,02±1,24	85,39±3,71	92,14±0,39
	P	9,03±1,91	14,37±0,40	24,03±1,17	39,21±2,70	66,50±3,51	81,24±1,64	90,95±3,75
	N	<b>44,02±1,24</b>	<b>70,35±5,68</b>	<b>93,53±0,59</b>	<b>93,57±0,35</b>	<b>93,61±0,53</b>	<b>94,27±0,61</b>	<b>94,27±0,61</b>
Mec	P+N	72,26±4,54	87,53±3,15	89,57±2,28	90,32±0,43	90,87±0,85	91,28±0,43	91,62±0,00
	P	NA	12,08±0,61	41,59±5,97	75,87±3,49	86,37±2,82	87,73±3,37	87,73±4,61
	N	17,59±0,86	29,06±1,94	44,74±0,20	69,06±3,85	93,21±0,20	93,43±0,34	93,98±0,86
Eau	P+N	2,31±2,28	9,86±5,12	42,04±2,96	79,71±5,03	92,25±1,90	93,30±0,17	93,50±0,23
	P	<b>3,23±1,63</b>	<b>5,81±5,61</b>	<b>13,76±13,8</b>	<b>15,44± 20,20</b>	<b>13,55±1,88</b>	<b>26,91±1,06</b>	<b>40,62±3,26</b>
	N	51,20±5,14	76,69±1,62	86,85±3,69	90,73±0,47	91,07±0,24	91,07±0,64	91,07±3,94
BHT		<b>69,21±0,40</b>	<b>78,23±1,34</b>	<b>88,12±1,28</b>	<b>88,76±3,07</b>	<b>90,85±1,74</b>	<b>90,95±0,51</b>	<b>96,68±0,39</b>
BHA		<b>92,83±1,42</b>	<b>94,68±0,42</b>	<b>94,95±0,90</b>	<b>95,32±0,25</b>	<b>95,59±0,47</b>	<b>95,83±0,15</b>	<b>95,86±0,10</b>

*E.D*: Ether di-éthylique; *A.E*: Acétate d'éthyle; *Mec*: Méthyle éthyle cétone; *P*: pulpe de rebuts de dattes; *P+N*: pulpe et noyaux de rebuts de dattes; *N*: noyaux de rebuts de dattes; *BHA*: Butylhydroxyanisole; *BHT*: Butylhydroxytoluène; *NA*: No absorbance.



**Figure 37 :** Valeurs des  $IC_{50}$  du test ABTS pour les extraits bruts et fractions des rebuts de dattes de la plante *Phoenix dactylifera* L.

Lors de l'évaluation de l'activité anti oxydante, on remarque que la meilleure capacité de piégeage des radicaux libres (ABTS) est représentée par l'extrait N A-E ( $1,21 \pm 0,38 \mu\text{g/ml}$ ). L'extrait N Mec et l'extrait N Eau ( $3,81 \pm 0,10 \mu\text{g/ml}$  ;  $4,68 \pm 3,41 \mu\text{g/ml}$ ) est quatre fois plus faible que les standards BHT et BHA ( $1,29 \pm 0,30 \mu\text{g/ml}$  ;  $1,81 \pm 0,10 \mu\text{g/ml}$ ) et trois fois plus fort que l'extrait N brut ( $12,86 \pm 1,27 \mu\text{g/ml}$ ). En revanche, l'extrait P eau ne présente aucune activité anti-radicalaire à l'ABTS et même au DPPH.

Les concentrations inhibitrices obtenus pour les extraits P des trois phases (A-E ; E-D et brut) et l'extrait P+N de la phase A-E et l'extrait brut sont relativement élevés ( $IC_{50}$  supérieur à  $100 \mu\text{g/ml}$ ) par rapport aux valeurs standard de BHA et BHT, indiquant ainsi, une faible activité anti-radicalaire au ABTS. Ceci pourrait être en raison de la forte concentration des extraits utilisés dans ce test (4 mg d'extrait). Il serait préférable de réduire la concentration de la solution mère à 1 ; 0,5 ou 0,25 mg pour obtenir éventuellement des valeurs plus proches des valeurs standards, comme l'indique la couleur de certains échantillons dans les plaques révélant la présence d'une certaine activité antioxydante.

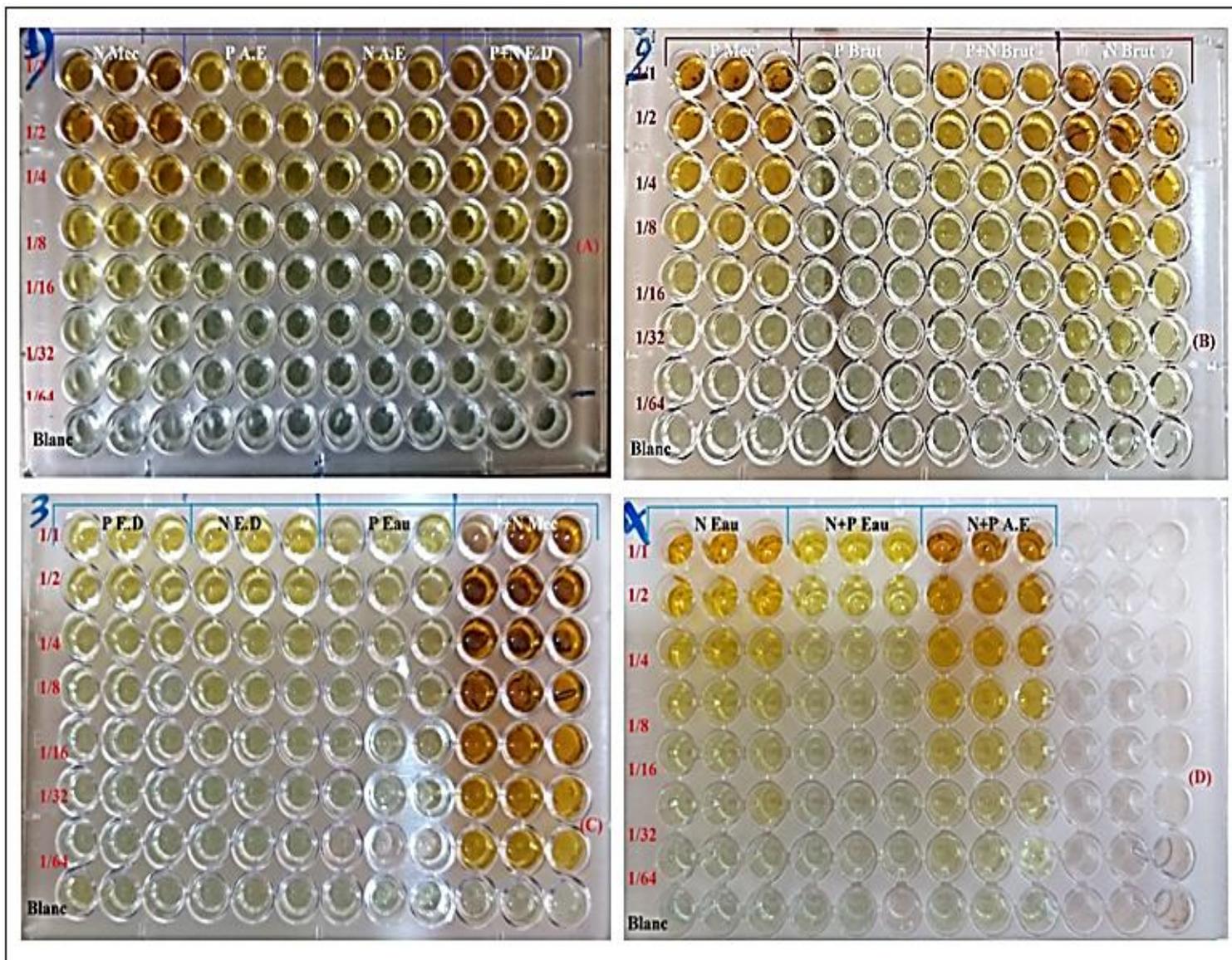
Dans une étude réalisée au Maroc par **Bouhlali et al. (2016)** sur le sirop de fruits de *Phoenix dactylifera* L, ces auteurs ont révélé une activité de piégeage du radical ABTS comprise entre  $4,68 \pm 0,22$  et  $8,27 \pm 0,34$  mmol TE /100 gDW.

En outre, **Saafi-benselah et al. (2011)**, en travaillant sur les dattes collectées de la région de Douz (Kébili, Tunisie) ont noté une activité anti-radicalaire à ABTS des variétés Deglet Nour et de Allig respectives de  $866,82 \pm 28,83$  ;  $891,31 \pm 75,80$   $\mu\text{molTE} / 100\text{gTrox}$ .

Le radical cation ABTS a une capacité d'être plus polyvalent que le DPPH. Ainsi, le radical cation ABTS est soluble dans l'eau et les solvants organiques, ce qui permet une évaluation d'activité anti-radicalaire pour les composés hydrophiles et lipophiles (**Gülçin, 2010**). C'est pour cette raison que nos extraits de rebuts de dattes testés dans cette activité ont manifesté un pouvoir de piégeage des radicaux libres mieux que dans l'activité anti-radicalaire au DPPH.

### III.1.3 Activité de réduction du complexe cuivre-neocuproéne (CUPRAC)

Cette méthode de réduction du complexe cuivre-neocuproéne (CUPRAC) est basée sur la réduction en présence d'un antioxydant du complexe stable Neocuproéne-cuivre(II) de couleur bleu en complexe stable Neocuproéne-cuivre (I) de couleur orange. L'absorbance est mesurée à 450 nm et les résultats ont été comparés aux standards de références (BHA, BHT). Les figures (38 et 39) et le tableau (14) suivants représentent les résultats de cette activité biologique *in vitro*.



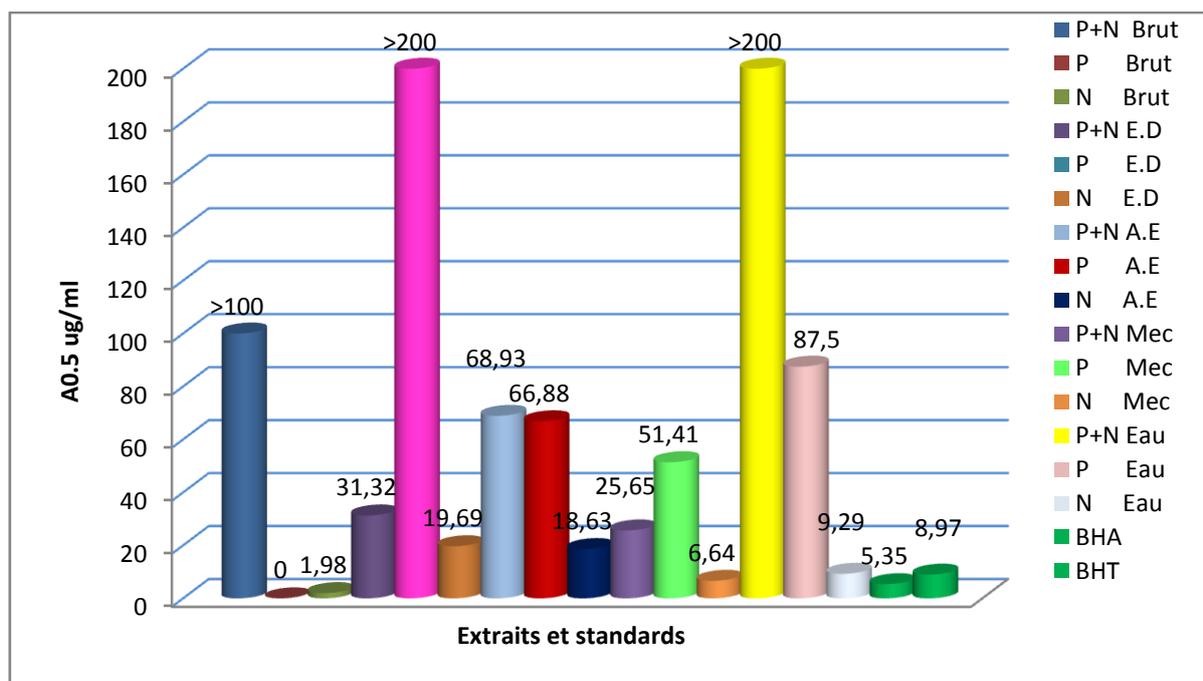
*E.D*: Ether di-éthylique; *A.E* : Acétate d'éthyle ; *Mec* : Méthyle éthyle cétone ; *P* : pulpe de rebuts de dattes ;  
*P+N* : pulpe et noyaux de rebuts de dattes ; *N* : noyaux de rebuts de dattes

**Figure 38** : (A) ; (B) ; (C) et (D) les plaques de dosage de l'activité anti radicalaire (CUPRAC) des extraits des rebuts des dattes de *Phoenix dactylifera* L.

**Tableau14** : Réduction du complexe néocoproïne par la méthode CUPRAC des extraits des rebuts des dattes de *Phoenix dactylifera* L.

Extraits		Absorbance						
		12,5 µg	25 µg	50 µg	100 µg	200 µg	400 µg	800 µg
Brut	P+N	0,14±0,00	0,18±0,01	0,25±0,00	0,42±0,09	0,62±0,01	1,15±0,13	2,26±0,22
	P	<b>0,15±0,06</b>	<b>0,13±0,01</b>	<b>0,16±0,05</b>	<b>0,16±0,05</b>	<b>0,20±0,05</b>	<b>0,30±0,01</b>	<b>0,43±0,02</b>
	N	<b>0,27±0,01</b>	<b>0,44±0,08</b>	<b>0,68±0,02</b>	<b>1,19±0,02</b>	<b>2,25±0,17</b>	<b>3,59±0,45</b>	<b>4,14±0,07</b>
E-D	P+N	0,24±0,02	0,48±0,15	0,72±0,07	1,14±0,06	2,06±0,06	3,17±0,58	4,32±0,55
	P	0,15±0,01	0,15±0,00	0,18±0,01	0,26±0,01	0,33±0,02	0,53±0,09	0,87±0,07
	N	0,14±0,01	0,14±0,01	0,18±0,01	0,26±0,06	0,33±0,00	0,52±0,01	0,84±0,04
A-E	P+N	0,21±0,01	0,26±0,05	0,42±0,06	0,78±0,03	1,37±0,06	1,67±0,10	3,06±0,05
	P	0,17±0,01	0,20±0,02	0,31±0,04	0,39±0,05	0,93±0,26	1,45±0,09	1,74±0,14
	N	0,16±0,01	0,20±0,01	0,28±0,04	0,41±0,01	0,72±0,04	1,26±0,02	2,39±0,11
Mec	P+N	0,38±0,03	0,42±0,02	0,93±0,05	1,01±0,00	1,31±0,03	1,39±0,02	1,62±0,18
	P	0,22±0,05	0,25±0,01	0,51±0,07	0,89±0,03	1,65±0,19	2,94±0,26	4,15±0,05
	N	<b>0,25±0,04</b>	<b>0,31±0,02</b>	<b>0,54±0,01</b>	<b>0,98±0,06</b>	<b>2,18±0,08</b>	<b>3,72±0,09</b>	<b>3,96±0,33</b>
Eau	P+N	0,12±0,00	0,13±0,00	0,15±0,01	0,21±0,00	0,27±0,02	0,53±0,02	0,89±0,04
	P	0,05±0,01	0,12±0,00	0,13±0,01	0,17±0,01	0,21±0,00	0,27±0,00	0,38±0,01
	N	0,15±0,00	0,24±0,08	0,29±0,04	0,40±0,01	0,74±0,12	1,33±0,16	2,31±0,26
<b>BHT</b>		<b>1,12±0,05</b>	<b>1,95±0,31</b>	<b>3,14±0,46</b>	<b>3,58±0,42</b>	<b>3,35±0,20</b>	<b>3,77±0,19</b>	<b>3,92±0,13</b>
<b>BHA</b>		<b>1,41±0,03</b>	<b>2,22±0,05</b>	<b>2,42±0,02</b>	<b>2,50±0,01</b>	<b>2,56±0,05</b>	<b>2,86±0,07</b>	<b>3,38±0,13</b>

*E.D*: Ether di-éthylique; *A.E* : Acétate d'éthyle ; *Mec* : Méthyle éthyle cétone ; *P* : pulpe de rebuts de dattes ;  
*P+N* : pulpe et noyaux de rebuts de dattes ; *N* : noyaux de rebuts de dattes ;  
*BHA* ;Butylhydroxyanisole ;*BHT* :Butylhydroxytoluène.



**Figure 39 :** Valeurs des A<sub>0,50</sub> du test CUPRAC pour les extraits des extraits des rebuts des dattes de *Phoenix dactylifera* L.

Cette dernière méthode d'évaluation de l'activité anti-oxydante déterminée par la réduction du complexe cuivre-neocuproïne (CUPRAC) a montré que l'extrait N Brut possède une excellente activité de réduction du complexe cuivre-néocuproïne par rapport au standard BHA ( $A_{0,50} = 1,98 \pm 0,49$  vs.  $5,35 \pm 0,71 \mu\text{g/ml}$ ), suivi par l'extrait N Mec qui a un A<sub>0,5</sub> égale à ( $6,64 \pm 5,47 \mu\text{g/ml}$ ). Cet extrait (N Mec) est presque dix fois plus actif que celui de P Mec ( $51,41 \pm 10,64 \mu\text{g/ml}$ ) et onze fois plus actif que P+N et P de la phase A-E ( $68,93 \pm 31,64$  vs.  $66,80 \pm 43,83 \mu\text{g/ml}$ ). Puis viens l'extrait N Eau ( $9,29 \pm 0,72 \mu\text{g/ml}$ ) et l'extrait N A-E et N E-D variant de 18 à 19  $\mu\text{g/ml}$ . Tandis que l'extrait P brut présente aucune activité au anti-radicalaire CUPRAC et DPPH.

Les résultats des A<sub>0,5</sub> obtenus pour les extraits P de la phase E-D, P+N des deux phases (brut et eau) sont relativement élevées (A<sub>0,5</sub> supérieur à 100  $\mu\text{g/ml}$ ) par rapport aux valeurs standards de BHA et BHT, indiquant une faible activité anti-radicalaire. Cela pourrait également être due à la forte concentration d'extraits utilisés dans ce test (4 mg d'extrait). Il serait important de réduire la concentration des extraits à 1; 0,5 ou 0,25 mg pour obtenir éventuellement des valeurs plus proches des valeurs standards, comme l'indique la couleur de

certaines échantillons dans les plaques qui virent au jaune marron signalant, ainsi, la présence d'une certaine activité antioxydante.

Une étude récente sur l'activité antioxydante de l'extrait méthanolique de différentes variétés de dattes de *Phoenix dactylifera* L montrant un pourcentage d'inhibition de l'ordre de  $67,12 \pm 1,53\%$  pour la variété Sukkai ; de  $72,49 \pm 2,85\%$  pour la variété Abu Minifee et de  $78,12 \pm 4,32\%$  pour la variété Rothan (Aldhafiri, 2017). Une autre étude réalisée par Hachani et al. (2018) sur l'extrait acétonique de la variété Agaz de la plante *Phoenix dactylifera* L donnant une valeur de  $2,25 \pm 0,18$  g/l.

Nos résultats montrent des teneurs élevées en polyphénols de pair avec de fortes activités anti antioxydantes. Ceci est en accord les travaux d'Al-Mamary et al. (2010) qui mentionnent que le contenu phénolique des plantes est associé aux activités antioxydantes, probablement en raison de leurs redox propriétés, qui leur permettent d'agir comme agents réducteurs, donneurs d'hydrogène et d'oxygène singuliers extincteurs.

### III.2 Activité enzymatique

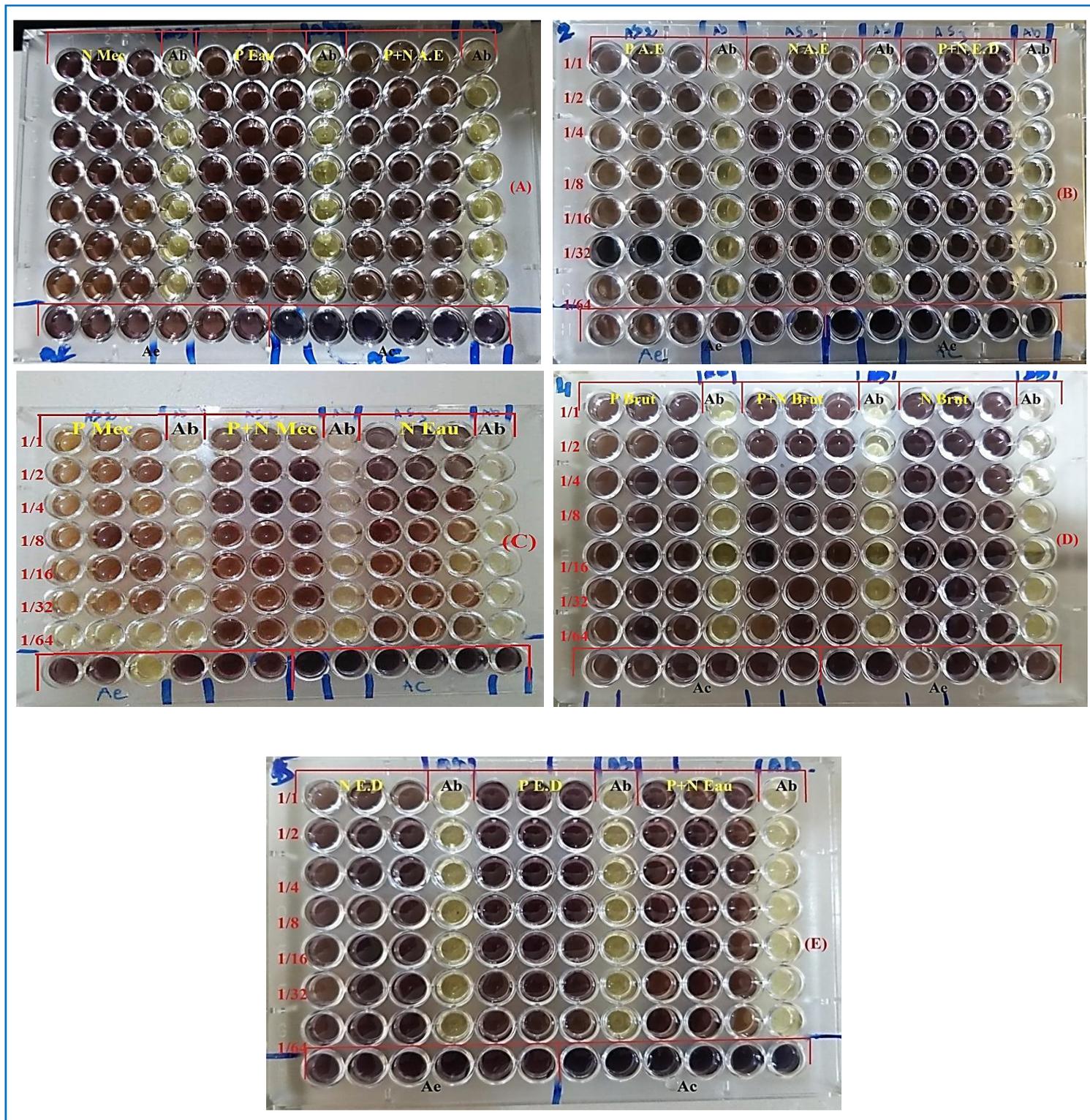
L'évaluation de l'activité enzymatique des extraits des trois parties la plante *Phoenix dactylifera* L: pulpe ; datte entière et noyaux de dattes de la variété Hachef (P ; P+N ; N) par le Méthyle éthyle cétone (MEC), Ether di-éthylique (E-D) et Acétate d'éthyle (A-E) de *Phoenix dactylifera* L est réalisée par le test d'inhibition de l'enzyme alpha amylase.

#### III.2.1 Evaluation de l'activité antidiabétique

L'activité enzymatique des différentes fractions des rebuts des dattes de la plante *Phoenix dactylifera* L a été évaluée en mesurant leurs capacités à inhiber l'enzyme alpha-amylase.

##### III.2.1.1 Inhibition de l'alpha amylase

Dans cette étude, l'activité inhibitrice de l'enzyme alpha-amylase des différents extraits de *Phoenix dactylifera* L est évaluée par la détermination des concentrations inhibitrices  $CI_{50}$  par rapport au standard « Acarbose » en se basant sur la capacité d'une substance à inhiber cette enzyme avec un pic d'absorption maximal à 630 nm. Les résultats qualitatifs et quantitatifs de l'évaluation de l'activité antidiabétique sont présentés dans les figures (40 et 41) et le tableau (15) suivants.



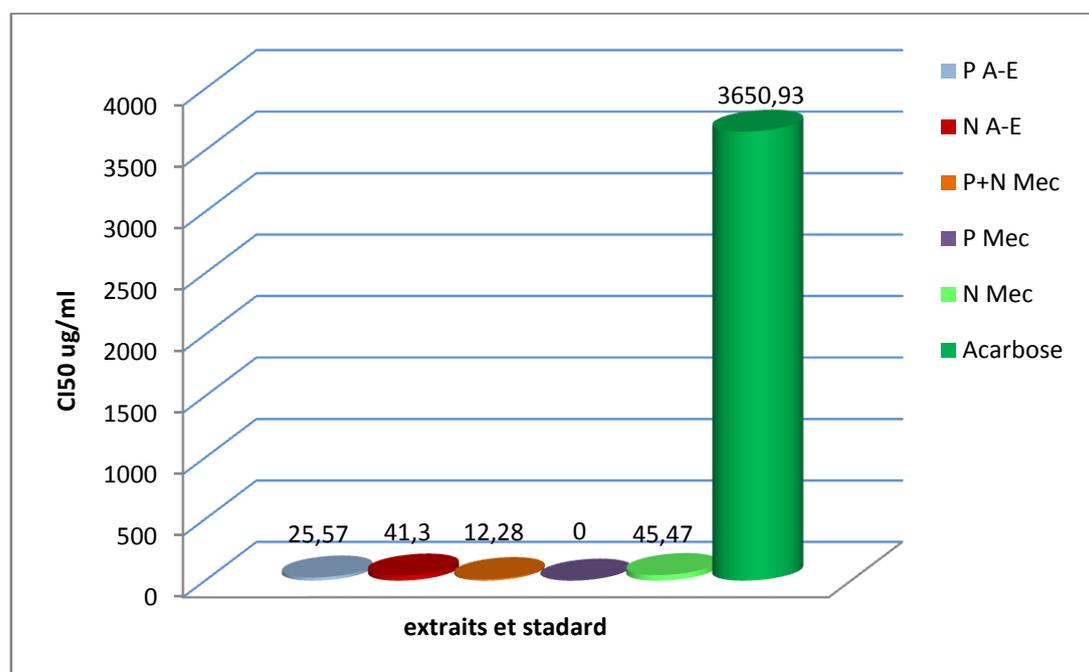
*E.D.*: Ether di-éthylique; *A.E.* : Acétate d'éthyle ; *Mec* : Méthyle éthyle cétone ; *P* : pulpe de rebuts de dattes ;  
*P+N* : pulpe et noyaux de rebuts de dattes ; *N* : noyaux de rebuts de dattes

**Figure 40** : (A) ; (B) ; (C) ; (D) et (E) les plaques de dosage de l'activité anti diabétique (inhibition de alpha-amylase) des extraits des rebuts des dattes de *Phoenix dactylifera* L.

**Tableau 15:** Inhibition de l'α-amylase par les extraits des rebuts des dattes de *Phoenix dactylifera* L.

Extraits		Inhibition %						
		6,25µg	12,5 µg	25 µg	50 µg	100 µg	200µg	400µg
A-E	P	68,27±7,09	47,77±6,11	62,95±7,43	55,97±3,62	57,27±1,86	72,37±3,52	91,73±8,21
	N	39,24±4,99	78,76±4,49	78,19±9,19	80,35±7,58	87,04±1,56	100,79±7,14	100,04±8,22
Mec	P+N	<b>44,45±8,30</b>	<b>45,92±3,88</b>	<b>58,13±3,4</b>	<b>24,04±3,79</b>	<b>28,25±3,69</b>	<b>53,71±14,36</b>	<b>18,31±2,88</b>
	P	45,40±5,52	22,41±5,06	46,08±7,52	48,45±6,75	41,03±4,32	39,51±1,8	52,50±5,79
	N	42,40±2,33	44,66±3,72	78,12±3,57	83,27±3,94	94,11±0,64	100,31±2,47	79,43±1,62
		<b>62,5 µg</b>	<b>125 µg</b>	<b>250 µg</b>	<b>500 µg</b>	<b>1000 µg</b>	<b>2000 µg</b>	<b>4000 µg</b>
Acarbose		7,76±0,17	8,08±0,30	9,46±0,11	10,70±0,96	31,81±2,89	37,21±3,54	53,05±1,59

A.E : Acétate d'éthyle ; Mec : Méthyle éthyle cétone ; P : pulpe de rebuts de dattes ; P+N : pulpe et noyaux de rebuts de dattes ; N : noyaux de rebuts de dattes



**Figure 41 :** Inhibition de l'α-amylase par les extraits des rebuts des dattes de *Phoenix dactylifera* L.

D'après les résultats obtenus (tableau 15 et figure 41), on remarque que l'extrait P+N Mec à monter un effet d'inhibition sur l'enzyme  $\alpha$ -amylase avec  $IC_{50}$  de  $12,28 \pm 13,88 \mu\text{g/ml}$ . Cette activité est très excellente (trois cent quatre fois supérieures) à celle du standard l'acarbose ( $CI_{50}=3650,93 \pm 10,70 \mu\text{g/ml}$ ). Ce dernier réagit *in vivo* mieux qu'en *in vitro*. Suivi par P et N de la phase A-E ( $25,57 \pm 21,89$  et  $41,30 \pm 1,76 \mu\text{g/ml}$ ) respectivement. Tandis que l'extrait P Mec ne présente aucune activité antidiabétique.

Les résultats obtenus pour les extraits : P, P+N, N de les phases (E-D, brut et eau) et P+N de la phase A-E sont relativement plus forte (le pourcentage d'inhibition supérieure à 100). Néanmoins, en raison de la forte concentration d'extraits utilisés dans ce test (4 mg d'extrait), nous ferions mieux de la réduire à 1; 0,5 ou 0,25 mg pour obtenir éventuellement des valeurs dans les normes, comme l'indique la couleur de certains échantillons dans les plaques qui virent au marron foncé qui indiquent la présence d'une certaine activité antidiabétique.

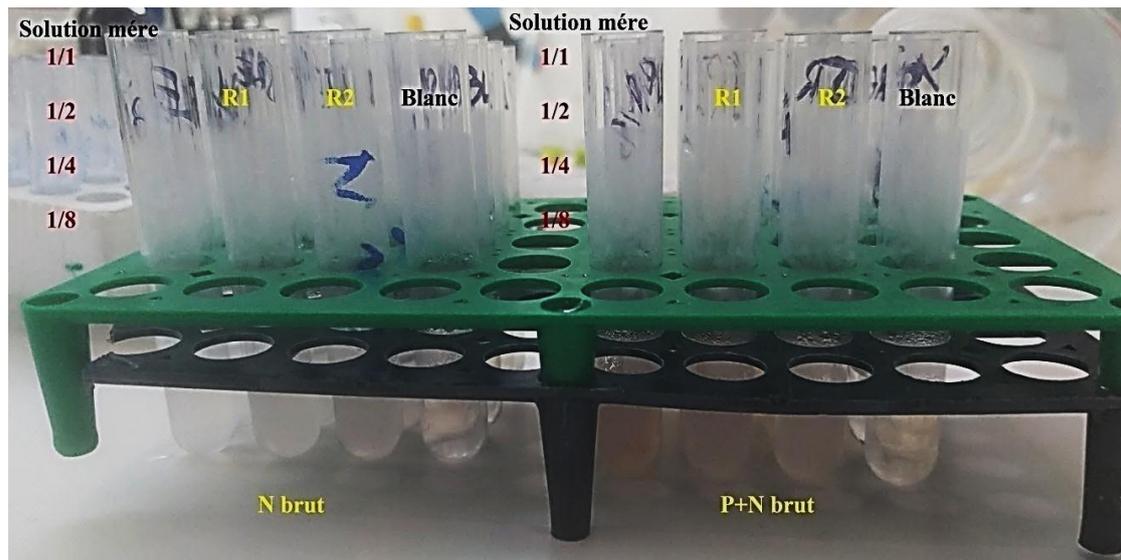
Une étude réalisée par **Masmoudi et al. (2016)** sur l'extrait acétonique de *Phoenix dactylifera* L collectée au sud de Tunisie a donné une activité inhibitrice d'alpha-amylase égale à  $47,51 \pm 3,10 \mu\text{g/ml}$ . Ce résultat est similaire au notre résultat obtenu pour l'extrait N A-E ( $CI_{50}=41,30 \pm 1,76 \mu\text{g/ml}$ ).

Dans une autre étude réalisée par **Masmoudi-Allouche et al. (2016)** sur des extraits d'acétate d'ethyl des fruits de *Phoenix dactylifera* L collectés au sud de la Tunisie, la variété Deglet Nour et Ftimi a donné une activité inhibitrice d'alpha-amylase avec des valeurs de  $CI_{50}$  égale à  $150,89 \pm 3,22$  ;  $106,44 \pm 3,83 \mu\text{g/ml}$ . Ces valeurs sont inférieures à celles obtenues par les extraits P et N affrontés avec ce même solvant ( $25,57 \pm 21,89$  et  $41,30 \pm 1,76 \mu\text{g/ml}$ ).

De plus, **Shah et al. (2016)**, en testant effet antidiabétique de l'extrait aqueux de la variété Fardh de *Phoenix dactylifera* L, ont rapporté un pourcentage d'inhibition égale à  $51,45 \pm 5,29\%$ . Il est important de savoir que les tanins sont une des principales classes de composés phénoliques caractérisée par la présence des molécules inhibitrices non spécifiques de diverses enzymes hydrolytiques telles que les  $\alpha$ -amylases, les  $\alpha$ -glucosidases et les lipases. Cette inhibition est peut-être associée à leur capacité à se lier fortement aux protéines et aux glucides dont l'interaction entre les tanins et les protéines est le résultat de multiples liaisons hydrogènes et d'associations hydrophobes. À la suite de cette interaction, il se produit un blocage des sites catalytiques des enzymes et leur activité est donc inhibée (**Aparecida et al., 2019**).

### III.3 Evaluation de l'activité anti-inflammatoire *in vitro*

L'activité anti-inflammatoire *in vitro* des différentes fractions des rebuts des dattes de la plante *Phoenix dactylifera* L a été évalué par les pourcentages d'inhibition de la dénaturation de la Bovine sérum albumine (BSA). Les résultats sont représentés dans les figures (42 et 43) et le tableau (16) suivants.



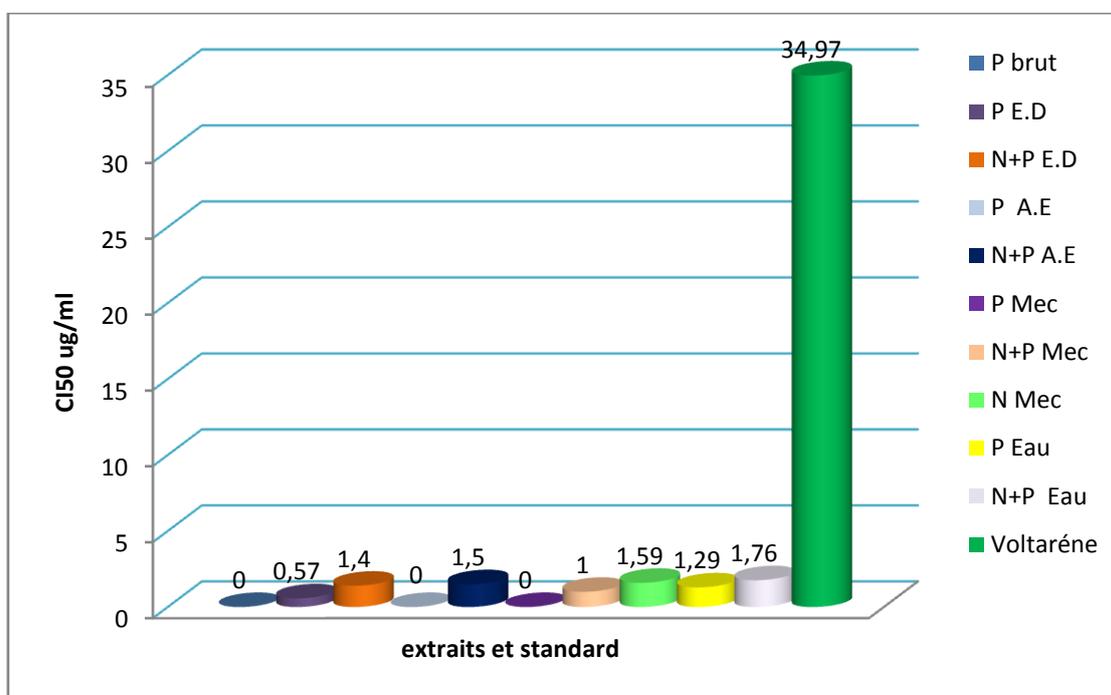
**R1** : répétition 1 ; **R2** : répétition 2 ; **N brut** : noyaux phase brut ; **P+N brut** : pulpe + noyaux phase brut

**Figure 42** : Une présentation des tubes à essais de dosage de l'activité anti inflammatoire (la dénaturation du Bovine Sérum Albumine (BSA)) par les deux extraits (N B ; P+N B) des rebuts des dattes de la plante *Phoenix dactylifera* L.

**Tableau16 :** Pourcentage d'inhibition de la dénaturation de Bovine sérum albumine (BSA).

Extraits		Inhibition %			
		250 µg	500 µg	1000 µg	2000 µg
Brut	P	36,04±1,64	33,08±0,64	27,53±2,41	9,62±1,26
	N+P	60,90±2,52	59,54±1,32	54,88±3,76	42,77±1,53
E-D	P	<b>70,62±0,47</b>	<b>68,45±0,75</b>	<b>56,8±0,22</b>	<b>50,57±3,04</b>
	N+P	60,90±2,52	59,54±1,32	54,88±3,76	42,77±1,53
A-E	P	23,40±1,20	8,05±1,08	NA	NA
	N+P	64,40±4,36	36,47±2,45	10,43±1,36	NA
Mec	P	<b>22,12±2,09</b>	<b>21,97±1,15</b>	NA	NA
	N+P	59,40±7,82	48,47±2,03	NA	NA
	N	58,01±7,90	48,15±2,92	32,23±4,97	31,20±8,34
Eau	P	69,23±7,35	67,13±2,75	42,98±2,28	43,34±3,25
	N+P	51,50±1,87	49,61±2,15	39,28±3,12	17,49±0,59
Standard	Voltarène	<b>31,25 µg/ml</b>	<b>62,5 µg/ml</b>	<b>125 µg/ml</b>	<b>250 µg/ml</b>
		34,11±0,50	51,37±0,91	76,87±1,94	99,23±0,41

E.D: Ether di-éthylique; A.E : Acétate d'éthyle ; Mec : Méthyle éthyle cétone ; P : pulpe de rebuts de dattes ; P+N : pulpe et noyaux de rebuts de dattes ; N : noyaux de rebuts de dattes ; NA : No absorbance.



**Figure 43 :** la dénaturation du Bovine sérum albumine (BSA) par les extraits des rebuts des dattes de la plante *Phoenix dactylifera* L.

La méthode d'anti-dénaturation de la BSA a été choisie pour évaluer la propriété anti-inflammatoire de nos échantillons. C'est la méthode la plus pratique pour vérifier cette activité dans le but de mesurer le pouvoir inhibiteur de la dénaturation thermique de protéine BSA par les extraits de différentes phases des rebuts des dattes de la plante *Phoenix dactylifera* L.

D'après les résultats représentés dans le tableau 16 et les figures 42 et 43, le pourcentage d'inhibition le plus élevé est observé pour P des deux phases E-D et Eau avec un pourcentage d'inhibition égale à 70,62 % et 69,23 % à la concentration de 250 µg / ml. Suivi par P+N des deux phases respectives A-E et Mec (64,40 % et 59,40%). Tandis que l'extrait Brut P et les deux phases A-E et Mec de P ont présenté respectivement un pourcentage d'inhibition faible (36,04% ; 23,40% et 22,12%) à la concentration 250 µg / ml.

Le standard « Voltarène » a montré le maximum de pourcentage d'inhibition 99,23% à la concentration de 250 µg/ ml, ceci qui prouve que ces trois extraits (P Brut et les deux phases A-E et Mec de P) ne présentent aucune activité anti-inflammatoire.

La stabilisation des protéines par quelques extraits de notre plante *Phoenix dactylifera* L met probablement en jeu des polyphénols et flavonoïdes qui agissent comme des modulateurs des voies de signalisation de l'inflammation ; Quelques études ont prouvé que les flavanoïdes sont connus pour induire l'activité anti-inflammatoire en altérant et en désactivant les radicaux aussi (**Sasikumar et al., 2015**) et en inhibant l'enzyme cyclo-oxygénase qui produisent un médiateur inflammatoire (la prostaglandine) (**Dillard et German, 2000**).

Certains flavonoïdes ont la capacité d'empêcher l'agrégation plaquettaire, réduisant ainsi l'effet de l'inflammation (**Dillard et German, 2000**). D'autres études montre que les tanins ont une activité anti-inflammatoire en inhibant la production et l'effet inflammatoire de médiateurs tels que NO, TNF- $\alpha$ , IL6 ou PGE2 (**Park et al., 2014**).

***CONCLUSION***  
***ET***  
***PERSPECTIVES***

## CONCLUSION ET PERSPECTIVES

À la lumière de nos résultats, nous pouvons avancer que les rebuts de dattes sont des fruits riches en substances biologiquement actives, leurs conférant un grand intérêt pharmacologique.

L'extraction des différentes parties du fruit de *Phoenix dactylifera* L de la variété Hachef affrontées par différents solvants a permis d'obtenir un bon rendement pour les trois parties de la phase eau. Tandis que le dosage de polyphénols et de flavonoïdes a montré une teneur élevée en polyphénols pour la partie P+N de la phase Mec et en flavonoïdes pour la partie N de la phase Mec.

L'activité antioxydante a été testée selon trois méthodes réductrices, à savoir, le piégeage du radical libre DPPH, le piégeage de l'ABTS et la méthode CUPRAC, on constate que :

- ✓ La partie N+P de dattes avec la phase méthyle éthyle cétone a révélé une activité anti-radicalaire au DPPH excellente.
- ✓ La méthode ABTS suggère que l'extrait noyaux de dattes des trois phases ; acétate d'éthyle, méthyle éthyle cétone et de l'eau est l'extrait le plus actif et le plus efficace.
- ✓ Pour le test CUPRAC, on constate que l'extrait noyaux de la phase brut et méthyle éthyle cétone montrer une forte activité inhibitrice donc de forts antioxydants.

L'activité antidiabétique *in-vitro* réalisé sur les extraits des rebuts des dattes a montré l'existence d'une activité moyenne pour l'extrait de datte entière avec la phase méthyle éthyle cétone.

Une forte activité anti-inflammatoire est observée pour l'extrait pulpe de dattes des deux phases d'éther di-éthylique et de l'eau. Ces activités biologiques sont probablement liées à la richesse de l'espèce en métabolites secondaires notamment en flavonoïdes.

Parmi les perspectives tracées au futur, nous envisageons que cette étude pourrait être approfondi avec des tests d'activités anti diabétique et anti-inflammatoires *in vitro* avec d'autres concentrations pour bien profiter de tous les phases de ces rebuts des dattes ainsi que la réalisation d'autres activités biologiques telles que les activités antimicrobiennes, anti-Alzheimer, anti cancer, mais surtout d'envisager des essais cliniques *in vivo* (modèle animal) pour mieux cerner les interactions moléculaires de ces composés vis-à-vis de leurs cibles.

Compte tenu de tous ces résultats, nous concluons que les rebuts des dattes (Hachef) ont un pouvoir pharmacologique et socio-économique qui soutient d'autres recherches futures loin de la consommation traditionnelle de dattes et de l'élimination de ses déchets pour une utilisation dans le développement de l'économie nationale.

*Références*

*Bibliographiques*

- [1]Abbès, F., Kchaou, W., Blecker, C., Ongena, M., Lognay, G., Attia, H., Besbes, S.(2013).Effect of processing conditions on phenolic compounds and antioxidant properties of date syrup.Ind Crops Prod.44, 634–642.
- [2]Abbouna, Y et Nechachbi, A.(2017). Caractérisation des palmiers mâles (Dokkars) dans l'exploitation de l'université UKMO Ouargla, et un essai de pollinisation mécanique. Mémoire de master.Université d'Ouargla, 55p.
- [3]Abdallah, A. (1990).La phoeniciculture (ed.) Les systèmes agricoles oasiens.Montpellier: CIHEAM. Options Méditerranéennes: Série A. Séminaires Méditerranéens, (11), 105-120
- [4]Abdel Nabey, A.( 1999).Chemical composition and oil characteristics of date pits of six Egyptian cultivars.Alexandria journal of agricultural research ,44(1), 127-141.
- [5]Aberlenc-Bertossif, F.(2012). La détermination du sexe du palmier dattier. Diade news letters.3,1-8.
- [6]Absi, R.(2013). Analyse de la diversité variétale du palmier dattier *Phoenix dactylifera* L.: Cas des Ziban (Région de Sidi Okba) .Doctoral dissertation, Université Mohamed Khider-Biskra.
- [7]Acourene, S., Coll.(2001).Caractérisation, évaluation de la qualité de la datte de palmier dattier de la région des Zibans. Recherche Agronomique,5(8),19-39.
- [8]Acosta-Estrada, B.A., Gutiérrez-Uribe, J.A., Serna-Saldívar, S.O.(2014).Bound phenolics in foods, a review. Food Chem. 152, 46–55.
- [9]Afanasev I.B.( 2009).Signaling mechanisms of oxygen and nitrogen free radicals.CPC Press. p: 1-71.
- [10]Ait baziz, H. et Chemali , A.(2017). Evaluation de l'activité antioxydante et de l'activité antimicrobienne de l'extrait méthanolique d'une plante médicinale locale. Université de Bejaïa, Bejaïa, p 18.
- [11]Aksoy, L., Kolay, E., Ağılönü, Y., Aslan, Z., and Kargioğlu, M. (2013).Free radical scavenging activity total phenolic content total antioxidant status and total oxidant status of endemic *Thermopsis turcica*. Saudi Journal of Biological Sciences.20, 235-239.
- [12]Al-Alawi, R. A., Al-Mashiqri, J. H., Al-Nadabi, J. S., Al-Shihi, B. I. et Baqi, Y.(2017).Date palm tree (*Phoenix dactylifera* L.) natural products and therapeutic options. Frontiers in plant science, 8, 845.
- [13]Aldhafiri F.(2017). Evolution of Biochemical parameters phenolic compounds and antioxidant capacity of some varieties of *Phoenix dactylifera* L (Date fruits) to determine the nutritional impact values.Mediterranean Journal of Nutrition and Metabolism, 10,153-164.
- [14]Al-Qarawi, A.A., Abdel-Rahman, H., Ali, B.H., Mousa, H.M., El-Mougy, S.A.(2005). The ameliorative effect of dates (*phoenix dactylifera* L.) on ethanol-induced gastriculcerinrats.journal of Ethanopharmacologie, 98(3), 313-317.

- [15]Al-Farsi, M.A., Lee, C.Y. (2008).Nutritional and functional properties of dates; a review. Crit Rev. Food sci Nutr, 48(10),877-87.
- [16]Al-Farsi, M., Alasalvar, C., Morris, A., Baron, M., Shahidi, F.(2005).Comparison of antioxidant activity anthocyanins carotenoids and phenolics of three native fresh and sun-dried date (*Phoenix dactylifera L.*) varieties grown in Oman. J. Agric. Food Chem,53(19), 7592–7599.
- [17]Al-Harthi, S. S., Mavazhe, A., Al Mahroqi, H., Khan, S.A.( 2015).Quantification of phenolic compounds evaluation of physicochemical properties and antioxidant activity of four date (*Phoenix dactylifera L.*) varieties of Oman. JTUMED,10(3), 346-352.
- [18]Al-Mamary, M., Al-Habori, A.S., Al-Zubairi.(2010). The in vitro antioxidant activity of different types of palmdates (*Phoenix dactylifera*) syrups,Arabian Journal of Chemistry, 7, 964-971.
- [19]Allothman, M. R., Bhat, A.A. K. (2009).Antioxidant capacity and phenolic content of selected tropical fruits from Malaysia, extracted with different solvents, Food Chem.,115 (3), 785–788.
- [20]Al-shahib, W., Richard, J., Marshall.(2003).The fruit of the date palm: its possible use as the best food for the future.journal International Journal of Food Sciences and Nutrition, 4(54),247-259.
- [21]AOAC(1999). The Association of Official Analytical Chemists official methods of analysis. 16 Ed, 5e révision VA : AOAC International, Gaithersburg MD (USA).
- [22]Apak, R., Özyürek, M., Güçlü, K., Bekdeşer, B., Bener, M. (2014).The CUPRAC Methods of Antioxidant Measurement for Beverages. Processing and Impact on Antioxidants in Beverages, 235–244.
- [23]Apak, R., Guclu" , K.,Ozyurek, M., &Karademir, S. E. (2004).Novel total antioxidant capacity index for dietary polyphenols and vitamins C and E, Using their cupric ion reducing capability in the presence ofneocuproine CUPRAC Method. Journal of Agricultural and FoodChemistry, 52(26), 7970–7981.
- [24]Aparecida Braga, M., Silva de Abreu, T., Cardoso Trento, M.V., Henrique Andrade Machado, G., Lopes Silva Pereira, L., Assaid Simão, A., and Marcussi, S. (2019). Prospection of Enzyme Modulators in Aqueous and Ethanolic Extracts of *Lippia sidoides* Leaves: Genotoxicity, Digestion, Inflammation, and Hemostasis. Chemistry& Biodiversity,16(3).
- [25]Aten. A., Dowson. V.H.M.(1963).Récolte et conditionnement des dattes. FAO. Rome.
- [26]Bakkaye S.(2006).Lexique phoenicicole en arabe et en mozabite. CWANA, HCA et RAB98/G31. P14-16, 24-25,31.

- [27]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 Res, 44(7), 1812–1822.
- [28]Barreveld W H.(1993).Date palm products. Agricultural services bulletin N°101. FAO Food and agriculture organization of the United Nation Rome.
- [29]Belguedj, M., Trichine, A., Guerradi, M. (2008).16 cultivar du palmier dattier dans les oasis de GHARDAIA (Algérie). INRAA El-Harrach.Alger 96p.
- [30]Benchelah A.C., Maka.(2008).Les dattes, intérêt et nutrition. Polythérapie (ethnobotanique) Springer,6 :117-121.
- [31]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 Fonctional Foods,5, 346-354.
- [32]Bennamara, F. Z. (2017).Stress oxydant Et pathologies humaines. Thèse de doctorat : pharmacie. UNIVERSITÉ MOHAMMED V-RABAT.
- [33]Biglari, F., Al-Karkhi, A. F. M., Mat-Easa, A .(2009).Cluster analysis of antioxidant compounds in dates (*Phoenix dactylifera L.*): Effect of long-term cold storage. *Food Chemistry*,112(4),998-1001.
- [34]Blois, M. S.(1958).Antioxidant determinations by the use of a stable Free Radical. Nature, 4617 (181): 1119-1200.
- [35]Boizot, N., Charpentier, J.(2006). Méthode rapide d'évaluation du contenu en composés phénoliques des oranges d'un arbre forestier. Méthodes et outils pour l'observation et l'évaluation des milieux forestiers, prairiaux et aquatiques. INRA, 79–82
- [36]Booij, I., Piombo, G., Risterucci, J. M., Coupe, M., Thomas, D., Ferry, M.(1992). Etude de la composition chimique de dates à différents stades de maturité pour la caractérisation variétale de divers cultivar de palmier dattier (*Phoenix dactylifera L.*). journal of Fruits,47(6),667-678.
- [37]Bouakaz, I. (2006).Etude phytochimique de la plante *Genista Microcephala*, Mémoire de magister.
- [38]Bouaziz, M. A., Besbes, S., Blecker, C., Wathelet, B., Deroanne, C. and Attia, H.(2008). Protein and amino acid profiles of Tunisian Deglet Nour and Allig date palm fruit seeds.Fruits, 63(1),37-43.
- [39]Boudechich. (2009).Valorisation des rebutes de dattes dans des rations pour ovins. Thèse de Doctorat Es Sciences. UniversiteBadji Mokhtar. Annaba. p218.
- [40]Bouguedoura, N.(1991) .Connaissance de la morphogenèse du palmier dattier (*Pohenix dactylifera L.*).Etude in situ et in vivo du développement morphogénétique des appareils végétatif et reproducteur. Thèse de doctorat en sciences, U.T.H.B., Alger 201 p.

- [41]Bouhlali, E., Alem C., Filali Zegzouti, Y.(2016). Antioxidant and anti-hemolytic activities of phenolic constituents of six moroccan date fruit (*Phoenix dactylifera L.*)syrups. BTAIJ, 12(1),045-052.
- [42]Bouhlali, E .D .T., Alem, C., Filali Zegzouti, Y.(2015).Antioxidant and anti-hemolytic activities of phenolic constituents of six moroccan date fruit (*Phoenix dactylifera L.*) syrups. Biotechnol. Indian J,12 (1), 45–52.
- [43]Bouhlali, E., Bammou, M., Sellam, A. (2016).Evaluation of antioxidant, antihemolytic and antibacterial potential of six Moroccan date fruit (*Phoenix dactylifera L.*) varieties.Journal of King Saud University – Science ,28(2), 136–142.
- [44]Bounaga N., Djerbi M.(1990).Pathologie du palmier dattier. Options Méditerranéennes Série A. Séminaires Méditerranéens 11 : 127- 132.
- [45]Bruneton, J. (1999).Pharmacognosie, Phytochimie, Plantes médicinales, 3ème Ed. médicales internationales and Tec & Doc Lavoisier, Paris.
- [46]Briones, R., Serranoa, L., Benyounesb, R., Mondragona, I., Labidi, J.(2011). Polyol production by chemical modification of date seeds.Industriel Corps and Products.34,1035-1040.
- [47]Buelguedj, M.(2007).Evaluation du sous-secteur des dattes en Algérie.INRAA El-Harrach.
- [48]Carocho, M ., Isabel, C.F.R., Ferreira.(2013).A review on antioxidants, prooxidants and related controversy: Natural and synthetic compounds, screening and analysis methodologies and future perspective. Food and Chemical Toxicology.51,15-25.
- [49]Chaira, N., Ferchichi, A., Mrabet, A., Sghairoun, M.(2007). Chemical Composition of the flesh and the pit of date palm fruit and radical scavenging acivity of their exctracts. Pak J Biol Sci,10(13), 2202-2207.
- [50]Chan, A.C.(1998).Vitamin E and Atherosclerosis. Recent Advnces in Nutritional Science,pp. 1593-1595.
- [51]Chandrasekaran, M., Bahkali, A. H.(2013).Valorization of date palm (phoenix d'actylifera).fruit processing by-products and wastes using bioprocess technology-Review.saudi journal of biological sciences,20(2),105-20.
- [52]Chaibi, N., Ben-Abdallah, A., Harzallah, H., Lepoivre, P.(2002). Potentialités androgénétiques du palmier dattier *Phoenixdactylifera L.* et culture in vitro d'anthers , Biotechnol. Agron. Soc,6(4), 201–207 .
- [53]Chehma, A., Longo, H.F., Siboukeur, A. (2000).Estimation du tonnage et valeur alimentaire des sous-produits du palmier dattier chez les ovins. Revue Recherche Agronomique, INRAA 7, 7-15.

- [54] **Chehema A. et Longo HF. (2001).** Valorisation des sous-produits du palmier dattier en vue de leur utilisation en alimentation du bétail. Rev. Energ. Ren. : Production et valorisation – Biomasse. 59-64.
- [55] **Colas, R. (2010).** Syndrome métabolique et diabète chez l'Homme. Composition lipidique et oxydation des lipoprotéines de basse densité (LDL) plasmatiques en relation avec l'activation des plaquettes sanguines. Thèse de doctorat .biochimie. UNIVERSITE DE LYON.
- [56] **Daas Amiour, S. O., Alloui-Lombarkia, F. Bouhdjila, A., Ayachi, L., Hambaba.(2014).** Étude de l'implication des composés phénoliques des extraits de trois variétés de datte dans son activité antibactérienne. Pharmacognosie. 12,135-142.
- [57] **Dai, J., Mumper, R. J. (2010).** Plant Phenolics Extraction Analysis and Their Antioxidant and Anticancer Properties. Molecules, 15(10), 7313-7352.
- [58] **Daher Meranah, A.(2010).** Détermination du sexe chez le palmier dattier: Approches histo-cytologiques et moléculaires. Biologie, Diversité et Adaptation des plantes. Thèse doctorat. Universités MONTPELLIER II. Paris. p7-15.
- [59] **Dahkordi, M.M., Javan, F. A.(2012).** Application of alpha -amylase in biotechnology. journal of biotechnology and today's word, 1.(1), 39-50.
- [60] **Dakhia, N., Bensalah, M. K ., Romani, M., Djoudi, A.M. , Belhamra, M .(2013).** état phytosanitaire et diversité variétale du palmier dattier au bas sahara – algerie. journal Algérien des Régions Arides, 12(2013), 5-17.
- [61] **Dammak, I., Ben Abdallah, F., Boudaya, S., Besbes, S., Keskes, L., El-Gaied, A., Turki, H., Attia, H., Hentati, B.(2007).** Date seed oil limit oxidative injuries induced by hydrogen peroxide in human skin organ. BioFactors, 29(2-3), 137-145.
- [62] **Dawson, V. H. W.(1963).** Récolte et conditionnement des dattes. FAO ROME.
- [63] **Dejean, C., Richard, D.(2013).** Mécanismes d'action des glucocorticoïdes. La Revue de Médecine Interne, 34(5), 265—268.
- [64] **Djaalab I., Bouaziz O., Lakhdara N., Djaalab H., Haffaf S., Allaoui A(2016).** Effect of the ratio of incorporation of the date wastes at the end of gestation on the blood biochemical parameters in Ouled Djellal ewes. Arch. Appl. Sci. Res, 8 (7), 22-26.
- [65] **Djerbi, M.(1983).** Les maladies du palmier dattier. Projet régional de lutte contre le Bayoud. Beirut: FAO/AI Watan printing Press Co., 127 p.
- [66] **Djerbi, M.(1986).** Les maladies du palmier dattier .Projet du centre régional de recherche sur palmier dattier et a datte au Moyen Orient et en génétique et phytopathologi. 12.
- [67] **Djerbi, M.(1988).** Les maladies du palmier dattier. Ed. FAO. Rome, 127 p

- [68]Djerbi, M., Bounaga, N.(1990).Pathologie du palmier dattier. Options Méditerranéennes, Série A : Séminaire méditerranéennes n° 11. Les systèmes agricoles oasiens – CHEAM pp. 127-132.
- [69]Djerbi, M.(1991).Biotechnologie du palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) : Voies de propagation des clones résistants au bayoud et de haute qualité dattière. Options Méditerranéennes - Série Séminaires - no 14 : 31-38.
- [70]Djerbi, M.(1994).Précis de phoéniculture. FAO, 192 p.
- [71]Djouab, A.(2007).Préparation et incorporation dans la margarine d'un extrait de dattes des variétés sèches. Mémoire de magistère, Université M'hamed Bougara –Boumerdes.
- [72]Dubost, D.(1972) .le bayoud en Algérie histoire et pronostics Revue de la recherche agronomique n°01, I.N.R.A.A.33-39.
- [73]Dillard, C. J, German, J. B.(2001).Phytochemicals: nutraceuticals and human health. Journal of the Science of Food and Agriculture,80(12),1744-1756.
- [74]El-Gasim, E. A.; Al-Yousef, Y. A.; Humeida, A. M.(1995).Possible hormonal activity of date pits and flesh fed to meat animals. Food Chem, 52(2), 149-152.
- [75]El-Hadrami, A., Daayf, F., El Hadrami, I.(2011).Secondary metabolites of date palm.date palm biotechnology.pp 653-674.
- [76]Eman, A. R. A.(2014).Nutritional composition of fruit of 10 date palm (*Phoenix dactylifera* L.) cultivars grown in Saudi Arabia.Journal of Taibah University for Science,9(1), 75-79.
- [77]Emna, B.,Saafi-Bensalah,Elarem, A.,Hammami, M.,Helal, A. N., Achour, L.(2011).Influence de la saison de récolte et du stockage sur les activités antioxydantes des dattes de l'espèce *Phoenix dactylifera* L. de TUNISIE. Tunisian Journal of Medicinal Plants and Natural Products, 6,133-141.
- [78]Estanove, P. (1990).Note technique : valorisation de la datte. Options Méditerranéennes, Série A, n°11 - Les systèmes agricoles oasiens, 302-318.
- [79]FAO STAT.(2013)- <http://faostat.fao.org/default.aspx>. [consulté en septembre 2014].
- [80]Favier, A. (2003).Intérêt conceptuel et expérimental dans la compréhension des mécanismes des maladies et potentiel thérapeutique. L'actualité Chimique.108 -115.
- [81]Food and Agriculture Organization (FAO) (2010- 2015).Socio-economic Analysis and Policy Implications of the Roles of Agriculture in Developing Countries.Summary Report, Roles of Agriculture Project, FAO, Rome, Italy.
- [82]Genin, D., Kadri, A., Khorchani, T., Sakkal, K., Belgacem, F., Hamadi, M. (2004). Valorisation of date-palm by-products (DPBP) for livestock feeding inSouthern Tunisia.Potentialities and traditional utilization.Zaragoza : CIHEAM, 59,221-226.

- [83]Ghazi, F., Sahraoui, S.(2005).Evolution des composés phénoliques et des caroténoïdes totaux au cours de la maturation de deux variétés de date communes Tantboucht et Hamraia,mémoire d'ingénieur en agronomie,El Harrach.45
- [84]Ghnimi, S., S. Umer.(2017). Date fruit (*Phoenix dactylifera L.*): An underutilized food seeking industrial valorization.NFS Journal.6, 1-10.
- [85]Glatz, Z. (2006).Determination of enzymatic activity by capillary electrophoresis.Journal of Chromatography B, 841(1-2), 23-37.
- [86]Gross, J., Haber, O., Ikan, R.(1983). The carotenoid pigments of the date. Sci. Hortic. 20, 251–257.
- [87]Gülçin, İ. (2012).Antioxidant activity of food constituents: an overview. Archives of Toxicology. 86, 345-391.
- [88]Hachania, S., Hamiaa, C., Boukhalkhala, S., Artur, M.S., Silvab, Djeridanea, A., Mohamed Yousfia, M.(2018).Morphological, physico-chemical characteristics and effects of extraction solvents on UHPLC-DAD-ESI-MSn profiling of phenolic contents and antioxidant activities of five date cultivars (*Phoenix dactylifera L.*) growing in Algeria.NFS Journal,13,10–22.
- [89]Hajjaj, G.(2017).Screening phytochimique, étude toxicologique et valorisation pharmacologique de matricaria chamomilla l. et de l'ormenis mixta l. (asteraceae). Thèse de Doctorat, Université Mohammed V, Maroc. 216p.
- [90]Haleng, J., Pincemail, J.O., Defraigne, C., Charlier, J.P. Chapelle.(2007).Le stress oxydant. Rev Med Liege,62(10),628-638.
- [91]Hammouda, H., Chérif, J.K., Trabelsi-Ayadi, M., Baron, A., Guyot, S.(2013). Detailed polyphenol and tannin composition and its variability in Tunisian dates (*Phoenix dactylifera L.*) at different maturity stages. J. Agric. Food Chem. 61,3252–3263.
- [92]Hama, H. H., Moussa, I., Ikhiri, K., Ouedraogo, B., Adamou, R.(2019).Activité Antioxydante des Extraits Méthanoliques de Différents Organes de *Detarium microcarpum* Guill. & Perr.European Scientific Journal April éditionl,15(12), 1857 – 7881.
- [93]Hartmann, T. (2007). Fromwasteproducts to ecochemicals,fiftyyearsresearch of plant secondarymetabolism. Phytochemistry,68(22-24), 2831–2846.
- [94]Hazem, H., Hassan, M.(2011).Chemical composition and nutritional value of palm pollen grains. Global J Biotechnol Biochem, 6(1), 1-7.
- [95]Henderson, A.(2009).Palms of Southern Asia., Princeton University Press Biotechnology.Springer, Dordrecht.743 p.
- [96]Hnnachi.(1998). Inventaire varietal de palmeraie algérienne,Ed. Anep,225 p.

- [97]Hong, Y.J., Tomas-Barberan, F.A., Kader, A.A., Mitchell, A.E.(2006).The flavonoid glycosides and procyanidin composition of deglet noor dates (*Phoenix dactylifera*).J. Agric. Food Chem. 54, 2405–2411.
- [98]Hussein, F., Moustafa, S., Elkahtani ,M., El-Samiraea, F., El-Zeid, A.(1974). Studies on physical and chemical characteristics of eighteen date cultivars grown in Saudi Arabia.Indian J.33,107-113.
- [99]Idder, M.A.(1992).Aperçu bioécologique sur *Parlatoria blanchardi* Tard.1905 (Homoptera- Diaspidinae) en palmeraies à Ouargla et utilisation de son ennemi *Pharoscymnus semiglobosus* Karsh. (Coleoptera-Coccinellidae) dans le cadre d'un essai de lutte biologique . Thèse de magister Sc., Inst. Nat.agro., El- Harrach, 102 p.
- [100]IPIGRI/INRA: Algérie, Maroc et Tunisie/FEM/PNUD.(2005). Descripteur du palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.).
- [101]Jain, S.M., Al-Khayri, J.M., Johnson, D.V.(2011).Date Palm Biotechnology. Springer, Netherlands, 653–674.
- [102]Janecek, S. (1994).Sequence similarities and evolutionary relationships of microbial, plant and animal -amylase. Eur.J.Biochem.224, 519-524.
- [103]Jassim, S.A. A., Naji, M.A.(2007).In vitro Evaluation of the Antiviral Activity of an Extract of Date Palm (*Phoenix dactylifera* L.)Pits on a *Pseudomonas* Phage. General Authority for Health Services for the Emirate of Abu DhabiJournal of Ethnopharmacology.98,313- 317.
- [104]J. E., Stutzenberger, F. J. (1997).Amylolytic activity of *Thermomonospora fusca*. World J. of Microbiol ET Biotechnol,13 (6), 637-642.
- [105]Jia, S.M., Liu, X.F., Kong, D.M., Shen, H.X. (2012).A simple, post-additional antioxidant capacity assay using adenosine triphosphate-stabilized 2,2'-azinobis(3-ethylbenzothiazoline) -6-sulfonic acid (ABTS) radical cation in a G-quadruplex DNAzyme catalyzed ABTS–H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> system. Biosensors and Bioelectronics, 35(1), 407–412.
- [106]J. N., Dharsana, S., Molly, M.(2014).Preliminary scening of Anti inflammatory and Antioxidant activity of *Morinda umbellate*.International journal of pharmacy & life sciences,5(8),3774-3779.
- [107]Kaidi, F .,Touzi, A.(2001).Production de Bioalcool à Partir des Déchets de Dattes.Production et Valorisation – Biomasse , Rev. Energ. Ren ,75-78.
- [108]Khalid-Aldhafiri, F.(2017).Evaluation of biochemical parameters, phenolic compounds and antioxidant capacity of some varieties of *Phoenix dactylifera* L. (Date fruits) to determine the nutritional impact values.Mediterranean Journal of Nutrition and Metabolism,10 ,153–164.

- [109]Kandikattu, K., Bharath, R., Kumar, P., VenuPriya, R., Sunil-Kumar, K., RanjithSingh, .B., Rathore.(2013).Evaluation of anti-inflammatory activity of canthium parviflorum by in-vitro method. Indian Journal of Research in Pharmacy and Biotechnology,1(5),729-730.
- [110]Kaushik, P., Singh, G., Lal-Khokra, S., Kaushik, D.(2015).Bioassay Guided Fractionation and  $\alpha$ -Amylase Inhibitory Activity of Flavanoid Isolated from Pinus roxburghii Sarg..Nat Prod Chem Res,3(4),1-3.
- [111]Karthik, K., Kumar, B., Venu, P., Kumar, K., Rathore, R.(2013).Evaluation of anti-inflammatory activity of Canthium parviflorum by in vitro-method. IJRPB,1(5),2321-5674.
- [112]Kavitha, S., Kamaraj, M., Rajeshwari, S.(2012). Asian Journal of Plant Science and Research, 2 (4),550-553.
- [113]Kawser, M. H., Abdal-Dayem, A., Han, J.,Yin, Y., Kyeongseok, K., Kumar-Saha, S., Gwang-Mo, Y., Choi, H. Y., Ssang-Goo, C.(2016).Molecular Mechanisms of the Anti-obesity and Anti-diabetic Properties of Flavonoids.International journal of molecular Sciences,17(4),569.
- [114]Kchaou, W, Abbès, F., Ben Mansour, R., Blecker, C., Hamadi, A., Besbes, B.(2012). Phenolic profile, antibacterial and cytotoxic properties of second grade date extract from Tunisian cultivars (Phoenix dactylifera L.). Food Chemistry 194 ,1048–1055.
- [115]Kchaou, W., Abbès, F., Attia, H., & Besbes, S. (2014).In vitro antioxidant activities of three selected dates from Tunisia (Phoenix dactylifera L.).Journal of Chemistry, 8.
- [116]Khalid, S., Ahmad, A., Masud, T., Asad, M. J. and Sandhu, M. (2016).Nutritional assessment of ajwa date flesh and pits in comparison to local varieties. Journal of Plant and Animal Sciences,26(4),1072-1080.
- [117]Khan, M., Alam, A., Khan, K.M., Salar, U., Chigurupati, S., Wadood, A., Ali, F., Mohammad, J.I., Riaz, M., Perveen, S. (2018). Flurbiprofen derivatives as novel  $\alpha$ -amylase inhibitors: Biology-oriented drug synthesis (BIODS), in vitro, and in silico evaluation. *Bioorganic Chemistry*.81, 157-167.
- [118]Kim, D.O., Jeong, S.W., Lee, C.Y.(2003).Antioxidant capacity of phenolic phytochemicals from various cultivars of plums.Food Chem,81 (3), 321–326.
- [119]Koechlin-Ramonatxo,C. (2006).Oxygène, stress oxydant et supplémentsations antioxydantes ou un aspect différent de la nutrition dans les maladies respiratoires. Nutrition clinique et métabolisme,20(4),165-177.
- [120]Krief, S. (2003). Métabolites secondaires des plantes et comportement animal, thèse doctorat, muséum national d’histoire naturelle. 32p.

- [121]Kumanan, R., Manimaran, S., Saleemulla, K., Dhanabal, S., Nanjan, M. J.(2010).Screening of bark of Cinnamomum tamala (Lauraceae) by using  $\alpha$ -amylase inhibition assay for anti-diabetic activity. Int J Pharmaceut Biomed Res,1(2),69-72.
- [122]Laid, K. (2015). Wireless Sensor Networks for the Surveillance of Wide Date Palm Forests .Procedia Computer Science.56,598 – 603.
- [123]Lecheb, F.(2007). Extraction et caractérisation physico-chimique et biologique de la matièreLiang T and Roy R. Ultraviolet-Visible Spectrophotometry (UV-VIS) and SALIgAE® Qualitative and Semiquantitative Tools for the Analysis of Salivary Amylase. J Forensic,5(5),1-5.
- [124]Lorenzi, H., Matos, F. J. A.(2000). Plantas Medicinaias no Brasil: Nativas e Exóticas. Instituto Plantarum de Estudos da Flora: São Paulo, Brasil.
- [125]L'organisation arabe de développement agricole (AOAD ) (2010).Société économique Réalisant le rôle vital de l'agriculture dans l'économie, les ressources naturelles et humaines, développement économique,AOAD, khartoum, Soudan.
- [126]MADR (ministère de l'agriculture et du développement rural)(2013). Rapport de présentation sur la campagne phoéniciicole 2012/2013.3p.
- [127]Mahmud, I.A., Mirghani, M.E.S., Alkhatib, M.F.R., Yusof, F., Shahabuddin, M., Rashidi, O. and Daoud, Jamal I.(2017).Nutrients depictions of Barhi date palm (*Phoenix dactylifera* L.) kernels. International Food Research Journal.24,325-330.
- [128]Mansouri, A., Embarek, G., Kokkalou, E., Kefalas, P .(2005).Phenolic profile and antioxidant activity of the Algerian ripe date palm fruit (*Phoenix dactylifera* L). Food Chemistry,89(3),411-420.
- [129]Marc, F., Davin, A., Deglène-Benbrahim, L., Ferrand, C., Baccaunaud, M., Fritsch, P. (2004).Méthodes d'évaluation du potentiel antioxydant dans les aliments. M/S : médecine sciences, 20 (4), 458–463.
- [130]Maroon, J. C., Bost, J.W., Maroon, A. (2010).Natural anti-inflammatory agents for pain relief.Surgical Neurology Internationa,1(1),80.
- [131]Martin, S., Andriantsitohaina, R.(2002).Mécanismes de la protection cardiaque etvasculaire des polyphénols au niveau de l'endothélium. Annales de cardiologie et d'angéiologie,51(6),304-314.
- [132]Masmoudi-Allouche, F., Touati, S., Mnafgui, K., Gharsallah, N., El-Feki, A., Allouche, N. (2016).Phytochemical profile, antioxidant, antibacterial, antidiabetic, and anti-obesity activites of fruits and pits from date palm (*Phoenix dactylifera* L.) grown in south of Tunisia. Journal pf Pharmacognosy and Phytochemistry, 5(3), 15-22

- [133] Martín-Sánchez, A.M., Cherif, S., Ben-Abda, J., Barber-Vallés, X., Pérez-Álvarez, J.Á., Sayas-Barberá, E.(2014). Phytochemicals in date co-products and their antioxidant activity. *Food Chem.* 158, 513–520.
- [134] Mohammed, A., Adelaiye, A.B., Bakari, A.G., Mabrouk, M.A. (2009). Anti-diabetic and some haematological effects of ethylacetate and n-butanol fractions of *Ganoderma lucidum* aqueous extract in alloxan - induced diabetic Wistar rats. *International Journal of Medicine and Medicinal Sciences*,1(12),530-535.
- [135] Morena, M., Martín-Mateo, M., Cristol, J. P & Canaud, B. (2002). Stress oxydant, hémoincompatibilité et complications de la dialyse au long cours. *Néphrologie*,23(5),201-208.
- [136] Moulay, H. S.(2003). Le Palmier Dattier base de la mise en valeur des oasis au Maroc Techniques phoénicoles et Création d'oasis .INRA: Division de l'Information et de la Communication BP. 6512 Rabat-Instituts Maroc.p29,132.
- [137] Muhammad, A. S., Siti, H. H., Khanom, S., Jamilah, S., yafawati, Y.(2016). Antibacterial Properties and Effects of Fruit Chilling and Extract Storage on Antioxidant Activity, Total Phenolic and Anthocyanin Content of Four Date Palm (*Phoenix dactylifera*) Cultivars. *Molecules*, 21,1-14.
- [138] Müller, L., Gnoyke, S., Popken, A. M. V., Böhm, V. (2010). Antioxidant capacity and related parameters of different fruit formulations. *LWT - Food Science and Technology*.43, 992–999.
- [139] Munier, P.(1973). Le palmier dattier. *Techniques agricoles et productions tropicales*. G. P. Maisonneuve & Larose, Paris, 221 p.
- [140] Musa, K. H., Abdullah, A., Al-Haiqi, A. (2016). Determination of DPPH free radical scavenging activity : Application of artificial neural networks. *Food Chemistry*, 194, 705–711.
- [141] Nair, S.S., Kavrekar, V., Mishra, A. (2013). In vitro studies on alpha amylase and alpha glucosidase inhibitory activities of selected plant extracts. *European Journal of Experimental Biology*. 3, 128-132.
- [142] Nasri, I., Hadje-Brahim, M. (2014). Apport des thérapeutiques antioxydantes dans le traitement du daibete, diplôme de master en biologie animal.pp 22, 25
- [143] Nehdi, I., Omri, S., Khalil, M. I. and Al-Resayes, S. I. (2010). Characteristics and chemical composition of date palm (*Phoenix canariensis*) seeds and seed oil. *Industrial Crops and Products* ,32(3),360-365.
- [144] Omran, R., Mal-taee, Z., Hashim, H., Al-jassani, M. J.(2017). Preventive effects of phoenix *Dactylifera* polyphenols against. *Asian J Pharm Clin Res*,10(7), 172-181.

- [145]Park, M., Cho, H., Jung, H., Lee, H., Hwang, K.T.(2014).Antioxidant and Anti-Inflammatory Activities of Tannin Fraction of the Extract from Black Raspberry Seeds Compared to Grape Seeds. *Journal of Food Biochemistry*, 38(3),259-270.
- [146]Pelegri, D.H.G.(2012).Solubility of egg white proteins: Effect of pH and temperature. *International Journal of Food Engineering*, 8(3),1-5.
- [147]Peyron, G.(2000).Cultiver le palmier dattier.Groupe de Recherche et d'Information pour le Développement de l'Agriculture d'Oasis. p 20,109
- [148]Peyron, G.(2000).Cultiver le palmier-dattier. Ed. Gridao. Montpellier. 11-67.
- [149]Pisoschi, A.M., Negulescu, G.P. (2011). Methods for Total Antioxidant Activity Determination: A Review. *Biochemistry and Analytical Biochemistry*.01, 1-10.
- [150]Randhirand, R. K., Shetty.(2007).Improved  $\alpha$ -amylase and Helicobacter pylori inhibition by fenugreek extracts derived via solid-statebioconversion using *Rhizopusoligosporus*. *Asia Pac J Clin Nutr* ,16 (3),382-392.
- [151]Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., Rice-Evans, C. (1999).Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cationdecolorizationassay.*Free Radical Bio. Med.* 26, 1231–1237.
- [152]Reem, A., Al-Alawi, Jawhara, H., Al-Mashiqri, Jawaher, S. M., Al-Nadabi, Badria, I., Al-Shihi, Younis, B.(2017). Date Palm Tree (*Phoenix dactylifera* L.): Natural Products and Therapeutic Options. *Front. Plant Sci.*8,1-12.
- [153]Ritika, G., Agarwal, P., Agarwal, N.(2016).Review on Enzymatic Treatment of Phenols in Wastewater.*Journal of Biotechnology & Biomaterials*,6(4),249.
- [154]Rouai, M ., Zouzou, A.(2017).Estimation du potentiel de la production d'hydrogène à partir de la biomasse. Mémoire de master .université d'Ouargla.79p.
- [155]Rousselet, M. C., Vignaud, J. M., Hofman, P., Chatelet, F.P.(2005). Inflammation et pathologie inflammatoire. Chapitre 3, p. 1-58.
- [156]Rygg, G. L.(1946).Compositional changes in the date fruit during growth and ripening. USDA, Tech. Bulletin 910,pp51.
- [157]Saada, M., Al-Orf, Mona, H. M. A., Al-Atwail, N., Al-Zaidi, H., Dehwah, A., Dehwah, S.(2012).Nutritional properties and Benefits of the Date fruits (*Phoenix dactylifera*). *Bulletin of the National Nutrition Institute of the Arab Republic of Egypt*, (39) 97.
- [158]Sakina, A. S.(2013).Analytical methods applied to the chemical characterization and classification of palm dates (*Phoenix dactylifera* L.) from Elche's Palm Grove .thèse:Analytical chemistry ,nutrition and food sciences:university of Alicante,188p.
- [159]Salem, Hegazi, S. S. A., Hegazi. S.M.(1971).Chemical composition of the Egiptian dry dates.*journal of the science of Food and Agriculture*,22(12),632-633.

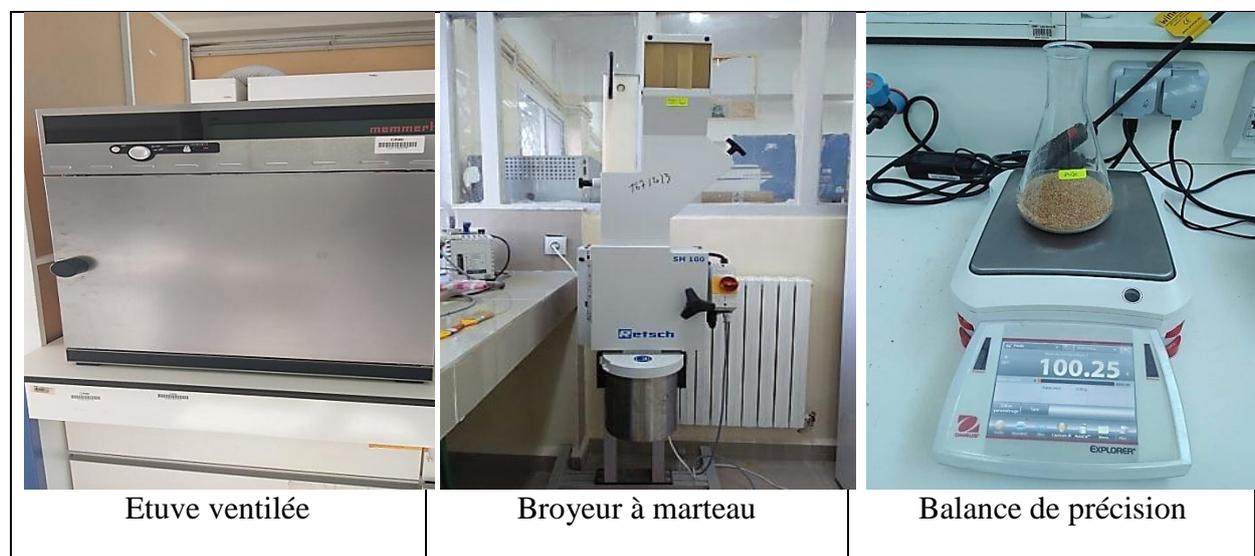
- [160]Salido, M., Rosado, J.A.(2009).Apoptosis: involvement of oxidative stress and intracellular ca<sup>2+</sup> homeostasis genes. Springer Science and Business Media, pp: 1-17.
- [161]Sánchez-Chávez, E., Rodríguez, A., Castro-Castro, A., Angel Pérez- Farrera, M., & Sosa, V. (2019).Spatio-temporal evolution of climbing habit in the Dahlia-Hidalgoa group (Coreopsidae, Asteraceae).Molecular Phylogenetics and Evolution ,135, 166–176.
- [162]Sasikumar, V., Subramaniam, A., Aneesh, A., Saravanan, G.(2015).Protective Effect of Alkaloids from Amaranthus Viridis Linn. Against Hydrogen Peroxide Induced Oxidative Damage in Human Erythrocytes (RBC). International Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism, 1(1),049-053.
- [163]Sayah, Z., Ould-elèhadj, M. D.(2010).Etude comparative des caractéristiques physicochimiques et biochimiques des dattes de la cuvette de Ouargla. Annales des Sciences et Technologie,2(1),92.
- [164]Scalbert, A., Manach, C., Morand, C., Rémésy, C. (2005).Dietary Polyphenols and the Prevention of Diseases,Critical Reviews in Food Science and Nutrition,45(4), 287- 306.
- [165]Shah Alam Khan, Al Kiyumi, A. R., Saif-Al-Sheidi, M., Salim Al Khusaibi, T., Al Shehhi, N. M., TanveerAlam.(2016).In vitro inhibitory effects on a-glucosidase and a-amylase level and antioxidant potential of seeds of *Phoenix dactylifera L.* Asian Pac J Trop Biomed ,6(4),322–329
- [166]Singh, S. A.(2014).Comparitive Study on Immobilization of alpha-amylase Enzyme on Different Matrices. IJPAES,4(3), 2014.
- [167]Singleton, V.L., and Rossi, J.A. (1965).Colorimetry of Total Phenolics with Phosphomolybdic-Phosphotungstic Acid Reagents.American Journal of Enology and Viticulture.16, 144-158.
- [168]Sridhar, K., Charles, A. L. (2018).In vitro antioxidant activity of Kyoho grape extracts in DPPH and ABTS assays: Estimation methods for EC50 using advanced statistical programs. Food Chemistry.275,41-49.
- [169]Sultana, P., Dilruba, E., Sheikh, A., Biswas, M., Chandra Dev Sharma, S. M. D. Jahan, G. S., Md Amirul Islam, Narayan Roy, Mohammad Shariar Shovon.(2015).Nutritional Analysis of Date Fruits (*Phoenix dactylifera L.*) in Perspective of Bangladesh, 3(4),274-278.
- [170]Tajini, F., Bouali, Y., Ouerghui, A. (2020).Etude de qualité nutritionnelle de fruit de Phoenix dactylifera L. : mesure des paramètres biochimiques. Revue Nature et Technologie,12(2),39-49.
- [171]Taleba, H., Sarah, E., Maddocks, R., Morris, K., Ara, D., Kanekanian.(2016). Chemical characterisation and the anti-inflammatory, anti-angiogenic and antibacterial properties of date fruit (*Phoenix dactylifera L.*). Journal of Ethnopharmacology.194 ,457–468.

- [172]Topçu, G., Ay, A., Bilici, A., Sarıkürkcü, C., Öztürk, M., Ulubelen, A. (2007).A new flavone from antioxidant extracts of *Pistacia terebinthus*. Food Chemistry 103,816–822.
- [173]Vayalil, P.K.(2012).Date fruits (*Phoenix dactylifera* Linn): an emerging medicinal food. Crit. Rev. Food Sci. Nutr. 52, 249–271.
- [174]Yasin, B.R., El-Fawal, H.A., Mousa, S.A.(2015).Date (*Phoenix dactylifera* L) polyphenolics and other bioactive compounds: a traditional islamic remedy's potential in prevention of cell damage, cancer therapeutics and beyond. Int. J. Mol. Sci. 16, 30075–30090.
- [175]Yun-Zhong Fanga, ShengYang, GuoyaoWuPhD.(2002).Free radicals, antioxidants, and nutrition. Nutrition,10(18),872-879.
- [176]Zengin, G., Sarikurkcu, C., Aktumsek, A., Ceylan, R., Ceylan, O.(2014). A comprehensive study on phytochemical characterization of *Haplophyllum myrtifolium* Boiss. endemic to Turkey and its inhibitory potential against key enzymes involved in Alzheimer, skin diseases and type II diabetes .Industrial Crops and Products .53, 244–251.
- [177]Ziltener, S., leal, P-E fournier. (2010).Non-steroidal anti-inflammatory drugs for athletes:anupdate. Ann.Phys.Rehab.Med,53(4),278–288.

# Annexes

**Annexe 01 : Matériels du laboratoire et instruments**

Instruments	Matériels
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ampoule à décanter</li> <li>▪ Tubes eppendorf</li> <li>▪ Erlenmeyers</li> <li>▪ Eprouvettes</li> <li>▪ Flacons</li> <li>▪ Spatules</li> <li>▪ Tube à essais</li> <li>▪ Coton</li> <li>▪ Micropipettes de volumes différents</li> <li>▪ Microplaques 96 puits</li> <li>▪ Papier filtre Wattman</li> <li>▪ Boîtes de pétri</li> <li>▪ Ballons</li> <li>▪ Béchers</li> <li>▪ Portoirs</li> <li>▪ Verres à montre</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Une étuve ventilée (MEMMERT)</li> <li>▪ Broyeur à marteau (RETSCH)</li> <li>▪ Agitateur magnétique (FISHER SCIENTIFIC)</li> <li>▪ Evaporateur rotatif (FISHER SCIENTIFIC)</li> <li>▪ Ultrason (GRANT)</li> <li>▪ Balance de précision (EXPLORER)</li> <li>▪ pH mètre (METTLER TOLEDO)</li> <li>▪ Spectrophotomètre (HELIOS EPSILON)</li> <li>▪ Lecteur de microplaque (Perkin Elmer)</li> <li>▪ Bain marie (MEMMERT)</li> </ul>

**Annexe 02 : Photos du matériel utilisé**



agitateur magnétique



Evaporateur rotatif



pH mètre



Pompe d'azote gaz

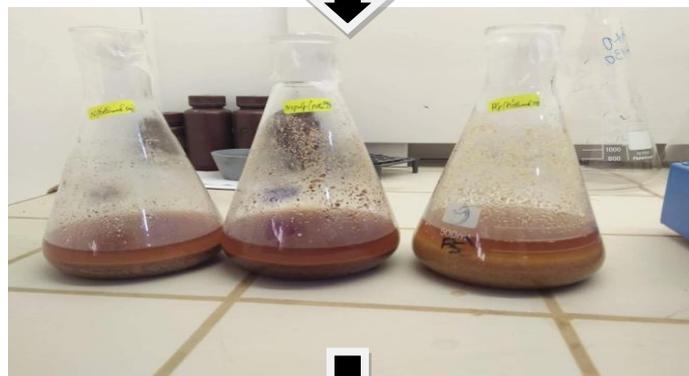


Spectrophotomètre



Ultrason

**Annex 03** : photos descriptives de différentes étapes au cours de l'expérimentation



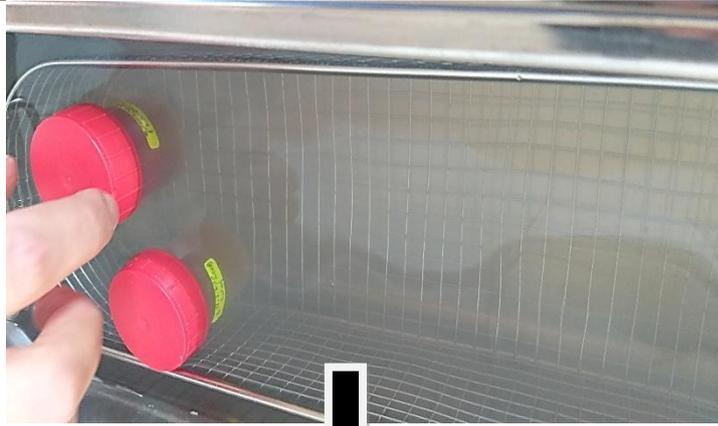
Préparation de la  
poudre des 3 parties  
pour une macération  
pour 3 jours (72h)

Récupération des  
filtrats après une  
macération

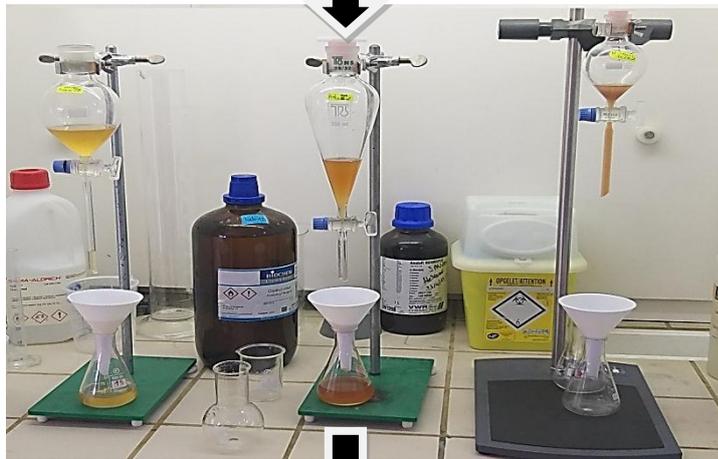


Une évaporation à  
40°C et à basse  
pression des filtrats

L'obtention des trois  
extraits bruts



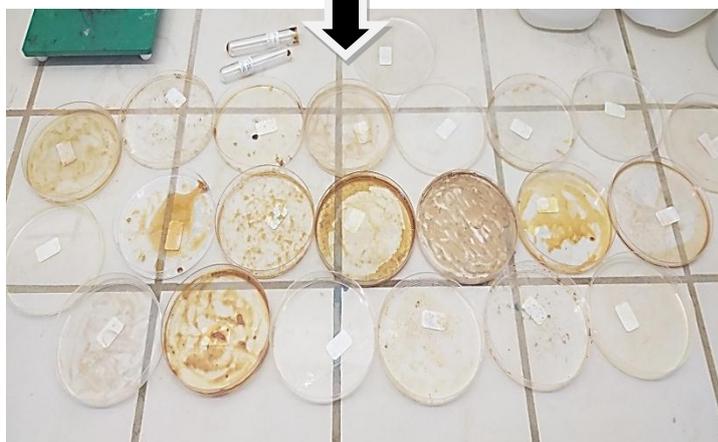
Macération des extraits bruts par un ultrason



L'affrontement des extraits par des solvants organiques



Récupération de différentes phases avec la phase aqueuse

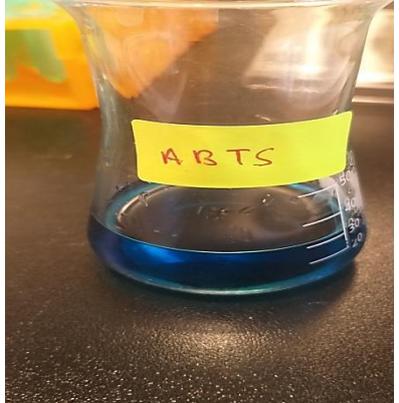


Evaporation des fractions récoltées par un évaporateur et l'azote gazeux

## Annexe 04: Solvants organiques

Solvants	Formule brute
Methanol	CH <sub>3</sub> OH
Ether di-éthylique	(C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>2</sub> O
Acétate d'éthyle	C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>
méthyleEthyle Cétone	C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> O

## Annexe 05 : Réactifs et solutions chimiques

Réactif	Composition	Solution chimique	composition
DPPH <sup>+</sup> 	DPPH Méthanol	Carbonate de sodium anhydre (7,5%)	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> H <sub>2</sub> O
ABTS <sup>+</sup> (7 mM) 	ABTS H <sub>2</sub> O K <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>8</sub> (2.45 mM) Méthanol	Potassium Acétate (1M)	CH <sub>3</sub> COOK H <sub>2</sub> O
Néocuproïne	Néocuproïne Méthanol	Nitrate d'aluminium	Al(NO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> , 9H <sub>2</sub> O H <sub>2</sub> O

Folin Ciocalteu	FCR concentré (2M) H <sub>2</sub> O	Acétate d'ammonium	CH <sub>3</sub> COONH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> O
		Chlorure de cuivre II dihydraté	CuCl <sub>2</sub> , 2H <sub>2</sub> O H <sub>2</sub> O
		Tampon phosphate (pH 6.9) (0.2 M)	NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>
		Acide hydrochlorique (1M)	HCl H <sub>2</sub> O
		Iodure de potassium iode (IKI)	KI H <sub>2</sub> O Iodine (5mM)
		Tris-HCl (0.05M) (pH 6,6)	C <sub>4</sub> H <sub>11</sub> NO <sub>3</sub> HCl H <sub>2</sub> O

## Annexe 06 : Les standards

<b>standards</b>	<b>Compositions</b>
<b>Acide gallique</b>	Acide gallique Méthanol
<b>Quercétine</b>	Quercétine Méthanol
<b>BHA</b>	BHA Méthanol
<b>BHT</b>	BHT Méthanol
<b>Acarbose</b>	Acarbose Méthanol
<b>Voltarène</b>	Voltarène Methanol

**Annexe 07: Solutions enzymatiques et substrats**

<b>Solution</b>	<b>Substrat</b>
Enzyme $\alpha$ -amylase (1U)	Enzyme $\alpha$ -amylase Tampon phosphate (pH 6,9)
Amidon (0.1%)	Amidon H <sub>2</sub> O

# *RESUME*

## Résumé

Dans le but de valoriser de notre flore oasienne Algérienne, une étude phytochimique et biologique de trois parties du fruit de la plante *Phoenix dactylifera* L (noyaux N, pulpe P et datte entière N+P) a été réalisée. Cette variété de datte sèche ou Hachef est issue de la région d'Oued Souf.

Le dosage biochimique a révélé une teneur élevée en polyphénols pour la partie P+N de la phase Mec ainsi qu'en flavonoïdes pour la partie N de la phase Mec. Les activités biologiques des différents extraits bruts et phases des rebuts de dattes sont remarquables. A cet effet, la phase méthyle éthyle cétone de P+N a montré une meilleure activité antiradicalaire avec le test du DPPH. Les extraits N de trois phases acétate d'éthyle, Méthyle éthyle cétone et la phase eau ont manifesté une excellente activité antioxydante avec le test ABTS. De plus, l'extrait brut de N a manifesté une excellente activité antioxydante supérieure à celle du standard BHT avec le test CUPRAC. En revanche, l'extrait méthyle éthyle cétone de la P+N a montré une activité d'inhibition de l'enzyme l' $\alpha$ -amylase supérieure à celle du standard Acarbose. Enfin, l'extrait P de deux phases Ether di-éthylique et Eau a montré une excellente activité d'anti-dénaturation de la BSA.

Par conséquent, ces rebuts de dattes sont des fruits riches en substances biologiquement actives, leurs conférant un grand intérêt pharmacologique.

## **Abstract**

In order to enhance our Algerian oasis flora, a phytochemical and biological study of three parts of the fruit of the *Phoenix dactylifera* L plant (N kernels, P pulp and whole N + P date) was carried out. This variety of dry date or Hachef comes from the region of Oued Souf.

The biochemical assay revealed a high content of polyphenols for the P + N part of the Mec phase as well as of flavonoids for the N part of the Mec phase. The biological activities of the various crude extracts and phases of the scraps of dates are remarkable. For this purpose, the methyl ethyl ketone phase of P + N showed better anti-free radical activity with the DPPH test. The N extracts of three phases of ethyl acetate, methyl ethyl ketone and the water phase showed excellent antioxidant activity with the ABTS test. In addition, the crude N extract demonstrated excellent antioxidant activity superior to that of the BHT standard with the CUPRAC test. In contrast, the methyl ethyl ketone extract of P + N showed superior  $\alpha$ -amylase enzyme inhibitory activity than the Acarbose standard. Finally, the P extract of two phases of diethyl ether and water showed excellent anti-denaturing activity of BSA.

Therefore, these date scraps are fruits rich in biologically active substances, giving them great pharmacological interest.

## الملخص

من أجل تعزيز نباتات الواحة الجزائرية ، تم إجراء دراسة كيميائية نباتية وبيولوجية لثلاثة أجزاء من ثمار نبات Phoenix dactylifera L (نواة N ، ولب P وتمر الكامل N + P). يأتي هذا التمر الجاف أو الحشيف من منطقة واد سوف. كشف الفحص البيوكيميائي عن وجود محتوى عالٍ من البوليفينول لمستخلص P + N من طور Mec وكذلك من مركبات الفلافونويد للمستخلص N من طور Mec. تعتبر الأنشطة البيولوجية متميزة للمستخلصات الخام المختلفة و مختلف اطوار نفايات التمور . لهذا الغرض ، أظهرت مرحلة ميثيل إيثيل كيتون في المستخلص P + N نشاطاً أفضل ضد الجذور الحرة في اختبار DPPH. أظهرت مستخلصات N لثلاث مراحل من ethyl acetate و methyl ethyl ketone والمرحلة المائية نشاطاً ممتازاً مضاداً للأكسدة في اختبار ABTS. بالإضافة إلى ذلك، أظهر مستخلص N الخام نشاطاً ممتازاً مضاداً للأكسدة متفوقاً على معيار BHT في اختبار CUPRAC. في المقابل ، أظهر مستخلص ميثيل إيثيل كيتون من P + N نشاطاً مثبطاً لإنزيم  $\alpha$ -amylase متفوقاً على معيار Acarbose. أخيراً ، أظهر مستخلص لمرحلتي إيثيل الإيثر والماء نشاطاً مثبطاً ممتازاً للبروتين .

لذلك ، تعتبر نفايات التمر ثماراً غنية بالمواد الفعالة بيولوجياً ، مما يمنحها فائدة دوائية كبيرة.



# **Evaluation *in vitro* de l'activité anti-oxydante, antidiabétique et anti-inflammatoire d'une variété de dattes sèches Algériennes**

## **(*Phoenix dactylifera* L.)**

---

### **RESUME :**

Dans le but de valoriser de notre flore oasienne Algérienne, une étude phytochimique et biologique de trois parties du fruit de la plante *Phoenix dactylifera* L (noyaux N, pulpe P et datte entière N+P) a été réalisée. Cette variété de datte sèche ou Hachef est issue de la région d'Oued Souf.

Le dosage biochimique a révélé une teneur élevée en polyphénols pour la partie P+N de la phase Mec ainsi qu'en flavonoïdes pour la partie N de la phase Mec. Les activités biologiques des différents extraits bruts et phases des rebuts de dattes sont remarquables. A cet effet, la phase méthyle éthyle cétone de P+N a montré une meilleure activité antiradicalaire avec le test du DPPH. Les extraits N de trois phases acétate d'éthyle, méthyle éthyle cétone et la phase eau ont manifesté une excellente activité antioxydante avec le test ABTS. De plus, l'extrait brut de N a manifesté une excellente activité antioxydante supérieure à celle du standard BHT avec le test CUPRAC. En revanche, l'extrait méthyle éthyle cétone de la P+N a montré une activité d'inhibition de l'enzyme l' $\alpha$ -amylase supérieure à celle du standard Acarbose. Enfin, l'extrait P de deux phases Ether di-éthylique et Eau a montré une excellente activité d'anti-dénaturation de la BSA.

Par conséquent, ces rebuts de dattes sont des fruits riches en substances biologiquement actives, leurs conférant un grand intérêt pharmacologique.

**Mots clés :** *Phoenix dactylifera* L, Antioxydante, Antidiabétique, Anti-inflammatoire, Rebut de dattes.

Présenté par :

**Chabane Romeissa  
Kermiche Rahil**