

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université A. Mira de Bejaia



Faculté de Technologie
Département de Génie des procédés

Mémoire EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE Master

Domaine: Science et Technologie Filière : Génie des Procédés
Spécialité : Génie Alimentaire

Présenté par

Mr SABI Salah

Thème

Evaluation des propriétés physico-chimiques, antioxydantes et fonctionnelles du fruit de jujubier local

Soutenue le 06/07/2022

Devant le jury composé de :

Nom et Prénom	Grade		
M ^r TACHERFYOUT Mustapha	MCA	Université de Bejaia	Président
M ^{me} BOUCHEFFA Naima	MCA	Université de Bejaia	Examinatrice
M ^{me} ARKOUB Lynda	MCA	Université de Bejaia	Encadreur

Année Universitaire: 2021/2022



Remerciements

Avant toute chose, Nous commençons par remercier le bon Dieu tout puissant de nous avoir donné la force, la volonté et la patience afin de réaliser ce modeste travail.

Mes vifs remerciements s'adressent tout d'abord à ma promotrice Mme Arkoub-Djermoune L. pour la confiance qu'elle m'a accordé en acceptant de diriger ce travail, pour son aide, ses conseils, sa patience et sa disponibilité tout au long de la réalisation de ce mémoire ainsi que pour l'inspiration, l'aide et le temps qu'elle a bien voulu nous consacrer.

Mes vifs remerciements s'adressent à Mr Tacherfyout Mustapha, président de jury, qui m'a fait l'honneur de présider le jury de m'a soutenance.

Mes vifs remerciements s'adressent à Mme Boucheffa Naima, membre de jury, qui m'a fait l'honneur d'examiner mon travail.

J'adresse, aussi mes remerciements à tous les enseignants qui m'ont aidé de près et de loin dans notre travail.

Mes remerciements à l'ensemble du personnel des laboratoires pédagogiques de la faculté de technologie pour leur accueil, disponibilité et aide.

Mes grands remerciements s'adressent à ma famille pour leurs soutiens tout au long de mon cursus et pendant la réalisation de ce travail, sans leurs apports financiers ce travail n'aurait pas vu le jour.

Enfin, je tiens à remercier sincèrement toutes les personnes ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.



MERCI

Dédicaces

Je remercie le bon Dieu de m'avoir donné le courage d'aller jusqu'au bout.

Je dédie ce modeste travail à mon père et ma mère qui m'ont soutenu tout au long de mes études, moralement et financièrement, je leur dis que je suis fière que vous soyez mes parents.

A mes chers frères Adel et Adem.

A mes grands-parents ainsi que toute ma famille

A tous mes enseignants, particulièrement mon encadreur.

A toute la promotion de Génie Alimentaire 2021/2022

Salah

Liste des abréviations

ABTS: Acide 2,2'-azinobis-(3-éthylbenzothiazoline-6-sulfonique)

ANOVA: Analysis Of Variance (Analyse de la variance)

DPPH: 2, 2-Diphényl-1-Picryl hydrazyl

EAA: Equivalent Acide Ascorbique

EAG: Equivalant Acide Gallique

Liste des figures

Figure	Titre	Page
1	Fruit de <i>Ziziphus jujuba</i>	4
2	Quelques structures de composants phénoliques	7
3	Structure chimique de la Ziziphine	7
4	Quelques structures des molécules actives des graines de jujubier	12
5	(a) plante, (b) Fruit, (c) Fruit séché, (d) poudre de <i>Z. lotus</i>	17
6	Teneurs en polyphénols des extraits du fruit de jujubier (<i>Ziziphus jujuba</i> L.).	30
7	Teneurs en flavonoïdes des extraits du fruit de jujubier (<i>Ziziphus jujuba</i> L.).	31
8	Teneurs en flavonols des extraits du fruit de jujubier (<i>Ziziphus jujuba</i> L.).	32
9	Teneurs en tanins condensés des extraits du fruit de jujubier (<i>Ziziphus jujub</i> L.).	33
10	Activité antiradicalaire des extraits du fruit de jujubier (<i>Ziziphus jujuba</i> L.).	34
11	Activité antiradicalaire des extraits du fruit de jujubier (<i>Ziziphus jujuba</i> L.).	34

Liste des tableaux

Tableau	Titre	Page
I	Composition chimique du fruit de <i>Ziziphus jujuba</i>	6
II	Composition en métabolites secondaires des différents organes du <i>Zizyphus jujuba</i> .	8
III	Paramètres physico-chimiques de la poudre du fruit de jujubier (<i>Zizphus jujuba</i> L.)	25
IV	Caractérisation phytochimique des extraits du fruit de <i>Ziziphus jujuba</i> L.	27
V	Propriétés fonctionnelles de poudre du fruit de jujubier (<i>Ziziphus jujuba</i> L).	28

Table des matières

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

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

Synthèse bibliographique

I. Généralités sur Zizyphus jujuba

I.1. Historique.....	3
I.2. Description botanique.....	3
I.3. Classification de jujubier.....	4
I.4. Répartition géographique.....	4
I.5. Composition biochimique du jujube.....	5
I.5.1. Métabolites primaires.....	5
I.5.2. Métabolites secondaires.....	6
I.6. Production de jujube.....	9
I.7. Utilisations de Zizyphus jujuba.....	9
I.7.1. Utilisations alimentaires.....	10
I.7.2. Utilisations thérapeutiques.....	10
I.7.2.1. Utilisations des fruits.....	11
I.7.2.2. Utilisations des graines.....	11
I.7.2.3. Utilisations des feuilles.....	12
I.7.2.4. Utilisations des fleurs.....	13
I.7.2.5. Utilisations des racine.....	13
I.7.2.6. Utilisations des bois.....	14
I.7.2.7. Utilisations des rameaux secs et épineux.....	14
I.7.3. Utilisations en cosmétiques.....	14

Etude expérimentale

II. Matériel et méthodes

II.1. Echantillonnage.....	17
II.2. Paramètres physico-chimiques.....	17
II.2.1. Teneur en eau.....	17
II.2.2. pH.....	17
II.2.3. Acidité titrable.....	18

Table des matières

II.2.4. Teneur en sucres	18
II.2.4.1. Dosage des sucres réducteurs.....	18
II.2.4.2. Dosage des sucres totaux	19
II.3. Tests préliminaires	19
II.3.1. Identification des tanins totaux	19
II.3.2. Identification de l'amidon	19
II.3.3. Identification des glucosides.....	19
II.3.4. Identification des musilage.....	20
II.3.5. Identification des irridoïdes	20
II.3.6. Détection des saponosides	20
II.3.7. Terpénoïdes	20
II.3.8. Composés réducteurs	20
II.4. Détermination des propriétés fonctionnelles	20
II.4.1. Capacité d'absorption d'eau (CAE)	20
II.4.2. Capacité d'absorption en huile (CAH), en lait entier (CALE) et en lait totalement écrémé (CALTE)	21
II.4.3. Détermination du rapport hydrophile-lipophile (RHL).....	21
II.4.4. Activité émulsifiante (AE) et stabilité des émulsions (SE)	21
II.5. Préparation des extraits.....	22
II.6. Dosage des antioxydants.....	22
II.6.1. Dosage des composés phénoliques	22
II.6.2. Dosage des flavonoïdes.....	23
II.6.3. Dosage des flavonols	23
II.6.4. Dosage des tanins condensés (proanthocyanidine).....	23
II.7. Evaluation du pouvoir antioxydant	23
II.7.1. Inhibition du radical DPPH	23
II.7.2. Inhibition du radical ABTS°	24
II.8. Etude statistique.....	24
III. Résultats et discussion	
III.1. Paramètres physico-chimiques	25
III.1.1. Teneur en eau	25
III.1.2. pH	25
III.1.3. Acidité titrable.....	26
III.1.4. Sucres réducteurs.....	26

Table des matières

III.1.5. Sucres totaux	26
III.2. Tests préliminaires	27
III.3. Détermination des propriétés fonctionnelles	27
III.3.1. Capacité d'absorption d'eau (CAE)	27
III.3.2. Capacité d'absorption en huile (CAH), en lait entier (CALE) et en lait totalemment écrémé (CALTE)	28
III.3.3. Détermination du rapport hydrophile-lipophile (RHL)	29
III.3.4. Activité émulsifiante (AE) et stabilité des émulsions (SE)	29
III.4. Antioxydants	29
III.4.1. Polyphénols	29
III.4.2. Flavonoïdes.....	30
III.4.3. Flavonols	31
II.4.4. Tanins condensés	32
III.5. Evaluation du pouvoir antioxydant	33
III.5.1. Activité antiradicalaire (DPPH).....	33
III.5.2. Inhibition du radical ABTS°	34
Conclusion.....	35

Références bibliographiques

Annexes

Résumé



Introduction



L'homme puise ses aliments du règne végétal. Ces produits naturels lui apportent des macronutriments tels que les matières grasses, les sucres rapides, les sucres lents et les protéines dont il a besoins. Outre ces macronutriments énergétiques bien connus dans les aliments traditionnels, il existe d'autres substances dites secondaires qui sont de plus en plus populaires pour leurs effets bénéfiques sur la santé des consommateurs (Mboagaou et al., 2013).

Les polyphénols sont des phytomicronutriments et généralement des pigments responsables de teintes automnales des feuilles et des couleurs des fleurs et des fruits. C'est une classe constituée d'environ 8000 composés, divisés en plusieurs catégories qui sont les acides phénoliques, les flavonoïdes, les tanins, les lignanes (Rizvi et al., 2009).

Des études épidémiologiques ont fortement suggéré que la consommation à long terme des régimes alimentaires riches en polyphénols végétaux offrait une certaine protection contre le développement des cancers, les maladies cardiovasculaires, du diabète, de l'ostéoporose et les maladies neuro dégénératives (Rizvi et al., 2009).

Zizyphus jujuba est une plante médicinale fruitière épineuse de la famille des Rhamnaceae largement utilisée en médecine traditionnelle, cultivée dans des régions tropicales et subtropicales de l'Asie, particulièrement en Chine, en Amérique et en Europe. Sa présence dans le nord-africain est aussi documentée. C'est une espèce polyvalente: ses fruits, ses feuilles et ses racines présentent plusieurs intérêts sur le plan nutritif, cosmétique et médicinal (Rsaissi et Bouche, 2002).

Les études scientifiques ont montré que les fruits de jujubier « *Zizyphus jujuba* » contiennent une grande quantité de divers composés bioactifs, y compris l'acide ascorbique, les acides triterpéniques, les acides phénoliques, les flavonoïdes, les tanins et les saponines. Ces phytoconstituants jouent des rôles importants pour protéger contre différentes maladies, exerçant les effets antioxydants, anti-inflammatoires, anti-obésité, anticardiovasculaires, hépato-protecteurs, antidiabétiques, antimicrobiens, anticancéreux et gastro-intestinaux (Rashwan et al., 2020; Gowd et al., 2020).

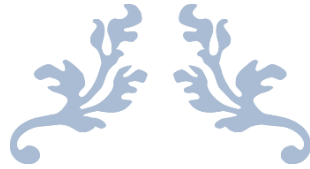
Ainsi, les objectifs de la présente étude en premier lieu est de déterminer les propriétés physico-chimiques du fruit de jujubier local et en deuxième lieu l'effet du solvant d'extraction sur antioxydantes et fonctionnelles du fruit de jujubier (*Zizyphus jujuba*).

Afin d'atteindre ces objectifs, nous avons suivi une démarche en deux parties:

- La première partie de l'étude bibliographique rapporte quelques généralités sur le fruit de jujube (*Ziziphus jujuba* L.): l'origine et l'histoire, la classification et la description botanique, la répartition géographique, ainsi que ses utilisations.

- La deuxième partie rapporte les propriétés physico-chimiques et l'effet du solvant d'extraction sur les propriétés antioxydantes et fonctionnelles de ce fruit.

Enfin, une conclusion générale mettra l'accent sur les principales propriétés antioxydantes et fonctionnelles du fruit de jujube.



Synthèse Bibliographique



I.1. Historique

Le jujube peut sembler étrange comme un nom de fruit, mais c'est un accumulateur de nutriments. C'est un aliment très puissant qui donne un coup de pouce sain aux millions de personnes qui connaissent sa véritable valeur. Bien que les noms communs soient la datte rouge et la datte coréenne, la classification scientifique du jujube est *Ziziphus jujuba* (Gyre, 2018).

Ces fruits sont originaires de l'Asie du Sud, y compris le sud et le centre de la Chine. Cependant, il a maintenant été introduit dans le reste du monde, principalement en Europe et il est disponible dans de nombreux magasins d'importation de fruits exotiques. La chose la plus étonnante à propos du fruit de jujube est qu'il a plus de 10 000 ans d'histoire, et dans cette histoire, plus de 400 variétés différentes sont trouvées. En termes d'utilisation culinaire, le jujube poing est consommé comme un fruit, un bonbon sec ou sous forme de jus. Dans certains pays, les fosses sont enlevées et la chair est pilée avec du sucre et d'autres fruits dans un gâteau qui peut se sécher au soleil (Gyre, 2018).

Le jujubier est une espèce à usages multiples. Les feuilles sont broutées par les animaux, les fruits sont consommés par l'Homme, les fleurs sont butinées par les abeilles qui en produisent un excellent miel. Par ailleurs, les graines broyées de cette espèce sont traditionnellement utilisées pour le traitement de nombreuses maladies (El Hachimi, 2015).

I.2. Description botanique

Le jujubier est un arbre ou arbuste fruitier appartenant à la famille des Rhamnacées appelé en Afrique du Nord "Anneb" ou "Sedra" et en Berbère "Azouggar" (Quezel et Santa, 1963; Preeti et Shalini, 2014). Le jujubier est décrit comme un arbuste épineux ou un buisson dont la hauteur peut aller de 3 à 4 m jusqu'à 10-16 m ou plus, son tronc mesure environ 30 cm et il atteint rarement 2 m de hauteur (Koné et al., 2009).

Zizyphus jujuba, une plante médicinale nommée jujube, est un fruit abondant dans les régions tropicale et subtropicale. Ladite espèce présente plusieurs qualités pharmacologiques recherchées pour la santé humaine. En outre, ce fruit est prescrit afin de traiter plusieurs maladies telles que : l'hépatite chronique, le stress, l'anémie, la diarrhée ...etc. (Benahmed-Djilali et al., 2016). La taille de ce fruit est variable selon les variétés, mais peut atteindre environ 5 cm de longueur. Sa peau est fine et comestible, et la chaire est ocre très sucrées, farineuse, douce et parfumée enveloppant un petit noyau dur de 4 à 5 mm de diamètre (Bärtels, 1997). Le fruit se dessèche et constitue une réserve alimentaire semblable à celle d'une datte d'où son nom «datte chinoise» (Espiard, 2002).

Le fruit est une drupe ovale comestible comportant un noyau revêtu d'une pulpe blanchâtre de faible épaisseur (1,5 à 3 cm). Lorsqu'il est immature, sa couleur est verte avec un goût d'une pomme, il est rouge foncé à maturité avec un goût d'une datte et noire violacée éventuellement pour le jujube séché (figure1). La maturation de ce fruit est après 105 jours de fluorescence (Panchal et al., 2010).



Jujube vert



Jujubes séchés



Jujube mûr.

Figure 1: Fruit de *Ziziphus jujuba* (Wang et al., 2013).

I.3. Classification de jujubier

- **Type de plante:** *Arbre fruitier*
- **Famille :** *Rhamnacées*
- **Sol :** *Sol calcaire, sableux, caillouteux*
- **Espèces :** *Ziziphus jujuba*
- **Embranchement :** *Spermatophytes*
- **Sous embranchement :** *Angiospermes*
- **Sous classe :** *Dicotylédone*
- **Ordre :** *Celastrale*

I.4. Répartition géographique

Le jujube est originaire de Chine, de Japon et d'Asie du Sud-Est. Il est cultivé dans les régions tropicales d'Asie et de la Méditerranée (Iserin, 2001). Mais maintenant sur tous les continents (Bärtel, 1997). Le genre *Zizyphus* occupe une vaste aire de répartition allant du continent asiatique en passant par le bassin méditerranéen jusqu'à atteindre le continent Américain (Laamouri et al., 2008).

En Algérie, l'espèce *Zizyphus jujuba* est l'une des espèces la plus répandue sur le nord d'Algérie surtout dans les régions de Tlemcen, Annaba, Bejaia et Tipaza (Benahmed-Djilali et al., 2016).

En Afrique tropicale, *Ziziphus jujuba* existe dans tout l'ouest africain. Bassin du Tchad, Afrique orientale depuis la Nubie et l'Erythrée jusqu'au Mozambique (Munier, 1973).

En Asie, le jujube est un fruit de consommation courante en Inde et au Pakistan et surtout en Chine du Nord, où sa production effectuée à l'échelle industrielle, elle existe aussi en Arabie, Indochine, philippine (Munier, 1973).

I.5. Composition biochimique du jujube

Le jujube fait partie des principales sources de micronutriments nécessaires à l'équilibre alimentaire, il joue un rôle nutritif comme complément alimentaire en fournissant des vitamines et des sels minéraux indispensables au bon fonctionnement de l'organisme (Boudraa et al., 2010). Les études phytochimiques menées sur le *Zizyphus jujuba* montrent la présence de métabolites primaires et secondaires (Villanueva et Villanueva, 2017).

I.5.1. Métabolites primaires

Le fruit de *Ziziphus jujuba* est très riche en métabolites primaires telle que l'eau, la matière minérale, les sucres, les protéides et les lipides.

Les constituants majeurs du fruit de *Ziziphus jujuba* ont un rôle nutritionnel et fonctionnel dû à leurs valeurs nutritives élevées (Tableau I).

Les propriétés nutritionnelles de la pulpe de jujube sont largement reconnues. Sa richesse en vitamine C et en molécules antioxydantes et en minéraux tels que le phosphore, le potassium et le calcium en fait un fruit de grande valeur nutritionnelle (Lucien, 2012).

La richesse en sucres du jujube est semblable à celle des figes (Catoire et al. 1999). Sa forte teneur en sucre lui confère une grande valeur énergétique avec une teneur en sucres réducteurs importante qui sont facilement assimilables par l'organisme.

Selon Azam-Ali (2006), le fruit de jujube contient des acides aminés essentiels mais en faible quantité. Il peut répondre également aux exigences alimentaires de la vitamine C et B chez un adulte tel qu'il est recommandé par la FAO et l'OMS.

Tableau I : Composition chimique du fruit de *Ziziphus jujuba*.

Constituant	Teneur	Référence
Eau	La teneur en eau du fruit de <i>Ziziphus jujube</i> évolue en fonction de stade de maturation atteignant 42,25 % et 44 % de constituants solubles.	Vidrih et al., 2008
Sucres	Le fruit de <i>Ziziphus jujuba</i> est très riche en sucre avec une teneur de 9,8 à 14,7 % du poids à l'état frais, il renferme plusieurs types de sucre en particulier fructose, glucose, rhamnose, sorbitol et saccharose.	Li et al., 2007a Zhang et al., 2010
Vitamines	Les fruits sont très riches en vitamines notamment C, A,B (B1 et B2) et de faibles quantités en vitamine E et P (bioflavonoïde)	Pareek et al., 2009
Minéraux	Bonne source d'éléments minéraux essentiellement potassium, phosphore, calcium et manganèse.	Chouaibi et al., 2012
Protéines	La teneur en protéine pour les fruits est de 8 %, mais la grande teneur est représentée par les grains (19,1 %).	Pareek et al., 200
Lipides	La teneur en lipides pour les fruits est faible, alors que pour les grains est de 32,9 %.	Chouaibi et al., 2012
Fibres	La majorité des fibres sont insolubles	Li et al., 2007a
Antioxydants	Contient un ensemble d'antioxydants, essentiellement les flavonoïdes : les grains contiennent environ 8 flavonoïdes, les feuilles environ 4 et les fruits 10 flavonoïdes.	San et yildirim, 2010, Choi et al., 2011

Le fruit du jujubier également est une source de lipides en particulier d'acides gras qui sont une source d'énergie importante pour l'organisme vivant. Ils sont des composants de la membrane cellulaire et des précurseurs de nombreuses substances dans le corps, ils protègent contre les maladies cardiaques et certains types de cancers et d'autres maladies chroniques. Les plus prédominants sont : l'acide linoléique ($\omega 6$) et l'acide alphalinoléique ($\omega 3$) et le corps humain ne peut pas les synthétiser, ils doivent être consommés par l'alimentation tel que le jujube (San et Yildirim, 2010).

I.5.2. Métabolites secondaires

Le *Zizyphus jujuba* est connu par son contenu en molécules biologiquement actives tels que les polyphénols (flavonoïdes, tanins) qui lui procurent un important effet

antimicrobien (Benahmed-Djilali, 2016), les triterpènes, les alcaloïdes, les saponosides, les caroténoïdes et les vitamines (Tableau III). Plusieurs études ont affirmés la richesse de jujubier alcaloïdes, flavonoïdes, stérols, tanins, saponines et triterpénoïdes (Figure2) (Ganachari et al., 2004). En particulier, les feuilles contiennent des alcaloïdes différents, y compris la ziziphine (Figure 3), coclaurine, isoboldine, norisoboldine, iusiphine, iusirine (Preeti et Shalini, 2014).

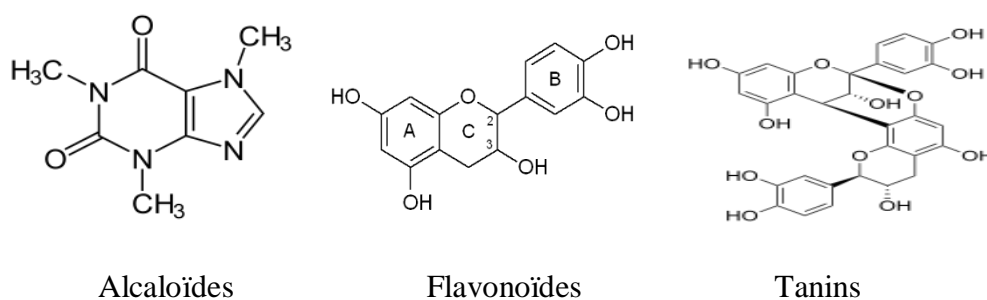


Figure 2: Quelques structures de composants phénoliques.

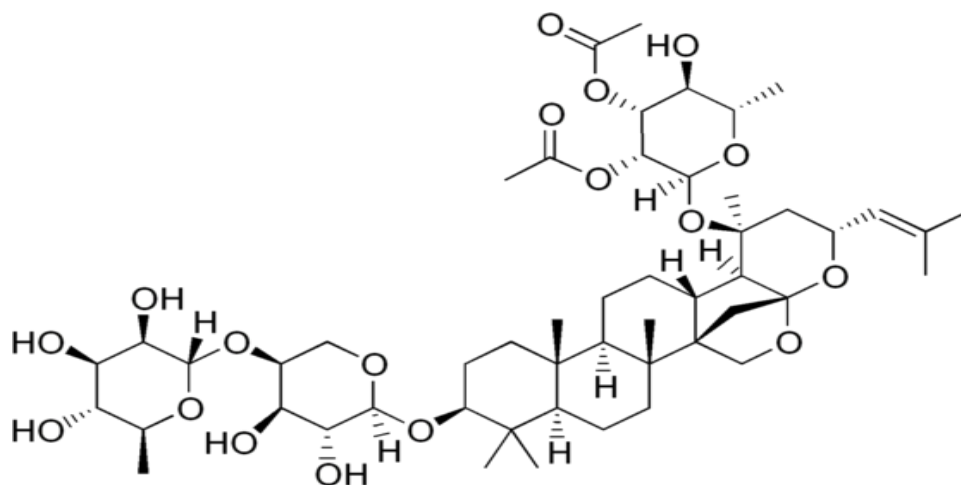


Figure 3 : Structure chimique de la Ziziphine (Sigoillot et al., 2015).

Tableau II : Composition en métabolites secondaires des différents organes du *Zizyphus jujuba*.

Organe végétale	Compositions chimiques	Références
Feuille	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Alcaloïdes (coclaurine, isoboldine, norisoboldine, iusiphine, iusirine, et en particulier la ziziphine). ✓ Flavonoïdes (quercetine, kaempferol, rhamnoside). ✓ Tanins. ✓ Saponines (jujubasponines 1, 2, 3, 4, 5, jujubosides B. ✓ Triterpénoïdes (acide alphaltolique, acide caffeoyle alphaltolique). ✓ Caroténoïdes - Vitamines (A, C, B, et E). 	(Preeti et Shalini, 2014)
Fruit	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Alcaloïdes (sanjoinine, franguloine, amphibineD). ✓ Flavonoïdes (Puerarin, 6-feruloylspinosin, Apigenin-6-C-β-Dglucopyranoside, 6-feruloylisopinosin, Isopinosin et Isovitexin-2-O-βD-glucopyranoside). ✓ Tanins. ✓ Saponines (1, 2,3, jujubosides B, D, E.). ✓ Triterpénoïdes. ✓ Caroténoïdes. ✓ Vitamines (A, C, B, et E). 	(Preeti et Shalini, 2014; Hasan et al., 2014)
Graine	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Alcaloïdes (franguloine, amphibine D, sanjoinines B-D-F-G2). ✓ Flavonoïdes (Puerarin, 6-feruloylspinosin, Apigenin-6-C-β-Dglucopyranoside, 6-feruloylisopinosin, Isopinosin et Isovitexin-2-O-βD-glucopyranoside). ✓ Saponines (jujubosides A-B-C, acetyljujubosides B, protojujubosides A-B. ✓ Tanins. ✓ Triterpénoïdes. ✓ Caroténoïdes. ✓ Vitamine (A, C et B). 	(Preeti et Shalini, 2014)

I.6. Production de jujube

Le jujubier peut débiter sa production à partir de la quatrième année après la plantation, en culture soignée. Elle augmente et atteint son plafond vers la dixième ou douzième année, se maintient pendant 25 ou 30 ans et décroît ensuite assez rapidement ; il est conseillé de renouveler les plantations avant que le dépérissement des plantes se manifeste, après la trentième année. Le rendement unitaire varie beaucoup avec les variétés cultivées, en général le jujubier est un arbuste productif. En Inde, en plantation bien soignée, la variété «Umran» produit 375 kg de fruits par arbre et une production maximale de 570 kg a été observée.

La récolte doit être pratiquée lorsque les fruits sont complètement mûrs. Leur maturité se reconnaît à leur couleur et à la facilité avec laquelle les jujubes se détachent de leur pédoncule. La maturation des jujubes se situe en Octobre-Novembre en Europe méridionale, en Septembre-Octobre en Afrique du Nord. En Afrique tropicale de l'ouest, les jujubes mûrissent en Mai-Juin avant la saison des pluies (Munier, 1973).

I.7. Utilisations du jujube

Le jujube a joué autrefois un rôle important dans l'alimentation de certaines populations, notamment celles qui habitaient la Libye de l'Antiquité, en bordure du Golfe de la Petite Syrte (Golfe de Gabès), dont la nourriture de base, d'après les auteurs Grecs de l'Antiquité, était constituée par la « Lotos », le fruit du jujubier de Berbère *Ziziphus lotus* L. Ces populations, les « Lotophages », en faisaient toutes sortes de plats, du pain, du vin et les liqueurs.

Aujourd'hui, le jujube est largement consommé par les populations d'Afrique du nord, du Moyen Orient et de Chine. En Afrique du nord et au sud du Sahara, les peuplements de jujubiers fournissent un appoint alimentaire parfois important aux populations, particulièrement en période de disette.

Les jujubes de bonnes variétés provenant de plantations sont consommés comme des fruits frais, supportant bien le transport ; elles seraient susceptibles d'être plus largement consommées. Pour leur assurer une conservation de longue durée, elles sont utilisées en confiserie, pâtisserie, après avoir été transformées en pâte ou en farine après

séchage, en confiture. Ils étaient autrefois utilisées en pharmacie pour confectionner des pâles pectorales.

En Inde et au Pakistan, les jujubes sont utilisées dans la confection de différents produits condimentaires.

I.7.1. Utilisations alimentaires

La plupart des fruits des espèces de jujubier sont comestibles, mais tous ne sont pas aussi savoureux. La pulpe du jujube bien mûr favorise le transit intestinal, mais il faut utiliser des fruits arrivés à maturité et si possible sans la peau. Les jujubiers de Chine et les variétés sélectionnées de *Z. mauritiana* en Inde possèdent des fruits commercialisables qui sont consommés frais, cuits, séchés ou fermentés. Les fruits bien mûrs permettent de préparer une boisson fermentée analogue au cidre ou à la bière avec un faible taux d'alcool, et qui contient des vitamines du groupe B. Ce sont des fruits "naturels" diététiquement intéressants, et qui se conservent facilement. On outre, il est possible de préparer du jus de fruit, de la marmelade, de la farine de pulpe sèche et des galettes de pulpe sèche à base de jujube. En Chine, le fruit fournit du vinaigre de jujube ou encore un vin appelé jiuzaohong.

Certaines ethnies peules ou Touaregs, fabriquent avec les fruits secs une sorte de pain non levé appelé " Oufers " qui prend la forme de galette épaisse, percée d'un trou au centre (Orwa et al., 2009). Le jujube se consomme frais, en conserves, confit, en confiture, en liqueur, ou à l'état de pâte. Pour leur conservation, les jujubes sont ordinairement séchés sur des claies au soleil (Danthu et al., 2000; Koné et al., 2009).

I.7.2. Utilisations thérapeutiques

D'après la littérature, la médecine chinoise fut la première à utiliser le jujube pour ses vertus médicinales qui sont peu exploitées encore aujourd'hui. En effet, les chinois lui prêtent de nombreuses vertus calmantes, le jujube aurait le pouvoir d'apaiser l'esprit, mais aussi d'accroître l'énergie vitale. Par ailleurs, en Occident, il est employé pour ses vertus expectorantes au même titre que la figue sèche, la datte ou le raisin sec. Les parties intéressantes du végétal sur le plan diététique et/ou médicinal sont le fruit et la graine, et dans une moindre mesure, les feuilles et les racines. *Z. jujuba* est une espèce polyvalente, ses fruits, ses feuilles et ses racines présentent plusieurs intérêts sur le plan nutritif. Ainsi sa demande en médecine et en industrie pharmaceutique ne cesse d'augmenter ce qui

explique que la production de jujube a diminué en Chine dans les 10 dernières années (Li et al., 2006). Les fruits, les feuilles, les graines, les racines et les épines sont utilisés en médecine traditionnelle (Belford, 1994; Croueour et al., 2002; Abdel-Zaher et al., 2005 et Li et al., 2006).

I.7.2.1. Utilisations des fruits

Les fruits secs du jujubier sont fréquemment utilisés contre les maladies immunitaires et infectieuses. Ils présentent plusieurs activités biologiques antimicrobiennes et anti-HIV (Guo et al., 2010). La pulpe est souvent utilisée dans l'industrie pharmaceutique et entre dans la composition de nombreuses pâles pectorales (El Raout, 2002). Elle contient des ingrédients actifs et diminue le taux du cholestérol dans le sang (Mood et al., 2008).

En Chine comme en Corée, cet arbre fruitier produit une grande quantité de fruits délicieux qui sont recommandés pour le traitement des infections inflammatoires de la gorge, des voies respiratoires, des inflammations intestinales, urinaires ainsi que pour traiter la constipation (Zhao et al., 2006). En 2001, Pareek a signalé que la pulpe est riche en certaines substances nutritives tel que les protéines, le phosphore, le calcium, le carotène... etc.

I.7.2.2. Utilisations des graines

Les graines de *Z. jujuba*, sous forme de poudres, assurent la purification du sang et facilitent la digestion (Tripathi et al., 2001; Su et al., 2002). Plusieurs études leur accordent d'autres activités (hypnotique, sédatrice, hypotensive et hypothermique). Elles peuvent aussi agir comme tranquillisantes des muscles (Goncharova et al., 1990; Peng et al., 2000 et Zhao et al., 2006). De ces graines, extrait des huiles à plusieurs activités industrielles et pharmaceutiques (Li et al., 2006). En 2006, Zhao et al. (2006) ajoutent d'autres applications immunitaires et cosmétiques à ces organes qui peuvent être utilisés aussi dans le traitement des maladies des yeux (Oudhia, 2001). De plus, les graines contiennent plusieurs groupes de substances actives sur le fonctionnement du système nerveux central (Bastianetto, 2007) tel que :

- Action sur l'apparition et la durée du sommeil ;
- Action sur l'humeur ;
- Action sur l'excitabilité cérébrale.

Les composés les plus actifs des graines de jujube sont les jujubosides et les alcaloïdes: sanjoinine ou frangufoline, nuciférine, zizyphusine, cochlaurine (Figure 4).

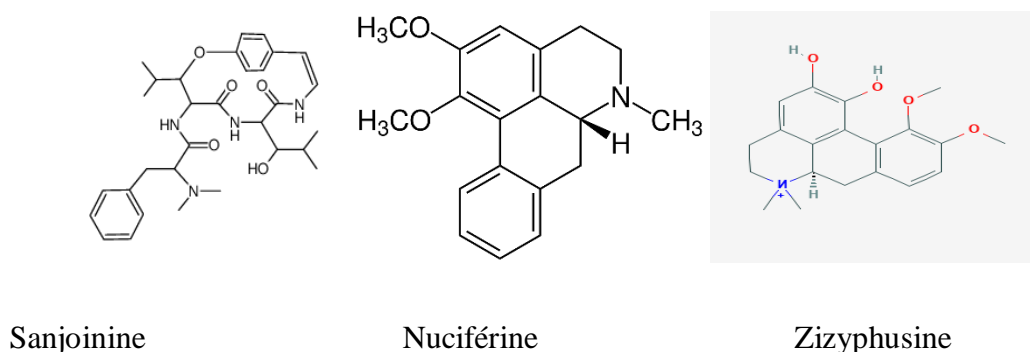


Figure 4 : Quelques structures des molécules actives des graines de jujubier (Bastianetto, 2007).

Les graines de jujube torréfiées légèrement possèdent un bon pouvoir hypnotique. Ces composés ont été surtout étudiés en Chine et en Corée pour leur pouvoir hypnotique, anticonvulsivant, antiépileptique, anxiolytique et sédatif pour justifier les utilisations traditionnelles du fruit du jujubier dans ces pays. Ainsi, le jujuboside A réduirait l'hyperactivité des neurones. Parmi les substances actives, la sanjoinine A semble la plus intéressante pour son pouvoir sédatif et calmant. Cependant, les effets sédatifs de la plante seraient attribuables à sa teneur en triterpènes, un des composants du noyau de son fruit (Bastianetto, 2007).

I.7.2.3. Utilisations des feuilles

Les feuilles de *Z. jujuba* peuvent être utilisées dans la préparation du thé sous forme d'infusion (Zhao et al., 2008). Elles contiennent plusieurs alcaloïdes comme la cochlaurine, l'isoboldine, la norisoboldine, l'asimilobine, l'iusiphine et l'iusirine. Ces substances ont été le point d'intérêt de plusieurs études (Erenmemisoglu et al., 1995) qui ont montré l'utilisation de ses feuilles comme agent hypoglycémiant pour les diabétiques dans certaines régions de la Turquie. D'autres études ont prouvé les effets hypnotiques et

sédatifs des feuilles, connues comme régulatrices de l'activité du système nerveux central en réduisant l'anxiété et en favorisant le sommeil et en réduisant l'obésité (Azam-Ali, 2006).

Les feuilles fournissent par distillation une huile essentielle ayant des propriétés antibactériennes. Il y a aussi une substance dans les feuilles telle que la zizyphine qui supprime partiellement ou totalement le goût sucré chez l'Homme. Elle est assez puissante pour contrarier l'effet du rebaudioside de *Stevia rebaudiana*, et supprime la sensation sucrée de la majorité des édulcorants naturels (sucre, glucose, ...). En outre, elles sont communément utilisées en emplâtres sur les plaies infectées ou non infectées dans les régions déshéritées ou quand il n'y a pas d'antiseptiques ou de pansements grâce à son contenu en flavonoïdes et tanins (Ansari et al., 2006; Preeti et Tripathi, 2014).

I.7.2.4. Utilisations des fleurs

Outre le fait qu'elles présentent un nectar de bonne qualité (Zhao et al., 2008), les fleurs de *Z. jujuba* peuvent traiter quelques maladies (Azam-Ali, 2006). La fleur du jujubier est de petite taille, mais attire les butineurs, le miel tiré est réputé pour son goût et ses propriétés aphrodisiaques. Le miel de jujubier est très recherché pour ses qualités thérapeutiques, notamment pour soigner le diabète, les maladies du foie et de l'estomac. Il est de loin considéré comme le miel le plus cher au monde, il est également appelé "Or du Yémen". Pour plusieurs espèces de *Zizyphus*, notamment *Z. mauritiana*, les fleurs émettent une substance volatile odoriférante, le scatol (ou scatole) qui possède la particularité d'avoir un parfum agréable à faible concentration et d'avoir une odeur à forte concentration (Zhao et al., 2008).

I.7.2.5. Utilisations des racines

Z. jujuba est connu par ses racines trop développées lui conférant ainsi une résistance à la sécheresse. En effet, outre leurs effets tonifiants, ses racines apaisent les maux de l'estomac et du foie. Elles sont utilisées comme décoction puis bues comme un thé. Elles sont aussi utilisées en médecine traditionnelle sous forme de poudres pour cicatriser les blessures (Laamouri, 2009).

Les racines du jujubier contiennent plusieurs agents antipaludéens contre le *Plasmodium falciparum*, et également des antibactériens et antiparasitaires vis-à-vis des

vers intestinaux et de microorganismes provoquant la tuberculose, la syphilis, les diarrhées, les douleurs abdominales, l'indigestion, la fièvre, l'empoisonnement. Elles sont généralement prises sous forme d'infusion, soignent aussi les inflammations de l'intestin et les hépatites (Bastianetto, 2007).

I.7.2.6. Utilisation du bois

Le jujubier produit un bois de bonne qualité très recherché pour l'ébénisterie. Il est commercialisé sous le nom d'acajou d'Afrique. Il est utilisé localement comme combustible et produit 4900 kcal Kg⁻¹ et un charbon de bonne qualité (Bouet, 1998 et Laamour, 2009). Abdel-Galil et El Jissary (1991) ont signalé que les cendres du bois de jujubier soignent les piqûres de serpents. En médecine populaire, un mélange de cendres de bois du jujubier et du vinaigre est appliqué sur les plaies causées par des morsures de vipères (Bastianetto, 2007).

Le bois brun ou rouge foncé de *Ziziphus spina christi* est résistant aux termites car il est dur et lourd: s'en sert pour fabriquer des piquets, des pieds de lit, des manches d'outils, des ustensiles de cuisine, ou encore pour les arbres de lance, des poteaux, des poutres de toiture. Il est très recherché, car il est d'excellente qualité pour la menuiserie et la charpenterie ; il est utilisé en ébénisterie de luxe sous le nom d'acajou d'Afrique. Le bois fournit aussi un bon combustible et du charbon de première qualité (El aloui-kefi, 2013).

I.7.2.7. Utilisations des rameaux secs et épineux

Les rameaux secs et épineux du jujubier sont utilisés pour former des clôtures défensives (Adzu *et al.*, 2002). Les feuilles sont employées largement comme une réserve fourragère d'appoint pour les chameaux et les chèvres (Tripathi *et al.*, 2004). C'est la seule espèce ligneuse spontanée qu'on rencontre aux limites Nord du Désert. En Afrique, le bois du jujubier est utilisé pour la sculpture et la menuiserie (Tripathi *et al.*, 2004).

I.7.3. Utilisations en cosmétiques

Le noyau de jujube broyé fournit une huile de qualité utilisée en cosmétique. C'est une huile prodigieuse car elle convient à tous les types de peaux. En effet, elle régénère les

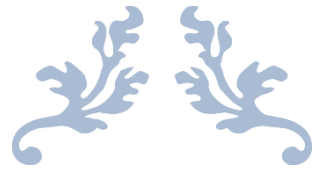
peaux sèches tandis qu'elle régule les peaux grasses. Cette huile est aussi efficace en prévention des rides et rend la peau du visage plus lumineuse et éclatante. L'huile de jujube est aussi prescrite pour traiter différentes maladies de la peau, telles que le psoriasis, l'eczéma, les furoncles, l'acné et les boutons (Laamouri, 2009).

Le jujubier est utilisé pour les soins des cheveux car il est riche en saponosides et en mucilages, c'est un ingrédient de choix dans les champoings végétaux en pâte car il lave les cheveux et le cuir chevelu grâce à ses actifs permettant d'éliminer les gras et saletés. Le jujubier est très riche en mucilages astringente, cette poudre est également utilisée dans les soins des cuirs chevelus inconfortables et pour lutter contre les pellicules. Ces mucilages lui confèrent des vertus adoucissantes et apaisantes qui peuvent être utilisés comme masque sur peaux agressées : eczéma, boutons et acné.



Partie Expérimentale





Matériel et Méthodes



II.1. Echantillonnage

Le fruit de jujube *Ziziphus jujuba* étudié provient de la région de Bousselam, wilaya de Setif. Les fruits ont été récoltés au stade final de leur maturité pour éviter les réactions de dégradation et de développement des moisissures. L'échantillon de jujube à étudier a été dénoyauté, coupé en petits morceaux puis congelé, lyophilisé et enfin broyé à l'aide d'un broyeur sous forme de poudre et conservé dans des boîtes à l'abri de l'humidité afin de l'analyser ultérieurement.

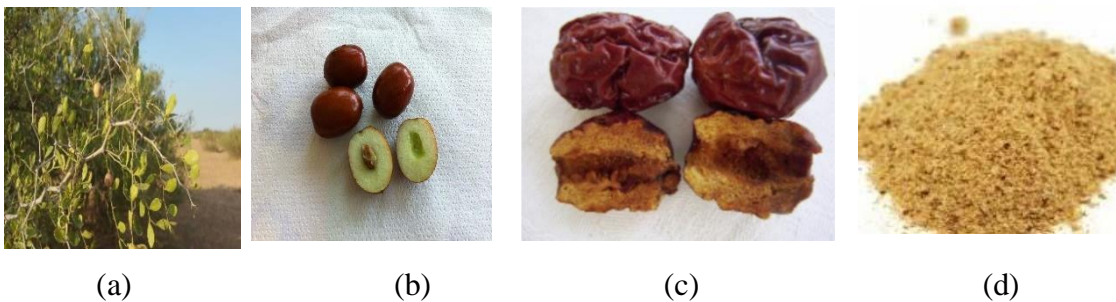


Figure 5 : (a) plante, (b) Fruit, (c) Fruit séché, (d) poudre de *Z. jujuba*

II.2. Paramètres physico-chimiques

II.2.1. Teneur en eau

Afin de déterminer la teneur en eau de l'échantillon, 2 g de poudre de jujube subissent une dessiccation dans une étuve portée à $103^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ pendant 4 heures (Doymaz, 2004). La teneur en eau est calculée selon la formule suivante :

$$\mathbf{H(\%) = [(M_1 - M_2) / P] * 100}$$

D'où :

H (%) : Humidité en pourcentage;

M₁ : Masse de la capsule + masse de la matière fraîche (g);

M₂ : Masse de la capsule + masse de la matière sèche (g);

P : Masse de la prise d'essai (g).

II.2.2. pH

Le pH est déterminé à l'aide d'un pH mètre selon la méthode (AFNOR, 1982). Une prise d'essai de 0,5 g est ajustée avec l'eau distillée à un volume de 25 mL, l'ensemble a subi une agitation pendant 30 min suivi d'une filtration. Le filtrat récupéré permet de mesurer les valeurs du pH à l'aide d'un pH mètre.

II.2.3. Acidité titrable

L'acidité titrable est déterminée par la méthode (AFNOR, 1974). Elle consiste à peser environ 2 g d'échantillon et les placer dans une fiole conique avec 25 mL d'eau distillée chaude, récemment bouillie, refroidie, puis bien mélanger jusqu'à l'obtention d'un liquide homogène. Après avoir chauffé le contenu au bain marie pendant 30 min, refroidir, transvaser le contenu dans une fiole conique jaugée de 250 mL et ajuster le volume avec l'eau distillée récemment bouillie, puis filtrer.

Afin de déterminer l'acidité, prélever 25 mL du filtrat et les verser dans un bécher, ajouter deux à trois gouttes de la phénolphaléine tout en agitant et verser à l'aide d'une burette la solution d'hydroxyde de sodium à N/9 jusqu'à l'obtention d'une couleur rose persistante et noter le volume de la soude versée. L'acidité est déterminée par la formule suivante :

$$\text{Acidité titrable (\%)} = (250.V1.100) / (V0.M.10)$$

Soit :

M : Masse du produit prélevé (g);

V0 : Volume de la prise d'essai (mL);

V1 : Volume de la solution d'hydroxyde de sodium utilisé (0,1N) (mL).

II.2.4. Teneur en sucres

La teneur en sucres des différents échantillons a été déterminée selon la méthode (AFNOR, 1982). 1 g de l'échantillon sont introduits dans un bêcher de 100 mL, 2,5 mL d'acétate de zinc (30%) sont additionnés, le volume est ajusté à 2/3 du volume du bêcher avec de l'eau distillée. Le mélange est agité à plusieurs reprises et laissé reposer pendant 15 min, puis ajusté avec de l'eau distillée jusqu'à 100 mL suivi d'une homogénéisation. La solution est filtrée et le filtrat obtenu est récupéré.

II.2.4.1. Dosage des sucres réducteurs

Pour le dosage des sucres réducteurs, prélever 5 mL de la solution de Fehling I et de solution de Fehling II puis ajuster le volume jusqu'à 100 mL avec de l'eau. Après un chauffage jusqu'à ébullition, titrer la solution de Fehling avec le filtrat obtenu précédemment jusqu'à ce que la couleur bleu disparaisse, puis ajouter quelques gouttes de bleu de méthylène et continuer le titrage jusqu'à apparition d'une couleur rouge brique. Noter le volume de filtrat dépensé pour le titrage et calculé le taux de sucres réducteurs selon la formule suivante :

$$\text{Sucres réducteurs} = [240 / V (V1 - 0,05)]. 10 / 100$$

Soit :

V : Volume de la solution mère (mL);

V1 : Volume du filtrat dépensé (mL).

II.2.4.2. Dosage des sucres totaux

Pour effectuer le dosage des sucres totaux, ajouter à 50 mL du filtrat 5 mL d'HCl pure porter au bain marie à 70°C pendant 5 min. En présence de la phénolphthaléine à 1%, neutraliser avec de la soude à 10 N et on procède de la même manière que le dosage des sucres réducteurs. Les sucres totaux sont déterminés par la formule suivante :

$$\text{Sucres totaux} = [500 / V (V2 - 0,05)]. 10 / 100$$

Soit :

V : Volume de la solution mère (mL);

V2 : Volume du filtrat dépensé (mL).

II.3. Screening phytochimique du fruit de jujube

Des tests en tube sont réalisés sur le fruit de jujube afin de déterminer de manière préliminaire la nature des différents métabolites secondaires qu'elles contiennent. Il s'agit d'une analyse qualitative basée sur des réactions de coloration et/ou de précipitation. L'analyse est effectuée sur une solution à 20% selon la méthode de Paris et Nothis (1978) In Bourahla et Ougabe (2017).

II.3.1. Identification des tanins totaux

A 5 mL d'infusé, on ajoute quelques gouttes d'une solution de FeCl₃ à 5%. La réaction positive donne une coloration bleue noire.

II.3.2. Identification de l'amidon

A 2g de poudre végétale, ajouter quelques gouttes de la solution d'iode (I₂). On observe l'apparition d'une coloration bleue violette lorsque la réaction est positive.

II.3.3. Identification des glucosides

A 2 g de poudre végétale, ajouter quelques gouttes de l'acide sulfurique. La formation d'une coloration rouge brique ensuite violette indique leur présence.

II.3.4. Identification des mucilages

Introduire 1 mL de l'extrait dans un bécher puis ajouter 5ml d'alcool absolu et laisser agir pendant 10min. La réaction positive se traduit par l'apparition d'un précipité floconneux.

II.3.5. Identification des irridoïdes

Pour la recherche des irridoïdes, on ajoute quelques gouttes d'acide chlorhydrique à 2 mL d'infusé, et on chauffe le mélange sur une plaque chauffante. Une coloration bleue est obtenue en leur présence.

II.3.6. Détection des saponosides

Diluer 100 mg de la poudre végétale dans 40 mL d'eau distillée. Agiter la suspension pendant 15 min. Une couche, de 2 cm, de mousse indique la présence de saponosides.

II.3.7. Terpénoïdes

Un volume de 5 mL d'extrait est ajouté à 2ml de chloroforme et 3 mL d'acide sulfurique concentré. La formation de deux phases et une couleur marron à l'interphase indique la présence des terpénoïdes.

II.3.8. Composés réducteurs

Introduire 1 mL d'extrait dans un tube à essai, ajouter 2ml de liqueur de Fehling (1mL réactif A et 1 mL réactif B), incuber l'ensemble pendant 8 min dans un bain marie bouillants. L'apparition d'un précipité rouge brique indique la présence des composés réducteurs.

II.4. Détermination des propriétés fonctionnelles

II.4.1. Capacité d'absorption d'eau (CAE)

La CAE est estimée d'après Diomande et al. (2017). Une quantité de 0.5 g de fruit de jujube est pesée et introduit dans un tube à centrifuger. Les tubes contenant La poudre de jujube ont été pesés et les masses sont notées (me). Ensuite, une quantité de 10 mL d'eau a été ajoutée dans chaque tube et le tout a été agité pendant 30 minutes. Enfin, la centrifugation a été faite pendant 25 minutes à 5000 trs/min. Le surnageant de chaque tube est versé et les nouvelles masses notées (me'). La CAE pour chaque échantillon est déterminée selon la formule suivante :

$$CAE = (me' - me) \times 100/P$$

Où :

me : Masse du tube contenant de jujube avant centrifugation ;

me' : Nouvelle masse du tube contenant de jujube après centrifugation ;

P : Poids de la prise d'essai.

II.4.2. Capacité d'absorption en huile (CAH), en lait entier (CALE) et en lait totalement écrémé (CALTE)

Le même protocole que celui de la mesure de la CAE a été suivi, sauf que l'eau a été remplacée par l'huile, le lait entier et le lait totalement écrémé pour la mesure des capacités CAH, CALE et CALTE, respectivement. Les capacités d'absorptions sont alors déterminées selon la formule :

$$\text{CAH} = \text{CALE} = \text{CALTE} = (\text{me}'' - \text{me}) \times 100/\text{P}$$

Où :

me : Masse du tube contenant de jujube avant centrifugation ;

me'' : Nouvelle masse du tube contenant de jujube après centrifugation et étuvage ;

P : Poids de la prise d'essai.

II.4.3. Détermination du rapport hydrophile-lipophile (RHL)

Le rapport hydrophile-lipophile (RHL) tel que défini par Marie et al (2015), a été calculé en faisant le rapport de la capacité d'absorption d'eau sur la capacité d'absorption d'huile. C'est un rapport qui permet d'évaluer l'affinité comparée de jujube pour l'eau et pour l'huile.

$$\text{RHL} = \text{CAE}/\text{CAH}$$

Où :

RHL : Rapport hydrophile-lipophile ;

CAE : Capacité d'absorption d'eau ;

CAH : Capacité d'absorption d'huile.

II.4.4. Activité émulsifiante (AE) et stabilité des émulsions (SE)

L'AE et la SE ont été déterminées selon la méthode décrite par Diamonde et al. (2017). Une quantité de jujube, est pesée et introduite dans un tube à centrifuger. Les tubes contenant le jujube sont pesés et les masses sont notées. Ensuite, ont été ajoutés successivement dans chaque tube, 3 mL d'huile et 3 mL d'eau. Pendant 30 minutes, les

différents tubes ont été agités. Enfin, la centrifugation a été faite pendant 25 minutes à 5000 trs/min. Les tubes ont été retirés et les hauteurs (hauteur totale et hauteur d'eau) ont été mesurées et notées. L'activité émulsifiante est calculée selon la formule suivante :

$$AE = (He/Ht) \times 100$$

Où :

He : Hauteur eau ;

Ht : Hauteur total.

Pour la détermination de la stabilité des émulsions, les tubes ont été conduits au bainmarie bouillant. Au terme de cette période, les tubes sont retirés et les nouvelles hauteurs de l'eau ont été notées (He'). La stabilité est calculée selon la formule suivante :

$$SE = (He'/He) \times 100$$

Où :

He : Hauteur eau ;

He' : Nouvelle hauteur de l'eau.

II.5. Préparation des extraits

Les extraits sont préparés avec macération de 1 g d'échantillons dans 100 mL de différents solvants purs (Méthanol, Ethanol, Acétone et l'Eau Distillée) conservés au froid jusqu'au moment de l'utilisation.

II.6. Dosage des antioxydants

II.6.1. Dosage des composés phénoliques

Le dosage des composés phénoliques a été effectué suivant la méthode décrite par Mojab et al. (2008) avec quelques modifications. Brièvement, 0,2 mL sont mélangés à 1 mL du réactif Folin-Ciocalteu (dilué au 1/10) et incubé à température ambiante. Après 10 min, 0,8 mL de solution de carbonate de sodium (Na_2CO_3) (75 g/L) sont ajoutés. La solution finale est bien mélangée et gardée à l'obscurité pendant 2 heures à température ambiante. L'absorbance est lue à 765 nm et la teneur en composés phénoliques est exprimée en milligramme Equivalent Acide Gallique par 100 g de Matière sèche (mg EAG/100 g MS) on se référant à la courbe d'étalonnage obtenue avec l'acide gallique (Annexe I).

II.6.2. Dosage des flavonoïdes

La teneur en flavonoïdes est déterminée selon la méthode de Djeridane et al. (2006). 1 ml d'extrait est additionné à 1 ml de chlorure d'aluminium (2%). Après 15 min, l'absorbance est mesurée à 420 nm. Les résultats sont exprimés en mg EQ/100g MS, par référence à une courbe d'étalonnage ($y=6,1823x$; $R^2=0,997$).

II.6.3. Dosage des flavonols

La teneur en flavonols est déterminée selon la méthode de Djeridane et al. (2006). A 500 μ L d'extrait sont ajoutés 500 μ L d'eau distillée, 500 μ L de chlorure d'aluminium (2%) et 500 μ L d'acétate de sodium (50g/L). Après 30 min d'incubation, l'absorbance est mesurée à 440 nm. Les concentrations en flavonols ont été exprimées en milligramme Equivalent Quercétine par 100g de matière sèche (mg EQ/100g MS) et déterminées en se référant à la courbe d'étalonnage de la Quercétine (Annexe I).

II.6.4. Dosage des tanins condensés (proanthocyanidine)

La teneur en proanthocyanidines des extraits est déterminée selon la méthode décrite par Vermerris & Nicholson (2008). Un volume de 2 mL de sulfate de fer est ajouté à 200 μ L d'extrait. Les tubes sont incubés à 95°C pendant 15 min. L'absorbance est mesurée à 530 nm. Les résultats obtenus sont exprimés en mg Equivalent Cyanidine par 100 g de matière sèche (mg EC/100 g MS), sont calculés selon la formule suivante :

$$C \text{ (mg EC/100 g)} = \text{Abs. MM. FD. } 1000 / \epsilon. L$$

D'où :

Abs : Absorbance à 530 nm;

MM : Masse molaire de la cyanidine (287,24 g/mol);

FD : Facteur de dilution;

L : Trajet optique;

E : Coefficient d'extinction molaire de la cyanidine ($\epsilon=34\ 700 \text{ L. mol}^{-1}\text{cm}^{-1}$).

II.7. Evaluation du pouvoir antioxydant

II.7.1. Inhibition du radical DPPH°

L'activité antiradicalaire des extraits est déterminée par une méthode basée sur la réduction du radical diphényl picryl-hydrazyl (DPPH°), par don d'atomes d'hydrogènes ou d'électrons (Molyneux, 2004). Le protocole utilisé dans cette méthode est celui de

Milardović *et al.* (2006). Il consiste à mélanger 2,9 mL de la solution DPPH° (6×10^{-5}) avec 100 μ L de chaque extrait; la mesure de la réaction de réduction de la solution du DPPH° a été faite à 517 nm après 30 min d'incubation. Les résultats sont exprimés par la moyenne de trois mesures. Le pourcentage de neutralisation du radical de DPPH° est calculé selon la formule ci-dessous et les pourcentages d'inhibition sont exprimés en milligramme Equivalent Trolox par 100 g de Matière Sèche (mg ET/100 g MS).

$$\text{Activité antiradicalire (\%)} = \frac{(\text{Abs}_{\text{Contrôle}} - \text{Abs}_{\text{Echantillon}})}{\text{Abs}_{\text{Contrôle}}} \cdot 100$$

Où :

Abs_{Contrôle}: Absorbance du contrôle à 517 nm;

Abs_{Echantillon}: Absorbance de l'échantillon à 517 nm.

II.7.2. Inhibition du radical ABTS°

Le pourcentage d'inhibition du radical ABTS a été évalué par la méthode de Reet al. (1998), qui consiste à additionner 2 mL de la solution d'ABTS ($\text{Abs}_{734 \text{ nm}} = 0,700 \pm 0,020$) à 20 μ L de l'extrait. La lecture de l'absorbance est mesurée, à partir de la première minute pendant 6 minutes, à 734 nm. Le pouvoir anti-radicalaire est exprimé en pourcentage d'inhibition.

$$\text{Activité antiradicalire (\%)} = \frac{(\text{Abs}_{\text{Contrôle}} - \text{Abs}_{\text{Echantillon}})}{\text{Abs}_{\text{Contrôle}}} \cdot 100$$

Où :

Abs_{Contrôle}: Absorbance du contrôle à 734 nm;

Abs_{Echantillon}: Absorbance de l'échantillon à 734 nm.

II.8. Etude statistique

Les données représentent la moyenne de trois essais. La comparaison des résultats est réalisée par l'analyse de la variance, ANOVA (STATISTICA 5.5) et le degré de signification des données est pris à la probabilité $p < 0,05$. Tous les résultats ont été exprimés en moyenne \pm écart type à l'aide de Microsoft Excel 2013.



Résultats et discussion



III.1. Paramètres physico-chimiques

Les résultats des analyses physico-chimiques de la poudre du fruit de jujubier (*Ziziphus jujuba* L.) sont présentés dans le tableau III.

Tableau III : Paramètres physico-chimiques de la poudre du fruit de jujubier (*Ziziphus jujuba* L.)

Paramètre	Fruit (<i>Ziziphus jujuba</i> L.)
Teneur en eau	4,62 ± 0,22
pH	4,88 ± 0,01
Acidité	0,15 ± 0,03
Sucres totaux	9,24 ± 0,26
Sucres réducteurs	7,18 ± 0,43

III.1.1. Teneur en eau

L'appréciation de la teneur en matière sèche repose sur la détermination du taux d'humidité contenu dans l'échantillon à analyser. La teneur en eau est définie comme étant la perte de poids subie lors de la dessiccation, l'eau représente une source de dégradation des polyphénols par le phénomène d'oxydation.

Le test d'humidité permet de connaître la teneur en eau de la poudre de jujubier (*Ziziphus jujuba*). Les résultats obtenus montrent que la poudre de jujubier étudiée a un taux d'humidité de 4,62 ± 0,22 % (Tableau IV). Ce résultat est inférieur de ceux rapportés par Li et al., (2007a) qui ont obtenu des taux d'humidité de fruit de 22,52% ± 1,43 et Kim et al., (2013) avec un taux de 36,56%. Par contre, l'analyse de la teneur en eau au niveau de la pulpe de *Z. lotus* a montré une proportion estimée à 8,90% Ghalem (2014).

La variation de la teneur en eau peut être attribuée au facteur interne de fruit, étape de maturation et au facteur externe, température et l'ensoleillement.

III.1.2. pH

La mesure du pH est l'un des paramètres les plus importants dans le contrôle de la qualité de toute denrée alimentaire. La mesure du pH de l'échantillon étudié révèle un pH acide avec une valeur de 4,88 ± 0,01 (Tableau IV). Ce résultat est très proche de celui rapporté par Galindo et al., (2015) qui ont obtenu une valeur de 4,39, et celui de Wang et al., (2012) qui ont rapporté une valeur de 4,63 ± 0,02. Cependant, ce résultat est inférieur à

celui rapporté par Gao et al., (2011) où la valeur du pH est 6,1. La différence de pH est due au climat et au type de sol (la richesse de sol en minéraux).

III.1.3. Acidité titrable

L'acidité est un paramètre de qualité qui est liée à la stabilité des composés bioactifs présents dans l'aliment.

La valeur de l'acidité titrable de la poudre de jujube étudié est de $0,15 \pm 0,03$ % (Tableau IV), elle est inférieurs à celle rapportée par Gao et al., (2011) qui ont obtenu une valeur de $0,37 \pm 0,04$ % et celles de Wang et al., (2013) qui ont obtenu $0,46 \pm 0,01$ %. Cette différence peut s'expliquer par la variation de la composition en acides organiques qui peut être affectées par divers facteurs comme la variété, les conditions de croissances, la maturité, la saison, l'origine géographique, la fertilisation, le type de sol, les conditions de stockages, le taux d'exposition au soleil et la période de récolte (Al-farsi et al., 2005; Ahmed et al., 1995; Youssef et al., 1992).

III.1.4. Sucres réducteurs

La teneur en sucres réducteurs de la poudre de jujube est de $7,18 \pm 0,43$ %. Ces résultats sont proches à celui apporté par Danthu et al. (2002), qui est de $8,20 \pm 0,03$ %. Le taux de sucres réducteurs de la poudre est inférieur à celui rapporté par Ancellin et al. (2004) avec un taux de $20,85 \pm 1,18$ %. Cette différence peut s'expliquer par l'effet de la température et/ou de la durée de séchage favorisant ainsi le phénomène de brunissement non enzymatique.

III.1.5. Sucres totaux

Le fruit de *Ziziphus jujuba* est très riche en sucre totaux (datte chinoise) avec une teneur de $9,24 \pm 0,26$ % de poudre (Tableau IV). Ce résultat est très proche de celui rapporté par Gao et al., (2011) qui a obtenu une teneur de $12,9 \pm 0,6$ % et inférieur de celui rapporté par Li et al., (2007) qui est de $81,62 \pm 3,12$ %. Ces variations de la teneur en sucres totaux pourraient être dues au stade de maturation du fruit et l'état de conservation de ce fruit (sèche ou frais), le fruit sec est très riche en sucre. Ce dernier constitue une source non négligeable de sucres qui fournissent des calories, Ceci a poussé à penser de transformer ces fruits en plusieurs produits alimentaires notamment les confitures.

III.2. Tests préliminaires

Les résultats de la caractérisation phytochimique de la poudre de jujubier a révélé la présence de tanins totaux, des mucilages, des saponosides et les composés réducteurs (Tableau IV).

Tableau IV : Caractérisation phytochimique des extraits du fruit de *Ziziphus jujuba* L.

Composés	Fruit de jujube (<i>Ziziphus jujuba</i> L.)
Tanins totaux	++
Amidon	++
Glucosides	-
Mucilages	-
Irridoïdes	-
Saponosides	++
Terpénoïdes	+++
Composés réducteurs	++

(-): Absence; (++): Présence; (+++): Abondance.

Ces tests indiquent la présence de quelques classes de métabolites secondaires dans la poudre du jujube à savoir: les tanins totaux; l'amidon; les saponosides; les terpénoïdes; les composés réducteurs et l'absence des glucosides, des mucilage et des iridoïdes.

III.3. Propriétés fonctionnelles

Ces tests sont réalisés dans le but de simuler une éventuelle réincorporation dans une matrice alimentaire, autrement dit produit fini ayant une teneur en eau ou en huile importante tel qu'un jus, un yaourt, une compote ou encore une margarine. Les résultats obtenus concernant les propriétés fonctionnelles de poudre du fruit de jujubier (*Ziziphus jujuba* L.) sont présentés dans ce tableau V.

III.3.1. Capacité d'absorption d'eau (CAE)

La CAE est la capacité d'une substance à se combiner avec de l'eau dans des conditions restreintes. La poudre de jujube présente une CAE ($172,00 \pm 22,00$ %) (Tableau VI). Ce résultat est supérieur à celui rapporté par Rani et Grewal (2014) qui a obtenue des CAE de lentilles variant entre 117 et 128%. Une CAE relativement élevée d'une farine alimentaire en fait un ingrédient fonctionnel approprié dans les produits où une bonne viscosité est requise, comme les produits laitiers (yaourts et fromages) et les produits alimentaires prêts à manger.

Tableau V : Propriétés fonctionnelles de poudre du fruit de jujubier (*Ziziphus jujuba* L).

Propriété fonctionnelle	Moyenne ± écarttype (%)
CAE	172,00 ± 22,00
CAH	114,00 ± 14,00
RHL	1,54 ± 0,39
CALE	204,00 ± 10,00
CALTE	178,67 ± 3,06
AE	93,33 ± 15,28
SE	9,67 ± 6,33

CAE: Capacité d’Absorption d’Eau; CAH: Capacité d’Absorption d’Huile; RHL: Rapport Hydrophile Lipophile; CALE: Capacité d’Absorption de Lait Entier; CALTE: Capacité d’Absorption du Lait Totalement Ecrémé; AE: Activité Emulsifiante et SE: Stabilité de l’Emulsion.

III.3.2. Capacité d’absorption en huile (CAH), en lait entier (CALE) et en lait totalement écrémé (CALTE)

La poudre de *Ziziphus jujuba* présente une CAH de 114,00 ± 14,00 % (Tableau V). Ce résultat est très proche de celui rapporté par Rani et Grewal, 2014 sur six cultivars de lentilles de l’Inde qui a obtenu CAH allant de (108 à 118 %), et inférieur de celui rapporté par Musarat et al. (2016) pour la CAH de la farine de blé qui était de 140 %. Selon Adebowale et al. (2002), la présence des chaînes latérales non polaires dans les farines, qui se lient aux chaînes latérales de carbone de l’huile, est l’une des raisons des différentes capacités de rétention d’huile. En outre, les changements dans les propriétés de rétention d’huile pouvaient être attribués à la modification de la structure physique d’un produit. En outre, les méthodes de transformation des aliments affectent la conformation et l’hydrophobicité des protéines (Sangnark et Noomhorm, 2004).

Les résultats obtenus ont montré que la poudre de *Zizyphus jujuba* possède CALE de 204,00 ± 10,00 % et CALTE de 178,67 ± 3,06 %. Les résultats obtenus montrent que la poudre de jujube peut être utilisée avantageusement dans la préparation de produits instantanés tels que les aliments pour bébés, les desserts et les produits à base de lait. Nous tenons à signaler qu’aucune étude n’a été réalisée sur la détermination des ses propriétés sur la poudre du fruit de jujubier.

III.3.3. Détermination du rapport hydrophile-lipophile (RHL)

C'est un rapport qui permet d'évaluer l'affinité comparée la poudre de jujube pour l'eau et pour l'huile. L'étude des rapports hydrophile-lipophile (RHL) a révélé qu'il existe une augmentation significative ($p < 0,05$) après la torréfaction. En effet, celle-ci était de $(1,54 \pm 0,39)$ (Tableau V). La valeur du RHL, obtenue avec la poudre est supérieures à 1. Ce résultat montre clairement que *Ziziphus jujuba* obtenue a plus d'affinité pour l'eau que pour l'huile. Donc poudre du fruit de jujubier pourrait être préférentiellement utilisée dans la conception de produits nécessitant une forte CAE. Des résultats supérieurs à 1 ont été observés par Marie et al. (2015) sur la farine grain de plusieurs cultivars de *Citrullus lanatus* du Côte- d'Ivoire.

III.3.4. Activité émulsifiante (AE) et stabilité des émulsions (SE)

L'AE de la poudre de jujube est de $(93,33 \pm 15,28 \%)$. Cette valeur elle est supérieure à ceux apportés par Menasra et al. (2018) pour la farine de gland $(41,28 \pm 0,02 \%)$ et Suresh Chandra et al. (2014) dans la farine de blé avec des taux qui oscillent entre 38,38 et 48,65%. Le pourcentage de la stabilité de l'émulsion (SE) notés pour la poudre est de $(9,67 \pm 6,33 \%)$. Ce résultat est inférieur à celui rapporté par Bora (2002) sur les protéines natives (globulines) des lentilles avec un pourcentage de 52,2%. Ces différences peuvent être dues aux différences variétales et aux techniques d'analyses suivies.

III.4. Antioxydants

III.4.1. Composés phénoliques

Les teneurs en composés phénoliques des différents extraits de poudre de *Zizyphus jujuba* présentent des différences significatives à $p < 0,05$. La Figure 6 montre que l'extrait éthanolique est plus riche en polyphénols avec un taux de $1246,05 \pm 64,36$ mg EAG/100g MS, suivie par les extraits méthanolique, aqueux et acétonique avec des teneurs de $1170,63 \pm 67,03$ mg EAG/100 g MS, $1094,24 \pm 38,07$ mg EAG/100 g MS et $486,06 \pm 11,40$ mg EAG/100 g MS, respectivement.

Les résultats obtenus dans la présente étude sont inférieurs à ceux enregistrés par Khaleel et al. (2016) sur *Ziziphus spina-christi* qui ont noté également que la teneur en polyphénols totaux la plus élevée est noté dans l'extrait méthanolique avec un taux $52,5 \pm 0,46$ mg EAG/g extrait, suivi de l'extrait éthanolique avec une teneur $34 \pm 0,23$ mg EAG/g extrait, tandis que l'extrait aqueux contient $11,8 \pm 0,51$ mg EAG/g d'extrait. En outre, L'étude entreprise par Koley et al., (2011) dans son étude sur quelques variétés de

Zizyphus a enregistré des taux inférieurs variant entre $172 \pm 31,8$ et $328,6 \pm 14,0$ mg EAG/100 MF. Ces différences sont probablement dues à des différences variétales, à l'origine géographique et à la méthode d'extraction et/ou à la sensibilité de la méthode de dosage. En plus, le contenu polyphénolique varie qualitativement et quantitativement selon plusieurs facteurs: facteurs climatiques et environnementaux (la zone géographique, sécheresse, sol, agression et maladie ...etc) (Ebrahimi et al., 2008), le patrimoine génétique, la période de la récolte et le stade de développement de la plante (Miliauskas, 2004).

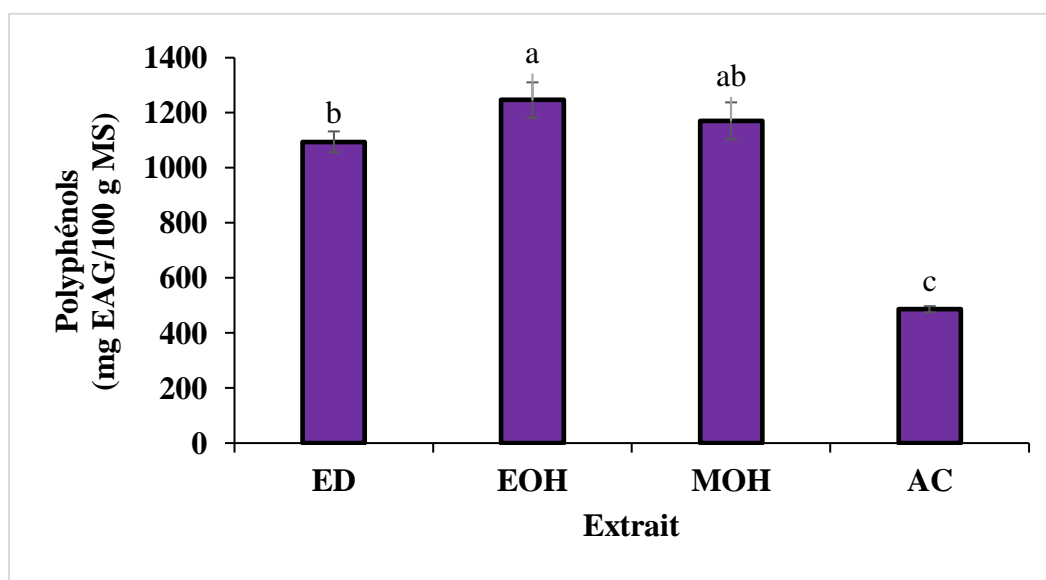


Figure 6: Teneurs en polyphénols des extraits du fruit de jujubier (*Zizyphus jujuba* L.).

Des lettres différentes indiquent une différence significative ($p < 0,05$). Les résultats sont classés par ordre décroissant; $a > b > c$. **ED:** Eau Distillée; **EOH:** Ethanol; **MOH:** Méthanol et **AC:** Acétone.

III.4.2. Flavonoïdes

Les concentrations en flavonoïdes des différents extraits de poudre de *Zizyphus jujuba* étudiée sont enregistrées dans la Figure 7. Selon l'étude statistique, le taux de flavonoïdes varie significativement à $p < 0,05$. L'extrait aqueux présente la teneur la plus élevée en flavonoïdes avec une valeur de $484 \pm 2,47$ mg EC/100 g MS, suivie de l'extrait méthanolique et éthanolique avec des teneurs de $256 \pm 0,89$ mg EC/100 g MS et $100 \pm 3,65$ mg EC/100 g MS, respectivement. Cependant, le taux le plus faible est noté dans l'extrait acétonique avec un taux de $80 \pm 1,19$ mg EC/100 g MS.

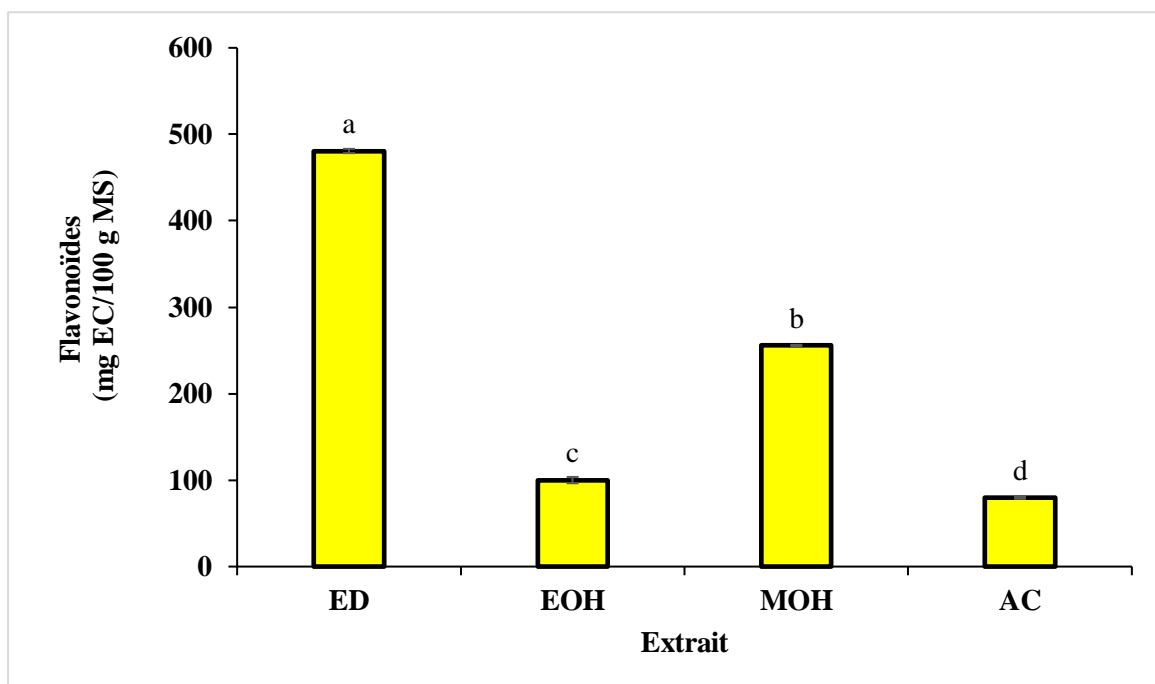


Figure 7: Teneurs en flavonoïdes des extraits du fruit de jujubier (*Ziziphus jujuba* L.).

Des lettres différentes indiquent une différence significative ($p < 0,05$). Les résultats sont classés par ordre décroissant; $a > b > c > d$. **ED:** Eau Distillée; **EOH:** Ethanol; **MOH:** Méthanol et **AC:** Acétone.

Une étude réalisée par Koley et al. (2011) sur quelques variétés de *Zizyphus* a montré que le jujube est une source de flavonoïdes. Le taux le plus faible est noté dans la variété Chuhara ($8,36 \pm 1,47$ mg EC/100 g). Cependant, la teneur la plus élevée est enregistrée dans la variété Gola avec une valeur de $21,97 \pm 2,09$ mg EC/100 g. Ces valeurs sont inférieures aux valeurs retrouvées dans notre étude et ces différences sont probablement dues à des différences variétales, à l'origine géographique, à la méthode d'extraction et à la sensibilité de la méthode de dosage.

III.4.3. Flavonols

Les résultats obtenus montrent des différences significatives ($p < 0,05$) dans la teneur en flavonols des extraits de poudre de *Ziziphus jujuba* (Figure 8). Les taux de flavonols enregistrés sont respectivement $22 \pm 0,10$ mg EQ/100 g MS et $20 \pm 0,00$ mg EQ/100g MS et $13 \pm 0,85$ mg EQ/100g MS dans les extraits aqueux, méthanoliques et

éthanolique. Cependant, le taux le plus faible en flavonols est noté dans l'extrait acétonique avec une teneur de l'ordre de $8 \pm 0,00$ mg EQ/100 g MS.

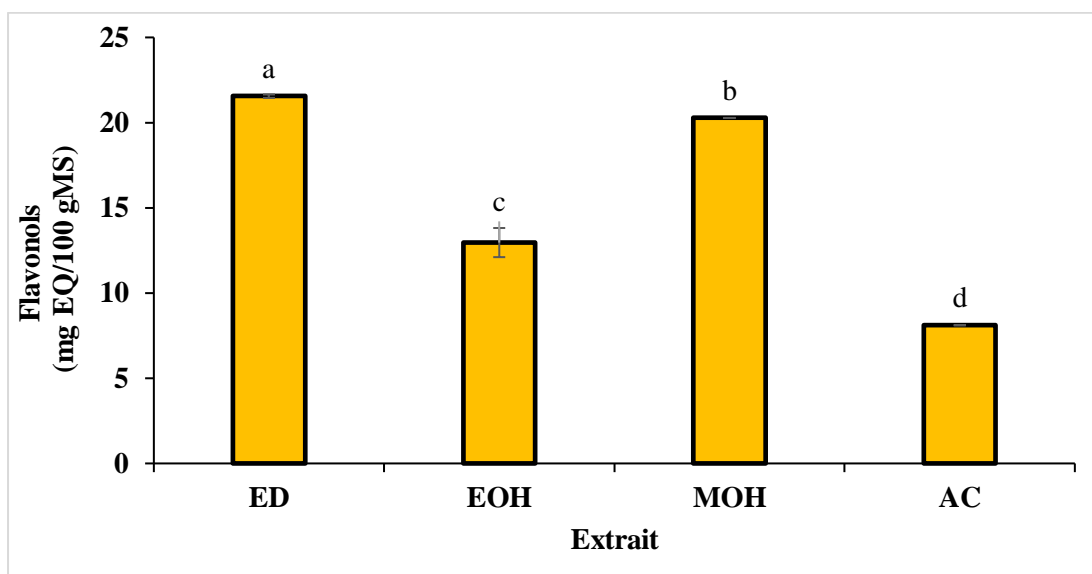


Figure 8: Teneurs en flavonols des extraits du fruit de jujubier (*Ziziphus jujuba* L.).

Des lettres différentes indiquent une différence significative ($p < 0,05$). Les résultats sont classés par ordre décroissant; $a > b > c > d$. **ED:** Eau Distillée; **EOH:** Ethanol; **MOH:** Méthanol et **AC:** Acétone.

III.4.4. Tanins condensés

Les teneurs en tanins des différents extraits de *Ziziphus jujuba* analysés sont indiquées dans la Figure 9. Les résultats obtenus montrent des différences significatives à $p < 0,05$ entre les différents extraits. L'extrait aqueux présente la teneur la plus élevée en tanins condensés qui est de l'ordre de $498 \pm 6,69$ μ g EC/100 g MS. Dans les extraits méthanolique et éthanoliques, les teneurs en tanins condensés sont respectivement $393 \pm 3,31$ μ g EC /100g MS et $258 \pm 0,83$ μ g EC /100g MS. Cependant, le taux le plus faible en proanthocyanidines est noté dans l'extrait acétonique avec une valeur de l'ordre de $229 \pm 6,32$ μ g EC /100 g MS.

Une étude menée par Rashwan et al. (2020) sur trois espèces de jujube (*Ziziphus jujuba* Mill., *Ziziphus mauritiana* Lam., *Zizyphus lotus* Lam) a montré qu'il y'a une différence significative dans les teneurs en tanins condensés (proanthocyanidines) dans les différentes espèces étudiées. En outre, les résultats obtenus indiquent que l'espèce végétale *Ziziphus jujuba* Mill. est plus riche en tanins condensés avec un taux oscillant entre 50 à 100 mg/100g Poids Frais comparativement aux *Ziziphus mauritiana* et *Zizyphus lotus* qui

présentent des faibles teneurs sont respectivement 26 mg/100g et 33 à 37 mg/100g. Selon El Mahi et al. (2016), la teneur en tanins condensés varie selon l'espèce végétale considérée et l'état de maturité du fruit.

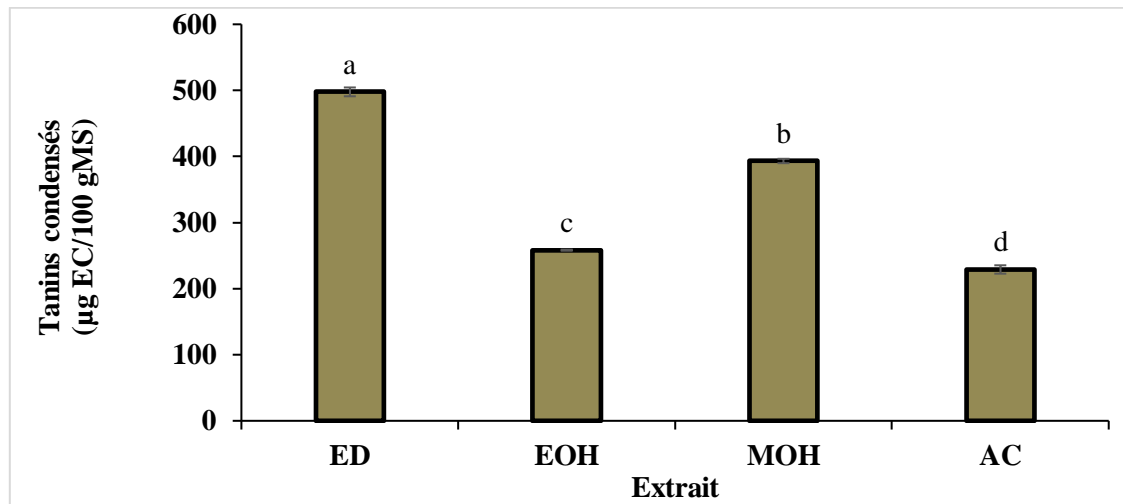


Figure 9: Teneurs en tanins condensés des extraits du fruit de jujubier (*Ziziphus jujub L.*).

Des lettres différentes indiquent une différence significative ($p < 0,05$). Les résultats sont classés par ordre décroissant; $a > b > c > d$. **ED:** Eau Distillée; **EOH:** Ethanol; **MOH:** Méthanol et **AC:** Acétone.

III.5. Evaluation du pouvoir antioxydant

III.5.1. Activité antiradicalaire (DPPH)

Le DPPH° est un radical organique relativement stable qui a été largement utilisé dans la détermination de l'activité antioxydante des différents extraits de plantes (Sharififar et al., 2009). Les antioxydants interagissent avec le DPPH en lui transférant un électron ou un atome d'hydrogène ce qui entraîne sa neutralisation, par conséquent la couleur change de pourpre vers le jaune (Kubola & Siriamornpun, 2008). Les résultats obtenus montrent des différences significatives à $p < 0,05$ entre les différents extraits de la poudre de jujube. Les résultats dans notre étude ont montré que l'extrait acétonique a donné la meilleure activité de piégeage du radical DPPH qui est de 90% comparativement à celles enregistrée aux autres extraits aqueux, méthanolique et éthanoliques sont respectivement 44% ; 42%; 31% (Figure 10). Ces résultats sont inférieurs aux résultats trouvés par Li et al. (2005) qui ont noté que l'activité antiradicalaire de *Zizyphus jujuba cv. jinsixiaozao* > *Zizyphus jujuba cv. yazao* > *Zizyphus jujuba cv. jianzao* > *Zizyphus jujuba cv. junzao* > *Zizyphus jujuba cv. sanbianhong* avec des pourcentages d'inhibition respectifs de 98,6 %, 87,2 %, 86,5 %, 59,4 % et 33,6 %. Ces résultats mènent à conclure que les extraits de fruit de jujubier ont présenté une activité anti-oxydante importante. Par conséquent, il peut être applicable

comme ingrédient antioxydant naturel dans les aliments et les produits pharmaceutiques (Liu et al., 2020).

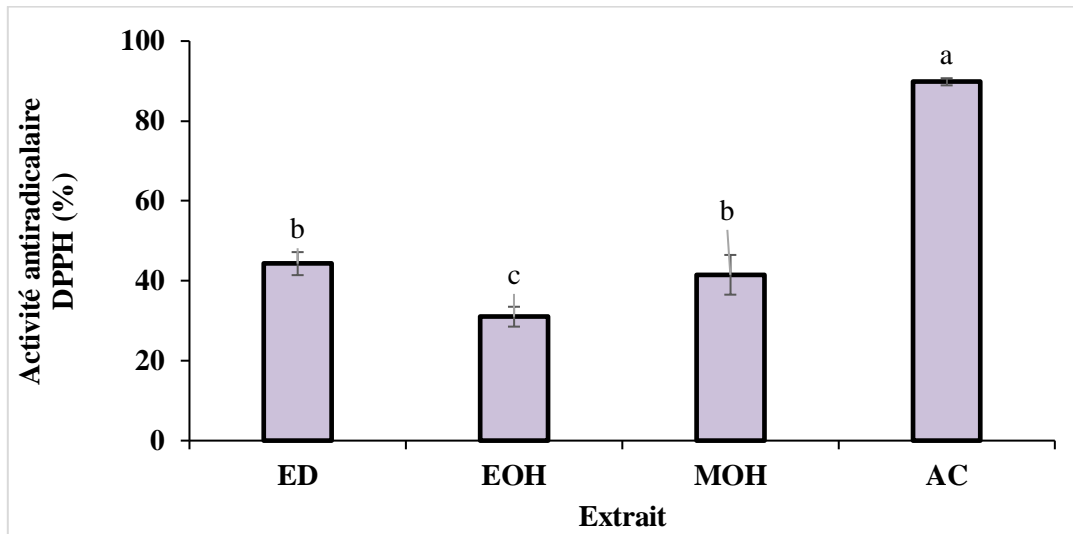


Figure 10: Activité antiradicalaire des extraits du fruit de jujubier (*Ziziphus jujuba* L.).

Des lettres différentes indiquent une différence significative ($p < 0,05$). Les résultats sont classés par ordre décroissant; $a > b > c$. **ED:** Eau Distillée; **EOH:** Ethanol; **MOH:** Méthanol et **AC:** Acétone.

III.5.2. Inhibition du radical ABTS°

Le pourcentage d'inhibition du radical cationique ABTS•+ par les extraits étudiés est présenté dans la Figure 11. Les résultats obtenus montrent des différences significatives à $p < 0,05$ entre les différents extraits de la poudre de jujube. Les taux les plus élevés sont enregistrés dans les extraits méthanoliques, aqueux et éthanolique avec des valeurs qui varient entre $81 \pm 0,40$ % et $78 \pm 0,96$ % et $44 \pm 3,23$ %. Cependant, le taux le plus faible est noté dans l'extrait acétonique avec une teneur de l'ordre de $19 \pm 0,76$ %.

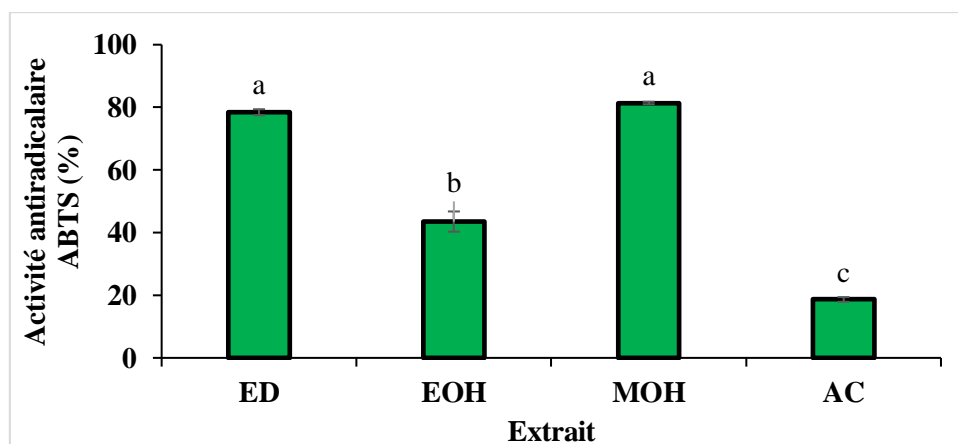
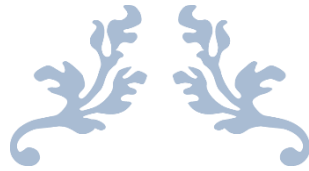


Figure 11: Activité antiradicalaire des extraits du fruit de jujubier (*Ziziphus jujuba* L.).

*Des lettres différentes indiquent une différence significative ($p < 0,05$). Les résultats sont classés par ordre décroissant; $a > b > c$. **ED**: Eau Distillée; **EOH**: Ethanol; **MOH**: Méthanol et **AC**: Acétone.*



Conclusion



Le présent travail a pour objectif principal la détermination de quelques paramètres physico-chimiques (pH, humidité, acidité, sucre totaux, sucre réducteurs), ainsi que la détection de la présence de certains métabolites secondaires qui peuvent être présentent dans les extraits de la poudre du jujubier (*Zizyphus jujuba*) par des tests phytochimiques et la détermination des propriétés fonctionnelles (CAE, CAH, RHL, CALE, CALTE, AE, SE). En outre, la détermination de l'effet du solvant d'extraction sur contenu en antioxydants (polyphénols totaux, flavonoïdes, flavonols, tanins condensés) et les propriétés antioxydantes *In vitro* utilisant deux méthodes: l'activités antiradicalaires (DPPH) et Inhibition du radical ABTS° a été évalué.

Les résultats obtenus ont montré que la poudre de *Zizyphus jujuba* possède un pH de $4,88 \pm 0,01$, un taux d'humidité de $4,62 \pm 0,22\%$, un taux d'acidité de $0,15 \pm 0,03 \%$, un taux de sucre totaux de $9,24 \pm 0,26$ et un taux de sucre réducteurs de $7,18 \pm 0,43$. Les résultats des tests phytochimiques ont révélé la présence de l'amidon, terpénoïdes, des composés réducteurs et des saponosides avec des proportions importantes dans l'extrait aqueux. En outre, les résultats des propriétés fonctionnelles ont montré que la poudre analysée présentent des capacités d'absorption d'eau (CAE), des capacités d'absorption d'huile (CAH), en lait entier (CALE) et en lait totalement écrémé (CALTE), des activités émulsifiantes (AE) et la stabilité des émulsions (SE) très importantes suscitant un intérêt de leurs incorporation dans certaines matrices alimentaires riches en eau et/ou huile tels que les yaourts, les vinaigrettes, les mayonnaises.....etc.

De plus, les résultats obtenus ont révélé des variations significatives ($p < 0,05$) des teneurs en polyphénols totaux, flavonoïdes, flavonols, tanins condensés entre les quatre extraits analysées. L'extrait éthanolique présente le taux le plus élevé en polyphénols ($1246,05 \pm 64,36$ mg EAG/100g MS), comparativement aux extraits méthanolique, acétonique et aqueux. Cependant, la teneur la plus élevée en flavonoïdes, en flavonols, en tanins condonsés a été enregistrée dans l'extrait aqueux avec un taux de ($481 \pm 2,47$ mg EC/100 g MS), ($22 \pm 0,10$ mg EQ/100g MS) et ($498 \pm 6,69$ µg EC /100g MS) respectivement.

Les résultats de l'activité antioxydante estimée des variations significatives ($p < 0,05$) que la plus grande activité antiradicalaire contre le radical ABTS est observée dans l'extrait méthanolique avec un taux de 81% suivie des extraits aqueux 78%, éthanolique 44% et acétonique 19%. Cependant, l'extrait acétonique a montré l'activité antiradicalaire contre le radical DPPH la plus élevée avec des taux de 90%

comparativement aux autres extraits qui ont donné des activités antioxydantes très proches. D'après ces résultats, nous concluons que la poudre de jujubier (*Zizyphus jujuba*) peut être considérée comme une source importante de composés bioactifs ayant des propriétés antioxydantes et elle peut être utilisée pour des effets thérapeutiques divers.

Afin de compléter ce travail, d'autres études plus poussées sont souhaitables pour plus d'efficacité, de nombreuses perspectives peuvent être envisagées:

- D'élargir l'échantillonnage sur le territoire national pour mieux appuyer nos résultats;
- D'étudier les poudres des autres variétés du jujube existantes en Algérie et déterminer leurs propriétés fonctionnelles;
- D'identifier les composés antioxydants de la poudre de jujubier (*Zizyphus jujuba*) par des techniques plus avancées comme l'HPLC et l'UPLC;



Références Bibliographiques



A

- Abdel-Zaher, A. O., Salim, S. Y., Assaf, M. H., & Abdel-Hady, R. H. (2005). Antidiabetic activity and toxicity of *Zizyphus spina-christi* leaves. *Journal of Ethnopharmacology*, 101(1-3), 129-138.
- Abdel-galil, F. M., & El-Jissry, M. A. (1991). Cyclopeptide alkaloids from *Zizyphus spina-christi*. *Phytochemistry*, 30(4), 1348-1349.
- Adzu, B., Amos, S., Dzarma, S., Wambebe, C., & Gamaniel, K. (2002). Effect of *Zizyphus spina-christi* Willd aqueous extract on the central nervous system in mice. *Journal of Ethnopharmacology*, 79(1), 13-16.
- AFNOR. (1982). Recueil de normes françaises des produits dérivés des fruits et légumes jus de fruits. Ed. AFNOR, p 325.
- AFNOR. 1974. Recueil des Normes Françaises des produits dérivés des fruits et légumes, jus de fruits. Ed: AFNOR. pp 1-322.
- Ansari, S., Bhatt, D., Masihuddin, M., & Khan, M. (2006). The wound healing and herbal drugs. *Herbal Drugs*. Ed. Jay Pee Publication, New Delhi, pp 460-468.
- Azam-Ali, S., Bonkougou, E., Bowe, C., de Kock, C., Godara, A., & Williams, J. T. (2006). Ber and other jujubes. In: Williams et al. (Eds.), International Centre for Underutilized Crops, Southampton, UK, pp 18-23.

B

- Bärtels, A. (1997). Guide des plantes de bassin méditerranées. Ed Engen Ulmen, 58 p.
- Belford, R. (1994). Chinese herbal medicine treatment of chronic hepatitis. *Australian Journal of Medical Herbalism*, 6(4), 94-98.
- Benahmed-Djilali, A., Nabiev, M., Gelicus, A., Benamara, S., & Allaf, K. (2016). Evaluation of Physical-Chemical, Pharmacodynamic and Pharmacological Attributes of Hot Air Dried and Swell Dried Jujube Powders. *Journal of Food Process Engineering*, 40 (2), e12364.
- Boudraa, S., Hambaba, L., Zidani, S., & Boudraa, H. (2010). Composition minérale et vitaminique des fruits de cinq espèces sous exploitées en Algérie: *Celtis australis* L., *Crataegus azarolus* L., *Crataegus monogyna* Jacq., *Elaeagnus angustifolia* L. et *Zizyphus lotus* L. *Fruits*, 65 (2), 75.
- Bouet, C., (1998). Une expérience de plantation des jujubiers de chine en Languedoc, Reveiw of Fruit, 5p.
- Burahla B, Ougabe S. 2017. Elaboration d'un fromage fondu à base de pissenlit *Taraxacum officinale*. Mémoire de master en contrôle de qualité et nutrition agro alimentaire. Université M'Hamed Bougara Boumerdès, 91p.

C

- Catoire C., Zwang H., & Bouet C. (1999). Les jujubiers ou le *Zizyphus*, fruits oubliés. In " Extraction des polyphénols : du laboratoire à la production industrielle" Mompon B., Lemaire B., Mengal P., et Surbled M. Ed. INRA, Paris, pp 145-149.
- Chouaibi, M., Mahfoudhi, N., Rezig, L., Donsi, F., Ferrari, G., & Hamdi, S. (2012). Nutritional composition of *Zizyphus lotus* L. seeds. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 92(6), 1171-1177
- Choi, S. H., Ahn, J. B., Kozukue, N., Levin, C. E., et Friedman, M. (2011). Distribution of free amino acids, flavonoids, total phenolics, and antioxidative activities of Jujube (*Zizyphus jujuba*) fruits and seeds harvested from plants grown in Korea. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 59: 6594–6604.
- Crouéour, G. L., Thépenier, P., Richard, B., Petermann, C., Ghédira, K., et Zèches-Hanrot, M. (2002). Lotusine G: un nouvel alcaloïde cyclopeptidique de *Zizyphus lotus*. *Fitoterapia*, 73 (1), 63-68.

D

- Danthu, P., Soloviev, P., & Toure, M. (2000). La domestication du *jujubier* (*Zizyphus mauritiana* Lam.) au Sénégal: quelques résultats concernant sa propagation végétative.
- Diomande M, Koko A C, Kouame K B , Beugre G A M & Bohoua L G. 2017. Evaluation des propriétés fonctionnelles et activité antioxydante d'amandes de mangue produites en Côte d'Ivoire. *International Journal of Advancements in Research & Technology*, 6(11): 6-29. Djikeng
- Djeridane, A., Yousfi, M., Nadjemi, B., Boutassouna, D., Stocker, P., & Vidal, N. (2006). Antioxidant activity of some Algerian medicinal plants extracts containing phenolic compounds. *Food chemistry*, 97(4), 654-660.
- Doymaz, I. (2004). Convective air drying characteristics of thin layer carrots. *Journal of food engineering*, 61(3), 359-364.
- Dupond, F., & Guignard, J. (2012). Botanique, les familles de plantes. Ed. Elsevier Masson, Paris, p 16.

E

- El Hachimi, F., El Antari, A., Boujnah, M., Bendrisse, A., & Alfaiz, C. (2015). Comparaison des huiles des graines et de la teneur en acides gras de différentes populations marocaines de jujubier, de grenadier et de figuier de barbarie. *Journal of Materials and Environmental Science*, 6 (5), 1488-1502.
- El Rhouat, N. (2002). Les *jujubiers* au Maroc: état actuel, germination des graines,

valeur pastoral du feuillage et relations hydriques cas de *Ziziphus vulgaris*, Mémoire de 3ème cycle, Ecole National Forestier d'Ingénieurs, p 178.

- Erenmemisoglu, A., Kelestimur, F., Koker, A. H., Ustun, H., Tekol, Y., & Ustdal, M. (1995). Hypoglycaemic effect of *Zizyphus jujuba* leaves. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 47(1), 72-74.
- Espiard, E. (2002). Introduction à la transformation industrielle des fruits. Ed. Tec & Doc, Lavoisier, pp 181–182.

F

- Feng, C., Wang, B., Zhao, A., Wei, L., Shao, Y., Wang, Y., & Zhang, F. (2019). Caractéristiques de qualité et activités antioxydantes du yogourt au lait de chèvre additionné de pulpe de jujube. *Chimie Alimentaire*, 277, 238 - 245.

G

- Galindo, A., Noguera-Artiaga, L., Zulma N. Cruz, Z. N., Burlo, F., Hernandez, F., Torrecillas, A., Carbonell-Barrachina, A. A. (2015). Sensory and physico-chemical quality attributes of jujube fruits as affected by crop load. *Food Science and Technology*, 1-7.
- Ganachari, M., & Kumar, S. (2004). Anti-ulcer properties of *Ziziphus jujuba* Lam leaves extract in rats. *Journal of Natural Remedies*, 4(2), 103-108.
- Gao, Q-H., Wu, P-T., Liu, J. R., Wu, C. S., John, W., Parry, J. W., Wang, M. (2011). Physico-chemical properties and antioxidant capacity of different jujube (*Ziziphus jujube* Mill.) cultivars grown in loess plateau of China. *Scientia Horticulturae*, 130: 67-72.
- Goncharova, N., Isamukhamedov, A. S., & Glushenkova, A. (1990). Lipids of *Zizyphus jujuba*. *Chemistry of Natural Compounds*, 26(1), 16-18.
- Gowd, V., Karim, N., Xie, L., Shishir, I. R. M., Xu, Y., & Chen, W. (2020). Étude in vitro de la bioaccessibilité de l'effet antioxydant et inhibiteur de l' α -glucosidase du pélagonidin-3- O -glucoside après interaction avec la bêta-lactoglobuline et le chitosane / pectine. *International Journal of Biological Macromolecules*, 154, 380-389.
- Guo, S., Tang, YP, Duan, JA, Su, SL & Ding, AW (2009). Deux nouveaux terpénoïdes de fruits de *Ziziphus jujuba*. *Chinese Chemical Letters*, 20 (2), 197-200.
- Gyre, A. (2018). <http://agir.avec.madagascar.over-blog.com/2018/09/10-meilleursavantages-de-jujube.html>.

H

- Hasan, N. M., Al Sorkhy, M. A., & Al Battah, F. F. (2014). Ziziphus jujube (ennab) of the middle east, food and medicine. Unique Journal of Ayurvedic Herbal Medecines, 2 (6), 714.

I

- Iserin, P. (2001). Larousse encyclopédie des plantes médicinales. Identification, prévention, et préparation et soins. Ed. Larousse-Bordas (2ème édition). ISBN: 2-3-5602521. 283 p.

J

- Ji, X., Peng, Q., Yuan, Y., Shen, J., Xie, X., & Wang, M. (2017). Isolation, structures and bioactivities of the polysaccharides from jujube fruit (*Ziziphus jujuba* Mill.): A review. Food Chemistry, 227, 349–357. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.01.074>.

K

- Kadan RS, Bryant RJ, Pepperman AB. 2013. Functional properties of extruded rice flours. Food sci, 68: 1669-1672.
- Kim, J-E., Kim, M-A., Kim, S-J., Park, D.C., et Lee, S.P. (2013). Enhancing the Organoleptic and Functional Properties of Jujube by a Quick Aging Process. Preventive Nutrition and Food Science, 18(1): 50-59.
- Koné, B., Kalinganire, A., & Doumbia, M. (2009). La culture du jujubier: un manuel pour l'horticulteur sahélien. World Agroforestry Centre (ICRAF), Nairobi, 39 p.
- Koley, T. K., Kaur, C., Nagal, S., Walia, S., Jaggi, S., & Sarika. (2011). Antioxidant activity and phenolic content in genotypes of Indian jujube (*Zizyphus mauritiana* Lamk). Arabian Journal of Chemistry, 10, 10-16.

L

- Laamouri, A., Ammari, Y., Albouchi, A., Sghaier, T., Mguis, K., & Akrimi, N. (2008). Comparative study of the root system growth and development of three Tunisian jujube species. Geo-Eco-Trop, 32, 37-46.
- Laamouri, A. (2009). Contribution à l'étude des jujubiers en Tunisie: Identification, caractérisation, adaptation au déficit hydrique et multiplication. Thèse de Doctorat, National Agronomic Institute, Tunisia, p 272.
- Li, J.-w., Ding, S.-d., & Ding, X.-l. (2005). Comparison of antioxidant capacities of extracts from five cultivars of Chinese *jujube*. *Process Biochemistry*, 40(11), 3607-3613.
- Li, J. W., Fan, L. P., Ding, S. D. et Ding, L. X. (2007a). Nutritional composition of

five cultivars of Chinese jujube. *Food chemistry*, 103: 454-560.

- Li T, Wang C, Li T, Ma L, Sun D, Hou J, Jiang Z. 2018. Surface Hydrophobicity and Functional Properties of Citric Acid Cross-Linked Whey Protein Isolate: The Impact of pH and Concentration of Citric Acid. *Molecules* 2018, 23,2383. DOI: 10.3390/molecules23092383.
- Liu, X. X., Liu, H. M., Yan, Y. Y., Fan, L. Y., Yang, J. N., Wang, X. D., Qin, G. Y. (2020). Caractérisation structurelle et activité antioxydante des polysaccharides extraits du jujube à l'aide d'eau sous-critique. *LWT- Food Science and Technology*, 117, e 108645.
- Lucien, J. M. (2012). Etude de la transformation du fruit du jujubier (*Ziziphus mauritiana* Lam.) en galettes: Impact de la cuisson sur la qualité nutritionnelle. Doctoral dissertation, Montpellier SupAgro.

M

- Marie NNA, Edmond DA, Koné FMT, Patrice KL. 2015. Functional Properties of Seed Flours from Different Cultivars of *Citrullus lanatus* (Cucurbitaceae) Cultivated in Côte d'Ivoire. *International Journal of Research Studies in Agricultural Sciences (IJRSAS)*, 1(5): 32-48.
- Mbaïogaou A., Hema A., Ouédraogo M., Pale E., Naitormbaide M., Mahamout Y., Nacro M. (2013) Etude comparative des teneurs en polyphénols et en antioxydants totaux d'extraits de graines de 44 variétés de voandzou (*Vigna subterranea* (L.) verdcourt). *International journal of biological and chemical sciences*, vol. 7, n° 2, P.861.
- Menasra A., Fahloul D. et Haddad D. 2018. Influence of fermentation and germination treatments on physicochemical and functional properties of acorn flour. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. 24 :719–726.
- Milardović, S., Iveković, D., & Grabarić, B. S. (2006). A novel amperometric method for antioxidant activity determination using DPPH free radical. *Bioelectrochemistry*, 68(2), 175-180.
- Miliauskas, G., Venskutonis, P.R., Van Beek, T.A. (2004). Screening of radical scavenging activity of some medicinal and aromatic plant extract. *Food Chemistry*, 85, 231-237.
- Miri, S. M. (2018). Cultivation, chemical compositions and health benefits of jujube (*Ziziphus jujuba* Mill). The first national congress and international for plants and strategies for persian medicine, 1-11.
- Mojab, F., Hamedi, A., Nickavar, B., & Javidnia, K. (2008). Hydrodistilled volatile constituents of the leaves of *Daucus carota* L. subsp. *sativus* (Hoffman) Arcang (*Apiaceae*) from Iran. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 11(3), 271-277.
- Mood, S. G. (2008). A contribution to some ethnobotanical aspects of Birjand flora

(Iran). *Pak J Bot*, 40(4), 1783-1791.

- Molyneux, P. (2004). The use of the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity. *Songklanakarin Journal of Science Ttechnology*, 26(2), 211-219.
- Musarat S, Waqas N B, Farooq Ahmad M, Bazaz R. 2016. Wheat-water chestnut flour blends effect of baking on antioxidant properties of cookies. *Journal of food science and technology*, 12 : 4278-4288.
- Mukhtar, H. M., Ansari, S. H., Ali, M., & Naved, T. (2004). New compounds from *Ziziphus vulgaris*. *Pharmaceutical Biology*. Taylor & Francis, Lisse, Netherlands, 42, 508511.
- Munier, P. (1973). *Le jujubier et sa culture*. *Fruits*, 28(5), 377-388.

O

- Oudhia, P. (2003). Medicinal herbs of Chhattisgarh, India having less known uses of XXXIV. *Brahmadandi*. http://www.botanical.com/site/column_poudhia/250_brahmadandi. Html.

P

- Pareek, S., L. Kitinoja, R. A. Kaushiket R. Paliwal. (2009). Postharvest physiology and storage of ber. *Stew. Posthar. Rev.* 5(5):1-10.
- Panchal, S., Panchal, K., Vyas, N., Modi, K., Patel, V., Bharadia, P. et Pundarikakshudu, K. (2010). Antiulcer Activity of Methanolic Extract of *Ziziphus mauritiana* stem bark. *International Journal of Pharmacognosy and Phytochemical Research*, 2(3): 6-11.
- Preeti, Tripathi S. (2014). Une revue phytopharmacologique sur «*Ziziphus jujuba*», *Int. J. Rés. Dév. Pharmacie. L. Sci.*, 3(3), 959- 966.
- Peng, W.-H., Hsieh, M.-T., Lee, Y.-S., Lin, Y.-C., & Liao, J. (2000). Anxiolytic effect of seed of *Ziziphus jujuba* in mouse models of anxiety. *Journal of Ethnopharmacology*, 72(3), 435-441.

Q

- Quezel, P., & Santa, S. (1963). Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales.

R

- Rashwan, A.K., Naymul, K., Shishir, M. R. I., Bao, T., Lu, Y., & Chen, W. (2020). Jujube fruit: A potential nutritious fruit for the development of functional food products. *Journal of Functional Foods*, 75, 104205.

- Rani V, Grewal RB. 2014. Physical and functional properties of six varieties of lentil (*Lens culinaris* Medik.). *Journal of dairying, foods & home sciences*, 33(2): 126-130. DOI: 10.5958/0976-0563.2014.00588.0.
- Rsaissi N. et Bouchache M. (2002). la lutte chimique contre le jujubier . Programme Nationale detransfert de technologie en agriculture 94 :1-4 .
- Rizvi S.I., Panders K.B. (2009) Polyphénols végétaux comme antioxydants alimentaires dans la santé humaine et la maladie. *Oxydative médecine and cellular longevity*, vol. 2, n° 5, p.270-278.

S

- San, B. et Yildirim, A. N. (2010). Phenolics, alpha-tocopherol, beta-carotene, and fatty acid composition of four promising jujube (*Ziziphus jujuba* Miller) selections. *Journal of Food Composition and Analysis*, 23: 706–710.
- Sangnark A, Noomhorm A. 2004. Chemical, physical and baking properties of dietary fibre prepared from rice straw. *Food Research International*, 37: 66-74.
- Sharififar F, Dehgh-Nudeh G, Mitrajaldini M. 2009. Major flavonoids with antioxidant activity from *Teucrium Polium* L. *Food Chemistry*, 112: 885-888. DOI: 10.1016/j.foodchem.2008.06.064.
- Shishir, I. R. M., Karim, N., Gowd, V., Xie, J., Zheng, X., & Chen, W. (2019). Nanoliposome conjugué à la pectine et au chitosane comme système de délivrance prometteur de la néohespéridine: caractérisation, comportement de libération, absorption cellulaire et propriété antioxydante. *Alimentaire Hydrocolloïdes*, 95, 432 - 444.
- Sigoillot, M., Laffitte, A., Neiers, F., & Briand, L. (2015). Sweet taste inhibitors: Therapeutic prospects. *Cahiers de nutrition et de diététique*, 50 (5), 252-261.
- Su, B.N., Cuendet, M., Farnsworth, N. R., Fong, H. H., Pezzuto, J. M., & Kinghorn, A. D. (2002). Activity-guided fractionation of the seeds of *Ziziphus jujuba* using a cyclooxygenase-2 inhibitory assay. *Planta Medica*, 68(12), 1125-1128.

T

- Tripathi, M., Pandey, M., Jha, R., Pandey, V., Tripathi, P., & Singh, J. (2001). Cyclopeptide alkaloids from *Zizyphus jujuba*. *Fitoterapia*, 72(5), 507-510.
- Tripathi, M., Santra, A., Chaturvedi, O., & Karim, S. (2004). Effect of sodium bicarbonate supplementation on ruminal fluid pH, feed intake, nutrient utilization and growth of lambs fed high concentrate diets. *Animal Feed Science and Technology*, 111(1-4), 27-39.

V

- Vermerris, W., & Nicholson, R. (2008). Families of phenolic compounds and means of classification Phenolic compound biochemistry. *Ed. Springer, New York*, pp 1-34
- Vidrih, R., Ulrih, NP., Zlatić, E., Hribar, J. et Prgomet, Z. (2008). The nutritional and physico-chemical properties of ripe (*Ziziphus jujuba*) fruits grown in Istria. *Acta. Hort (ISHS)*, 840: 525-528.
- Villanueva, R. J., & Villanueva, R. L. (2017). Pharmacologie expérimentale et clinique de *Ziziphus jujuba* Mills. *Phytotherapy Research*, 31 (3), 347-365.

W

- Walali, L., et Skiredj, A. (2003). Transfert de technologie en agriculture. Fiches techniques : N°108. L'avocatier, le chérimolier, le kaki, le jujubier. *Bulletin mensuel d'information et de liaison de PNTTA*, p.4.
- Wang, H., Chen, F., Yang, H., Chen, Y., Zhang, L., An, H. (2012). Effects of ripening stage and cultivar on physicochemical properties and pectin nanostructures of jujubes. *Carbohydrate Polymers*, 89: 1180-1188.
- Wang, C., Cheng, D., Cao, J. et Jiang, W. (2013). Antioxidant capacity and chemical constituents of Chinese jujube (*Ziziphus jujuba* Mill.) at different ripening stages. *Food Science and Biotechnology*, 22: 639 – 644.

X

- Xu, Y., Xie, L., Xie, J., Liu, Y., & Chen, W. (2019). Pelargonidin-3-O-rutinoside en tant que nouvel inhibiteur de l' α -glucosidase pour améliorer l'hyperglycémie postprandiale. *Chemical Communications*, 55 (1), pp. 39 - 42.

Z

- Zhang, H., Jiang, L., Ye, S., Ye, Y., & Ren, F. (2010). Systematic evaluation of antioxidant capacities of the ethanolic extract of different tissues of *jujube* (*Ziziphus jujuba* Mill.) from China. *Food and Chemical Toxicology*, 48(6), 1461-1465.
- Zhao, J., Li, S., Yang, F., Li, P., & Wang, Y. (2006). Simultaneous determination of saponins and fatty acids in *Ziziphus jujuba* (*Suanzaoren*) by high performance liquid chromatography-evaporative light scattering detection and pressurized liquid extraction. *Journal of Chromatography A*, 1108(2), 188-194.
- Zhao, Z., Liu, M., & Tu, P. (2008). Characterization of water soluble polysaccharides from organs of Chinese Jujube (*Ziziphus jujuba* Mill. cv. *Dongzao*). *European Food Research and Technology*, 226(5), 985-989.



Annexes



Annexe I: Courbes d'étalonnage.

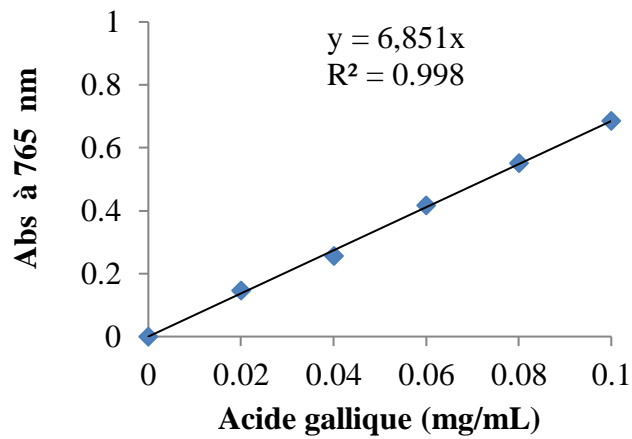


Figure 1: Courbe d'étalonnage pour le dosage des polyphénols.

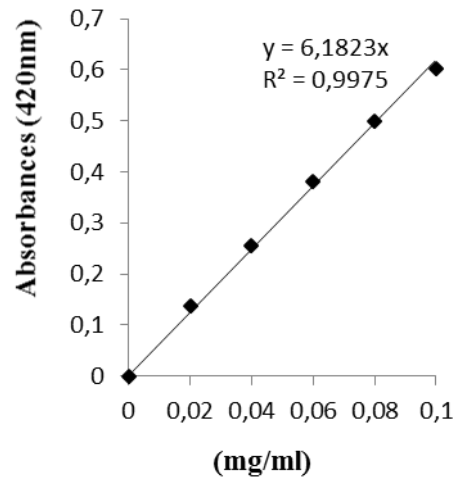


Figure 2: Courbe d'étalonnage pour le dosage des flavonoïdes.

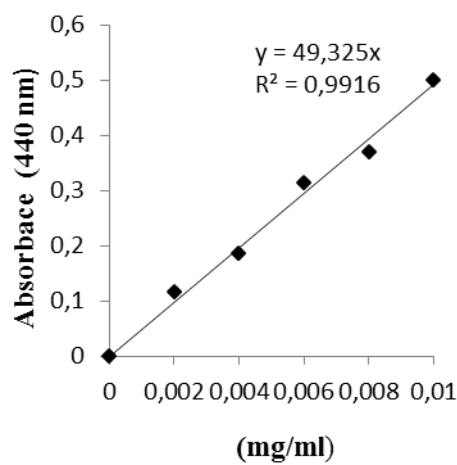


Figure 3: Courbe d'étalonnage pour le dosage des flavonols.

Résumé

La présente étude a pour objectif d'évaluer quelques propriétés physico-chimiques (pH, humidité, acidité et sucre totaux, sucre réducteurs) et les propriétés fonctionnelles du fruit de jujubier. En outre, l'effet du solvant d'extraction sur les teneurs en substances bioactives (polyphénols, flavonoïdes, flavonols et tanins condensés) et l'activité antioxydante par deux méthodes l'inhibition du radical DPPH et Inhibition du radical ABTS° de la poudre de jujubier (*Zizyphus jujuba*) a été évalué. L'extraction des polyphénols a été réalisée par différents solvants (méthanol, éthanol, acétone et eau distillée). Les résultats des analyses physico-chimiques obtenus montrent que la poudre de jujubier étudiée présente un pH de $4,88 \pm 0,01$, un taux d'humidité de $4,62 \pm 0,22$ %, un taux d'acidité de $0,15 \pm 0,03$ % et teneur en sucre totaux de $9,24 \pm 0,26$, sucre réducteurs de $7,18 \pm 0,43$. Les taux de polyphénols varient significativement ($p < 0,05$) entre les différents extraits et la teneur la plus élevée est notée dans l'extrait éthanolique avec un taux de $(1246,05 \pm 64,36$ mg EAG/100g MS). En outre, les teneurs en flavonoïdes, en flavonols, en tanins condensés a été enregistrée dans l'extrait aqueux avec un taux de $481 \pm 2,47$ mg EC/100 g MS, $22 \pm 0,10$ mg EQ/100g MS et $498 \pm 6,69$ µg EC /100g MS, respectivement. De plus, les différents extraits ont révélé une bonne activité antioxydante DPPH et ABTS. En conclusion, la poudre de *Zizyphus jujuba* a une bonne source de substance bioactives impliquées dans leur activité antioxydante, ce qui a un intérêt d'utilisation de cette plante dans le domaine pharmaceutique et/ou sont dans la médecine traditionnelle.

Mots clés: *Zizyphus jujuba*; Propriétés physico-chimiques; Solvant d'extraction, Antioxydants; Activité antioxydante; Propriétés fonctionnelles

Abstract

The present study aims to evaluate some physico-chemical properties (pH, humidity, acidity and total sugar, reducing sugar) and the functional properties of jujube fruit. In the other hand, the effect of solvent extraction on the contents of bioactive substances (polyphenols, flavonoids, flavonols and condensed tannins) and the antioxidant activity by two methods inhibition of the DPPH radical and Inhibition of the ABTS° radical of jujube powder (*Zizyphus jujuba*) was evaluated. The extraction of the polyphenols was carried out by different solvents (methanol 80, ethanol 80, acetone 80 and distilled water). The results of the physico-chemical analyzes obtained show that the jujube powder studied has a pH of 4.88 ± 0.01 , a humidity level of 4.62 ± 0.22 %, an acidity level of $0,15 \pm 0.03$ % and total sugar content of 9.24 ± 0.26 , reducing sugar of 7.18 ± 0.43 . The polyphenol levels vary significantly ($p < 0.05$) between the different extracts and the highest content is noted in the ethanolic extract with a rate of $(1246.05 \pm 64.36$ mg EAG/100g DM). In addition, the contents of flavonoids, flavonols, condensed tannins were recorded in the aqueous extract with a rate of 481 ± 2.47 mg EC / 100 g MS, 22 ± 0.10 mg EQ / 100g MS and 498 ± 6.69 µg EC /100g MS, respectively. In addition, the different extracts revealed good antioxidant activity DPPH and ABTS. In conclusion, the powder of *Zizyphus jujuba* is a good source of bioactive substances involved in their antioxidant activity, which subject an interest in the use of this plant in the pharmaceutical field and / or are in traditional medicine.

Keywords: *Zizyphus jujuba*; Physico-chemical properties; Solvent extraction; Antioxidants; Antioxidant activity; Functional properties