

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université A. MIRA – BEJAIA



Faculté de Technologie



Département de Génie des Procédés

Mémoire de Fin de Cycle

En Vue de l'Obtention du Diplôme de

Master

Option: Génie Pharmaceutique

Thème

*Evaluation des propriétés physico-chimiques et antioxydantes
des feuilles du jujubier (Ziziphus jujuba L.)*

Présenté par:

M^{elle} BOUAMIRENE Tanina

M^{elle} KEBOUCHI Katia

Devant le jury:

Présidente: M^{me} BEY Z. (MAA)

Examinatrice: M^{me} BELKHIRI W. (MCB)

Promotrice: M^{me} ARKOUB L. (MCB)

Année Universitaire: 2020/2021

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.

Nos vifs remerciements s'adressent tout d'abord à notre promotrice Mme Arkoub-Djermoune L. pour la confiance qu'elle nous 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.

Nos vifs remerciements s'adressent à Mme BEY Zakia, présidente de jury, qui nous a fait l'honneur de présider le jury de notre soutenance.

Nos vifs remerciements s'adressent à Mme BELKHIRI Wassila, membre de jury, qui nous a fait l'honneur d'examiner notre travail.

Nous adressons, aussi nos remerciements à tous les enseignants qui nous ont aidés de près et de loin dans notre travail.

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

Nos grands remerciements s'adressent à nos familles pour leurs soutiens tout au long de notre cursus et pendant la réalisation de ce travail, sans leurs apports financiers ce travail n'aurait pas vu le jour.

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

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 ma chère sœur Yasmine.

A mon chère frère Nabil.

A mes grands-parents.

A tous mes enseignants, particulièrement mon encadreur.

A ma binôme et copine Katia KEBOUCHI avec qui j'ai partagé tant de moments, ainsi que toute sa famille.

A mes amis(e): Sira, Salah et Walid que je remercie pour leurs soutiens.

Tanina

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail:

A mes chères parents qui ont été toujours à mes coté surtout dans les moments difficiles, je ne saurais les remercier assez pour leur soutien, leur patience et encouragements durant tout mon parcours scolaire.

A mes chers frères et sœurs ainsi que mes chers neveux et nièces.

A mes oncles et tantes ainsi que mes cousins et cousines.

A mes beau frères.

A mes amis (es).

A tout les membres de ma famille grands et petits.

A ma binôme BOUAMIRANE Tanina et à tout sa famille qui était ma sœur durant tout le cycle d'étude.

Katia

Liste des abréviations

ANOVA: Analysis Of Variance (Analyse de la variance)

DPPH: 2, 2-Diphényl-1-Picrylhydrazyl

EAA: Equivalent Acide Ascorbique

EAG: Equivalant Acide Gallique

EQ: Equivalent Quercétine

ET: Equivalent Trolox

HPLC: Chromatographie Liquide à Haute Performance

Liste des figures

Figure	Titre	Page
1	Arbuste du jujubier	3
2	Feuilles de <i>Ziziphus jujuba</i>	4
3	Fleurs de <i>Ziziphus jujuba</i>	5
4	Fruits de <i>Ziziphus jujuba</i>	5
5	Répartition géographique des espèces de la famille des Rhamnacées	6
6	<i>Ziziphus jujuba</i> So'	7
7	<i>Ziziphus jujuba</i> Lang	7
8	<i>Ziziphus jujuba</i> Li	8
9	<i>Ziziphus mauritiana</i> Lam	9
10	<i>Ziziphus lotus</i> Lam	9
11	<i>Ziziphus amphibia</i> A. Chev	10
12	<i>Ziziphus spina-christi</i> (L) Desf	11
13	<i>Ziziphus mucronata</i> Willd	11
14	<i>Ziziphus abyssinica</i> A.Rich	12
15	<i>Ziziphus sphaerocarpa</i> Tul	13
16	Squelette de base des composées phénoliques	14
17	Feuilles de <i>Ziziphus jujuba</i>	23
18	Teneurs en polyphénols des extraits de feuilles du jujubier (<i>Ziziphus jujuba</i> L.)	32
19	Teneurs en flavonoïdes des extraits de feuilles du jujubier (<i>Ziziphus jujuba</i> L.)	33
20	Teneurs en flavonols des extraits de feuilles du jujubier (<i>Ziziphus jujuba</i> L.)	34
21	Teneurs en tanins condensés des extraits de feuilles du jujubier (<i>Ziziphus jujuba</i> L.)	35
22	Teneurs en caroténoïdes et chlorophylle (a et b) des feuilles du jujubier (<i>Ziziphus jujuba</i> L.)	36
23	Pouvoir réducteur en fonction de la concentration des différents extraits de <i>Ziziphus jujuba</i> L.	37
24	Activité antiradicalaire en fonction de la concentration des différents extraits de <i>Ziziphus jujuba</i> L.	38

Liste des tableaux

Tableau	Titre	Page
I	Classification du jujubier	4
II	Teneur de la pulpe du jujubier frais en métabolites primaires	13
III	Distribution et contenu des principaux composés bioactifs dans les différentes parties du jujubier	14
IV	Principales activités biologiques des composés phénoliques du jujube	15
V	Caractéristiques physiques des feuilles du jujubier (<i>Ziziphus jujuba</i>)	30
VI	Caractéristiques physico-chimiques des feuilles du jujubier (<i>Zizyphus jujuba</i> L.)	30
VII	Caractérisation phytochimique des extraits des feuilles de <i>Ziziphus jujuba</i> L.	31
VIII	Pouvoir réducteurs et les CR _{0,5} des différents extraits des feuilles de jujubier (<i>Ziziphus jujuba</i>)	37
IX	Activité antiradicalaire (DPPH) et les IC ₅₀ des différents extraits des feuilles de jujubier (<i>Ziziphus jujuba</i> L.)	39

Table des matières

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction	1
<i>Synthèse bibliographique</i>	
<i>I. Généralités sur Zizyphus jujuba</i>	
I.1. Historique	3
I.2. Classification botanique	3
I.3. Description botanique	4
I.3.1. Feuilles.....	4
I.3.2. Fleurs.....	4
I.3.3. Fruits.....	5
I.4. Origine et répartition géographique.....	5
I.4.1. Origine.....	5
I.4.2. Répartition géographique	5
I.5. Variétés du jujubier à travers le monde.....	6
I.5.1. Variétés Chinoises	6
I.5.2. Variétés aux Etats-Unis	8
I.5.3. Autres variétés du jujubier	8
I.6. Composition biochimique de <i>Zizyphus jujuba</i>	13
I.6.1. Métabolites primaires	13
I.6.2. Métabolites secondaires	13
<i>II. Utilisations de Zizyphus jujuba</i>	
II.1. Utilisations thérapeutiques.....	15
II.1.1. Utilisations des feuilles.	15
II.1.2. Utilisations des fleurs.....	16
II.1.3. Utilisations des fruits	16
II.1.4. Utilisations des graines	17
II.1.5. Utilisations des racines.....	17
II.2. Utilisations en cosmétiques.....	18
II.3. Utilisations en alimentaires.....	18
II.4. Autres utilisations.....	19

II.4.1. Utilisations des bois.....	19
II.4.2. Utilisations des rameaux secs et épineux.....	19
II.5. Activité biologiques du <i>Zizyphus jujuba</i>	19
II.5.1. Activité anticancéreuse	19
II.5.2. Activité antimicrobienne.....	20
II.5.3. Effet anti-inflammatoire et antispasmodique.....	20
II.5.4. Activité cardiovasculaire.....	20
II.5.5. Effets immunostimulants.....	20
II.5.6. Effets antioxydants.....	21
II.5.7. Activité anti-allergique.....	21
II.5.8. Activité anti-diarrhéique.....	21
II.5.9. Activité antidiabétique.....	22

Etude expérimentale

Matériel et méthodes

III.1. Matériel biologique.....	23
III.2. Méthodes d'analyse	24
III.2.1. Caractéristiques morphologiques des feuilles de jujubier	24
III.2.2. Paramètres physico-chimiques.....	24
III.2.2.1. pH.....	24
III.2.2.2. Teneur en eau	24
III.2.2.3. Teneur en cendres.....	25
III.2.3. Tests préliminaires	25
III.2.3.1. Identification des tanins totaux	25
III.2.3.2. Identification des glucosides.....	26
III.2.3.3. Identification des mucilages.....	26
III.2.3.4. Identification des irridoides.....	26
III.2.3.5. Identification des saponosides.....	26
III.2.3.6. Composés réducteurs.....	26
III.2.4. Préparation des extraits.....	26
III.2.5. Dosage des antioxydants.....	26
III.2.5.1. Dosage des composés phénoliques	26

III.2.5.2. Dosage des flavonoïdes.....	27
III.2.5.3. Dosage des flavonols.....	27
III.2.5.4. Dosage des tanins condensés (proanthocyanidine).....	28
III.2.5.5. Dosage des caroténoïdes, chlorophylle a et b.....	28
III.2.6. Evaluation du pouvoir antioxydant.....	28
III.2.6.1. Pouvoir réducteur.....	28
III.2.6.2. Inhibition du radical DPPH.....	28
III.3. Etude statistique.....	29

Résultats et discussion

IV.1. Caractéristiques physiques.....	30
IV.2. Paramètres physico-chimiques.....	30
IV.2.1. pH.....	30
IV.2.2. Teneur en eau.....	31
III.2.3. Cendres.....	31
IV.3. Tests préliminaires.....	31
IV.4. Antioxydants.....	32
IV.4.1. Polyphénols.....	32
IV.4.2. Flavonoïdes.....	33
IV.4.3. Flavonols.....	33
IV.4.4. Tanins condensés.....	34
IV.4.5. Caroténoïdes et chlorophylle.....	35
IV.5. Evaluation du pouvoir antioxydant.....	36
IV.5.1. Pouvoir réducteur.....	36
IV.5.2. Activité antiradicalaire (DPPH).....	38
Conclusion.....	40

Références bibliographiques

Annexes

Résumé



Introduction



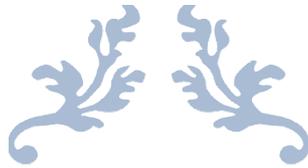
Les plantes médicinales sont importantes pour la santé humaine, en raison de leur teneurs en antioxydants et en particulier les polyphénols (Chen, Lin, & Hsieh, 2007; Lobo, Patil, Phatak, & Chandra, 2010). Les antioxydants agissent comme des piègeurs de radicaux, en inhibant la peroxydation lipidique et d'autres processus causées par les radicaux, par conséquent il protègent le corps humain contre plusieurs maladies (Brewer, 2011; Materska & Perucka, 2005). Les produits naturels, en particulier les plantes médicinales, ont suscité plus d'intérêt en tant que aliments ou ingrédients en raison de leur sécurité, leur accessibilité avec un impact positif sur la santé (Ebrahimabadi, Mazoochi, Kashi, Djafari-Bidgoli, & Batooli, 2010).

Depuis des décennies, les antioxydants naturels ont fait l'objet d'une attention croissante en raison de leur fonctionnalité et surtout leur contribution à l'amélioration de la santé humaine. Une tendance a été formée pour l'intérêt des antioxydants naturels dans diverses industries, tel que l'industries cosmétiques, pharmaceutiques et alimentaires (Kusumawati & Indrayanto, 2013; S. Tripathi, 2014).

L'espèce végétale *Ziziphus jujuba* est l'une des espèces la plus répandue sur le périmètre méditerranéen en particulier en Syrie, Liban, Palestine, Egypte, Tunisie, Algérie (Tlemcen, Annaba et Tipaza), Maroc, Espagne, France, Grèce et Turquie (Benahmed Djilali, Nabiev, Gelicus, Benamara, & Allaf, 2017). Diverses espèces de *Ziziphus* sont utilisées en médecine Indienne, en Chinoise et au Japonaise. La plante *Ziziphus jujuba* est également connue sous le nom de "**Ber**" ou "**jujube**". Elle appartient taxonomiquement à la famille des *Rhamnaceae* (Gao, Wu, & Wang, 2013). Les extraits de cette plante sont une source importante de biomolécules telles que les flavonoïdes, les saponines, les triterpènes, les tanins et les alcaloïdes, ainsi que des protéines et une variété de vitamines (L. Zhang et al., 2019) grâce auxquelles ils présentent d'excellentes propriétés antioxydantes, antimicrobiennes, antitumorales et anticancéreuses (Asimuddin et al., 2020; Mahmoud et al., 2022; L. Zhang et al., 2019). Les feuilles du jujubier sont utilisées pour leur effets hypoglycémiant, comme diurétique, émollientes, fluidifiantes pour favoriser la croissance des cheveux, anticancéreux, sédatif, purificateur du sang et dans le traitement de la diarrhée (Mahmoud et al., 2022).

Dans ce travail nous avons essayé de donner un aperçu sur les propriétés physico-chimiques et anti-oxydantes des feuilles du jujubier (*Ziziphus jujuba*). Ainsi, les objectifs principaux de la présente étude sont:

- D'évaluer quelques propriétés physico-chimiques (pH, humidité, cendres);
- Analyse des différents métabolites secondaires présents dans les feuilles avec des tests phytochimiques;
- Dosage des teneurs en substances bioactives (polyphénols totaux, flavonoïdes, flavonols, tanins condensés, caroténoïdes et chlorophylle (a et b));
- D'évaluer leurs propriétés antioxydantes *In vitro* avec deux méthodes: le pouvoir réducteur et l'activité antiradicalaire (DPPH).



Synthèse Bibliographique



I. Généralités sur *Zizyphus jujuba*

I.1. Historique

Le jujubier (*Zizyphus jujuba*) est un arbuste épineux et fruitier, appartenant à la famille des Rhamnacées. Il est indigène de la Chine et connu comme un fruit dans ce pays au moins 4000 années avant l'ère chrétienne (Gao et al., 2013). Cette espèce est cultivée dans des régions tropicales et subtropicales de l'Asie et de Méditerranée (France, Maroc, Tunisie et nord d'Algérie). Découvert en 1767, le nom de *Zizyphus* dérive de l'appellation Berbère « *Zizoufou Zuzaifo* » (Laamouri, 2009). Cette appellation est liée à l'ancien nom Persique « *Zizfum* ou *Zizafun* », alors que les Grecs utilisent le mot « *Ziziphon* » (Kirkbride, Wiersema, & Turland, 2006).

La classification des espèces est basée principalement sur des caractéristiques morphologiques et leur mode d'utilisation. Ce genre regroupe plusieurs espèces environ 170 telles que *Zizyphus spina-christ* (L.), *Zizyphus vulgaris* (Mill.), *Zizyphus lotus* (L.), *Zizyphus mauritiana* (Lam.). Les deux espèces qui produisent des fruits comestibles sont *Zizyphus mauritiana* et *Zizyphus jujuba*; cette dernière est l'espèce la plus populaire.

L'arbre de jujube (Figure 1) est appelé dans les pays arabes: **Sidre**, **Nabk**, **Anneb**, **jujube** et en Chine **dattes chinoises** (Vines, 1960). L'espèce *jujuba* s'adapte facilement à la salinité des sols, aux excès d'eau et à la sécheresse, la propagation de cet arbre se fait généralement par la graine, parfois par bouturage de racine ou par la greffe.



Figure 1: Arbuste du jujubier (Ghedira, 2013)

I.2. Classification botanique

Plusieurs auteurs ont attribué les mêmes noms à plusieurs espèces et plusieurs synonymes ont été accordés à *Z. jujuba* (Laamouri, 2009). La classification de *Zizyphus jujuba* est indiquée dans le Tableau I.

Tableau I: Classification du jujubier (Laamouri, 2009).

Règne	<i>Plantae</i>
Sous-règne	<i>Tracheobionta</i>
Division	<i>Magnoliophyta</i>
Classe	<i>Magnoliopsida</i>
Sous-classe	<i>Rosidae</i>
Ordre	<i>Rhamnales</i>
Famille	<i>Rhamnaceae</i>
Genre	<i>Ziziphus</i>
Espèce	<i>Ziziphus jujuba</i> Mill.

I.3.Description botanique

L'espèce *ziziphus jujuba* est un arbre ou arbuste épineux à croissance lente qui peut atteindre 10 m de hauteur et 50 à 60 cm de diamètre du tronc (Mahajan & Chopda, 2009) avec des branches rigides vertes et épineuses (Diallo et al., 2004) appelé en Afrique du Nord "Anneb" ou "Sedra" en Berbère "Azouggar" (Quezel & Santa, 1963; S. Tripathi, 2014) .

I.3.1.Feuilles

Les feuilles de *Ziziphus jujuba* sont caduques glabres, dentées, ovales et courtement pétiolées, La face supérieure est verte foncée tandis que la face inférieure est verte pâle (Figure 2).



Figure 2: Feuilles de *Ziziphus jujuba* (Soule, 2011).

(a) : arbuste, (b) : sèche.

I.3.2.Fleurs

Les fleurs de *Z. jujuba* sont nombreuses, petites de 5 cm de largeur avec 5 pétales inaperçus, hermaphrodite et jaunâtre (Figure 3). Elles sont long pédoncule floral et les étamines sont disposées en un cycle de 5 et sont groupées en inflorescence sous forme de

cyme auxiliaire sessile. Ces fleurs fleurissent en juin et juillet. Le jujubier se reproduit très fréquemment par fécondation (Diallo, 2004).



Figure 3: Fleures de *Ziziphus jujuba* (Soule, 2011).

I.3.3.Fruits

Le fruit de *Z. jujuba* appelé aussi « **jujube** » est une drupe ovale, charnue et consommable. D'abord verdâtre, présente la saveur et l'arôme d'une pomme (Mahajan, 2009) puis devient rouge noir et ridé à maturité, avec un goût d'une datte, d'où son nom **datte chinoise**, et noire violacée éventuellement pour le jujube séché. Il est ovoïde-oblong, de 1,8 à 2 cm de long avec un court pétiole. Les noyaux, plus souvent détachables des pulpes, peuvent atteindre 1,05 cm de long (Figure 4) (Aloui et al., 2012).



Figure 4: Fruits de *Ziziphus jujuba* (Soule, 2011).

I.4. Origine et répartition géographique

I.4.1.Origine

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, Masson, & Kedellini, 2001).actuellement il existe sur tous les continents (Bärtel, 1997).

I.4.2. Répartition géographique

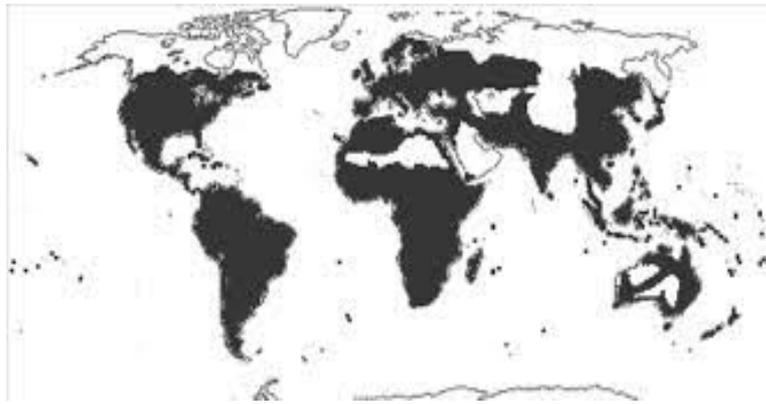
➤ Dans le monde

Les *Rhamnacées* sont présentes dans le monde entier, mais plus particulièrement dans la région tropicale et subtropicale (Figure 5) (Fekih, 2009), et elles sont très anciennes (Dupond & Guignard, 2012). Selon (Judd, Campbell, Kellogg, Stevens, & Donoghue, 1999)

cette famille est constituée d'arbres et d'arbustes, souvent épineux et les feuilles possèdent des stipules, parfois épineuses. Ces feuilles sont alternes ou plus rarement opposées ou palmées, a réseau tertiaire souvent grillage et en relief. Cet arbuste exige un climat plus chaud pour fleurir et fructifier (Couverchel, 1852) c'est la raison pour laquelle le climat de l'Asie et de l'Amérique tropicales lui conviennent (Catoire *et al.*, 1999) . Le genre *Zizyphus* renferme environ 50 espèces des régions tropicales et subtropicales de deux hémisphères (DJEMAI ZOUGHLACHE, 2009).

➤ **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, Tipaza et Bejaïa (Benahmed Djilali *et al.*, 2017)



■ Représente la répartition des rhamnacées

Figure 5 : Répartition géographique des espèces de la famille des Rhamnacées

(Dupont & Guignard, 2012).

I.5.Variétés du jujubier à travers le monde

En Chine, le jujubier se décline sous plus de 400 espèces, qui se sont ensuite répandues à travers le monde, souvent sous des noms différents. Ainsi, en Provence par exemple, on ne retrouve que 2 à 3 variétés de jujubier seulement, tandis que Frank Nicolas Meyer a introduit environ 80 espèces aux Etats-Unis, au cours du XX^{ème} siècle (Munier, 1973) .

I.5.1.Variétés chinoises

Les espèces chinoises du jujubier sont au nombre de 400 et les plus populaires et les plus appréciées sont:

✓ ***Ziziphus jujuba So'***: ce jujubier produit des fruits ronds (Figure 6), dont le goût reste similaire à ceux que l'on rencontre en Provence, à la seule différence, que leur récolte est plus tardive par (ANONYME & LA DRAGUE, 2019).



Figure 6: *Ziziphus jujuba So'* (Soule, 2011).

✓ ***Ziziphus jujuba Lang***: les jujubes de cette espèce sont en forme de poire, et sont très précoces (Figure7). Contrairement aux autres jujubiers, le *Ziziphus jujuba Lang* produit rapidement de fruits au bout de 1 à 2 ans. A maturité, elle présente une particularité : c'est-à-dire présente deux saveurs différentes, selon qu'il est marron (mûr) et ferme, ou marron et flétri. Les deux saveurs sont agréables, mais certaines personnes trouvent que la saveur du fruit flétri est meilleure que celle du fruit mûr et encore ferme. Le fruit de cette variété a une bonne aptitude au séchage (ANONYME & LA DRAGUE, 2019).



Figure 7: *Ziziphus jujuba Lang* (Soule, 2011).

✓ ***Ziziphus jujuba Li***: les fruits de cette variété de jujubier se distinguent par leur grande taille, leur forme ronde ou ovoïde (Figure 8). Ils mûrissent après les jujubes "*Lang*", mais avant ceux trouvés en Provence. Malgré la taille un peu grande des fruits de "*Li*", leur noyau est minuscule, assez tendre. Il arrive même de trouver des fruits sans noyau. Vous pouvez aussi les consommer à l'état vert (blanc jaunâtre) sans doute grâce à leur meilleure qualité et leur bon goût. Contrairement à l'espèce "*Lang*" dont il faut attendre que le fruit soit totalement mûr (entièrement de couleur marron) pour qu'il perd son acidité (François, 2009).



Figure 8: *Ziziphus jujuba* Li (Soule, 2011).

I.5.2. Variétés aux Etats-Unis

Sur le continent Américain, on dénombre trois types de jujubiers, qui sont:

✓ *Ziziphus jujuba Qiyue Xian*: qui signifie en anglais « **Autumn Beauty** » ou « **Beauté d’automne** »: ses fruits sont de grosse taille, avec des formes ovales ou rondes ainsi qu’ils sont d’apparition précoce.

✓ *Ziziphus jujuba Sherwood*: sont tardifs, les fruits de ce jujubier ont la chair dense avec une bonne saveur.

✓ *Ziziphus jujuba Honey Jar*: produisant des jujubes de petite taille, peau fine, avec une chaire ferme, juteuse et sucrée.

D’autres variétés des jujubiers produisent des fruits à formes bicornues et renflées, ce qui rendent leur aspect original. Ces variétés sont: *Dragon Jujube*, *Cucurbit Jujube* et *Millstone Jujube* (ANONYME & LA DRAGUE, 2019).

I.5.3. Autres variétés du jujubier

✓ *Ziziphus mauritiana Lam* : c’est l’espèce qui couvre aujourd’hui l’aire la plus étendue à la surface du globe, soit comme arbuste spontané ou naturalisé, soit comme arbre fruitier cultivé et devenu par endroits subspontané. Elle était originaire d’Asie tropicale, en Océanie, en Australie, à Madagascar, dans les îles Mascareignes et aux Antilles. En Afrique tropicale, *Z. mauritiana* occupe une aire de distribution très large et constitue l’espèce souvent dominante qui s’étend au Sud du Sahara, de l’Atlantique (Sénégal et Mauritanie) jusqu’à la Somalie et se prolonge même en Arabie et en Inde (Figure 9) (Maydell, 1983).



Figure 9: *Ziziphus mauritiana* Lam (Soule, 2011).

✓ *Ziziphus lotus* (L.) Lam: *Ziziphus lotus* (L.), ou jujubier de Berbérie, est un arbuste très épineux et sarmenteux ou forme un buisson de 1 à 2 m de hauteur qui vit sur d'immenses territoires en Afrique du Nord notamment en Mauritanie et en Asie (Aubreville, 1950). Son aire de distribution s'étend de la Mauritanie au Niger et au grand Sahara, exclusivement dans les steppes désertiques, dans les regs ou sur des terrains rocaillieux des zones sahariennes à saharo-sahélienne. Les feuilles, très petites, sont alternes, ovales ou elliptiques, plus ou moins pubescentes en dessous (Figure 10). Elles sont également très appréciées par le bétail et une fois sèches pulvérisées et additionnées d'eau, donnent une sorte de bouillie avec laquelle les femmes se tressent les cheveux (Soule, 2011).



Figure 10: *Ziziphus lotus* Lam (Soule, 2011).

✓ *Ziziphus amphibia* A. Chev: c'est un arbuste très buissonnant, de 3 à 4 m de hauteur que les Bambaras nomment Tomboro du fleuve. Il vit dans des conditions particulières, dans le lit même des fleuves et des grandes rivières submergées pendant la saison des pluies. L'écorce est gris clair crevasse et les feuilles sont ovales ou elliptiques, arrondies aux deux extrémités, glabres et entières (Figure 11). En saison sèche, après la crue, cette espèce émet des repousses feuillées qui fleurissent en juin et produisent des fruits mûrs en juillet-août. Les fleurs pubescentes sont rouges à maturité donnant des fruits qui sont des drupes globuleuses contenant un noyau enrobé dans une pulpe plus ou moins visqueuse. Les

fruits de *Z. amphibia* sont très acides. Ils mûrissent pendant l'hivernage au moment des inondations où ils sont difficilement accessibles (Soule, 2011).



Figure 11: *Ziziphus amphibia* A. Chev (Soule, 2011).

✓ *Ziziphus spina-christi* (L.) Desf: c'est une espèce du Moyen-Orient, de l'Afrique de l'Ouest et du Nord-est, de l'Ethiopie et de l'Afrique de l'Est. On la trouve particulièrement dans les savanes sahéliennes à sahélo-soudaniennes en bordure des mares et des rivières. Elle est à la fois adaptée au climat aride du désert dans les oasis et au climat tropical dans les pays à longue saison sèche pendant laquelle elle perd en partie ses feuilles. Elle a été probablement introduite en Afrique par les commerçants arabes le long de la côte méditerranéenne, mais aussi à travers la Corne de l'Afrique (Azam-Ali *et al.*, 2006). Arbuste épineux de 4 à 5 m de hauteur à fût tortueux atteignant 0,6 m de diamètre, à cime arrondie avec les branches enchevêtrées, ou encore un buisson formant un fourré impénétrable. L'inflorescence en cymes courtes, axiales, avec plusieurs fleurs jaune pâle et fasciculées, l'écorce gris clair s'écaillant en plaques rougeâtres et les feuilles sont alternes, ovales, lancéolées vert brillantes. Les fruits sont des drupes globuleuses rouges à maturité contenant un gros noyau enrobé dans une pulpe plus ou moins visqueuse (Figure 12). *Z. spina-christi* (L.) Desf. est évoqué dans le Coran et considéré par certains musulmans comme un arbre sacré, ou "**arbre du paradis**". La pulpe du fruit est consommée fraîche ou sèche dans de nombreuses régions du sud-ouest d'Asie par exemple au Yémen, en Jordanie et en Arabie Saoudite (Arndt & Kayser, 2001) mais aussi dans de nombreuses régions d'Afrique de l'Ouest (Hutchinson & Dalziel, 1958).



Figure 12: *Ziziphus spina-christi* (L) Desf (Soule, 2011).

✓ *Ziziphus mucronata* Willd: l'espèce est appelé le jujubier de l'hyène ou « **Sidem Bouki** » en langue Wolof au Sénégal. Elle est largement distribuée dans les savanes sahéliennes et sahélo-soudaniennes dans des stations relativement humides, bords des mares, des rivières, sur différents sols ou sur des termitières, *Z. mucronata* Willd. est un arbuste épineux et sarmenteux de 4 à 5 m de hauteur avec des branches enchevêtrées et retombantes. Elle se présente sous la forme d'un arbuste buissonnant. Les rameaux, brun foncé et noirâtres sont en zigzag et l'écorce gris foncés à tranches rouges, est lisse ou fissurée. Les feuilles sont alternes largement ovales, pointues, glabres et nettement asymétriques et les fleurs sont en fascicules de 10 à 20 fleurs jaunâtres ou verdâtres, courtement pédicellées, glabres. Les fruits sont des drupes globuleuses, brun rouge, foncées à maturité et contenant un gros noyau enrobé dans une pulpe blanche rosâtre plus ou moins farineuse (Figure 13). Les fruits sont généralement de couleur rouge et le goût de la pulpe est très âcre et très amer donc non comestible (Soule, 2011).



Figure13: *Ziziphus mucronata* Willd. (Soule, 2011).

✓ *Ziziphus abyssinica* A. Rich: c'est une espèce répandue, disséminée et assez commune des zones sèches de l'Afrique tropicale, du Sénégal au Cameroun. Elle est retrouvée dans les savanes soudaniennes à guinéennes, sur divers sols et surtout sur les montagnes. Arbuste de 4 à 6 m de haut à cime étalée, à branches retombantes et à épines peu développées, les feuilles, largement ovales, sont grandes (4 à 5 cm de long) très asymétriques à la base et denticulées sur les bords. Les fruits sont des drupes globuleuses assez grosses et

comestibles, glabres et plus ou moins brillantes, brun-pourpre à maturité, contenant un gros noyau noyé dans une pulpe plus ou moins farineuse localement consommée en période de disette dans certains pays comme le Niger (Figure 14). Les racines sont utilisées en cas de douleurs, de gingivite, de gastrite, de coliques et de dysenterie. Les feuilles sont consommées par le bétail et les branches servent de clôtures et d'enclos. Son bois est utilisé pour fabriquer des poteaux de case ou de hutte, comme bois de feu et charbon. (Nyaberi et al., 2010) ont montré que *Z. abyssinica* peut être efficacement utilisé comme produit de conservation en raison de ses constituants phytochimiques et des propriétés antibactériennes ainsi que antioxydantes.



Figure 14: *Ziziphus abyssinica* A. Rich (Soule, 2011).

✓ *Ziziphus sphaerocarpa* Tul : c'est une espèce de jujubier qui n'est pas très connue comme étant originaire d'Afrique, sauf peut-être dans la partie de l'extrême Nord-Est du continent où elle peut y avoir été introduite comme une plante cultivée (Chevalier, 1947). Par contre, elle est très présente en Guadeloupe où les populations la considèrent comme héritage de leurs ancêtres. C'est un arbre épineux qui a su s'adapter sur tous les sols de la Guadeloupe, particulièrement en bord de mer. Le fruit, à grosseur d'une olive, également connu sous le nom de "**pomme-surette** ", représente l'un des fruits les plus consommés (Figure 15). La pulpe, jaune verdâtre ou presque blanche, est acide et très rafraîchissante. En Guadeloupe, au lieu d'avoir un rhum issu de la fermentation de la canne à sucre, d'alcool il peut être obtenu à partir de la pomme surette (alcool de surette d'Azincourt). (Zozio et al., 2014) ont étudié la variabilité qualitative de la pomme-surtte au cours du processus de maturation des fruits.



Figure 15: *Zizyphus sphaerocarpa* Tul (Soule, 2011).

I.6. Composition biochimique de *Zizyphus jujuba*

Les études phytochimiques menées sur le *Zizyphus jujuba* montrent la présence de métabolites primaires et secondaires.

I.6.1. Métabolites primaires

Les métabolites primaires sont les sucres qui représentent une proportion importante suivis des protéides ensuite des lipides (Tableau II).

Tableau II: Teneur de la pulpe du jujubier frais en métabolites primaires (Catoire et al., 1999).

Fraction de la pulpe du fruit	Taux (g/100g)
Sucres	20 à 32
Lipides	0,1 à 0,3
Protéides	0,8 à 2,1

I.6.2. Métabolites secondaires

Des études sur les différentes espèces du genre *Zizyphus* conduisent à l'isolement et la caractérisation des molécules biologiquement actives tels que les polyphénols (flavonoïdes, tanins), les triterpènes, les anthraquinones, les alcaloïdes (cyclopeptides et isoquinolides), et les saponosides (Ikram, Ogihara, & Yamasaki, 1981; Nawwar, Ishak, Michael, & Buddrust, 1984).

L'oxydation est essentielle pour de nombreux organismes vivants afin d'assurer les métabolismes biologiques et la production d'énergie. Cependant, l'oxygène métabolisé par notre organisme se transforme en radicaux libres qui jouent un rôle important dans la pathogénèse de certaines maladies tels que le cancer, les maladies cardiovasculaires, l'athérosclérose et l'inflammation (H. Zhang, Jiang, Ye, Ye, & Ren, 2010). Les fruits sont de bonnes sources d'antioxydants naturels et jouent un rôle important dans la nutrition humaine.

En particulier, le jujube est considéré comme un fruit fonctionnel alimentaire, en raison de la preuve épidémiologique qu'une consommation élevée du jujube et de tous les produits à base de jujubier, est corrélée avec la réduction du risque de certains types de cancers. Le jujube est recommandé pour le traitement de certaines maladies comme les maladies cardiovasculaires, les maladies liées à la production d'espèces radicalaires résultant du stress oxydatif (Wang *et al.*, 2014).

Les polyphénols constituent une famille de molécules très largement répandues dans le règne végétal rencontrées dans les plantes, depuis les racines jusqu'aux fruits. Les polyphénols sont des métabolites secondaires (Figure 16), ce qui signifie qu'ils n'exercent pas de fonctions directes au niveau des activités fondamentales de l'organisme végétal, comme la croissance ou la production (Bloor, 2001; Fleuriet, 1982; Zorrilla Tejada, 2019).

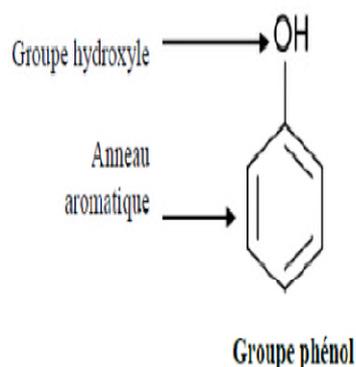


Figure 16: Squelette de base des composés phénoliques (Girotti-Chanu, 2006).

Les composés phénoliques se répartissent en 7 classes: le Tableau III résume les antioxydants prédominants dans les différentes parties du jujubier.

Tableau III: Distribution et contenu des principaux composés bioactifs dans les différentes parties du jujubier.

Parties	Composants majeur	Références
Fruit	Acides phénoliques	(Ghazghazi <i>et al.</i> , 2014; Hammi <i>et al.</i> , 2015)
	Flavonoïdes	
Feuilles	Tanins	(Ghazghazi <i>et al.</i> , 2014; Borgi <i>et al.</i> , 2008; Maciuk <i>et al.</i> , 2004)
	Phénols totaux	
	Flavonoïdes	
	Jujuboside B	
Graine	Polyphénols	(Chouaibi <i>et al.</i> , 2012; Abdeddaim <i>et al.</i> , 2014)

Pulpe	Phénols totaux	(Abdeddaim <i>et al.</i> , 2014; Rsaissi <i>et al.</i> , 2013)
	Flavonoïdes	
	Tanins	

Tableau IV: Principales activités biologiques des composés phénoliques du jujube.

Polyphénols	Activités	Références
Acides phénoliques (cinnamiques et benzoïques)	Anthibatérielles	(Halliwell, 1994 ; Cotelle, 2001; Muanda, 2010)
	Antifongiques	
	Antioxydantes	
Flavonoïdes	Anti-tumorales	(Marfak, 2003; Cotelle, 2001; Milane, 2004; Balasundram <i>et al.</i> , 2006)
	Anti-carcinogènes	
	Anti-inflammatoires	
	Hypotenseurs et diurétiques	
	Antioxydantes	
Tanins galliques et catéchiqes	Antioxydantes	(Bruneton & Pharmacognosie, 1999)
	Antibactériennes	

II. Utilisations de *Ziziphus jujuba*

II.1. Utilisations thérapeutiques

Les différentes espèces de *Ziziphus* sont largement utilisées dans le traitement de certaines maladies comme: les maladies inflammatoires, les troubles digestives, la faiblesse, les affections du foie, l'obésité, les troubles urinaires, le diabète, les infections cutanées, la fièvre, la diarrhée et l'insomnie (Abdel-Zaher, Salim, Assaf, & Abdel-Hady, 2005; Suksamrarn *et al.*, 2005; Zarga, Sabri, Al-Aboudi, Ajaz, & Sultana, 1995) . *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 (J.-w. Li, Ding, & Ding, 2005) . Les fruits, les feuilles, les graines, les racines et les épines sont utilisés en médecine traditionnelle (Abdel-Zaher *et al.*, 2005; Belford, 1994; Le Crouéour *et al.*, 2002; J.-w. Li *et al.*, 2005). *Zizyphus jujuba cv. Muzao* a été largement utilisée dans la médecine traditionnelle chinoise pour traiter l'anorexie, la fatigue et la diarrhée (Gao *et al.*, 2013).

II.1.1. Utilisations des feuilles

Les feuilles de *Z. jujuba* peuvent être utilisées dans la préparation du thé sous forme d'infusion (Z. Zhao, Liu, & Tu, 2008). Elles contiennent plusieurs alcaloïdes comme la coclaurine, 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 ces 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 en favorisant le sommeil (Azam-Ali *et al.*, 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, Bhatt, Masihuddin, & Khan, 2006; S. Tripathi, 2014).

II.1.2. Utilisations des fleurs

Outre le fait qu'elles présentent un nectar de bonne qualité (Z. Zhao *et al.*, 2008), les fleurs de *Z. jujuba* peuvent traiter quelques maladies (Azam-Ali *et al.*, 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 (Z. Zhao *et al.*, 2008).

II.1.3. Utilisations des fruits

Les fruits secs du jujubier sont fréquemment utilisés contre les maladies immunitaires et infectieuses. Ils présentent plusieurs activités biologiques anti-microbiennes et anti-HIV (Guo *et al.*, 2009). 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, 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 (J. Zhao, Li, Yang, Li, & Wang, 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.

II.1.4. Utilisations des graines

Les graines de *Z. jujuba*, sous forme de poudres, assurent la purification du sang et facilitent la digestion (Su et al., 2002; M Tripathi et al., 2001). Plusieurs études leur accordent d'autres activités (hypnotique, sédative, hypotensive et hypothermique). Elles peuvent aussi agir comme tranquillisantes des muscles (Goncharova, Isamukhamedov, & Glushenkova, 1990; Peng, Hsieh, Lee, Lin, & Liao, 2000; J. Zhao et al., 2006). De ces graines, on extrait des huiles à plusieurs activités industrielles et pharmaceutiques (Li *et al.*, 2006). En 2006, (J. 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, 2003). De plus, les graines contiennent plusieurs groupes de substances actives sur le fonctionnement du système nerveux central (Bastianetto, 2007) qui ont une action sur l'apparition et la durée du sommeil, sur l'humeur et 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 (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).

II.1.5. Utilisations des racines

L'espèce *Z. jujuba* est connue 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 en 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 et soignent aussi les inflammations de l'intestin et les hépatites (Bastianetto, 2007).

II.2. 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 du 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.

II.3. 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 peuples 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, Soloviev, & Toure, 2000; Koné, Kalinganire, & Doumbia, 2009).

II.4. Autres utilisations

II.4.1. 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; Laamouri, 2009). (Abdelgalil & El-Jissry, 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: on 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-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 (Aloui et al., 2012).

II.4.2. Utilisations des rameaux secs et épineux

Les rameaux secs et épineux du jujubier sont utilisés pour former des clôtures défensives (Adzu, Amos, Dzarma, Wambebe, & Gamaniel, 2002). Les feuilles sont employées largement comme une réserve fourragère d'appoint pour les chameaux et les chèvres (MK Tripathi, Santra, Chaturvedi, & Karim, 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 (MK Tripathi et al., 2004)

II.5. Activités biologiques et thérapeutiques du *Zizyphus jujuba*

Les différentes espèces du genre *Zizyphus* sont largement utilisées dans le traitement de certaines maladies comme, les troubles digestifs, l'asthénie, les affections hépatiques, l'obésité, les troubles urinaires, le diabète, les infections cutanées, la fièvre, la diarrhée et l'insomnie (Abdel-Zaher et al., 2005; Zarga et al., 1995).

II.5.1. Activité anticancéreuse

Des acides triterpénoïques extraits de *Z. jujuba* ont été testés *In vitro* contre des lignées cellulaires tumorales. Les triterpènes de type lupane ont montré une forte activité cytotoxique. Les activités cytotoxiques des acides 3-Op-coumaroylalphitolic ont été jugées meilleures que celles des non-coumaroic triterpenenoids. Ces résultats suggèrent que la fraction coumaroyl à la position C-3 du triterpène type lupane peut jouer un rôle important dans l'amélioration de l'activité cytotoxique (Lee, Min, Lee, Kim, & Kho, 2003). L'acide

triterponic et l'acide bétulinique, extrait de *Z. jujuba* et *Z. mauritiana*, ont montré une toxicité sélective contre les cultures de cellules de mélanome humain (Kim, Pezzuto, & Pisha, 1998). L'acide bétulinique est actuellement en cours de développement préclinique (Pisha et al., 1995). On pense que l'acide bétulinique peut aussi être efficace contre d'autres types de cancer. Récemment, de nombreux travaux scientifiques *In vitro* ont montré que l'acide bétulinique est efficace contre le cancer des poumons, de l'ovaire, du col de l'utérus, de la tête et du cou (Pisha et al., 1998). Les données publiées suggèrent que l'acide bétulinique induit l'apoptose des cellules sensibles de façon indépendante (Eiznhamer & Xu, 2004; Kim et al., 1998; Liu et al., 2004).

II.5.2. Activité antimicrobienne

Sarfaraz et al. (2002) ont rapporté des effets antifongiques de *Z. jujuba* extrait à l'éthanol à partir de la racine et ont montré aussi une activité inhibitrice significative sur les champignons *Candida albicans*, *C. tropicalis*, *Aspergillus flavus*, *A. Niger* et *Malassezia furfur* (souches 1374 et 1765). En outre, l'extrait d'écorce de racine de *Z. jujuba* a montré une activité antibactérienne contre 20 bactéries selon les travaux (Elmahi, Essassi, Hamamouchi, & Hamamouchi, 1997). Des extraits au méthanol et à l'acétone de feuilles de *Z. mauritiana* exercent des effets antibactériens contre *Escherichia coli*, *Klebsiella spp.*, *Pseudomonas spp.*, *Proteus vulgaris* et *Bacillus subtilis* (Chowdary & Padashetty, 2000). L'acide bétulinique isolé de l'écorce de la tige de *Z. jujuba* présente une activité antivirale en retardant la progression du VIH 1 (Mukherjee, Mukherjee, Rajesh Kumar, Pal, & Saha, 2003).

II.5.3. Effet anti-inflammatoire et antispasmodique

La prescription de composé contenant le fruit de *Z. jujuba* a montré un effet marqué anti-inflammatoire et antispasmodique significatif (Huang et al., 1990).

L'extrait de feuilles de *Ziziphus jujuba* possède une activité anti-inflammatoire significative contre l'oedème de la patte de rat induit par la carraghénine (Preeti et al., 2014).

II.5.4. Activité cardiovasculaire

Un néo-lignan isolé de *Z. mauritiana* s'est avéré augmenter la libération de prostaglandine endogène I₂ (l'inhibiteur naturel le plus puissant de l'agrégation plaquettaire jamais découvert et un puissant vasodilatateur) par l'aorte du rat jusqu'à 25,3 % à 3 µg/mL (Preeti et al., 2014).

II.5.5. Effets immunostimulants

L'extrait de feuille de *Z. jujuba* a été trouvé pour stimuler la chimio-tactique, puissance de destruction phagocytaire et intracellulaire des neutrophiles humains (infection combattant les globules blancs) à 5-50 µg/mL (Preeti *et al.*, 2014).

II.5.6. Effets antioxydants

Une approche globale et un compte rendu exhaustif sur les antioxydants de 70 plantes médicinales sont rapportés par (Ko *et al.*, 2008) et confirment l'effet antioxydant de *Z. jujuba* (*In vitro*) tel que rapporté par (Na *et al.*, 2001).

En outre, l'espèce *Z. lotus* (L) est riche en composés antioxydants tels que les acides phénoliques et les flavonoïdes, ces composants préviennent le stress oxydatif et l'inflammation (Mothana, 2011). Les recherches réalisées par (Benammar *et al.*, 2010) et (Benammar *et al.*, 2014) confirment la richesse de la plante en vitamines (A, C et E), qui présentent des propriétés antioxydantes *In vitro*. D'autres travaux mentionnent que l'acide oléique des fruits du jujubier est responsable des propriétés antioxydantes (Ochoa, Quiles, Ramirez-Tortosa, Mataix, & Huertas, 2002).

II.5.7. Activité anti-allergique

L'activité anti-allergique des extraits aqueux de feuilles de *Z. jujuba* a été étudié en mesurant son effet inhibiteur sur l'activation de la hyaluronidase (testicules bovin) *In vitro* l'extrait éthanolique de *Z. jujuba* s'est avéré avoir une forte activité anti-allergique (Preeti *et al.*, 2014).

II.5.8. Activité anti-diarrhéique

Dans l'expérience sur la diarrhée induite par l'huile de ricin, l'extrait de feuille de *Ziziphus jujuba* a produit une activité inhibitrice significative contre l'huile de ricin et la diarrhée induite par MgSO₄ chez les rats (Preeti *et al.*, 2014).

II.5.9. Activité antidiabétique

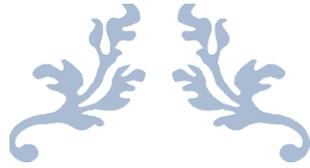
Les feuilles de *Z. jujuba* ont été reconnue comme étant hypoglycémiantes et provoquent une augmentation du taux de glycogène du foie (Goetz, 2009). En plus, les polysaccharides des feuilles de *Ziziphus jujuba* sont composés de glucose, des acides galacturonique et glucuronique, de rhamnose et de galactose doués tous d'activités anti-hyperglycémiantes (Dénou, 2016).

L'hyperglycémie postprandiale joue un rôle important dans le développement du diabète de type 2. L'inhibition de l'alpha-amylase a entraîné un retard dans la dégradation de l'amidon et glycogène a empêché une augmentation rapide de la glycémie. En raison de la teneur élevée en polyphénols, de la capacité antioxydante et de l'effet inhibiteur significatif du jujube sur l'alpha-amylase, cette plante peut être proposée pour le traitement des patients diabétiques (Afrisham, Aberomand, Ghaffari, Siahpoosh, & Jamal, 2015).



Partie Expérimentale





Matériel et Méthodes



Notre expérimentation a été réalisée au niveau du laboratoire de chimie organique, Département de Génie des Procédés de la Faculté de Technologie de l'Université Abderrahmane Mira de Bejaia.

III.1. Matériel biologique

La présente étude s'est portée sur les feuilles d'une variété de jujubier *Zizyphus jujuba*. Les feuilles séchées ont été achetées chez un herboriste de la région d'Elkseur wilaya de Bejaia. Environ 1 kg des feuilles du jujubier sèches ont été broyées à l'aide d'un broyeur suivie d'un tamisage afin de récupérer la poudre, puis elle ont été conservée dans un flacon en verre à l'abri de la lumière et de l'humidité (Figure 17).

L'objectif principal de la présente étude est la détermination des caractéristiques morphologiques et quelques propriétés physico-chimiques (pH, humidité, teneur en cendres des feuilles de *Zizyphus jujuba*. En outre, une évaluation de la teneur en antioxydants (polyphénols, flavonoïdes, tanins condensés, caroténoïdes et Chlorophylle) et des propriétés antioxydants par deux méthodes: le pouvoir réducteur et l'activité anti-radicalaire (DPPH) ont été réalisées.

En plus de ses paramètres analysés, une étude phytochimique a été réalisée pour déterminer la présence de certains composés chimiques qui ont des activités biologiques intéressantes, il s'agit des mucilages, tanins totaux, composés réducteurs, glucosides, saponosides, irridoides.



Figure 17: Feuilles de *Zizyphus jujuba*.

(a): Sèches, (b): Poudre.

III.2.Méthodes d'Analyses

III.2.1.Caractéristiques morphologiques des feuilles du jujubier

Les caractéristiques physiques ont été évaluées sur quelques feuilles choisi au hasard sur les quelles ont été déterminés:

- ❖ La couleur appréciée visuellement;
- ❖ La consistance déterminée au toucher;
- ❖ Les dimensions des feuilles déterminées par un pied à coulisse (longueur et largeur);
- ❖ Le poids, au moyen d'une balance analytique de précision de $\pm 0,001$ g. Le poids moyen (en gramme) d'une feuille est obtenu selon la formule suivante:

$$P_m = P_t / n$$

D'où:

P_m: Poids moyen d'une feuille (g);

P_t: Poids total de l'échantillon (g);

n: Taille de l'échantillon.

III.2.2. Paramètres physico-chimiques

III.2.2.1. 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 d'échantillon 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.

III.2.2.2.Teneur en eau

Afin de déterminer la teneur en eau des différents échantillons, 5 g de poudre des feuilles du jujubier 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:

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

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).

III.2.2.3. Teneur en cendres

La teneur en cendre est déterminée par la méthode (de Normalisation-AFNOR, 1970), qui consiste en la destruction de la matière organique par la technique de minéralisation par voie sèche ou calcination qui consiste à brûler l'échantillon dans un four à moufle et de recueillir le résidu minéral gris blanchâtre.

Afin de déterminer la teneur en cendres, peser un creuset en porcelaine vide, puis avec 5 g d'échantillon. Ensuite, le creuset est placé dans un four à moufle réglé à 550°C pendant cinq heures, jusqu'à la destruction totale de la matière organique et l'obtention d'un résidu gris blanchâtre (la matière minérale). La teneur en cendre est calculée par l'équation suivante:

$$\text{MO (\%)} = (M_1 - M_2) \cdot 100 / P$$

Soit:

MO: Matière organique en (%);

M₁: Masse des capsules + la masse de la prise d'essai;

M₂: Masse des capsules + cendres;

P: Masse de la prise d'essai.

La teneur en cendres (Cd) est calculée comme suit:

$$\text{Cd} = 100 - \text{MO}\%$$

III.2.3. Tests préliminaires

Des tests phytochimiques préliminaires ont été réalisés sur la poudre des feuilles du jujubier 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. Après 15 minutes les résultats ont été classés comme suit : (+++): Précipité abondant, (++): Précipité présent et (-): Précipité absent.

III.2.3.1. Identification des tanins totaux

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

III.2.3.2. Identification des glucosides

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

III.2.3.3. Identification des mucilages

Introduire 1 mL de l'extrait (EOH 80, MOH 80, AC 80, ED) dans un bécher, puis ajouter 5 mL d'alcool absolu et laisser agir pendant 10 min. La réaction positive se traduit par l'apparition d'un précipité floconneux.

III.2.3.4. Identification des irridoides

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

III.2.3.5. 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.

III.2.3.6. Composés réducteurs

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

III.2.4. Préparation des extraits

Les extraits sont préparés avec macération de 10 g d'échantillons dans 200 mL de différents solvants (Méthanol 80%, Ethanol 80%, acétone 80% et l'eau distillée) puis filtrés et conservés au froid jusqu'au moment de l'utilisation.

III.2.5. Dosage des antioxydants

III.2.5.1. Dosage des composés phénoliques

Le dosage des composés phénoliques a été effectué suivant la méthode décrite par (Mojab, Hamedi, Nickavar, & Javidnia, 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 d'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 II).

III.2.5.2. Dosage des flavonoïdes

La teneur en flavonoïdes est déterminée par colorimétrie selon la méthode décrite par Kim *et al.* (2003). Dans un tube à essai de 10 mL sont introduits successivement 250 µL du filtrat et 1 mL d'eau distillée. Au temps initial (0 min) sont ajoutés 75 µL d'une solution de NaNO₂ (5%), après 5 min, 75 µL d'AlCl₃ (10 %) sont ajoutés. Après 6 min, 500 µL de NaOH (1N) et 2,5 mL d'eau distillée sont ajoutés successivement au mélange. L'absorbance est mesurée à 510 nm et les résultats sont exprimés en mg Equivalant Catéchine/100 g de matière sèche (mg EC/ 100 g MS) en se référant à la courbe d'étalonnage élaborée en utilisant la Catéchine comme standard (Annexe II).

III.2.5.3. Dosage des flavonols

La teneur en flavonols est déterminée selon la méthode de (Djeridane et al., 2006). A 500 µL d'extrait sont ajoutés 500 µL d'eau distillée, 500 µL de chlorure d'aluminium (2%) et 500 µL 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 déterminés en se référant à la courbe d'étalonnage de la Quercétine (Annexe II).

III.2.5.4. 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 µL 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;

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

III.2.5.5. Dosage des caroténoïdes, chlorophylle a et b

A 1 g de poudre de feuilles du jujubier (*Zizyphus jujuba*) sont ajoutées 10 mL d'acétone. Le mélange est agité pendant 30 min puis centrifugé pendant 15 min à 3000 rpm. La lecture de l'absorbance du surnageant est effectuée à trois longueurs d'ondes : 470 nm, 645 nm et 662 nm. Les concentrations de l'extrait en chlorophylle a (Chl_a), en chlorophylle b (Chl_b) et en caroténoïdes (C_{car}), sont calculées par les formules suivantes:

$$Chl_a (\mu g/mL) = 11,24.A_{662} - 2,04.A_{645}$$

$$Chl_b (\mu g/mL) = 20,13.A_{645} - 4,19.A_{662}$$

$$C_{car} (\mu g/mL) = (1000.A_{470} - 1,90.Chl_a - 63,14.Chl_b)/214$$

III.2.6. Evaluation du pouvoir antioxydant

III.2.6.1. Pouvoir réducteur

Le pouvoir réducteur est estimé par la méthode de (Yıldırım, Mavi, & Kara, 2001). Un millilitre d'extrait est ajouté à 2,5 mL du tampon phosphate (0,2 M, pH 6,6) et 2,5 mL de ferricyanure de potassium (1%). Le mélange est incubé à 50°C pendant 20 min; 2,5 mL d'acide trichloracétique (10%) sont additionnés au mélange avant d'être centrifugé à 3000 g pendant 10 min. de 2,5 mL de surnageant sont mélangés dans un tube à essai, avec 2,5 mL d'eau distillée et 0,5 mL de chlorure ferrique (0,1%). L'absorbance est mesurée à 700 nm. Le pouvoir réducteur est déterminé en se référant à la courbe d'étalonnage (Annexe II) et les résultats sont exprimés en milligramme équivalent acide ascorbique par 100 g de Matière Sèche (mg EAA/100 g MS).

III.2.6.2. 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, Iveković, & Grabarić, 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 515 nm après 30 min d'incubation. Les résultats sont exprimés par la moyenne de trois mesures. Les valeurs IC_{50} ont été déterminées pour chaque extrait, et définies comme étant la concentration du substrat qui cause l'inhibition de 50% du radical DPPH°. 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).

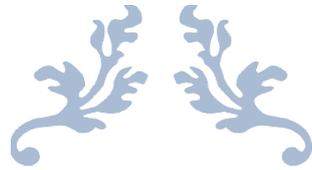
$$\text{Activité antiradicalaire (\%)} = \left[\frac{\text{Abs}_{\text{Control}} - \text{Abs}_{\text{Echantillon}}}{\text{Abs}_{\text{Control}}} \right] \cdot 100$$

Où

- ✓ **Abs_{Contrôle}**: Absorbance du contrôle à 515 nm;
- ✓ **Abs_{Echantillon}**: Absorbance de l'échantillon à 515 nm.

III.3. Etude statistique

Une analyse descriptive des résultats a été réalisée à l'aide du logiciel Microsoft Office Excel 2010 afin de déterminer les moyennes, les écarts types et les pourcentages. Toutes les données représentent la moyenne de trois essais. Pour la comparaison des résultats obtenus, l'analyse de la variance, ANOVA (STATISTICA 5.5) est utilisée et le degré signification de données est pris à la probabilité $p < 0,05$ avec le test LSD.



Résultats et discussion



IV.1. Caractéristiques physiques

Les résultats de la mesure des caractéristiques physiques des feuilles du jujubier (*Zizyphus jujuba* L.) sont représentés dans le Tableau V.

Tableau V: Caractéristiques physiques des feuilles du jujubier (*Zizyphus jujuba* L.).

Paramètres/ variétés	Feuilles (<i>Zizyphus jujuba</i> L.)
Couleur	Verte claire
Consistance	Dure (sèche)
Poids entier (mg)	20,12 ± 3,68
Longueur (mm)	10,80 ± 1,25
Largeur (mm)	16,40 ± 1,96

IV.2. Paramètres physico-chimiques

Les paramètres physico-chimiques déterminés pour la poudre des feuilles du jujubier étudiée sont résumés dans le Tableau VI.

Tableau VI: Caractéristiques physico-chimiques des feuilles du jujubier (*Zizyphus jujuba* L.).

Paramètres	Feuilles (<i>Zizyphus jujuba</i> L.)
pH	6,21 ± 0,08
Humidité (%)	8,27 ± 0,14
Cendres (%)	7,38 ± 0,03

IV.2.1. pH

Le pH est un paramètre déterminant l'aptitude des produits à être conservés. Il constitue l'un des principaux obstacles que la flore microbienne doit franchir pour assurer sa prolifération. Ainsi, un pH de l'ordre de 3 à 6 est très favorable au développement des levures et moisissures (Amellal & Benamara, 2008). Les résultats obtenus montrent que la poudre des feuilles du jujubier (*Zizyphus jujuba*) analysé est légèrement acides avec une valeur de pH de 6,21 ± 0,08 (Tableau VI). Ces résultats sont en accord à ceux rapportés par (Z. Zhao et al., 2008) sur les feuilles de (*Zizyphus jujuba* Mill.) de Chine qui ont trouvé une valeur de pH 6,8.

IV.2.2. Teneur en eau

Le test d'humidité permet de connaître la teneur en eau des feuilles jujubier (*Ziziphus jujuba*). Les résultats obtenus montrent les feuilles du jujubier étudiées ont un taux d'humidité $8,27 \pm 0,14$ % (Tableau VI). Ce résultat est supérieur à celui rapporté par Renu *et al.* (2019) sur les feuilles de la variété *Badara* (*Ziziphu jujuba* Lam.) avec un taux d'humidité de 6,48%. Cela est probablement dû à des différences variétales et/ou à la région géographique ainsi qu'aux techniques de séchage appliquées.

IV.2.3. Cendres

La teneur en cendres est la quantité totale des sels minéraux présents dans le produit. Les résultats (Tableau VI) montrent que le taux de cendres de la poudre des feuilles de jujubier (*Zizyphus jujuba*) est de l'ordre de $7,38 \pm 0,03$ %. Renu *et al.* (2019) dans leur étude réalisée sur les feuilles de la variété *Badara* (*Ziziphus jujuba* Lam.) a montré que le taux d'humidité enregistré est de l'ordre de 7,53 % ; qui est identique à celle apporté dans notre étude.

IV.3. Tests préliminaires

Les résultats de la caractérisation phytochimique des feuilles de jujubier ont révélé la présence de tanins totaux, des mucilages, des saponosides et les composés réducteurs (Tableau VII).

Tableau VII: Caractérisation phytochimique des extraits des feuilles de *Ziziphus jujuba* L.

Composés	Feuilles de <i>Zizyphus jujuba</i> L.
Tanins totaux	++
Glucosides	-
Mucilage	++
Irridoïdes	-
Saponosides	+++
Composés réducteurs	++

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

IV.4. Antioxydants

IV.4.1. Polyphénols totaux

Les teneurs en composés phénoliques des différents extraits de poudre de *Zizyphus jujuba* présentent des différences significatives à $p < 0,05$. La Figure 18 montre que l'extrait méthanolique est plus riche en polyphénols avec un taux de $4915,27 \pm 601,66$ mg EAG/100g MS, suivie par les extraits aqueux, éthanolique et acétonique avec des teneurs de $3903,98 \pm 163,72$ mg EAG/100 g MS, $3470,39 \pm 446,23$ mg EAG/100 g MS et $2720,95 \pm 23,39$ mg EAG/100 g MS, respectivement.

Les résultats obtenues dans la présente étude sont proches à ceux enregistrés par (Khaleel, Jaran, & Haddadin, 2016) sur *Zizyphus 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, des taux inférieurs ont été notés par Yahia *et al.* (2020) dans *Z. lotus* et *Z. mauritiana* avec des teneurs de $949,87$ mg EAG /100 g DW et $532,95$ mg EAG /100 g DW, respectivement. 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, 2008), le patrimoine génétique, la période de la récolte et le stade de développement de la plante (Miliauskas, 2004).

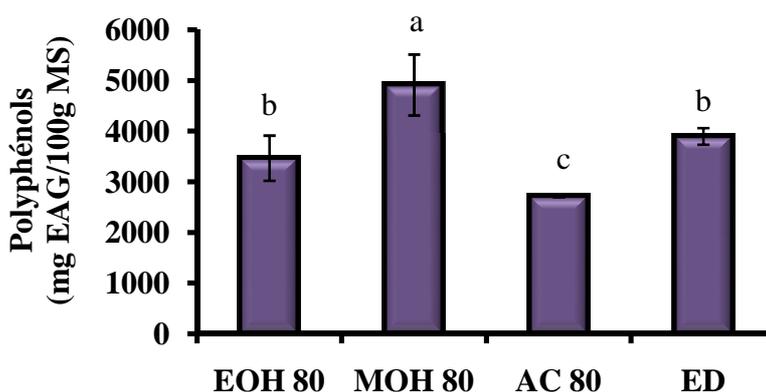


Figure 18: Teneurs en polyphénols des Extraits extraits de feuilles du jujubier (*Zizyphus jujuba* L.).

Les lettres différentes indiquent une différence significative ($p < 0,05$). Les résultats sont classés par ordre décroissant; $a > b > c$. **EOH 80:** Ethanol 80; **MOH 80:** Méthanol 80; **AC 80:** Acétone 80 et **ED:** Eau Distillée.

IV.4.2. Flavonoïdes

Les concentrations en flavonoïdes des différents extraits de poudre de *Ziziphus jujuba* étudiée sont enregistrées dans la Figure 19. Selon l'étude statistique, la teneur de flavonoïdes varie significativement à $p < 0,05$. L'extrait acétonique présente la teneur la plus élevée en flavonoïdes avec une valeur de $1011,11 \pm 88,53$ mg EC/100 g MS, suivie de l'extrait éthanolique et méthanolique avec des teneurs de $940,00 \pm 69,60$ mg EC/100 g MS et $886,67 \pm 89,69$ mg EC/100 g MS, respectivement. Cependant, le taux le plus faible est noté dans l'extrait aqueux avec un taux de $635,56 \pm 60,12$ mg EC/100 g MS.

Les taux de flavonoïdes enregistrés par (P.-J. Li et al., 2015) sont respectivement de l'ordre de 91,89 mg EQ/100 g MS et 90,26 mg EQ/100 g MS pour *Z. lotus* et *Z. mauritiana*. Ces valeurs sont inférieures aux valeurs retrouvées dans notre étude et ces différences sont probablement dues à des différences variétales, à l'origine géographique et à la méthode d'extraction et/ou de dosage et à la sensibilité de la méthode de dosage.

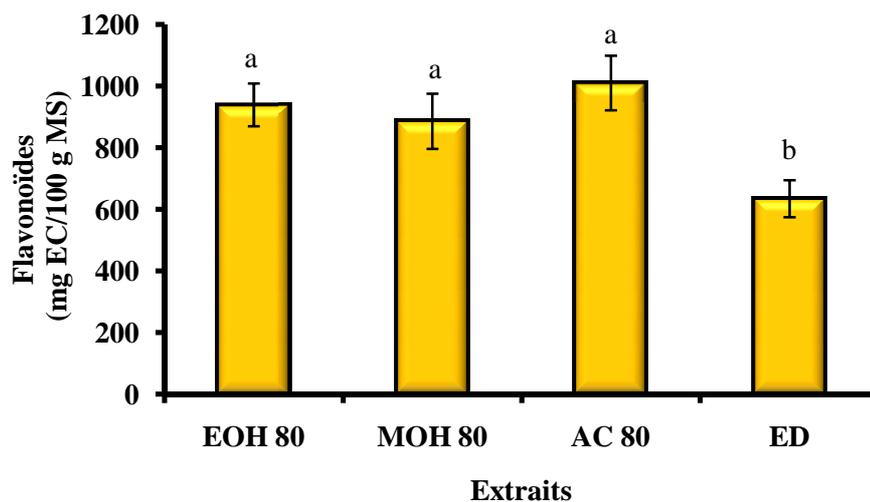


Figure 19: Teneurs en flavonoïdes des extraits de feuilles du jujubier (*Ziziphus jujuba* L.).

Des lettres différentes indiquent une différence significative ($p < 0,05$). Les résultats sont classés par ordre décroissant; $a > b$. **EOH 80:** Ethanol 80; **MOH 80:** Méthanol 80; **AC 80:** Acétone 80 et **ED:** Eau Distillée.

IV.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 20). Les taux les plus élevés sont enregistrés pour les extraits aqueux, acétoniques et méthanoliques avec des valeurs qui varient entre $266,96 \pm 21,49$ mg EQ/100 g MS et $287,24 \pm 10,21$ mg EQ/100g MS. Cependant, le taux le plus faible en flavonols est noté pour l'extrait éthanolique

avec une teneur de l'ordre de $215,60 \pm 13,19$ mg EQ/100 g MS. Ces résultats sont en accord avec les teneurs enregistrées par (Song et al., 2019) dans leur étude réalisée sur les feuilles du jujubier (*Ziziphus jujuba* Mill.) Chinois avec des teneurs qui oscillent entre 2,6 et 25,1 mg/g MS. En outre, ces auteurs ont constaté que la Quercétine-3-O-arabinosyl-rhamnoside et la rutine sont les plus abondants flavonols dans les feuilles du jujubier.

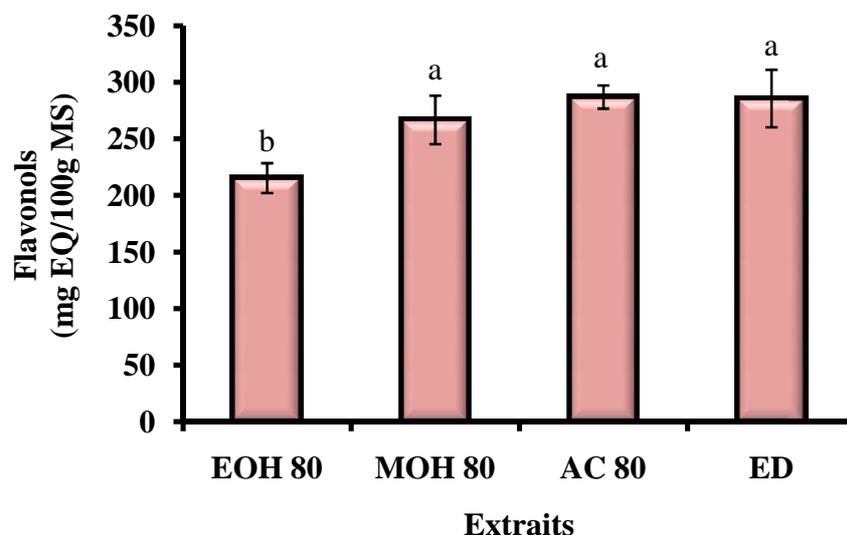


Figure 20: Teneurs en flavonols des extraits de feuilles du jujubier (*Ziziphus jujuba* L.).

Des lettres différentes indiquent une différence significative ($p < 0,05$). Les résultats sont classés par ordre décroissant; $a > b$. **EOH 80:** Ethanol 80; **MOH 80:** Méthanol 80; **AC 80:** Acétone 80 et **ED:** Eau Distillée.

IV.4.4. Tanins condensés

Les teneurs en tanins des différents extraits de *Ziziphus jujuba* analysés sont indiquées dans la Figure 21. Les résultats obtenus montrent des différences significatives à $p < 0,05$ entre les différents extraits. L'extrait méthanolique présente la teneur la plus élevée en tanins condensés qui est de l'ordre de $28,31 \pm 0,43$ mg EQ/100 g MS. Dans les extraits éthanoliques et acétonique, les teneurs en tanins condensés sont respectivement $23,90 \pm 0,10$ mg EQ/100g MS et $23,18 \pm 1,37$ mg EQ/100g MS. Cependant, le taux le plus faible en proanthocyanidines est noté pour l'extrait aqueux avec une valeur de l'ordre de $16,80 \pm 2,33$ mg EQ/100 g MS. Ces résultats sont en accord avec les résultats enregistrés par Yahia *et al.* (2020). Cependant, les teneurs en tanins notés dans la présente étude sont inférieurs à ceux enregistrés par (Bekkar, Meddah, Cakmak, & Keskin, 2021) qui ont noté que la teneur en tanins condensés dans les extraits méthanolique et aqueux de la variété *Chalepensis* sont de l'ordre de $18,97 \pm 0,0025$ mg CE/g MS et $17,18 \pm 0,0051$ mg CE/g

MS, respectivement. Selon cette études, les teneurs les plus élevées en polyphénols en général et en tanins en particulier ont été enregistré dans l'extrait méthanolique, ce qui indique que l'utilisation du méthanol, comme solvant organique est plus efficace pour l'extraction de ces substances à partir des feuilles de *Ziziphus jujuba*.

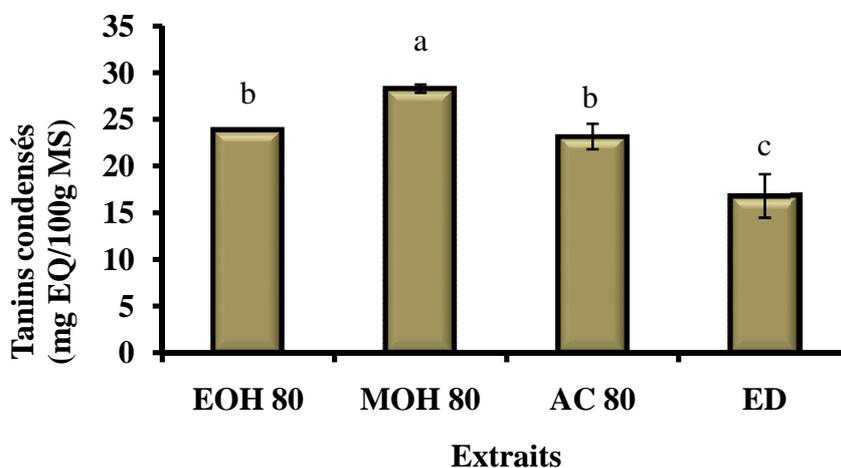


Figure 21: Teneurs en tanins condensés des extraits de feuilles du jujubier (*Ziziphus jujuba* L.).

Des lettres différentes indiquent une différence significative ($p < 0,05$). Les résultats sont classés par ordre décroissant; $a > b > c$. **EOH 80:** Ethanol 80; **MOH 80:** Méthanol 80; **AC 80:** Acétone 80 et **ED:** Eau Distillée.

IV.4.5. Caroténoïdes et chlorophylle

Les résultats obtenus montrent que le taux de caroténoïdes enregistré dans la poudre des feuilles du jujubier (*Ziziphus jujuba*) est de l'ordre de $22,85 \pm 0,73$ mg/100 g MS et les teneurs en chlorophylle a et chlorophylle b sont respectivement $70,98 \pm 0,80$ mg/100 g MS et $34,94 \pm 4,47$ mg/100 g MS (Figure 22). Les taux chlorophylle a et b des feuilles de *Ziziphus jujuba* étudiées sont inférieurs aux taux enregistrés par Mathur & Vyas (1995) dans la variété de *Ziziphus mauritiana*. En outre, le taux de caroténoïdes noté dans la présente étude est supérieur à celui rapporté par (HOUTA, CHOUAEB, NEFFATI, & AMRI, 2012) qui est de l'ordre de $3,46$ µg/100g MF. Ces différences peuvent s'expliquer par des différences variétales et/ou à la sensibilité des caroténoïdes à la chaleur, à la lumière et aussi aux conditions de séchage et de stockage.

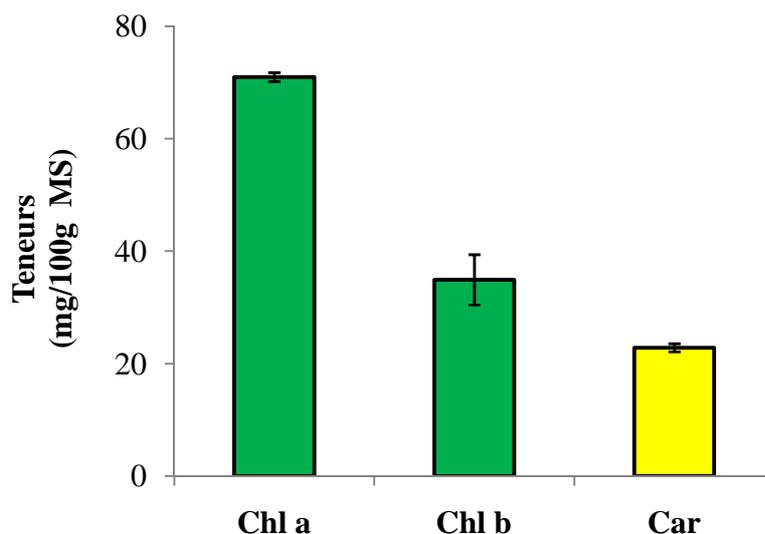


Figure 22: Teneurs en caroténoïdes et chlorophylle (a et b) des feuilles du jujubier (*Ziziphus jujuba* L.).

IV.5. Evaluation du pouvoir antioxydant

IV.5.1. Pouvoir réducteur

Le pouvoir réducteur mesure la capacité des extraits à réduire les ions métalliques [fer ferrique (Fe^{3+}) du ferrocyanure de potassium en forme ferreuse (Fe^{2+})]. Il représente l'aptitude d'une substance à transférer un électron ou à donner un atome d'hydrogène (Yen & Chen, 1995).

Les résultats du pouvoir réducteur sont exprimés en milligramme équivalent acide ascorbique par cent gramme de Matière Sèche (mg EAA/100 g MS) à différentes concentrations. La Figure 23 montre que l'activité augmente en fonction de la concentration des extraits et que l'extrait éthanolique a présenté l'activité la plus élevée ($p < 0,05$) avec une concentration de $2039,93 \pm 54,21$ mg EAA/100 g MS, suivie des extraits acétoniques, méthanolique et aqueux avec des valeurs de l'ordre de $1973,38 \pm 74,84$ mg EAA/100g MS, $1379,05 \pm 38,68$ mg EAA/100g MS et $887,73 \pm 17,88$ mg EAA/100g MS, respectivement.

La capacité réductrice ($CR_{0,5}$) est définie comme étant la concentration du substrat qui donne une absorbance de 0,5 à 700 nm. Elle est obtenue à partir d'une courbe de régression linéaire (Bourgou *et al.*, 2008). Les valeurs des $CR_{0,5}$ (exprimées en mg/mL) des différents extraits sont regroupées dans le (Tableau VIII) confirmant les résultats obtenus précédemment. L'extrait éthanolique présente la meilleure capacité réductrice des ions ferriques avec une concentration de $21,29 \pm 0,57$ mg/mL comparativement aux autres

extraits. Des résultats similaires ont été noté par (Khaleel et al., 2016) pour l'extrait éthanolique des feuilles de *Z. spina-christi* a la capacité réductrice la plus élevé par rapport aux autres extraits méthanoliques et aqueux.

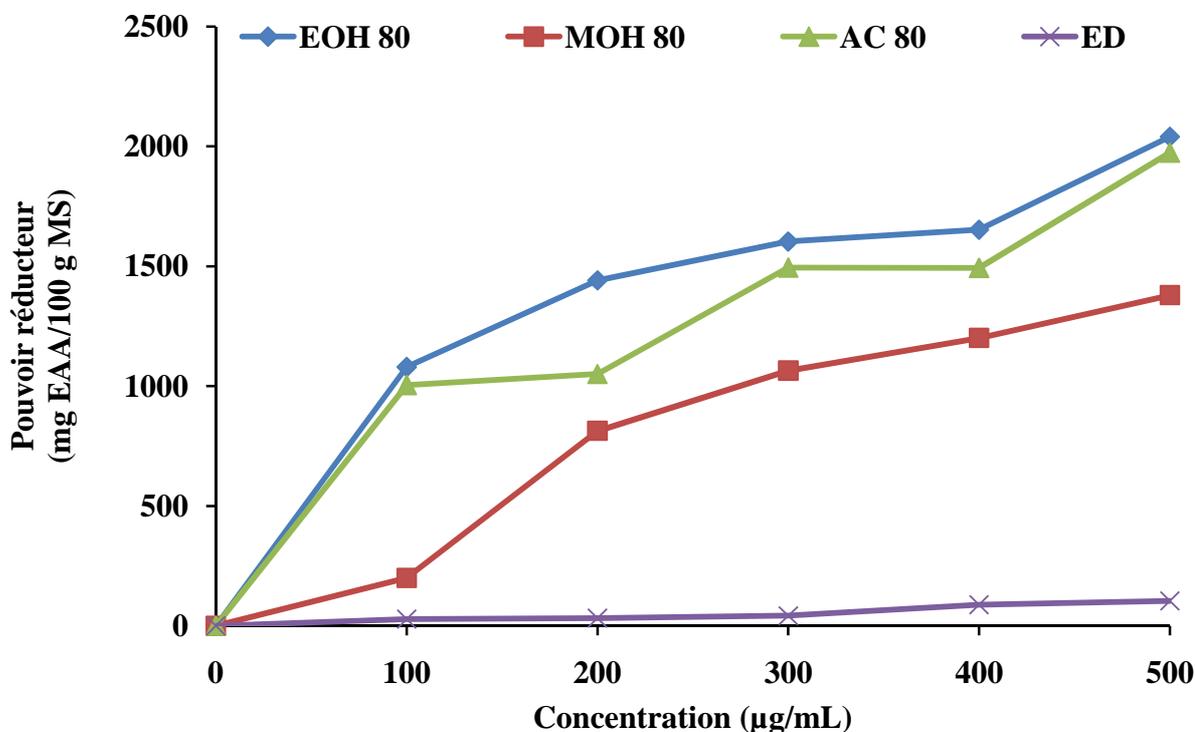


Figure 23: Pouvoir réducteur en fonction de la concentration des différents extraits de *Ziziphus jujuba* L.

Tableau VIII: Pouvoir réducteurs et les $CR_{0,5}$ des différents extraits des feuilles de jujubier (*Ziziphus jujuba*).

Solvants	Pouvoir réducteur (mg EAA/100g MS)	$CR_{0,5}$ (mg/mL)
EOH 80	2039,93 ± 54,21 ^a	21,29 ± 0,57 ^a
MOH 80	1379,05 ± 38,68 ^c	36,16 ± 0,86 ^b
AC 80	1973,38 ± 74,84 ^b	22,02 ± 0,84 ^a
ED	887,73 ± 17,88 ^d	48,90 ± 0,98 ^c

Des lettres différentes indiquent une différence significative ($p < 0,05$). Les résultats sont classés par ordre décroissant; $a > b > c > d$. $CR_{0,5}$: Capacité réductrice à 0,5.

IV.5.2. 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 de l'activité antiradicalaire sont exprimés en milligramme Equivalent Trolox par cent gramme de Matière Sèche (mg ET/100 g MS) à différentes concentrations.

La Figure 24 indique que le pourcentage d'inhibition du radical DPPH° augmente au fur et à mesure que la concentration de l'extrait s'élève. L'étude statistique montre qu'il y'a une différence significative ($p < 0,05$) entre l'activité antiradicalaire des différents extraits de feuilles du jujubier (*Ziziphus jujuba*).

Les résultats de notre étude ont montré que l'extrait acétonique a donné la meilleure activité de piégeage du radical DPPH comparativement aux autres extraits. Ces résultats sont en accords aux résultats trouvés par Yahia *et al.* (2020) qui ont montré que l'activité antiradicalaire des feuilles de *Z. lotus* et *Z. mauritiana* sont respectivement 30 et 31 mg GAE/g DW. En revanche, (Khaleel *et al.*, 2016) ont conclu que les extraits méthanoliques et aqueux donné la meilleure activité comparativement aux extraits éthanoliques. Ces différences enregistrée par rapport a nous résultats peut être du à des différences variétales, techniques d'extraction et/ou de dosage ainsi qu'aux teneurs de ces extraits en substances bioactives.

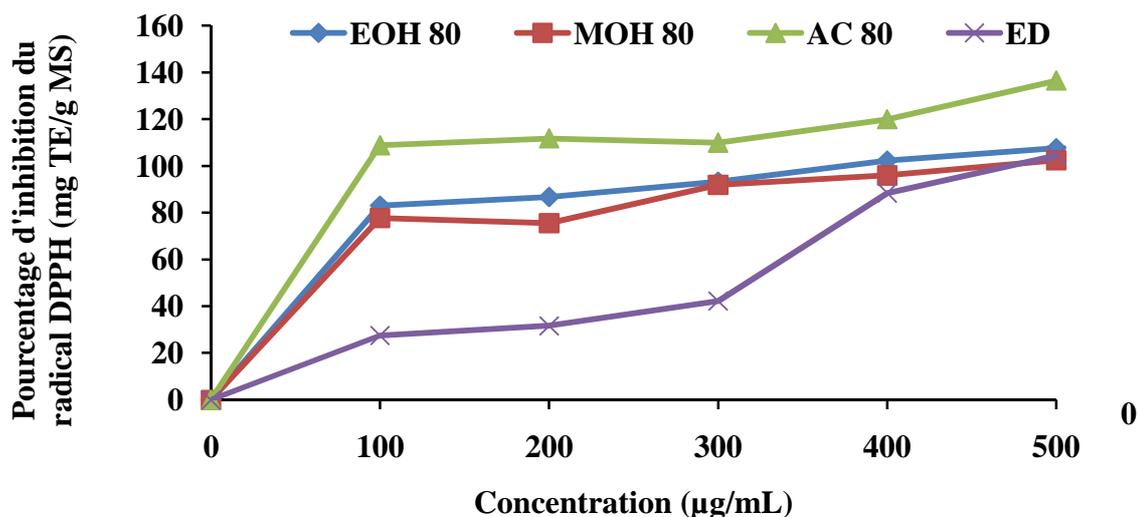


Figure 24: Activité antiradicalaire en fonction de la concentration des différents extraits de *Ziziphus jujuba* L.

Les résultats de l'activité antiradicalaire des différents extraits sont confirmés par la mesure de la concentration inhibitrice à 50% et que l'extrait acétonique présente la plus faible concentration inhibitrice avec une concentration de $12,75 \pm 1,24 \mu\text{g/mL}$ (Tableau IX). Ces résultats sont largement inférieures à ceux enregistrés par (Khaleel et al., 2016) sur *Z. spina-christi* avec des IC_{50} de l'ordre de 21,4, 24,2 $\mu\text{g/mL}$ et 54,3 $\mu\text{g/mL}$ des extraits méthanolique, aqueux et éthanolique, respectivement.

Tableau IX: Activité antiradicalaire (DPPH) et les IC_{50} des différents extraits des feuilles de jujubier (*Ziziphus jujuba* L.).

Solvants	Pourcentage d'inhibition du DPPH ($\mu\text{g ET}/100\text{g MS}$)	IC_{50} ($\mu\text{g/mL}$)
EOH 80	$107,65 \pm 10,94^b$	$16,18 \pm 1,56^a$
MOH 80	$102,23 \pm 26,52^b$	$17,57 \pm 3,96^a$
AC 80	$136,49 \pm 2,88^a$	$12,75 \pm 1,24^b$
ED	$104,55 \pm 5,05^b$	$16,58 \pm 0,82^a$

*Des lettres différentes indiquent une différence significative ($p < 0,05$). Les résultats sont classés par ordre décroissant; $a > b$. **IC 50:** Concentration inhibitrice à 50%.*



Conclusion



Le présent travail avait pour objectif principal la détermination de quelques paramètres physico-chimiques (pH, humidité, cendres), ainsi que la détermination de certains métabolites secondaires qui peuvent être présentés dans les extraits des feuilles du jujubier (*Zizyphus jujuba*) par des tests phytochimiques. En outre, le contenu en antioxydants (polyphénols totaux, flavonoïdes, flavonols, tanins condensés, caroténoïdes et chlorophylle) et les propriétés antioxydantes *In vitro* utilisant deux méthodes: le pouvoir réducteur et l'activités antiradicalaires (DPPH) des différents extraits (Méthanol 80, Ethanol 80, Acétone 80 et l'extrait aqueux) ont été évalués.

Les résultats obtenus ont montré que l'extrait des feuilles de *Zizyphus jujuba* possèdent un pH de $6,21 \pm 0,08$, un taux d'humidité de $8,27 \pm 0,14$ % et un taux de cendres de $7,38 \pm 0,03$ %. En outre, les résultats des tests phytochimiques ont révélé la présence de tanins totaux, des mucilages, des composés réducteurs et des saponosides avec des proportions importantes dans l'extrait aqueux.

De plus, les résultats obtenus ont révélé des variations significatives ($p < 0,05$) des teneurs en polyphénols totaux, flavonoïdes, tanins condensés entre les quatre extraits analysés. L'extrait méthanolique présente le taux le plus élevé en polyphénols ($4915,26 \pm 601,66$ mg EAG/100g MS), en tanins ($28,31 \pm 0,43$ mg EQ/100 g MS) comparativement aux extraits éthanolique, acétonique et aqueux. Cependant, la teneur en flavonoïdes la plus élevée a été enregistrée par l'extrait acétonique avec un taux de $1011,11 \pm 88,53$ mg EC/100 g MS et en flavonols avec une teneur variant entre $266,96 \pm 21,49$ mg EQ/100g MS (extrait méthanolique) à $287,24 \pm 10,21$ mg EQ/100g MS (extrait acétonique).

Les résultats de l'activité antioxydante estimée à différentes concentrations ont montré que le pouvoir réducteur le plus élevé est enregistré pour l'extrait éthanolique avec un taux de ($2039,93 \pm 54,21$ mg EAA/100 g MS) suivie des extraits acétonique ($1973,38 \pm 74,84$ mg EAA/100g MS), méthanolique ($1379,05 \pm 38,68$ mg EAA/100g MS) et aqueux ($887,73 \pm 17,88$ mg EAA/100g MS). Cependant, l'extrait acétonique a montré l'activité antiradicalaire contre le radical DPPH la plus élevée avec des taux de $136,49 \pm 2,88$ mg ET/100 g MS comparativement aux autres extraits qui ont donné des activités antioxydantes très proches. D'après ces résultats, nous concluons que la poudre des feuilles du 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 feuilles des autres variétés du jujube existantes en Algérie et déterminer leurs propriétés fonctionnelles;
- D'identifier les composés antioxydants des feuilles de jujubier (*Ziziphus jujuba*) par des techniques plus avancées comme l'HPLC et l'UPLC;
- Réalisation des études de toxicité chronique des composés majoritaires de cette plante.



Références Bibliographiques



- Abdeddaim, M., Lombarkia, O., Bacha, A., Fahloul, D., Abdeddaim, D., Farhat, R., & Lekbir, A. (2014). Biochemical characterization and nutritional properties of *Zizyphus lotus* L. fruits in Aures region, northeastern of Algeria. *Food Science and Technology*, *15*, 75-81.
- Abdel-galil, F. M., & El-Jissry, M. A. (1991). Cyclopeptide alkaloids from *Zizyphus spina-christi*. *Phytochemistry*, *30*(4), 1348-1349.
- 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.
- 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. (1970). Directives générales pour le dosage de l'azote avec minéralisation selon la méthode Kjeldahl (produits agricoles alimentaires). Ed. AFNOR, 3, 500.
- Afrisham, R., Aberomand, M., Ghaffari, M. A., Siahpoosh, A., & Jamalan, M. (2015). Inhibitory Effect of *Heracleum persicum* and *Ziziphus jujuba* on Activity of Alpha-Amylase. *Journal of Botany*, 1-8.
- Akowuah, G., Zhari, I., Norhayati, I., Sadikun, A., & Khamsah, S. (2004). Sinensetin, eupatorin, 3'-hydroxy-5, 6, 7, 4'-tetramethoxyflavone and rosmarinic acid contents and antioxidative effect of *Orthosiphon stamineus* from Malaysia. *Food Chemistry*, *87*(4), 559-566.
- Aloui, M. E., Mguis, K., Laamouri, A., Albouchi, A., Cerny, M., Mathieu, C., & Hasnaoui, B. (2012). Fatty acid and sterol oil composition of four Tunisian ecotypes of *Ziziphus zizyphus* (L.) H. Karst. *Acta Botanica Gallica*, *159*(1), 25-31.
- 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.
- Arndt, S., & Kayser, O. (2001). *Ziziphus*-a medicinal plant genus with tradition and future potential. *Zeitschrift Fur Phytotherapie*, *22*(2), 98-106.
- Asimuddin, M., Shaik, M. R., Fathima, N., Afreen, M. S., Adil, S. F., Siddiqui, R. H., & Khan, M. (2020). Study of antibacterial properties of *Ziziphus mauritiana* based green synthesized silver nanoparticles against various bacterial strains. *Sustainability*, *12*(4), 1484.
- 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.

Aubreville A (1950) Flore forestière soudano-guinéenne. AO.F., Cameroun AEF. Paris, Soc. Ed. Geogr. Maritime et colon. 523p.

Amellal, H., & Benamara, S. (2008). Vacuum drying of common date pulp cubes. *Drying Technology*, 26(3), 378-382.

Balasundram, N., Sundram, K., & Samman, S. (2006). Phenolic compounds in plants and agri-industrial by-products: Antioxidant activity, occurrence, and potential uses. *Food Chemistry*, 99(1), 191-203.

Bahorun, T. (1998). Substances naturelles actives: la flore mauricienne, une source d'approvisionnement potentielle. Paper presented at the *Second Annual Meeting of Agricultural Scientists.Short Communication*.

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. (2017). Evaluation of Physical-Chemical, Pharmacodynamic and Pharmacological Attributes of Hot Air Dried and Swell Dried Jujube Powders. *Journal of Food Process Engineering*, 40(2), p e12364.

Benammar, C., Baghdad, C., Belarbi, M., Subramaniam, S., Hichami, A., & Khan, A. (2014). Antidiabetic and antioxidant activities of *Zizyphus lotus* L. aqueous extracts in Wistar rats. *Nutrition & Food Sciences*. S8, 04.

Benammar, C., Hichami, A., Yessoufou, A., Simonin, A.-M., Belarbi, M., Allali, H., & Khan, N. A. (2010). *Zizyphus lotus* L.(Desf.) modulates antioxidant activity and human T-cell proliferation. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 10(1), 1-9.

Borgi, W., & Chouchane, N. (2008). Anti-spasmodic effects of *Zizyphus lotus* (L.) Desf. extracts on isolated rat duodenum. *Journal of Ethnopharmacology*, 126(3), 571-573.

Bourgou, S., Ksouri, R., Bellila, A., Skandrani, I., Falleh, H., & Marzouk, B. (2008). Phenolic composition and biological activities of Tunisian *Nigella sativa* L. shoots and roots. *Comptes Rendus Biologies*, 331(1), 48-55.

Brewer, M. (2011). Natural antioxidants: sources, compounds, mechanisms of action, and potential applications. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 10(4), 221-247.

Bruneton, J., & Pharmacognosie, P. (1999). Plantes médicinales. *Tec & Doc, Ed. Lavoisier, Paris*, p 1095.

Bouet, C., (1998). Une expérience de plantation des jujubiers de chine en Languedoc, *Reveiw of Fruit*, 5p.

Bärtels, A. (1997). *Guide des plantes de basin méditerranées. Ed Engen Ulmen*, 58 p.

Bekkar, N. E. H., Meddah, B., Cakmak, Y. S., & Keskin, B. (2021). PHENOLIC COMPOSITION, ANTIOXIDANT AND ANTIMICROBIAL ACTIVITIES OF ZIZYPHUS LOTUS L. AND RUTA CHALEPENSIS L. GROWING IN MASCARA (WESTERN ALGERIA). *Journal of microbiology, biotechnology and food sciences*, 10(5), e3004-e3004.

Bloor, S. J. (2001). Overview of methods for analysis and identification of flavonoids. *Methods in enzymology*, 335, 3-14.

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.

Chen, H. Y., Lin, Y. C., & Hsieh, C.L. (2007). Evaluation of antioxidant activity of aqueous extract of some selected nutraceutical herbs. *Food Chemistry*, 104(4), 1418-1424.

Ćetković, G., Čanadanović-Brunet, J., Djilas, S., Savatović, S., Mandić, A., & Tumbas, V. (2008). Assessment of polyphenolic content and in vitro antiradical characteristics of apple pomace. *Food Chemistry*, 109(2), 340-347.

Chevalier, A. (1947). Les *Jujubiers* ou *Zizyphus* de l'Ancien monde et l'utilisation de leurs fruits. *Journal d'Agriculture Traditionnelle et de Botanique Appliquée*, 27(301), 470-483.

Cotelle, N. (2001). Role of flavonoids in oxidative stress. *Current Topics in Medicinal Chemistry*, 1(6), 569-590.

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

Chowdary, N., & Padashetty, N. (2000). In vitro screening of antibacterial activity of leaves of Ber. *Current Research-University of Agricultural Sciences (Bangalore)*, 29(5/6), 78-79.

Couverchel, J. F. (1852). *Traité complet des fruits de tout espece comprenant la description des fruits tant indigènes qu'exotiques, leur emploi dans l'alimentation, l'economie domestique, la medecine et les arts*: Bouchard-Huzard.

Danthu, P., Soloviev, P., & Toure, M. (2000). La domestication du *jujubier* (*Zizyphus mauritiana* Lam.) au Sénégal: quelques résultats concernant sa propagation végétative.

Dénou, A., Sawadogo, Y., Haidara, M., Togola, A., Sanogo, R., & Diallo, D. (2016). Activité antidiabétique des racines de *zizyphus mucronata* Willd (Rhamnaceae) chez le lapin. *International Journal of Multidisciplinary Research and Development*, 3 (6), 24-26.

Diallo, D., Sanogo, R., Yasambou, H., Traoré, A., Coulibaly, K., & Maïga, A. (2004). Étude des constituants des feuilles de *Zizyphus mauritiana* Lam.(Rhamnaceae), utilisées traditionnellement dans le traitement du diabète au Mali. *Comptes Rendus Chimie*, 7(10-11), 1073-1080.

- 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.
- Djilali, A. B., Benseddik, A., Bouacem, K., Allaf, K., & Nabiev, M. (2020). Functional Properties of Pulicaria odora L. Leaves Pre-coated in gel based *Ziziphus jujuba* Mill. Peel Powder. 1-6.
- 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.
- DJEMAI ZOUGHLACHE, S. (2009). *Etude de l'activité biologique des extraits du fruit de Zizyphus lotus L.* Université de Batna 2.
- Ebrahimabadi, A. H., Mazoochi, A., Kashi, F. J., Djafari-Bidgoli, Z., & Batooli, H. (2010). Essential oil composition and antioxidant and antimicrobial properties of the aerial parts of *Salvia eremophila* Boiss. from Iran. *Food and Chemical Toxicology*, 48(5), 1371-1376.
- Eiznhamer, D. A., & Xu, Z.Q. (2004). Betulinic acid: a promising anticancer candidate. *IDrugs: The Investigational Drugs Journal*, 7(4), 359-373.
- Elmahi, M., Essassi, E., Hamamouchi, M., & Hamamouchi, J. (1997). Study on the antimicrobial and antibilharzia activity of *Ziziphus vulgaris*. *Fitoterapia*, 68, 34-36.
- 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.
- Ebrahimi, N. S., Hadian, J., Mirjalili, M.H., Sonboli, A. & Youcefzadi M. (2008). Essentiel oil composition and antibacterial activity of thymus caramanicus et different phonological stages. *Food Chemistry*.110:927-931.
- François. (2009). *Les fruitiers rares*. Confrérie des Planteurs de Fruitiers Rares: Répertoire des articles, p 134 .
- Fekih, N., 2009. Contribution a l'étude chimique de zizyphus lotus L. Mémoire de magister chimie. Universitaire Abou Baker Belkaid Tlemcen. 57p
- Fleuriet, A. (1982). *EXPRESSION ET REGULATION DU METABOLISME DES DERIVES HYDROXYCINNAMIQUES AU COURS DE LA CROISSANCE, DE LA MATURATION ET DE LA REACTION AUX BLESSURES DU FRUIT DE LA TOMATE" CERISE"(LYCOPERSICUM ESCULENTUM VAR. CERASIFORME)*.

- Gao, Q.-H., Wu, C.-S., & Wang, M. (2013). The jujube (*Ziziphus jujuba* Mill.) fruit: a review of current knowledge of fruit composition and health benefits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61(14), 3351-3363.
- Ghazghazi, H., Aouadhi, C., Riahi, L., Maaroufi, A., & Hasnaoui, B. (2014). Fatty acids composition of Tunisian *Ziziphus lotus* L.(Desf.) fruits and variation in biological activities between leaf and fruit extracts. *Natural Product Research*, 28(14), 1106-1110.
- Girotti-Chanu, C. (2006). *Etude de la lipolyse et de la synthèse de composés du derme sous l'effet de la cirsimarine, flavone extraite de Microtea debilis*. Thèse de Doctorat INSA, Lyon.
- Goetz, P. (2009). Mise en évidence d'un effet psychotrope de la teinture mère de *Zizyphus jujuba* Mill. *Phytothérapie*, 7(1), 31-36.
- Goncharova, N., Isamukhamedov, A. S., & Glushenkova, A. (1990). Lipids of *Zizyphus jujuba*. *Chemistry of Natural Compounds*, 26(1), 16-18.
- 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.
- Ghedira, K. (2013). *Zizyphus lotus* (L.) Desf.(Rhamnaceae): jujubier sauvage. *Phytothérapie*, 11(3), 149-153.
- Halliwell, B. (1994). Free radicals and antioxidants: a personal view. *Nutrition reviews*, 52(8), 253-265.
- Hammi, K. M., Jdey, A., Abdelly, C., Majdoub, H., & Ksouri, R. (2015). Optimization of ultrasound-assisted extraction of antioxidant compounds from Tunisian *Zizyphus lotus* fruits using response surface methodology. *Food Chemistry*, 184, 80-89.
- Hossain, M. A. (2019). A phytopharmacological review on the Omani medicinal plant: *Ziziphus jujube*. *Journal of King Saud University-Science*, 31(4), 1352-1357.
- Huang, L., Ye, W., Cai, B., Li, D., Liu, J., & Liu, M. (1990). A preliminary study on the pharmacology of the compound prescription huangqin tang and its component drugs. *Zhongguo Zhong yao za zhi Zhongguo zhongyao zazhi. China Journal of Chinese Materia Medica*, 15(2), 115-117, 128.
- Hutchinson, J., & Dalziel, J. (1958). Flora of west tropical Africa, Vol 1, crown agents for oversea governments and administrations. *Ed. Millbank, London, UK*, pp 1-2.
- HOUTA, O., CHOUAEB, H., NEFFATI, M., & AMRI, H. (2012). Criblage chimique préliminaire des protéines et caroténoïdes présents dans un *Crithmum maritimum* cultivé en Tunisie. *Nous*, 11, 12.
- Ibrahim, U. K., Kamarrudin, N., Suzihaque, M. U. H., Abd Hashib, S. (2017). Local fruit wastes as a potential source of natural antioxidant: An Overview. *IOP Publishing*, 206 (1), 1088-1757.

- Ikram, M., Ogihara, Y., & Yamasaki, K. (1981). Structure of a new saponin from *Zizyphus vulgaris*. *Journal of Natural products*, 44(1), 91-93.
- Iserin, P., Masson, M., & Kedellini, J. (2001). Encyclopédie des Plantes Médicinales, Identifications. *Préparations. Soins*.
- Judd, W. S., Campbell, C. S., Kellogg, E. A., Stevens, P. F., & Donoghue, M. J. (1999). Plant systematics: a phylogenetic approach. *Ecología Mediterránea*, 25(2), 215.
- King, A., & Young, G. (1999). Characteristics and occurrence of phenolic phytochemicals. *Journal of the American Dietetic Association*, 99(2), 213-218.
- Kusumawati, I., & Indrayanto, G. (2013). Natural antioxidants in cosmetics Studies in natural products chemistry. *Ed. Elsevier, Paris*. pp 485-505.
- Ko, S.-H., Choi, S.-W., Ye, S.-K., Yoo, S., Kim, H.-S., & Chung, M.-H. (2008). Comparison of anti-oxidant activities of seventy herbs that have been used in Korean traditional medicine. *Nutrition Research and Practice*, 2(3), 143-151.
- Kim, Myoung H. "Flavonoids inhibit VEGF/bFGF-induced angiogenesis in vitro by inhibiting the matrix-degrading proteases." *Journal of cellular biochemistry* 89.3 (2003): 529-538.
- Kim, D. S., Pezzuto, J. M., & Pisha, E. (1998). Synthesis of betulinic acid derivatives with activity against human melanoma. *Bioorganic & medicinal chemistry letters*, 8(13), 1707-1712.
- Khaleel, S. M., Jaran, A. S., & Haddadin, M. S. (2016). evaluation of total phenolic content and antioxidant activity of three leaf extracts of *Zizyphus spina-christi* (Sedr) grown in Jordan. *Journal of Advances in Medicine and Medical Research*, 1-8.
- Kirkbride, J. H., Wiersema, J. H., & Turland, N. J. (2006). Proposal to conserve the name *Zizyphus jujuba* against *Z. zizyphus* (Rhamnaceae). *Taxon*, 5, 1027-1052.
- Kubola, J., & Siriamornpun, S. (2008). Phenolic contents and antioxidant activities of bitter melon (*Momordica charantia* L.) leaf, stem and fruit fraction extracts in vitro. *Food chemistry*, 110(4), 881-890.
- Koné, B., Kalinganire, A., & Doumbia, M. (2009). *La culture du jujubier: un manuel pour l'horticulteur sahélien*: World Agroforestry Centre.
- 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.
- Le Crouéour, G., Thépenier, P., Richard, B., Petermann, C., Ghédira, K., & Zèches-Hanrot, M. (2002). Lotusine G: a new cyclopeptide alkaloid from *Zizyphus lotus*. *Fitoterapia*, 73(1), 63-68.

- Lee, S. M., Min, B. S., Lee, C.-G., Kim, K.-S., & Kho, Y. H. (2003). Cytotoxic triterpenoids from the fruits of *Zizyphus jujuba*. *Planta Medica*, 69(11), 1051-1054.
- 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, P.-J., Jin, T., Luo, D.-H., Shen, T., Mai, D.-M., Hu, W.-H., & Mo, H.-Y. (2015). Effect of prolonged radiotherapy treatment time on survival outcomes after intensity-modulated radiation therapy in nasopharyngeal carcinoma. *PloS one*, 10(10), e0141332.
- Liu, W.-K., Ho, J. C., Cheung, F. W., Liu, B. P., Ye, W.-C., & Che, C.-T. (2004). Apoptotic activity of betulinic acid derivatives on murine melanoma B16 cell line. *European Journal of Pharmacology*, 498(1-3), 71-78.
- Lobo, V., Patil, A., Phatak, A., & Chandra, N. (2010). Free radicals, antioxidants and functional foods: Impact on human health. *Pharmacognosy Reviews*, 4(8), 118.
- Mahmoud, K. B., Wasli, H., Mansour, R. B., Jemai, N., Selmi, S., Jemmali, A., & Ksouri, R. (2022). Antidiabetic, antioxidant and chemical functionalities of *Zizyphus jujuba* (Mill.) and *Moringa oleifera* (Lam.) plants using multivariate data treatment. *South African Journal of Botany*, 144, 219-228.
- Mahajan, R., & Chopda, M. (2009). Phyto-Pharmacology of *Zizyphus jujuba* Mill-A plant review. *Pharmacognosy Reviews*, 3(6), 320.
- Marfak, A. (2003). Radiolyse gamma des flavonoïdes, Etude de leur réactivité avec les radicaux issus des alcools: formation de depsides. *Thèse de Doctorat, Université de Limoges*, p 199.
- Materska, M., & Perucka, I. (2005). Antioxidant activity of the main phenolic compounds isolated from hot pepper fruit (*Capsicum annum* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(5), 1750-1756.
- Mathur, N., & Vyas, A. (1995). I. Influence of VA mycorrhizae on net photosynthesis and transpiration of *Zizyphus mauritiana*. *Journal of Plant Physiology*, 147(3-4), 328-330.
- Maydell, H. v. (1983). Arbres et arbustes du Sahel: leurs caractéristiques et leurs utilisations. *Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ)/GmbH, Eschborn*.
- Milane, H. (2004). La quercétine et ses derives: molécules à caractère peroxydant ou thérapeutiques. *These de doctorat, Université Louis Pasteur Strasbourg I*, p 155.
- 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.

Mojab, F., Hamed, 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.

Molyneux, P. (2004). The use of the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity. *Songklanakarinn Journal of Science Technology*, 26(2), 211-219.

Mood, S. G. (2008). A contribution to some ethnobotanical aspects of Birjand flora (Iran). *Pak J Bot*, 40(4), 1783-1791.

Mothana, R. A. (2011). Anti-inflammatory, antinociceptive and antioxidant activities of the endemic Soqotraen *Boswellia elongata* Balf. f. and *Jatropha unicostata* Balf. f. in different experimental models. *Food and Chemical Toxicology*, 49(10), 2594-2599.

Muanda, F. N. (2010). Identification de polyphénols, évaluation de leur activité antioxydante et étude de leurs propriétés biologiques. *Thèse de doctorat en Chimie organique. Ecole doctorale SESAMES Université Paul Verlaine-Metz*, p 294.

Maciuk, A., Lavaud, C., Thépenier, P., Jacquier, M. J., Ghédira, K., & Zèches-Hanrot, M. (2004). Four new dammaranesaponins from *Zizyphus lotus*. *Journal of Natural Products*, 67(10), 1639-1643.

Mukherjee, P. K., Mukherjee, K., Rajesh Kumar, M., Pal, M., & Saha, B. (2003). Evaluation of wound healing activity of some herbal formulations. *Phytotherapy Research*, 17(3), 265-268.

Munier, P. (1973). *Le jujubier et sa culture*. *Fruits*, 28(5), 377-388.

Na, M. K., An, R., Lee, S. M., Hong, N. D., Yoo, J. K., Lee, C. B., & Bae, K. H. (2001). Screening of crude drugs for antioxidative activity. *Korean Journal of Pharmacognosy*, 32(2), 108-115.

Nawwar, M., Ishak, M., Michael, H., & Buddrust, J. (1984). Leaf flavonoids of *Zizyphus spina-christi*. *Phytochemistry*, 23(9), 2110-2111.

Nyaberi, M., Onyango, C., Mathooko, F., Maina, J., Makobe, M., & Mwaura, F. (2010). Evaluation of phytochemical, antioxidant and antibacterial activity of edible fruit extracts of *Zizyphus abyssinica* A. Rich.

Ochoa, J. J., Quiles, J. L., Ramirez-Tortosa, M., Mataix, J., & Huertas, J. R. (2002). Dietary oils high in oleic acid but with different unsaponifiable fraction contents have different effects in fatty acid composition and peroxidation in rabbit LDL. *Nutrition*, 18(1), 60-65.

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.

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.

Pisha E., Chai H., Lee I., Chagwedera T., Farnsworth N., Cordell G., Beecher C., Fong H., Kinghorn A., and Brown D. (1995) Discovery of betulinic acid as a selective inhibitor of human melanoma that functions by induction of apoptosis. *Natural Medicine*, 10, 1046-1051.

Preeti, Tripathi S. (2014). Une revue phytopharmacologique sur «*Ziziphus jujuba*», *Int. J. Rés. Dév. Pharmacie. L. Sci.*, 3(3), 959- 966.

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

Renu, Dixit, M. Yamini, & Reddy KVV Bhaskara(2019). "Pharmacognostic evaluation, physico-chemical and phytochemical analysis of leaves of Badara ie *Ziziphus jujuba* Lam. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 8 (6), 950-955.

Rsaissi,N.,ELKamili,B.Bencharki,L.Hillali,andM.Bouhache, 2013. "Antimicrobial activity of fruits extracts of the wild jujube '*Ziziphus Lotus* (L.) Desf. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, 4, 1521-1528.

Sarfaraz A., Ansari S. H. and Porchezian E. (2002) Antifungal activity of alcoholic extracts of *Ziziphus vulgaris* and *Acacia concinna*. *Hamdard Medicus. Ed. Bait al-Hikmah, Karachi, Pakistan*, pp 42-4.

SFA. Société Française des Antioxydants. (2005). Compte rendu de la conférence polyphenols (23/24 NOV2005). *Institut des corps gras, ITERG*.

Soule, A. (2011). Plantes ligneuses de Mauritanie: caractéristiques et usages. Ed. *Fondation MON-3*, p 211.

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.

Suksamrarn, S., Suwannapoch, N., Aunchai, N., Kuno, M., Ratananukul, P., Haritakun, R., . . . Ruchirawat, S. (2005). Ziziphine N, O, P and Q, new antiplasmodial cyclopeptide alkaloids from *Ziziphus oenoplia* var. *brunoniana*. *Tetrahedron*, 61(5), 1175-1180.

Song, L., Zheng, J., Zhang, L., Yan, S., Huang, W., He, J., & Liu, P. (2019). Phytochemical profiling and fingerprint analysis of Chinese jujube (*Ziziphus jujuba* Mill.) leaves of 66 cultivars from Xinjiang Province. *Molecules*, 24(24), 4528.

Tripathi, M., Pandey, M., Jha, R., Pandey, V., Tripathi, P., & Singh, J. (2001). Cyclopeptide alkaloids from *Ziziphus 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.

Tripathi, S. (2014). *Ziziphus jujuba*: a phytopharmacological review. *International Journal of Research and Development in Pharmacy & Life Sciences*, 3(3), 959-966.

Vermerris, W., & Nicholson, R. (2008). Families of phenolic compounds and means of classification Phenolic compound biochemistry. *Ed. Springer, New York*, pp 1-34

Vines, R. A. (1960). *Trees, shrubs and woody vines of the southwest*: University of Texas at Austin.

Wang, M., Chen, D., Gea, Q. H., Yu, J. G., Wu, Ch. S., Wang, Z. Sh., Wang, Y. K., Zhu, D. L. (2014). Comparison of Drip, Pope and Surge Spring Root Irrigation for *jujube* (*Ziziphus jujuba* Mill). Fruit Quality in the Loess Plateau of China. *Plos One*, 9 (2), e88912.

Yen, G.-C., & Chen, H.-Y. (1995). Antioxidant activity of various tea extracts in relation to their antimutagenicity. *Journal of agricultural and food chemistry*, 43(1), 27-32.

Yahia, Y., Benabderrahim, M. A., Tlili, N., Bagues, M., & Nagaz, K. (2020). Bioactive compounds, antioxidant and antimicrobial activities of extracts from different plant parts of two *Ziziphus* Mill. species. *PloS One*, 15(5), e0232599.

Abdel-galil, F. M., & El-Jissry, M. A. (1991). Cyclopeptide alkaloids from *Zizyphus spina-christi*. *Phytochemistry*, 30(4), 1348-1349.

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.

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, Ø. (1982). Recueil de normes françaises des produits dérivés des fruits et légumes jus de fruits. *AFNOR*, 325.

Afrisham, R., Aberomand, M., Ghaffari, M. A., Siahpoosh, A., & Jamalana, M. (2015). Inhibitory Effect of *Heracleum persicum* and *Ziziphus jujuba* on Activity of Alpha-Amylase. *Journal of Botany*, 2015.

Aloui, M. E., Mguis, K., Laamouri, A., Albouchi, A., Cerny, M., Mathieu, C., . . . Hasnaoui, B. (2012). Fatty acid and sterol oil composition of four Tunisian ecotypes of *Ziziphus zizyphus* (L.) H. Karst. *Acta botanica gallica*, 159(1), 25-31.

Amellal, H., & Benamara, S. (2008). Vacuum drying of common date pulp cubes. *Drying Technology*, 26(3), 378-382.

ANONYME, S., & LA DRAGUE, E. L. C. (2019). AUX BACK-ROOMS1. *Des mots, des pratiques et des risques: Études sur le genre, les sexualités et le sida*, 105.

Ansari, S., Bhatt, D., Masihuddin, M., & Khan, M. (2006). The wound healing and herbal drugs. *Herbal Drugs. Jay Pee Publication, New Delhi*, 460, 468.

Arndt, S., & Kayser, O. (2001). *Ziziphus*-a medicinal plant genus with tradition and future potential. *Zeitschrift Fur Phytotherapie*, 22(2), 98-106.

Asimuddin, M., Shaik, M. R., Fathima, N., Afreen, M. S., Adil, S. F., Siddiqui, R. H., . . . Khan, M. (2020). Study of antibacterial properties of *Ziziphus mauritiana* based green synthesized silver nanoparticles against various bacterial strains. *Sustainability*, 12(4), 1484.

Bekkar, N. E. H., Meddah, B., Cakmak, Y. S., & Keskin, B. (2021). PHENOLIC COMPOSITION,

- ANTIOXIDANT AND ANTIMICROBIAL ACTIVITIES OF ZIZYPHUS LOTUS L. AND RUTA CHALEPENSIS L. GROWING IN MASCARA (WESTERN ALGERIA). *Journal of microbiology, biotechnology and food sciences*, 10(5), e3004-e3004.
- 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. (2017). 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.
- Benammar, C., Baghdad, C., Belarbi, M., Subramaniam, S., Hichami, A., & Khan, A. (2014). Antidiabetic and antioxidant activities of Zizyphus lotus L aqueous extracts in Wistar rats. *Nutrition & Food Sciences*.
- Benammar, C., Hichami, A., Yessoufou, A., Simonin, A.-M., Belarbi, M., Allali, H., & Khan, N. A. (2010). Zizyphus lotus L.(Desf.) modulates antioxidant activity and human T-cell proliferation. *BMC complementary and alternative medicine*, 10(1), 1-9.
- Bloor, S. J. (2001). Overview of methods for analysis and identification of flavonoids. *Methods in enzymology*, 335, 3-14.
- Bourgou, S., Ksouri, R., Bellila, A., Skandrani, I., Falleh, H., & Marzouk, B. (2008). Phenolic composition and biological activities of Tunisian Nigella sativa L. shoots and roots. *Comptes Rendus Biologies*, 331(1), 48-55.
- Brewer, M. (2011). Natural antioxidants: sources, compounds, mechanisms of action, and potential applications. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 10(4), 221-247.
- Chen, H.-Y., Lin, Y.-C., & Hsieh, C.-L. (2007). Evaluation of antioxidant activity of aqueous extract of some selected nutraceutical herbs. *Food chemistry*, 104(4), 1418-1424.
- Chevalier, A. (1947). Les Jujubiers ou Zizyphus de l'Ancien monde et l'utilisation de leurs fruits. *Journal d'agriculture traditionnelle et de botanique appliquée*, 27(301), 470-483.
- Chowdary, N., & Padashetty, N. (2000). In vitro screening of antibacterial activity of leaves of Ber. *Current Research-University of Agricultural Sciences (Bangalore)*, 29(5/6), 78-79.
- Couverchel, J. F. (1852). *Traité complet des fruits de tout espece comprenant la description des fruits tant indigènes qu'exotiques, leur emploi dans l'alimentation, l'economie domestique, la medecine et les arts*: Bouchard-Huzard.
- Danthu, P., Soloviev, P., & Toure, M. (2000). La domestication du jujubier (Zizyphus mauritiana Lam.) au Sénégal: quelques résultats concernant sa propagation végétative.
- de Normalisation-AFNOR, A. F. (1970). Directives générales pour le dosage de l'azote avec minéralisation selon la méthode Kjeldahl (produits agricoles alimentaires). *Standard NF*, 3, 050.
- Diallo, D., Sanogo, R., Yasambou, H., Traoré, A., Coulibaly, K., & Maïga, A. (2004). Étude des constituants des feuilles de Zizyphus mauritiana Lam.(Rhamnaceae), utilisées traditionnellement dans le traitement du diabète au Mali. *Comptes Rendus Chimie*, 7(10-11), 1073-1080.
- DJEMAI ZOUGHLACHE, S. (2009). *Etude de l'activité biologique des extraits du fruit de Zizyphus lotus L*. Université de Batna 2.
- 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 15e édition*. sl: Paris: Elsevier Masson.
- Ebrahimabadi, A. H., Mazoochi, A., Kashi, F. J., Djafari-Bidgoli, Z., & Batooli, H. (2010). Essential oil composition and antioxidant and antimicrobial properties of the aerial parts of Salvia eremophila Boiss. from Iran. *Food and chemical toxicology*, 48(5), 1371-1376.
- Ebrahimi, N. S., Hadian, J., Mirjalili, M.H., Sonboli, A. & Youcefzadi M. (2008). Essential oil composition and antibacterial activity of thymus caramanicus et different phonological stages. *Food Chemistry*. 110:927-931. .
- Eiznhamer, D. A., & Xu, Z.-Q. (2004). Betulinic acid: a promising anticancer candidate. *IDrugs*:

- the investigational drugs journal*, 7(4), 359-373.
- Elmahi, M., Essassi, E., Hamamouchi, M., & Hamamouchi, J. (1997). Study on the antimicrobial and antibilharzia activity of *Ziziphus vulgaris*. *Fitoterapia*, 68, 34-36.
- 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.
- Fleuriet, A. (1982). *EXPRESSION ET REGULATION DU METABOLISME DES DERIVES HYDROXYCINNAMIQUES AU COURS DE LA CROISSANCE, DE LA MATURATION ET DE LA REACTION AUX BLESSURES DU FRUIT DE LA TOMATE" CERISE"(LYCOPERSICUM ESCULENTUM VAR. CERASIFORME)*.
- Gao, Q.-H., Wu, C.-S., & Wang, M. (2013). The jujube (*Ziziphus jujuba* Mill.) fruit: a review of current knowledge of fruit composition and health benefits. *Journal of Agricultural and food Chemistry*, 61(14), 3351-3363.
- Ghedira, K. (2013). *Zizyphus lotus* (L.) Desf.(Rhamnaceae): jujubier sauvage. *Phytothérapie*, 11(3), 149-153.
- Girotti-Chanu, C. (2006). *Etude de la lipolyse et de la synthèse de composés du derme sous l'effet de la cirsimarine, flavone extraite de Microtea debilis*. Lyon, INSA.
- Goetz, P. (2009). Mise en évidence d'un effet psychotrope de la teinture mère de *Zizyphus jujuba* Mill. *Phytothérapie*, 7(1), 31-36.
- Goncharova, N., Isamukhamedov, A. S., & Glushenkova, A. (1990). Lipids of *Zizyphus jujuba*. *Chemistry of Natural Compounds*, 26(1), 16-18.
- HOUTA, O., CHOUAEB, H., NEFFATI, M., & AMRI, H. (2012). Criblage chimique préliminaire des protéines et caroténoïdes présents dans un *Crithmum maritimum* cultivé en Tunisie. *Nous*, 11, 12.
- Huang, L., Ye, W., Cai, B., Li, D., Liu, J., & Liu, M. (1990). A preliminary study on the pharmacology of the compound prescription huangqin tang and its component drugs. *Zhongguo Zhong yao za zhi= Zhongguo zhongyao zazhi= China journal of Chinese materia medica*, 15(2), 115-117, 128.
- Hutchinson, J., & Dalziel, J. (1958). Flora of west tropical Africa, Vol 1, crown agents for overseas governments and administrations. *Millbank, London, UK*.
- Ikram, M., Ogihara, Y., & Yamasaki, K. (1981). Structure of a new saponin from *Zizyphus vulgaris*. *Journal of Natural products*, 44(1), 91-93.
- Iserin, P., Masson, M., & Kedellini, J. (2001). Encyclopédie des Plantes Médicinales, Identifications. *Préparations. Soins*.
- Judd, W. S., Campbell, C. S., Kellogg, E. A., Stevens, P. F., & Donoghue, M. J. (1999). Plant systematics: a phylogenetic approach. *Ecología mediterránea*, 25(2), 215.
- Khaleel, S. M., Jaran, A. S., & Haddadin, M. S. (2016). Evaluation of total phenolic content and antioxidant activity of three leaf extracts of *Zizyphus spina-christi* (Sedr) grown in Jordan. *Journal of Advances in Medicine and Medical Research*, 1-8.
- Kim, D. S., Pezzuto, J. M., & Pisha, E. (1998). Synthesis of betulinic acid derivatives with activity against human melanoma. *Bioorganic & medicinal chemistry letters*, 8(13), 1707-1712.
- Kirkbride, J. H., Wiersema, J. H., & Turland, N. J. (2006). Proposal to conserve the name *Zizyphus jujuba* against *Z. zizyphus* (Rhamnaceae). *Taxon*, 5, 1027-1052.
- Ko, S.-H., Choi, S.-W., Ye, S.-K., Yoo, S., Kim, H.-S., & Chung, M.-H. (2008). Comparison of anti-oxidant activities of seventy herbs that have been used in Korean traditional medicine. *Nutrition Research and Practice*, 2(3), 143-151.
- Koné, B., Kalinganire, A., & Doumbia, M. (2009). *La culture du jujubier: un manuel pour l'horticulteur sahélien*: World Agroforestry Centre.
- Kubola, J., & Siriamornpun, S. (2008). Phenolic contents and antioxidant activities of bitter melon (*Momordica charantia* L.) leaf, stem and fruit fraction extracts in vitro. *Food chemistry*, 110(4), 881-890.
- Kusumawati, I., & Indrayanto, G. (2013). Natural antioxidants in cosmetics *Studies in natural products chemistry* (Vol. 40, pp. 485-505): Elsevier.
- Laamouri, A. (2009). *Contribution à l'étude des jujubiers en Tunisie: Identification, caractérisation, adaptation au déficit hydrique et multiplication*. Ph. D., National

- Agronomic Institute. Tunisia, Tunisia.
- Le Crouéour, G., Thépenier, P., Richard, B., Petermann, C., Ghédira, K., & Zèches-Hanrot, M. (2002). Lotusine G: a new cyclopeptide alkaloid from *Zizyphus lotus*. *Fitoterapia*, *73*(1), 63-68.
- Lee, S. M., Min, B. S., Lee, C.-G., Kim, K.-S., & Kho, Y. H. (2003). Cytotoxic triterpenoids from the fruits of *Zizyphus jujuba*. *Planta medica*, *69*(11), 1051-1054.
- 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, P.-J., Jin, T., Luo, D.-H., Shen, T., Mai, D.-M., Hu, W.-H., & Mo, H.-Y. (2015). Effect of prolonged radiotherapy treatment time on survival outcomes after intensity-modulated radiation therapy in nasopharyngeal carcinoma. *PloS one*, *10*(10), e0141332.
- Liu, W.-K., Ho, J. C., Cheung, F. W., Liu, B. P., Ye, W.-C., & Che, C.-T. (2004). Apoptotic activity of betulinic acid derivatives on murine melanoma B16 cell line. *European Journal of Pharmacology*, *498*(1-3), 71-78.
- Lobo, V., Patil, A., Phatak, A., & Chandra, N. (2010). Free radicals, antioxidants and functional foods: Impact on human health. *Pharmacognosy reviews*, *4*(8), 118.
- Mahajan, R., & Chopda, M. (2009). Phyto-Pharmacology of *Zizyphus jujuba* Mill-A plant review. *Pharmacognosy Reviews*, *3*(6), 320.
- Mahmoud, K. B., Wasli, H., Mansour, R. B., Jemai, N., Selmi, S., Jemmali, A., & Ksouri, R. (2022). Antidiabetic, antioxidant and chemical functionalities of *Zizyphus jujuba* (Mill.) and *Moringa oleifera* (Lam.) plants using multivariate data treatment. *South African Journal of Botany*, *144*, 219-228.
- Materska, M., & Perucka, I. (2005). Antioxidant activity of the main phenolic compounds isolated from hot pepper fruit (*Capsicum annuum* L.). *Journal of Agricultural and food Chemistry*, *53*(5), 1750-1756.
- Maydell, H. v. (1983). Arbres et arbustes du Sahel: leurs caractéristiques et leurs utilisations. *Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ)/GmbH, Eschborn*.
- 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*.85:231237. .
- Mojab, F., Hamed, 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.
- Molyneux, P. (2004). The use of the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity. *Songklanakar J. sci. technol*, *26*(2), 211-219.
- Mood, S. G. (2008). A contribution to some ethnobotanical aspects of Birjand flora (Iran). *Pak J Bot*, *40*(4), 1783-1791.
- Mothana, R. A. (2011). Anti-inflammatory, antinociceptive and antioxidant activities of the endemic Soqotraen *Boswellia elongata* Balf. f. and *Jatropha unicostata* Balf. f. in different experimental models. *Food and Chemical Toxicology*, *49*(10), 2594-2599.
- Mukherjee, P. K., Mukherjee, K., Rajesh Kumar, M., Pal, M., & Saha, B. (2003). Evaluation of wound healing activity of some herbal formulations. *Phytotherapy Research*, *17*(3), 265-268.
- Munier, P. (1973). Le jujubier et sa culture. *Fruits*, *28*(5), 377-388.
- Na, M.-K., An, R., Lee, S.-M., Hong, N.-D., Yoo, J.-K., Lee, C.-B., . . . Bae, K.-H. (2001). Screening of crude drugs for antioxidative activity. *Korean Journal of Pharmacognosy*, *32*(2), 108-115.
- Nawwar, M., Ishak, M., Michael, H., & Buddrust, J. (1984). Leaf flavonoids of *Zizyphus spinachristi*. *Phytochemistry*, *23*(9), 2110-2111.
- Nyaberi, M., Onyango, C., Mathooko, F., Maina, J., Makobe, M., & Mwaura, F. (2010). Evaluation of phytochemical, antioxidant and antibacterial activity of edible fruit extracts of *Zizyphus abyssinica* A. Rich.
- Ochoa, J. J., Quiles, J. L., Ramirez-Tortosa, M., Mataix, J., & Huertas, J. R. (2002). Dietary oils

- high in oleic acid but with different unsaponifiable fraction contents have different effects in fatty acid composition and peroxidation in rabbit LDL. *Nutrition*, 18(1), 60-65.
- 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.
- 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.
- Quezel, P., & Santa, S. (1963). Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales.
- Sharififar, F., Pournourmohammadi, S., Arabnezhad, M., Rastegarianzadeh, R., Ranjbaran, O., & Pourhemati, A. (2009). Immunomodulatory activity of aqueous extract of *Heracleum persicum* Desf. in mice.
- Song, L., Zheng, J., Zhang, L., Yan, S., Huang, W., He, J., & Liu, P. (2019). Phytochemical profiling and fingerprint analysis of Chinese jujube (*Ziziphus jujuba* Mill.) leaves of 66 cultivars from Xinjiang Province. *Molecules*, 24(24), 4528.
- 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.
- Suksamrarn, S., Suwannapoch, N., Aunchai, N., Kuno, M., Ratananukul, P., Haritakun, R., . . . Ruchirawat, S. (2005). Ziziphine N, O, P and Q, new antiplasmodial cyclopeptide alkaloids from *Ziziphus oenoplia* var. *brunoniana*. *Tetrahedron*, 61(5), 1175-1180.
- Tripathi, M., Pandey, M., Jha, R., Pandey, V., Tripathi, P., & Singh, J. (2001). Cyclopeptide alkaloids from *Ziziphus 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.
- Tripathi, S. (2014). *Ziziphus jujuba*: a phytopharmacological review. *International Journal of Research and Development in Pharmacy & Life Sciences*, 3(3), 959-966.
- Vermeris, W., & Nicholson, R. (2008). Families of phenolic compounds and means of classification *Phenolic compound biochemistry* (pp. 1-34): Springer.
- Vines, R. A. (1960). *Trees, shrubs and woody vines of the southwest*: University of Texas at Austin.
- Yen, G.-C., & Chen, H.-Y. (1995). Antioxidant activity of various tea extracts in relation to their antimutagenicity. *Journal of agricultural and food chemistry*, 43(1), 27-32.
- Yildirim, A., Mavi, A., & Kara, A. A. (2001). Determination of antioxidant and antimicrobial activities of *Rumex crispus* L. extracts. *Journal of agricultural and food chemistry*, 49(8), 4083-4089.
- Zarga, M. A., Sabri, S., Al-Aboudi, A., Ajaz, M. S., & Sultana, N. (1995). New cyclopeptide alkaloids from *Ziziphus lotus*. *Journal of Natural products*, 58(4), 504-511.
- 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.
- Zhang, L., Liu, P., Li, L., Huang, Y., Pu, Y., Hou, X., & Song, L. (2019). Identification and antioxidant activity of flavonoids extracted from Xinjiang jujube (*Ziziphus jujube* Mill.) leaves with ultra-high pressure extraction technology. *Molecules*, 24(1), 122.
- 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.
- Zorrilla Tejada, R. (2019). Étude des interactions entre l'epigallo-catéchine-3-gallate et la B-lactoglobuline et de leurs effets sur les propriétés fonctionnelles et biologiques du système.
- Zozio, S., Servent, A., Casal, G., Mbéguié-A-Mbéguié, D., Ravion, S., Pallet, D., & Abel, H. (2014). Changes in antioxidant activity during the ripening of jujube (*Ziziphus mauritiana*

Lamk). *Food chemistry*, 150, 448-456.

Zarga, M. A., Sabri, S., Al-Aboudi, A., Ajaz, M. S., & Sultana, N. (1995). New cyclopeptide alkaloids from *Zizyphus lotus*. *Journal of Natural products*, 58(4), 504-511.

Zhang, L., Liu, P., Li, L., Huang, Y., Pu, Y., Hou, X., & Song, L. (2019). Identification and antioxidant activity of flavonoids extracted from Xinjiang jujube (*Ziziphus jujube* Mill.) leaves with ultra-high pressure extraction technology. *Molecules*, 24(1), 122.

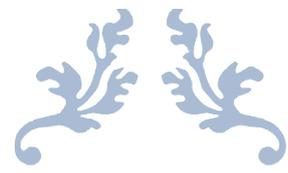
Zorrilla Tejada, R. (2019). Étude des interactions entre l'epigallo-catéchine-3-gallate et la B-lactoglobuline et de leurs effets sur les propriétés fonctionnelles et biologiques du système.

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.

Zozio, S., Servent, A., Casal, G., Mbéguié-A-Mbéguié, D., Ravion, S., Pallet, D., & Abel, H. (2014). Changes in antioxidant activity during the ripening of jujube (*Ziziphus mauritiana* Lam). *Food Chemistry*, 150, 448-456.



Annexes



Annexe I: Produits chimiques et les appareils utilisés.

Produit chimiques	Appareillages
<ul style="list-style-type: none"> ❖ Acétone ❖ Sulfate de fer ❖ Ferricyanure de potassium ❖ Molybdate d'ammonium ❖ Phosphate de sodium(NaH_2PO_4) ❖ Phosphate de sodium(Na_2HPO_4) ❖ Folin ciocalteu ❖ Carbonate de sodium ❖ Nitrate de sodium ❖ Butanol ❖ Acide chlorhydrique (HCl) ❖ Acétate de sodium ❖ Chlorure d'aluminium ❖ Hydroxyde de sodium (NaOH) ❖ Phosphomolybdate d'ammonium ❖ Acide sulfurique ❖ Tompon phosphate ❖ Acide sulfurique (H_2SO_4) ❖ DPPH ❖ Chlorure de fer (III) (FeCl_3) ❖ Méthanol ❖ Ethanol ❖ Trichlore acétique (TCA) 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ pH mètre ❖ Four à moufle ❖ Balance de précision ❖ Centrifugeuse ❖ Tubes de centrifugation ❖ Spectrophotomètre ❖ Plaque magnétiques ❖ Agitateur ❖ Barreau magnétique ❖ Etuve ❖ Verrerie : béchers, éprouvette, erlenmeyers, pipettess, fioles ❖ Propipette ❖ spatule ❖ Papier filtre ❖ Parafilme ❖ Portoir

Annexe II: Courbes d'étalonnage.

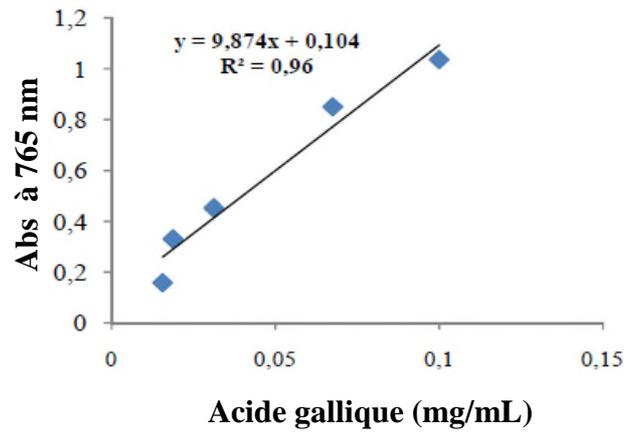


Figure 1: Courbe d'étalonnage pour le dosage des polyphénols.

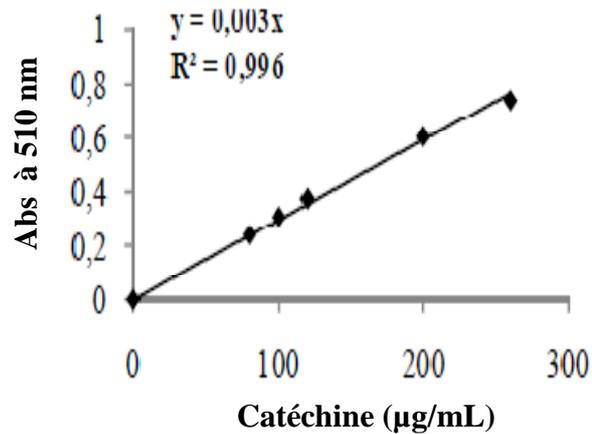


Figure 2: Courbe d'étalonnage pour le dosage des flavonoïdes.

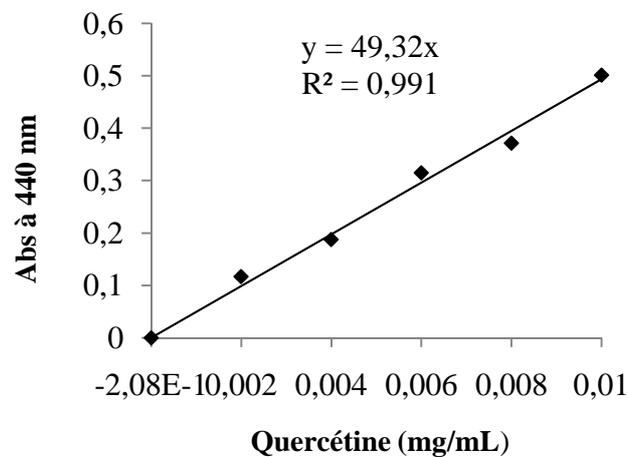


Figure 3: Courbe d'étalonnage pour le dosage des flavonols.

Annexe II: Courbes d'étalonnage (suite).

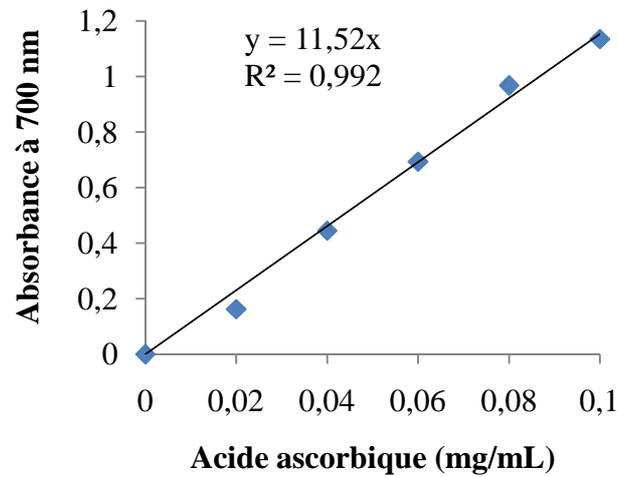


Figure 4: Pouvoir réducteur en fonction de la concentration de l'Acide Ascorbique (mg/mL).

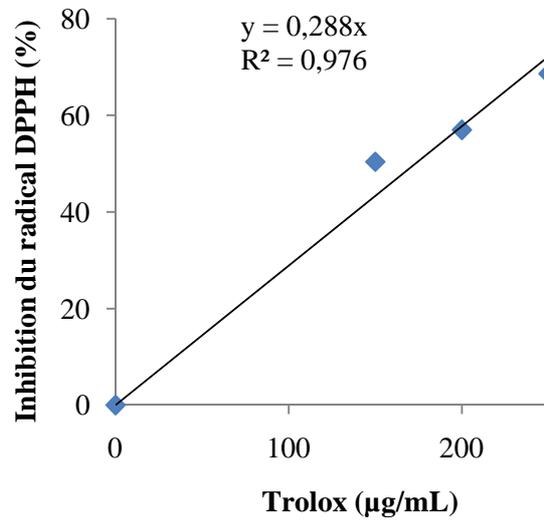


Figure 5: Activité antiradicalaire (DPPH) en fonction de la concentration du Trolox (µg/mL).

Annexe III: Photographie de quelques appareils utilisés.



Balance



Agitateur



pH mètre



Bain marie



Centrifugeuse



Spectrophotomètre



Four à moufle



Etuve

Résumé

La présente étude a pour objectif d'évaluer quelques propriétés physico-chimiques (pH, humidité et teneurs en cendres), les teneurs en substances bioactives (polyphénols, flavonoïdes, flavonols, tanins condensés, caroténoïdes et chlorophylle) et l'activité antioxydante par deux méthodes le pouvoir réducteur et l'inhibition du radical DPPH des feuilles du jujubier (*Zizyphus jujuba*). L'extraction des polyphénols a été réalisée par différents solvants (méthanol 80, éthanol 80, acétone 80 et eau distillée). Les résultats des analyses physico-chimiques obtenus montrent que la poudre des feuilles du jujubier étudiées présente un pH de $6,21 \pm 0,08$, un taux d'humidité de $8,27 \pm 0,14\%$ et une teneur en cendres de $7,38 \pm 0,03\%$. Les taux de polyphénols, de flavonoïdes et de tanins varient significativement ($p < 0,05$) entre les différents extraits et les teneurs les plus élevées de ces dernières sont notées dans l'extrait méthanolique, ils oscillent entre 2720 à 4915 mg EAG/100g MS, 636 à 1011 mg EC/100 g MS et 17 à 28 mg EQ/100 g MS, respectivement. En outre, les teneurs en flavonols ont été noté avec des taux variant de $216 \pm 13,9$ à $286,24 \pm 10,21$ mg EQ/100 g MS entre le différents extraits. Ces résultats montrent également que les feuilles de *Zizyphus jujuba* sont riches en caroténoïdes ($22,85 \pm 0,73$ mg/100 g MS) et en chlorophylle a ($70,98 \pm 0,80$ mg/100 g MS) et chlorophylle b ($34,94 \pm 4,47$ mg/100 g MS). De plus, les différents extraits ont révélé une bonne activité antioxydante et un bon pouvoir réducteurs. En conclusion, les feuilles de *Zizyphus jujuba* sont une bonne source de substance bioactives impliquées dans leur activité antioxydante, ce qui sujet un intérêt d'utilisation de cette plante dans le domaine pharmaceutique et/ou sont dans la médecine traditionnelle.

Mots clés: Feuilles, *Zizyphus jujuba*; Propriétés physico-chimiques; Antioxydants; Activité antioxydante;

Abstract

The This study aims to assess some physicochemical properties (pH, humidity and ash content), the content of bioactive substances (polyphenols, flavonoids, flavonols, condensed tanins, carotenoids and chlorophyll) and antioxidant activity by two methods reducing power and inhibition of the DPPH radical of jujube leaves (*Zizyphus jujuba*). The extraction of the polyphenols was carried out with different solvents (methanol 80, ethanol 80, acetone 80 and distilled water). The results of the physicochemical analyzes obtained show that the powders of the jujube leaves studied have a pH of 6.21 ± 0.08 , humidity level of $8.27 \pm 0.14\%$ and an ash content of $7.38 \pm 0.03\%$. The levels of polyphenols, flavonoids and condensed tanins vary significantly ($p < 0.05$) between the different extracts and the highest contents of these latter are noted in the methanolic extract, they oscillate between 2720 to 4915 mg EAG/100g MS, 636 to 1011 mg EC/100 g MS and 17 to 28 mg EQ/100 g DM, respectively. Furthermore, the flavonols content was noted with a varying level of 216 ± 13.9 to 286.24 ± 10.21 mg EQ/100 g DM between the different extracts. These results also show that *Zizyphus jujube* leaves are rich in carotenoids (22.85 ± 0.73 mg/100 g DM) and chlorophyll a (70.98 ± 0.80 mg/100 g DM) and chlorophyll b (34.94 ± 4.47 mg/100 g DM). In addition, the different extracts have shown good antioxidant activity and good reducing power. In conclusion, the leaves of *Zizyphus jujuba* are a good source of bioactive substance involved in their antioxidant activity, which is interesting to use this plant in the pharmaceutical field and/or in traditional medicine.

Key words: Leaves; *Zizyphus jujuba*; Physico-chemical properties; Antioxidants; Antioxidant activity.

ملخص

تهدف هذه الدراسة إلى تقييم بعض الخواص الفيزيائية والكيميائية (درجة الحموضة والرطوبة ومحتوى الرماد) ومحتوى المواد النشطة بيولوجيًا (البوليفينول، الفلافونويد، الفلافونولات، التانين، الكاروتينات والكلوروفيل) ونشاط مضادات الأكسدة بطريقتين: تقليل الطاقة وتثبيط لاوراق DPPH الحرة الجذور العناب (*Zizyphus jujuba*). تم استخلاص البوليفينول بمذيبات مختلفة (ميثانول 80، إيثانول 80، أسيتون 80 وماء مقطر). أظهرت نتائج التحليلات الفيزيائية والكيميائية التي تم الحصول عليها أن مسحوق أوراق العناب المدروسة تحتوي على درجة حموضة قدرها $6,21 \pm 0,14$ ، مستوى الرطوبة $8,27 \pm 0,14\%$ ومحتوى الرماد $7,38 \pm 0,03\%$ وتختلف مستويات البوليفينول والفلافونويد والتانين بشكل كبير ($p < 0,05$) بين المستخلصات المختلفة وأعلى محتويات سجلت المكونات هذه في المستخلص الميثانولي، تتأرجح بين 2720 إلى 4915 مغ EAG / 100 غ MS، 636 إلى 1011 مغ EC / 100 غ MS و 17 إلى 28 مغ EQ / 100 غ MS، على التوالي. علاوة على ذلك، فإن أعلى محتويات من الفلافونول تتأرجح بين $216 \pm 13,9$ إلى $286,24 \pm 10,21$ مغ EQ / 100 غ MS بين المستخلصات المختلفة. تظهر هذه النتائج أيضًا أن أوراق *Zizyphus jujuba* غنية بالكاروتينات ($22,85 \pm 0,73$ مغ / 100 غ MS) والكلوروفيل أ ($70,98 \pm 0,80$ مغ / 100 غ MS) والكلوروفيل ب ($34,94 \pm 4,47$ مغ / 100 غ MS). بالإضافة إلى ذلك، أظهرت المستخلصات المختلفة نشاطًا جيدًا مضادًا للأكسدة وقوة تقليل جيدة في الختام، تعتبر أوراق *Zizyphus jujuba* مصدرًا جيدًا للمادة النشطة بيولوجيًا المشاركة في نشاطها المضاد للأكسدة، والتي تهم استخدام هذا النبات في المجال الصيدلاني و/أو في الطب التقليدي.

الكلمات المفتاحية: أوراق؛ *Zizyphus jujuba*؛ الخصائص الفيزيائية والكيميائية؛ مضادات الأكسدة؛ النشاط المضاد للأكسدة.