

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



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

Département de Biologie

Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de

MASTER

En : Sciences biologiques

Spécialité: Biochimie appliquée

Par : - M^{lle} HADJ KOUIDER Youssra
- M^{lle} OULED SIDI OMAR Om Kelthoum

Thème

**Investigation phytochimique et évaluation de l'activité antioxydante de
l'espèce *Ziziphus lotus* de la région de Ghardaïa**

Soutenu publiquement, le 03 /10 / 2020 , devant le jury composé de :

M. BELHACHEMI MH.	Maître Assistant A	Univ. Ghardaïa	Président
M. BENKHERARA S.	Maître de Conférence B	Univ. Ghardaïa	Encadreur
M ^{me} . MEZERAI R.	Maître de Conférence B	Univ. Ghardaïa	Examinatrice

Année universitaire : 2019/ 2020

REMERCIEMENTS

Nos remerciements les plus profonds avant tout propos à ALLAH le tout puissant de nous avoir donné le courage, la santé et la patience pour réaliser ce travail.

Nous tenons à adresser nos très sincères remerciements à notre encadreur Mr. BENKHERARA S. Maître de Conférence à la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre, Université de Ghardaïa pour son encadrement, sa disponibilité, sa patience, son efficacité, et sa simplicité dans l'orientation.

Nous adressons nos sincères remerciements également aux membres de jury pour leur temps consacré dans la lecture et l'évaluation de ce travail.

M. BELHACHEMI MH. Maître assistant à la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre, Université de Ghardaïa. Vous nous faites un grand honneur en acceptant de présider notre jury de soutenance.

M^{me}. MEZERAI R. Maître de Conférence à la même Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre de l'Université de Ghardaïa pour avoir accepté de faire partie du jury de soutenance et d'avoir accepté d'être une examinatrice de notre mémoire.

Sans oublier l'ensemble des enseignants de l'Université de Ghardaïa qui nous ont accompagnés tout au long de notre cursus universitaire.

Nos remerciements s'adressent également aux responsables du laboratoire de la biochimie de l'université de Ghardaïa en particulier à M. BENSALAH Bachir Ingénieur de laboratoire pour son aide et ses conseils et ses encouragements.

Un merci très spécial à nos parents, pour leurs soutiens constants et leurs encouragements.

Nous adressons nos sincères remerciements à toutes les personnes qui ont guidé nos réflexions et ont accepté de participer de près ou de loin, directement ou indirectement, par leurs paroles, leurs écrits, leurs conseils et leurs critiques à la réalisation de ce travail.

DEDICACES

Avec l'expression de notre reconnaissance, nous dédions ce modeste travail a:

Nos adorables mères

A nos très chers parents,

Source de vie, d'amour et d'affection,

A nos chers frères et sœurs,

Source de joie et de bonheur

A toute la famille Ouled Sidi Omer,

A tout la famille de Hadj kouider,

Source d'espoir et de motivation

A tous nos amis, à tous les membres de notre laboratoire et tous les collègues de notre promotion et à chers lecteurs.

Table des matières

Résumé	I
Liste des tableaux	II
Liste des figures	III
Liste des abréviations	IV
INTRODUCTION_GÉNÉÉRALE	1
2. MATÉRIEL ET MÉTHODES	5
2.1. Matériel végétal	5
2.1.1. Site de prélèvement	5
2.1.2. Echantillonnage	8
2.1.3. Séchage.....	9
2.2. Méthodes d'analyses	10
2.2.1. Tests biochimiques préliminaires	10
2.2.1.1. Recherche des Tanins :.....	10
2.2.1.2. Recherche des Flavonoïdes:	10
2.2.1.3. Recherche des Saponosides:.....	11
2.2.1.4. Recherche des Anthocyanes:.....	11
2.2.1.5. Recherche des Leuco anthocyanes:.....	11
2.2.1.6. Recherche des Alcaloïdes:.....	12
2.2.1.7. Recherche des Terpènes :.....	12
2.2.1.8. Recherche des Stérols :.....	12
2.2.2. Préparation des extraits bruts de l'espèce <i>Zizyphus lotus</i> L.	12
2.2.3. Dosage des polyphénols totaux	12
2.2.4. Activité antioxydante	13
2.2.4.1. Test de DPPH : Piégeage du radical libre stable DPPH (2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl)	13
2.2.4.2. Test de l'ABTS : Activité antioxydante totale AAT	14
3. RÉSULTATS ET DISCUSSION	17
3.1. Tests biochimiques préliminaires	17

3.2. Rendements en extraits bruts aqueux	18
3.3. Teneur en composés phénoliques (polyphénols totaux).....	19
3.4. Activité antioxydante	22
3.4.1. Effet inhibiteur du radical libre DPPH (test de DPPH) :	22
3.4.2. Test de l'ABTS.....	24
CONCLUSION ET PERSPECTIVES	30
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	33

Résumé

Ce travail est effectué dans le but de vérifier la spécificité d'une espèce végétale : *Ziziphus lotus* L. ou Jujubier, à intérêt médicinal dans deux sites différents Mansoura et Berriane de la région de Ghardaïa au Sahara septentrional algérien et cela à travers une étude phytochimique et évaluation de l'activité biologique antioxydante des extraits bruts aqueux de la partie aérienne et souterraine. Pour ce faire, des tests de screening phytochimique sont effectués pour la mise en évidence de la présence ou l'absence des principaux composés du métabolisme secondaire de la plante en question. Ensuite, des extractions aqueuses sont faites par macération à froid des parties aériennes et souterraines de la plante séchée. Les rendements et les teneurs en polyphénols totaux dans les extraits bruts obtenus sont ensuite déterminés et leur pouvoir antioxydant face aux radicaux libres DPPH et ABTS est évalué.

De la plupart des résultats obtenus, l'espèce *Ziziphus lotus* de Mansoura semble être plus riche en extrait brut avec 55.2% dans sa partie souterraine et 41.88 % dans sa partie aérienne. D'une manière générale, les extraits bruts de l'espèce de Mansoura s'avèrent les plus riches en composés polyphénoliques notamment dans la partie souterraine avec une teneur maximale de l'ordre de 244.375 ± 0.023 mg EAG/g MVS.

De l'ensemble des résultats de l'activité antioxydante évaluée par les tests *in vitro*, nous pouvons déduire que les extraits bruts de la partie aérienne de notre espèce des deux sites concernés de la région de Ghardaïa présentent les plus forts pouvoirs inhibiteurs face aux radicaux libres DPPH et ABTS avec des valeurs d'IC50 faibles et plus ou moins proches. Ces pouvoirs inhibiteurs des extraits obtenus s'avèrent inférieurs par rapport à celui du Trolox qui s'est montré très puissant et ayant une grande capacité dans l'inhibition ou la réduction des radicaux libres.

En général, l'espèce *Ziziphus lotus* de Mansoura est meilleure que celle de Berriane du point de vue biochimique et biologique et cela dans sa partie aérienne et souterraine.

Mots clés : *Ziziphus lotus*, Ghardaïa, Phytochimie, Extrait brut, Pouvoir antioxydant.

Liste des tableaux

Tableau n°	Titre	Page
Tableau 01	Tableau récapitulatif des principaux composés du métabolisme secondaire de l'espèce <i>Ziziphus lotus</i> .	17
Tableau 02	Rendement (%) en extraits bruts et teneur en polyphénols (mg EAG/g MVS) de l'espèce <i>Ziziphus lotus</i> dans la région de Ghardaïa.	18
Tableau 03	Résultats globaux du pouvoir antioxydant (test de DPPH) des extraits bruts de l'espèce <i>Ziziphus lotus</i> .	24
Tableau 04	Résultats globaux du pouvoir antioxydant (test de l'ABTS) des extraits bruts de l'espèce <i>Ziziphus lotus</i> .	26

Liste des figures

Figure n°	Titre	Page
Figure 01	Situation géographique des sites de prélèvement et limites administratives de la région de Ghardaïa.	5
Figure 02	Vue générale de l'espèce <i>Ziziphus lotus</i> des régions Berriane (A) et Mansoura (B).	9
Figure 03	Vue générale des parties aériennes (A, B) et parties souterraines (A', B') broyées de <i>Ziziphus lotus</i> des régions Berriane et Mansoura.	10
Figure 04	Courbe d'étalonnage de l'acide gallique.	20
Figure 05	Courbe d'étalonnage de l'antioxydant de synthèse Trolox (pour DPPH)	22
Figure 06	Figures représentatives des résultats de l'activité antioxydante (test de DPPH)	23
Figure 07	Courbe d'étalonnage de l'antioxydant de synthèse Trolox (pour ABTS)	24
Figure 08	Figures représentatives des résultats de l'activité antioxydante (test de l'ABTS)	25

Liste des abréviations

OMS	Organisation Mondiale De La Santé.
EBA	Extrait Brut Aqueux.
FeCl	Chlorure Ferrique.
Ph	Potentiel Hydrogène
HCL	Acide Chlorhydrique
NH ₄ OH	Ammoniaque
H ₂ SO ₄	Acide Sulfurique
H ₃ PW ₁₂ O ₄₀	Acide Phosphotungstique.
H ₃ PMO ₁₂ O ₄	Acide Phosphomolybdique.
W ₈ O ₂₃	Bleu De Tungstène.
MO ₈ O ₃	Molybdène.
Na ₂ CO ₃	Carbonate De Sodium. Chlorure D'aluminium.
IC50	Concentration Inhibitrice 50%
Mg EAG/ g MVS	Milligramme Equivalent Acide Gallique Par Gramme de Matière Végétale Sèche.
AAT	Activité Antioxydante Totale.
DPPH	2,2- Diphenyl-1-Picrylhydrazyl
SH	Groupement Sulfhydryle
NH	Groupement Amine.
OH	Groupement Hydroxyle.

ABTS	Acide 2,2'-Azino-Bis (3-Ethylbenzothiazoline-6-Sulphonique).
CAET	Capacité Antioxydante En Equivalent Trolox.
KH ₂ PO ₄	Phosphate De Potassium
EAq	Extrait Aqueux
PAM	Partie Aérienne Mansoura
PSM	Parties Souterraines De Mansoura.
PAB	Partie Aérienne Berriane
PSB	Partie Souterraine Berriane

INTRODUCTION

GÉNEÉRALE

Le Sahara, le plus vaste et le plus chaud des déserts du monde, possède dans sa partie nord le Sahara septentrional, une végétation diffuse et clairsemée (Unesco, 1960 ; Ozenda, 1979). L'état de la flore spontanée dans cette zone ainsi que les relations entre l'homme et les plantes, méritent une attention particulière. Certaines plantes possèdent des propriétés pharmacologiques qui leur confèrent un intérêt médicinal. (Jean et Jiri, 1983). Ce sont des plantes utilisées en médecine traditionnelle dont au moins une partie possède des propriétés médicamenteuses. Leur action provient de leurs composés chimiques (métabolites primaires ou secondaires) ou de la synergie entre les différents composés présents (Sanago, 2006). De nos jours, nous comprenons de plus en plus, que les principes actifs des plantes médicinales sont souvent liés aux produits des métabolites secondaires, qui sont largement utilisés en thérapeutique, comme des agents préventifs anti-inflammatoires, antimicrobien, antiseptiques, diurétiques, Mais essentiellement antioxydant qui défendent contre le stress oxydatif (Bourgaud *et al*, 2001 ; Kar, 2007).

Le stress oxydant se définit par un déséquilibre entre la production d'espèces radicalaires ou (ERO : Espèces réactives de l'oxygène) et les capacités cellulaires antioxydantes. Les ERO ou ROS en anglais désignent une appellation collective et comprennent les radicaux libres et certaines molécules qui sont des agents d'oxydation et ou facilement convertis en radicaux libres impliqués dans de nombreux pathologies (Camille et Mireille, 2011).

L'étude de la médecine traditionnelle ou plus particulièrement l'utilisation des plantes spontanées en médecine traditionnelle et le traitement par ses plantes est donc intéressante car peu de travaux de recherche ont concerné cet aspect (Hammiche et Gueyouche, 1988). La longue tradition de médecine végétale se poursuit jusqu'à nos jours en Inde, en Chine et dans beaucoup de pays asiatiques et sud-américains (OMS, 2003).

En Afrique, les plantes médicinales représentent la seule source de traitement pour près de 90% de la population. Ces plantes médicinales constituent des ressources précieuses pour la majorité des populations rurale et urbaine et représentent le principal moyen par lequel les individus se soignent (Badiaga, 2011). La phytothérapie, vient du mot grec «phuton» : plante et «Thérapie» : traitement, signifie traitement par les plantes (Carillon, 2000).C'est

Une pratique millénaire basée sur un savoir empirique des plantes ou parties de plantes (Adenot, 2012). Elle représente une alternative intéressante pour traiter et soigner sans créer de nouvelles maladies.

Malgré le développement phénoménal de l'industrie pharmaceutique et chimique, l'intérêt populaire pour la phytothérapie n'a jamais cessé d'évoluer. De nos jours, ces deux types de médication se retrouvent intimement liés puisque le modèle moléculaire de la plupart des médicaments mis sur le marché, ont pour origine la plante (Belkacem, 2009).

Plusieurs pays d'Afrique y compris l'Algérie mènent des investigations visant à développer des médicaments issus de plantes en réalisant des études phytochimiques, pharmacotoxicologiques et cliniques pour la mise au point de médicaments traditionnels améliorés (M.T.A.) utilisés, entre autres, dans le traitement du diabète non insulino-dépendant. En 1978, l'Organisation Mondiale de la Santé (O.M.S.) s'est résolument engagée à revaloriser la pharmacopée traditionnelle afin de pouvoir satisfaire aux besoins de santé des populations.

L'Algérie, par la richesse et la diversité de sa flore, constitue un véritable réservoir phylogénétique, avec environ 4000 espèces et sous-espèces de plantes vasculaires (Dobignard et Chatelain, 2010-2013). Cependant, la flore médicinale algérienne reste méconnue jusqu'à nos jours, car sur les quelques milliers d'espèces végétales, seules 146 sont dénombrées comme médicinales (Baba Aissa, 1999).

Dans ce contexte-là, nous nous sommes intéressés à une espèce végétale très répandue dans les régions arides et semi arides du territoire algérien et très utilisée pour ses innombrables vertus thérapeutiques. Il s'agit de *Ziziphus lotus* L.

D'après Bonnet (2001), le mot *Ziziphus* vient du grec *Zizyphos*. Ce mot n'apparaît qu'au deuxième siècle, et qui vient du nom arabe «Zizouf» qui veut dire localement Sedra, Azouggar ou Tazouggart (Rsaissi *et al*, 2002). Cette espèce, appelée aussi le Jujubier de la berbère ou Jujubier sauvage (Benammar *et al*, 2010), appartient à la famille des Rhamnacées (Quezel et Santa, 1992) qui comprend environ 58 genres avec 900 espèces distribuées au niveau des régions tropicales et subtropicales (Baba Aissa, 1999 ; AZAM *et al*, 2001). Les espèces du genre *Zizyphus* ont plusieurs caractéristiques physiologiques et morphologiques qui peuvent contribuer à leurs capacités à s'adapter aux environnements arides (Bonnet, 2001). Elles se trouvent en abondance dans la région Méditerranéenne à travers la Libye, au Maroc et en Algérie (régions arides et semi-arides), et elles sont très répondues aussi en Mauritanie et au Niger (Benammar *et al*, 2010).

Du point de vue botanique, *Ziziphus lotus* L. est un arbuste de 1 à 3 m de hauteur (Chevalier, 1947), il est très épineux de couleur gris blanche poussant en zigzag (Claudine, 2007).

Les feuilles sont petites, courtes et ovales plus au moins elliptiques de 1 à 2 cm de longueurs et de 7 mm de largeur (Bayer et Butter, 2000), 3/2 à 2 fois plus longues que larges, à marges entières ou finement sinuées (Ben Ziane et Yousfi, 2001). Elles sont lisses et brillantes sur les deux faces et présentent trois nervures longitudinales saillantes partant du pétiole. Les fleurs de cette plante sont très visibles, de couleurs jaunes avec des sépales ouvertes en étoiles, des petits pétales et un ovaire supère bisexuel et fleurissent en juin (Baba Aissa, 1999 ; Claudine, 2007). Le fruit est ovoïde, ayant la forme et la grosseur d'une belle olive, d'abord vert puis jaune (Bayer et Butter, 2000) rouges à maturité, avec une pulpe mince, sucrée, recouvrant un gros noyau (Chevalier, 1947).

Notre objectif est de vérifier la spécificité de cette espèce végétale du point de vue biochimique et biologique notamment l'activité antioxydante des extraits bruts aqueux de sa partie aérienne et souterraine au niveau des sites Mansoura et Berriane de la région de Ghardaïa au Sahara Septentrional algérien.

L'utilisation massive de cette espèce par les populations est-elle justifiée ?

Est-elle riche en substances naturelles phytothérapeutiques ?

Pourrait-elle être un antioxydant naturel efficace vis-à-vis des maladies dues à certains radicaux libres et que la médecine moderne malgré son large panel de produits chimiques synthétiques (antioxydants) ne peut pas guérir ?

C'est ce que nous allons démontrer à travers cette étude dans le cadre de ce mémoire.

Cette étude consistera en une série de tests expérimentaux portant sur les deux parties aérienne et souterraine de l'espèce en question. Elle est initiée par un criblage phytochimique pour mettre en évidence les principales substances bioactives de cette espèce. Des extractions par macération aqueuse sont effectuées par la suite. Nous procéderons ensuite à la détermination des rendements des extraits bruts aqueux puis aux dosages des polyphénols totaux. Ensuite, nous essayerons d'évaluer le pouvoir antioxydant *in vitro* de ces extraits bruts face aux radicaux libres et nous terminerons par la discussion, la conclusion et les perspectives.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

2. MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1. Matériel végétal

Le matériel végétal que nous avons utilisé pour la réalisation de ce travail est une espèce végétale spontanée, de la famille des Rhamnacées : Le jujubier sauvage ou *Ziziphus lotus* L. (fig. 02). Des extraits bruts aqueux sont obtenus par macération à froid des parties aérienne et souterraine de cette espèce végétale. Ces extraits sont utilisés pour l'évaluation *in vitro* de leur pouvoir thérapeutique antioxydant.

2.1.1. Site de prélèvement

Les échantillons de notre espèce végétale *Ziziphus lotus* sont prélevés à partir de deux sites différents de la région de Ghardaïa. Le premier site de prélèvement est Berriane, situé à 44 km au nord de la région de Ghardaïa, l'autre est Mansoura, se trouve à 70 km au sud de Ghardaïa (fig. 01).

Ces échantillons sont déposés, séchés à l'air libre puis broyés au sein du laboratoire de recherche du département de biologie, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre à l'Université de Ghardaïa.

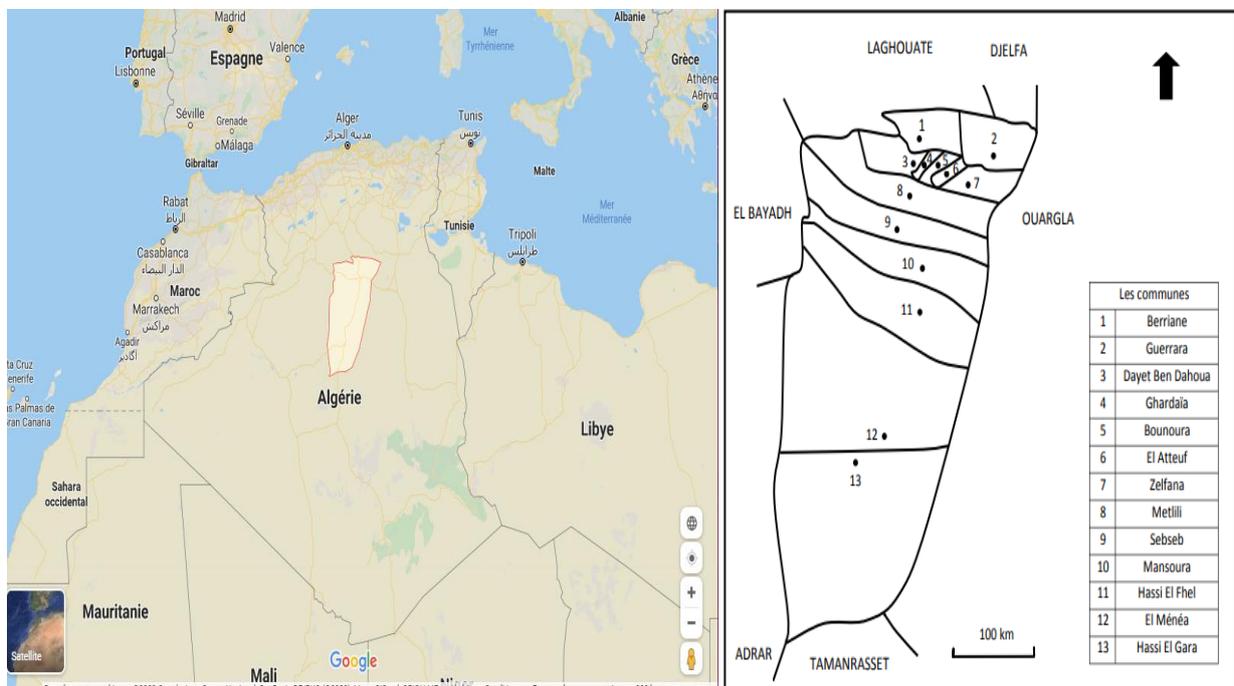


Figure 01 : Situation géographique des sites de prélèvement et limites administratives de la région de Ghardaïa (Tahraoui, 2011).

La région de Ghardaïa se situe à une distance de 620 Km au sud de la ville d'Alger et dans la partie centrale du nord du Sahara algérien. Elle se trouve à 32° 26' de latitude Nord et 3° 46' de longitude Est (Adouane *et al*, 2014).

Le territoire de cette région couvre une superficie de 84660 Km², comptant 8 daïras et 11 communes. Géographiquement, cette région est limitée ; au nord par la région de Laghouat Et Djelfa, au sud par Tamanrasset, à l'est par la région d'Ouargla et à l'ouest par la région d'El-Bayadh et Adrar (ANDI, 2013 ; ANIRF, 2011).

Cette région saharienne se distingue à la fois par l'immensité de son territoire, les contrastes de son relief et la diversité de ses paysages qui représentent les différents types de parcours sahariens : les Reg, les Lits d'Oued, les Dépressions, les Sols sableux et les sols salés.

Le climat de la région de Ghardaïa est typiquement Saharien et se distingue par une grande amplitude thermique entre le jour et la nuit d'été et d'hiver. La moyenne pluviométrique est de 74 mm /an et cela pour une période de 32 ans (OMM, 2007).

Le caractère fondamental du climat Saharien est la sécheresse de l'air mais les micros-climats jouent un rôle considérable au désert. Le relief, la présence d'une végétation abondante peuvent modifier localement les conditions climatiques (Chenini et Chabou, 2012).

Dans la région de Ghardaïa, les Oueds sont très abondants, ils représentaient au passé la ressource hydrique des oasis de la région. Les crues dépendent des caprices du temps, un Oued peut couler trois fois par saison et resté à sec pour une période de quatre ans et même plus (Oued Zegrir, Oued Metlili, Oued M'Zab, Oued N'Sa). Cette région a une série de couches aquifères exploitée par pompage à des profondeurs importantes, dépassant parfois les 120 m selon le site (Chenini et Chabou, 2012 ; ANDI, 2013).

Pour ce qui est de la flore, le climat saharien et le faible taux de pluviométrie répartie irrégulièrement dans l'année, influent directement sur le couvert végétal et par conséquent sur la flore de la région. La flore saharienne apparait comme très pauvre si l'on compare le petit nombre des espèces qui habitent ce désert à l'énormité de la surface qu'il couvre, et la wilaya de Ghardaïa fait partie du Sahara septentrional mais elle n'est pas dépourvue de végétation car elle se caractérise par la présence des oasis sur ses principaux oueds, y compris la vallée du M'Zab, qui comprend en elle-même un groupe de cinq oasis. Bien que la culture du palmier dattier soit dominante, l'agriculture à Ghardaïa est relativement diversifiée. Il y a

la culture des légumes, arbres fruitiers, céréales (orge et blé dur), en plus de la culture de l'arachide. Cette région contient également des plantes spontanées à caractère médicinal appartenant à diverses familles telles que les Lamiaceae, Asteraceae, Fabaceae, Chenopodiaceae, etc... (Ozenda, 1977 ; Kemassi *et al*, 2014 ; Bensaha et Arbouch, 2016).

Pour ce qui est des sites de prélèvement Berriane et Mansoura et d'une manière générale, la ville de Berriane est située à 44 km au Nord de la ville de Ghardaïa et elle se positionne à 32° 50' de latitude Nord et 03° 49' de longitude Est. Elle se caractérise par un climat sec à hyper sec. La température maximale peut atteindre 50°C pendant l'été. Pendant la période hivernale, la température tombe à 3°C. La moyenne annuelle des précipitations est de l'ordre de 100 mm (Khelifa et Remini, 2019).

Cette région a des ressources hydriques souterraines, représentées par une série de couches aquifères, elle est exploitée par pompage à des profondeurs importantes, dépassant parfois les 120 m (Chenini et Chabou, 2012), et des ressources hydriques superficielles représentées dans les oueds en particulier Oued Soudane, Oued Ballouh, Oued Zergui, Oued Nsa et Oued Lemmada (Khelifa et Remini, 2019 ; Guemari, 2009; Khene, 2007).

La région de Berriane fait partie du Sahara mais cela ne signifie pas qu'elle est dépourvue de végétation car elle se caractérise par la présence des cultures telle que les palmiers dattiers et les arbres fruitiers et les cultures herbacées (maraichage, fourrages, céréales) (Khelifa et Remini, 2019; Khene, 2013). Selon Chehma (2006), cette région contient des plantes spontanées à caractère médicinal appartenant à diverses familles telles que les Anacardiaceae, Asteraceae, Chénopodiaceae, Boraginaceae, Brassicaceae, Capparaceae, Ephedraceae, Fabaceae, Poaceae, Polygonaceae et Tamaricaceae.

Quant à la ville de Mansoura (appelée aussi Al Mansoura), qui se situe à 70 km au sud de la région de Ghardaïa, elle se trouve à 31° 58' de latitude Nord et de 03° 44' de longitude Est. Cette région couvre une superficie de 6500 km² et se caractérise par un climat désertique sec et chaud avec une rareté pluviométrique. La température maximale peut atteindre 55°C pendant l'été avec une moyenne annuelle de l'ordre de 35°C. Elle est limitée au Nord par la commune de Sebseb, au Sud par la commune d'El Meniaa (El Goléa), à l'Est par la commune de Ruissat (Wilaya d'Ouargla) et à l'Ouest par la commune de Brezina (Wilaya d'El Bayadh). (DPAT, 2005).

C'est une région qui se caractérise par des ressources hydriques souterraines, représentées par une série de couches aquifères, elle est exploitée par pompage à des profondeurs importantes comme Hassi Ghlib, et des ressources hydriques superficielles représentées dans les oueds en particulier Oued Ghazelette, Oued Twil , Oued Ben Djdiri, Oued Haleb, Oued Ghayar, Oued Labyed.

La nappe phréatique est superficielle ou alluviales par les crus d'oued Lafhal et les eaux d'irrigation des nappes peu profondes, et varié selon la saison 10 à 50 m en période des eaux.

Les sources en eau les plus fréquentes dans la région de Mansoura sont les puits de parcours, creusés traditionnellement (Ouled belkhir, 2008). Les oueds sont aussi des sources en eau destinées à l'abreuvement des camelins qu'ils soient gardés ou libres.

Concernant le couvert végétal et la végétation existante, 29 espèces végétales ont été recensées dans la région de Mansoura. Ces espèces appartiennent à 12 familles botaniques. sur ce nombre, 6 familles ne sont représentées que par une seule espèce (Ouici et Djoudi, 2015)

2.1.2. Echantillonnage

Dans cette étude, nous avons suivi une méthode d'échantillonnage basée sur le *hasard*. Cette méthode consiste à prélever d'une manière aléatoire et simple de divers points du même pied de la plante choisie des feuilles, fruits, fleurs saines, graines ou même des tiges ne présentant aucune lésion, de même forme et de tailles différentes en fonction bien sûr de leurs âges. C'est-à-dire, nous avons procédé, notamment dans la présente étude, à l'échantillonnage de quelque pieds de notre espèce *Ziziphus lotus* L. (parties aériennes et parties souterraines) jeunes et adultes afin d'éviter les risques de disparition de l'espèce végétale.

Une vue générale des échantillons des deux régions étudiées sont présentées dans la figure 02.

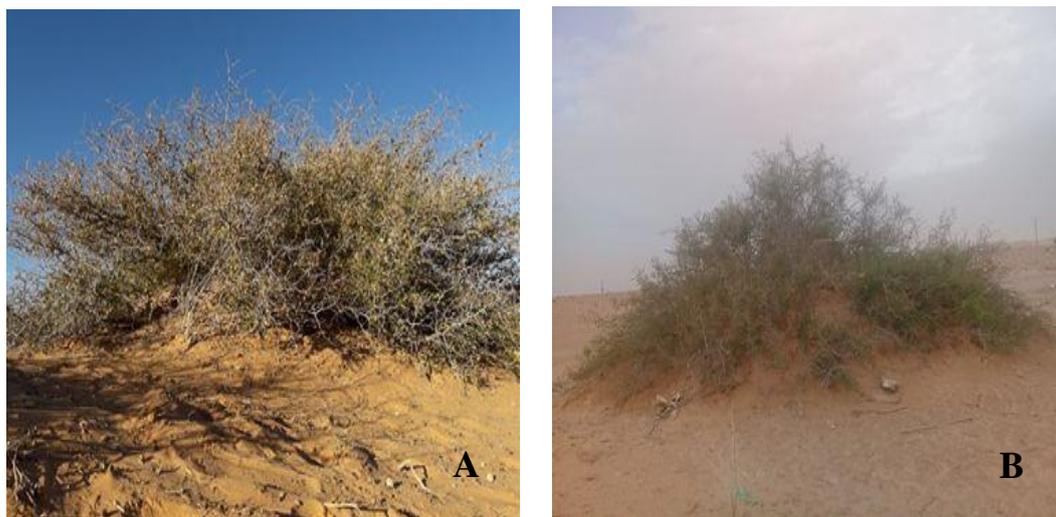


Figure 02: Vue générale de l'espèce *Ziziphus lotus* des régions Berriane (A) et Mansoura (B) (Originale, 2020).

Les échantillons sont prélevés tôt le matin à la fin du mois de décembre et par temps sec pour éviter toutes altérations des huiles ou tout autre produit du métabolisme secondaire. Le matériel végétal est placé dans des étuis en papier stérile puis transporté immédiatement au laboratoire en vue de l'analyse. Les parties prélevées sont mises à sécher pour servir aux analyses biochimiques et l'extraction des principes actifs (préparation des extraits bruts aqueux).

2.1.3. Séchage

Sécher une plante n'est en fait rien d'autre que lui retirer progressivement son humidité. Il sera souvent nécessaire, avant de procéder à ce séchage, de passer les parties récoltées rapidement sous un filet d'eau, pour éliminer la poussière, les impuretés, les particules de terre, etc. Les parties aériennes et souterraines récoltées sont étendues en couches minces, à bonne aération, en courant d'air, sur une toile blanche pendant trois semaines et en les retournant de temps à autre. Le séchage doit se prolonger jusqu'à l'obtention d'une consistance tout à fait friable, facile à briser lorsqu'on les courbe. Une dessiccation excessive fait cependant tomber les plantes ou les organes en poussière et entraîne la perte de leurs matières actives. Dans le cas contraire, si l'humidité résiduelle reste élevée, on court toujours le risque de les voir pourrir ou moisir lors de la conservation.

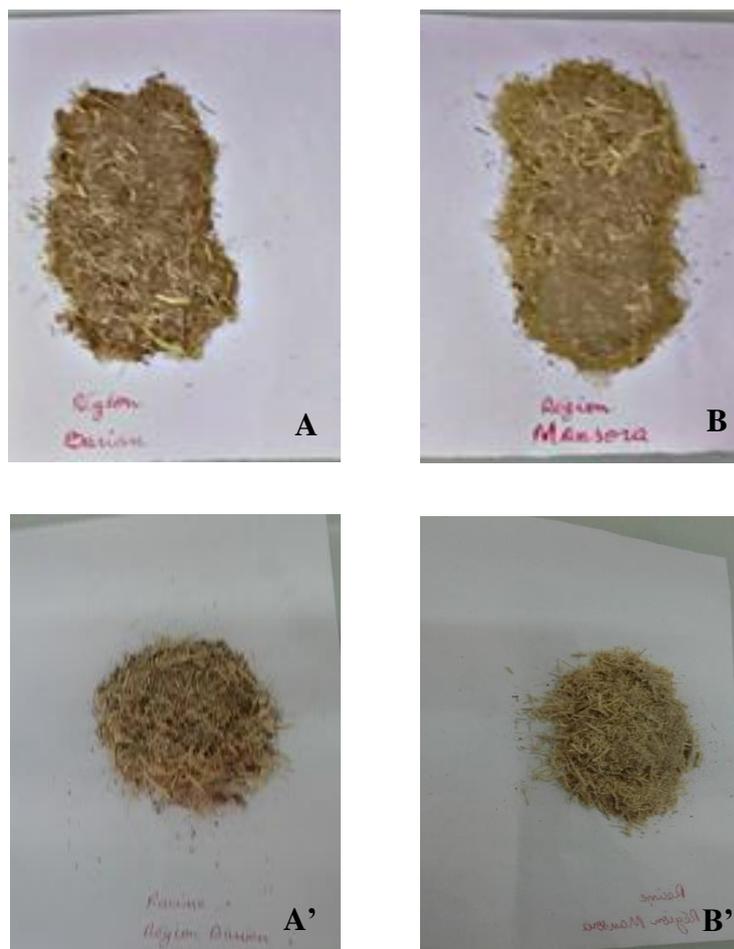


Figure 03. Vue générale des parties aériennes (A, B) et parties souterraines (A', B')
Broyées de *Ziziphus lotus* des régions Berriane et Mansoura (Originale, 2020).

2.2. Méthodes d'analyses

2.2.1. Tests biochimiques préliminaires

Nous avons réalisé un screening phytochimique dans le but de connaître les constituants majeurs de l'espèce végétale *Ziziphus lotus* L. Les tests sont effectués uniquement sur la partie aérienne.

2.2.1.1. Recherche des Tanins :

Selon Solfo, 1973 on prend 5 mL de l'infusé auxquels on ajoute 1 mL de la solution de Chlorure ferrique (FeCl_3) à 1% par goutte à goutte. L'apparition d'une coloration verdâtre indique la présence des tanins catéchiques et bleu noirâtre pour les tanins galliques.

2.2.1.2. Recherche des Flavonoïdes:

La mise en évidence de la présence des flavonoïdes est effectuée en suivant la méthode de Harborne, 1973 par la réaction à la cyanidine avec de légères modifications à propos

des volumes des solutions de révélation ajoutées. 10 g de drogue pulvérisée sont macérés dans 150 mL d'HCl à 1 % pendant 24 Heures, après filtration de la solution obtenue ; 3 mL d'alcool chlorhydrique (éthanol à 95°, eau distillée, acide chlorhydrique concentré (V/V/V)) sont mis dans un tube à essai avec 1 mL d'alcool isoamylique et quelques copeaux de magnésium. L'apparition d'une couleur jaune claire dans la partie supérieure du tube indique la présence des flavonoïdes.

2.2.1.3. Recherche des Saponosides:

Leur présence est déterminée quantitativement par le calcul de l'indice de mousse, degré de dilution d'un décocté aqueux donnant une mousse persistante dans des conditions déterminées. Deux grammes de matériel végétal sec et broyé sont utilisés pour préparer une décoction avec 100 mL d'eau. On porte à ébullition pendant 30 mn. Après refroidissement et filtration, on réajuste le volume à 100 mL. A partir de cette solution, on prépare dix tubes dans lesquels on mets 1, 2, 3, ... 10 mL. Le volume final étant de nouveau réajusté à 10 mL avec de l'eau distillée. Les tubes sont agités fortement en position horizontale pendant 15 secondes. Après un repos de 15 minutes en position verticale, on relève la hauteur de la mousse persistante en cm. Si elle est proche de 1 cm dans le X^e tube, alors l'indice de mousse est calculé selon la formule suivante :

$$I = \frac{\text{Hauteur de mousse (en cm) dans le X}^e \text{ tube} \times 5}{X/100}$$

X : C'est l'ordre de tube qui présente une mousse de l'ordre de 1 cm de hauteur.

La présence des saponosides dans la plante est confirmée avec un indice supérieur à 100 (Dohou *et al*, 2003).

2.2.1.4. Recherche des Anthocyanes:

D'après Solfo (1973), la recherche des anthocyanes repose sur le changement de la couleur de l'infusé à 10 % avec le changement de pH : on ajoute quelques gouttes d'HCl puis quelques gouttes de NH₄OH, le changement de la couleur indique la présence des anthocyanes.

2.2.1.5. Recherche des Leuco anthocyanes:

A 5 mL de l'infusé, sont mélangés 4 mL d'alcool chlorhydrique (éthanol/ HCl pur 3/1 V/V). Après chauffage au bain marie à 50° C pendant quelques minutes, l'apparition d'une couleur rouge cerise indique la présence des leuco anthocyanes (Solfo, 1973).

2.2.1.6. Recherche des Alcaloïdes:

Après une macération de 5 g de la partie aérienne séchées et broyées dans 50 mL d'HCl à 1%, le mélange est filtré puis soumis à l'action du réactif de Mayer ou Dragendorff (quelques gouttes). L'apparition d'un précipité blanc indique la présence des alcaloïdes (Bouquet, 1972).

2.2.1.7. Recherche des Terpènes :

La recherche des terpènes est effectuée par le test Salkowski : A 5 mL d'infusé, 2 mL de chloroforme et 3 mL d'acide sulfurique (H₂SO₄) concentré sont soigneusement ajoutés. L'apparition d'un anneau brun rougeâtre à l'interphase indique la présence des terpènes (Rimjhim *et al*, 2014).

2.2.1.8. Recherche des Stérols :

Les stérols sont mis en évidence par le test Liebermann-Burchard : un volume de 2 mL de l'infusé est mélangé avec 2 mL de chloroforme et 1 mL d'anhydride acétique. Ensuite, 2 gouttes d'acide sulfurique H₂SO₄ concentré sont ajoutées. L'apparition d'une coloration rouge, qui vire en bleue et qui devient par la suite verte indique la présence des stérols (Rimjhim *et al*, 2014).

2.2.2. Préparation des extraits bruts de l'espèce *Zizyphus lotus* L.

Ce travail est effectué avec des extraits bruts aqueux de la partie aérienne et la partie souterraine de notre espèce végétale *Zizyphus lotus* des régions Berriane et Mansoura.

L'extrait brut aqueux est préparé selon la méthode de Majhenic *et al*, (2007) avec de légères modifications concernant le volume de solvant utilisé. 5g de poudre végétale sont dissous dans 50 mL aux lieux de 75 mL d'eau distillée, sous agitation mécanique pendant 2 à 3 heures à une température ambiante. Après filtration et pour un meilleur épuisement de la plante, cinq autres extractions sont faite avec le même marc en utilisant le même volume d'eau distillée. Les filtrats ainsi obtenus sont évaporés à sec sous pression réduite à 60°C à l'aide d'un évaporateur rotatif. Le résidu obtenu est récupéré avec du méthanol et la solution de l'extrait est ensuite conservée à 4°C.

2.2.3. Dosage des polyphénols totaux

La teneur en polyphénols totaux dans les extraits bruts obtenus des différentes parties utilisées est déterminée par spectrophotométrie en utilisant le réactif de Folin-Ciocalteu. Ce dernier est constitué d'un mélange d'acide phosphotungstique (H₃PW₁₂O₄₀) et d'acide

phosphomolybdique ($H_3PMO_{12}O_4$) qui est réduit, lors de l'oxydation des composés phénoliques en mélange d'oxydes bleus de tungstène (W_8O_{23}) et de molybdène (MO_8O_3).

L'absorption maximale est comprise entre 700 et 760 nm, est proportionnelle à la quantité de polyphénols présente dans les extraits végétaux (Boizot et Charpentier, 2006). Le dosage de ces polyphénols est effectué selon la méthode décrite par Singleton et Rossi, (1965) avec de légères modifications concernant les volumes : 100 μ L de l'extrait végétal est mélangé avec 400 μ L de réactif de Folin-Ciocalteu (dilué 10 fois dans de l'eau distillée). Après agitation puis incubation de 05 min, 500 μ L de solution de Na_2CO_3 (7,5 %) est ajouté. Le mélange a été laissé au repos à l'obscurité et à température ambiante pendant 90 min avec agitation intermittente. L'absorbance de la solution résultante est mesurée à 765 nm contre un blanc.

La teneur en polyphénols totaux est exprimée en mg équivalent acide gallique par gramme de matière végétale sèche (mg EAG/ g MVS). Une courbe d'étalonnage est réalisée en parallèle dans les mêmes conditions expérimentales en utilisant l'acide gallique comme étalon ou contrôle positif (Li *et al*, 2007).

2.2.4. Activité antioxydante

La capacité antioxydante des substances ou principes actifs des extraits de plantes peut être évaluée soit *in vivo*, sur des organismes vivants, soit *in vitro* en utilisant des tests qui miment le phénomène physiologique. Pour évaluer l'activité antioxydante des extraits naturels *in vitro*, différentes méthodes ont été développées. Ces méthodes impliquent le mélange d'espèces oxydantes avec un échantillon qui contient des antioxydants capables d'inhiber la génération de radicaux libres. Ces antioxydants peuvent agir selon deux mécanismes majeurs : soit par transfert d'atome d'hydrogène, soit par transfert d'électron (Prior *et al*, 2005).

Dans la présente étude, les tests d'évaluation du pouvoir antioxydant ont porté sur le piégeage du radical libre stable DPPH et l'évaluation de l'activité antioxydante totale AAT ou piégeage des radicaux libres ABTS.

2.2.4.1. Test de DPPH : Piégeage du radical libre stable DPPH (2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl)

Le DPPH (2,2- diphenyl-1-picrylhydrazyl) est un radical libre stable de couleur violacée qui absorbe à 517 nm. En présence de composés antiradicalaires, le radical DPPH est réduit

et change de couleur en virant au jaune. Les absorbances mesurées servent à calculer le pourcentage d'inhibition du radical DPPH, qui est proportionnel au pouvoir antiradicalaire de l'échantillon (Parejo *et al*, 2003).

De point de vue méthodologique, le test du radical libre DPPH est recommandé pour des composés contenant des groupements SH, NH et OH (Salah *et al*, 1995). Il s'effectue à température ambiante, ceci permettant d'éliminer tout risque de dégradation thermique des molécules thermolabiles. Le test est largement utilisé au niveau de l'évolution des extraits hydrophiles très riches en composés phénoliques (Yi-Zhong *et al*, 2006 ; Hatzidimitriou *et al*, 2007). Cette méthode est basée sur la mesure de la capacité des antioxydants à piéger le radical libre DPPH.

Le pouvoir de piégeage ou d'inhibition des extraits obtenus de notre espèce végétale sur le radical libre DPPH est mesuré selon la méthode de Sanchez-Moreno *et al*, 1998 et de Anton *et al*, 2008 : Un volume de 50 µL de différentes concentrations de la solution de chaque extrait est ajouté à 950 µL de la solution méthanolique du DPPH 60 µM (0,025 g/L) fraîchement préparée. Des solutions d'un antioxydant de référence Trolox sont également préparées dans les mêmes conditions pour servir de témoin positif. Après incubation à l'obscurité et à température ambiante pendant 30 minutes, la lecture des absorbances (DO) est effectuée à l'aide d'un spectrophotomètre à une longueur d'onde de 515 nm contre un blanc (50 µL du méthanol avec 950 µL d'une solution méthanolique du DPPH).

Le pourcentage du piégeage du radical est calculé selon l'équation suivante :

$$\% \text{ Inhibition} = [(A_1 - A_2) / A_1] \times 100$$

A₁ : Absorbance du contrôle (solution du DPPH sans extrait végétal),

A₂ : Absorbance en présence de l'extrait végétal.

2.2.4.2. Test de l'ABTS : Activité antioxydante totale AAT

L'acide 2,2'-azino-bis (3-éthylbenzothiazoline-6-sulphonique) ou ABTS est un composé chimique utilisé notamment en biochimie dans l'étude de la cinétique de certaines enzymes. Ce test est basé sur la capacité d'un antioxydant à stabiliser le radical cationique ABTS^{•+} de coloration bleu verdâtre. Ce radical cationique est formé suite à l'oxydation de l'ABTS initialement incolore avec les différents composés comme le (KH₂PO₄). Ainsi, la réaction se déroule en deux étapes :

Au cours de la première étape, le radical $ABTS^{\bullet+}$ est formé par arrachement d'un électron (e^-) à un atome d'azote de l'ABTS. La deuxième se déroule en présence d'un antioxydant donneur de H^\bullet , le radical d'azote concerné piège un H^\bullet , conduisant à l' $ABTS-H^+$, ce qui entraîne la décoloration de la solution.

L'activité antioxydante totale (AAT) des extraits obtenus est évaluée selon la méthode de Re *et al.*, 1999 avec de légères modifications à propos des volumes. Selon Schlesier *et al.* (2002), Cette activité est exprimée par la Capacité Antioxydante en Equivalent Trolox (CAET) qui correspond à la capacité antioxydante d'une solution en unités d'équivalent trolox. Ainsi, plus la valeur de CAET est grande, plus l'activité antioxydante (AAT) est forte.

Le cation radical ABTS ($ABTS^{\bullet+}$) a été produit en réagissant une solution mère d'ABTS (7 mM) avec le persulfate de potassium (2,45 mM). Le mélange est laissé à l'obscurité à une température ambiante pendant 12 à 16 heures avant utilisation. Le radical était stable sous cette forme pendant plus de 2 jours lorsqu'il était protégé de la lumière et stocké à une température ambiante.

Pour l'évaluation de la capacité antioxydante totale, la solution stock de l' $ABTS^{\bullet+}$ a été diluée avec de l'éthanol à une absorbance de 0.70 (± 0.02) à une longueur d'onde de 734 nm et équilibré à 30°C. Ensuite, un volume de 10 μ L des différentes concentrations des solutions à tester (extraits de la plante) a été mélangé avec 990 μ L de la solution stock de l' $ABTS^{\bullet+}$ diluée. Le blanc est obtenu en mélangeant 10 μ L d'éthanol absolu avec 990 μ L de la solution stock de l' $ABTS^{\bullet+}$.

Le pouvoir inhibiteur ou de piégeage du radical $ABTS^{\bullet+}$ (% Inhibition) est calculé par l'équation suivante :

$$\% \text{ Inhibition} = [(A_{734} \text{ blanc} - A_{734} \text{ extrait}) / A_{734} \text{ blanc}] \times 100$$

Où A_{734} blanc et A_{734} extrait sont les absorbances de la solution $ABTS^{\bullet+}$ à 734 nm avant et après addition des échantillons ou extraits de plante.

L'étalonnage est effectué avec des solutions stocks de trolox. Les valeurs enregistrées des concentrations inhibitrices (IC50), qui correspondent à la concentration de l'extrait végétal nécessaire pour neutraliser 50% des radicaux libres DPPH et ABTS, sont exprimées en mg ou en μ g/ mL.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

3. RÉSULTATS ET DISCUSSION

Les tests que nous avons effectués dans cette étude ont permis d'aboutir aux résultats suivants :

3.1. Tests biochimiques préliminaires

Les résultats obtenus des différents tests biochimiques préliminaires réalisés sur l'espèce végétale *Zizyphus lotus* sont indiqués dans le tableau suivant:

Tableau 01. Tableau récapitulatif des principaux composés du métabolisme secondaire de l'espèce *Zizyphus lotus*.

Région	Mansoura	Berriane
Tanins catéchiques	(+)	(+)
Flavonoïdes	(+)	(+)
Saponosides	(+)	(+)
Anthocyanes	(+)	(+)
Leucoanthocyanes	(-)	(-)
Alcaloïdes	(-)	(-)
Terpènes	(+)	(+)
Stérols	(-)	(-)

(+) détecté, (-) non détecté.

A partir des résultats des tests biochimiques préliminaires des principaux composés du métabolisme secondaire de l'espèce *Zizyphus lotus* (tab. 01), nous avons pu avoir une idée sur la qualité biochimique supérieure de l'espèce végétale en question. Autrement dit, ces tests ont pu mettre en évidence la présence de cinq composés du métabolisme secondaire (tanins catéchiques, flavonoïdes, saponosides, anthocyanes et terpènes) et l'absence de trois autres composés aussi importants : leucoanthocyanes, alcaloïdes et stérols. Cette richesse en métabolites secondaires plus particulièrement en composés phénoliques pourrait justifier l'utilisation traditionnelle massive de l'espèce *Zizyphus lotus* par la population de Mansoura et Berriane au niveau de la région de Ghardaïa au Sahara septentrional Algérien. Nos

résultats sont plus ou moins similaires avec ceux obtenus dans les travaux de Bordji *et al*, (2007) et en parfaite concordance avec ceux de Dahou *et al*, (2003).

3.2. Rendements en extraits bruts aqueux

Dans cette étude et à partir des essais des différentes extractions par macération aqueuse réalisées avec la poudre des parties aérienne et souterraine de la plante étudiée, nous avons pu évaluer le rendement de chaque extrait. Ce rendement, qui a été évalué en mg/ g de matière végétale sèche, est exprimé en pourcentage selon la formule suivante : $R (\%) = (PEB/ PMV) \times 100$ où :

R (%) : rendement en %.

PEB : poids de l'extrait brut.

PMV : poids de matière végétale sèche.

Les valeurs obtenues sont indiquées dans le tableau suivant (tab. 02) :

Tableau 02 : Rendement (%) en extraits bruts et teneur en polyphénols (mg EAG/ g MVS) de l'espèce *Zizyphus lotus* dans la région de Ghardaïa.

	Mansoura		Berriane	
	EAq.PA	EAq.PS	EAq.PA	EAq.PS
Rendement	41.88	55.2	47.14	11.02
Polyphénols				
Totaux	191.470±0.046	244.375±0.023	197.054±0.06	37.131±0.026

A partir des résultats ci-dessus (tab. 02), l'espèce *Zizyphus lotus* de Mansoura s'avère plus riche en extrait brut aqueux avec 55.2% dans sa partie souterraine et 41.88 % dans sa partie aérienne. Quant à l'espèce de Berriane, un rendement plus ou moins similaire de l'ordre de 47.14 % en extrait brut est enregistré de sa partie aérienne. Cependant, la partie souterraine de la même espèce de Berriane n'a montré qu'un rendement assez faible de l'ordre de 11.02 % en extrait brut aqueux. Cette différence dans les rendements en extraits bruts est due probablement à la distribution inégale des métabolites secondaires entre les différentes parties de la plante étudiée (Benhammou *et al*, 2009).

Par comparaison avec des travaux récemment publiés, les résultats obtenus sont meilleurs que ceux obtenus par Djemai, (2009) sur la même espèce végétale de la région de Batna où un rendement de l'ordre de 40 % est enregistré. Ces résultats sont également meilleurs

que ceux obtenus par Ghalem, (2014) avec un rendement égal à 31 % en extrait brut aqueux de la pulpe et de la racine de l'espèce végétale *Ziziphus lotus* de la région de Zarifète de la wilaya de Tlemcen à l'ouest Algérien.

D'une manière générale, la variabilité des résultats peuvent être liée aux solvants d'extraction, aux conditions environnementaux de la région, aux conditions de stockage, date de récolte, la variété et le degré de maturité et même la partie de la plante utilisée qui peut influencer le rendement (Abiazar, 2007).

D'autre part et en se référant aux travaux de Ghedadba *et al*, (2014), les teneurs en extraits bruts varient non seulement d'une plante à une autre de la même famille mais également en fonction des paramètres de l'extraction solide-liquide des polyphénols, la taille des particules et le coefficient de diffusion de solvant ou mélange de solvants d'extraction. En effet, l'eau, le méthanol et le mélange hydrométhanolique sont considérés comme des meilleurs solvants d'extraction des composés naturels (Bekro *et al*, 2007; Mohammedi et Atik, 2011).

En plus de ces aspects quantitatifs, quelle que soit la méthode d'extraction appliquée, elle doit tenir compte de la qualité d'extrait, autrement dit de la bioactivité de ces principes actifs. Dans la présente étude, la méthode de macération sous agitation permet d'accélérer le processus d'extraction et de minimiser le temps de contact du solvant avec l'extrait tout en préservant la bioactivité de ses constituants. De même, le déroulement de cette extraction à température ambiante ainsi que l'épuisement du solvant à pression réduite permet d'obtenir le maximum des composés et de prévenir leur dénaturation ou modification probable dues aux températures élevées utilisées dans d'autres méthodes d'extraction.

3.3. Teneur en composés phénoliques (polyphénols totaux)

Les valeurs enregistrées des teneurs en polyphénols totaux sont exprimées en milligramme équivalent acide gallique par gramme de matière végétale sèche (mg EAG/ g MVS). La courbe d'étalonnage est établie avec un coefficient de détermination $R^2 = 0.9988$ (fig. 04).

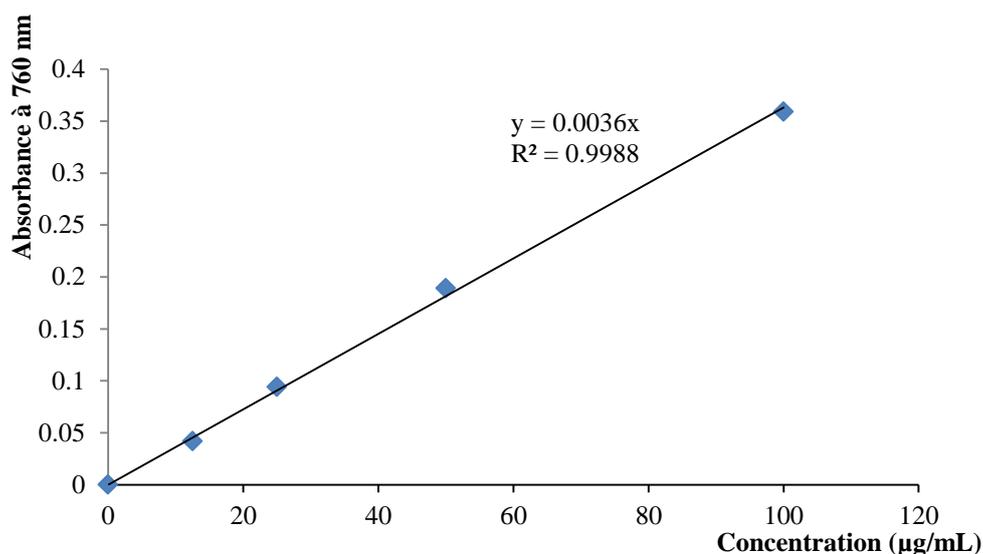


Figure 04: Courbe d'étalonnage de l'acide gallique.

A partir de l'équation de régression de la courbe d'étalonnage ci-dessus, nous avons déterminé la teneur en polyphénols totaux dans les différents extraits de notre plante *Ziziphus lotus* de Mansoura et Berriane au niveau de la région de Ghardaïa au Sahara septentrional Algérien.

Les résultats obtenus sont indiqués dans le tableau précédent (tab. 02).

De la plupart des résultats obtenus, les extraits bruts aqueux de l'espèce végétale *Ziziphus lotus* de Mansoura s'avèrent les plus riches en composés polyphénoliques notamment dans la partie souterraine avec une teneur maximale de l'ordre de 244.375 ± 0.023 mg EAG/g MVS.

Les parties aériennes de notre espèce végétale des deux sites étudiés viennent en deuxième position avec des teneurs élevées en polyphénols totaux et plus ou moins similaires variant entre 191 et 197 mg EAG/ g MVS. Néanmoins, la partie souterraine de l'espèce de Berriane s'est montrée moins riche en polyphénols totaux avec une teneur très faible égale à 37.131 ± 0.026 mg EAG/g MVS.

Les teneurs élevées en polyphénols totaux que nous avons enregistrés dans la partie aérienne et souterraine de l'espèce *Ziziphus lotus* de la région de Ghardaïa pourraient justifier l'utilisation massive de cette espèce végétale par la population des régions de la partie nord du Sahara septentrional Algérien.

Nous pouvons déduire aussi qu'un rendement élevé en extrait brut peut signifier sa richesse en composés phénoliques et surtout en polyphénols totaux.

En bref, l'espèce *Ziziphus lotus* de Mansoura est meilleure que celle de Berriane du point de vue richesse biochimique en composés polyphénoliques et plus particulièrement dans sa partie souterraine.

Par comparaison avec des travaux récemment publiés, nos résultats des teneurs en polyphénols totaux des extraits bruts de la partie souterraine de l'espèce de Mansoura sont en parfaite concordance avec ceux de Bakchiche *et al*, (2013) obtenus sur des extraits bruts des écorces de racines de la même espèce végétale de la région de Djebel Amour au Sahara algérien.

Par ailleurs, des résultats meilleurs que ceux obtenus dans notre étude, sont enregistrés par Khouchlaa *et al*, (2017) avec des teneurs très élevées en polyphénols totaux de l'ordre de 285.19 mg EAG/ mg d'extrait brut aqueux des fruits de la même espèce végétale *Ziziphus lotus* de la région d'Ihahen au Sud Marocain.

D'autre part, nos résultats sont pour la plupart meilleurs que ceux obtenus par Raies *et al*, (2019) sur différents extraits de la même espèce végétale de la région de Fez Zouagha-Moulay Yaâcoub au Maroc, dont les teneurs en polyphénols totaux sont de 23.54±0.44 à 50.67±1.44 mg EAG/ g MVS. De même et par comparaison avec des résultats publiés par Donatien, (2008) où les teneurs en polyphénols totaux sont de l'ordre de 19.27±0,64 mg EAG/ g MVS dans l'extrait brut des feuilles de l'espèce *Ziziphus mucronata* de la région de Bamako, nos résultats s'avèrent meilleurs avec des valeurs plus élevées.

Dans ce même contexte et par comparaison avec d'autres travaux réalisés par (Bakchiche *et al*.2014 ; Benslama *et al*, 2017 ; Mesrane, 2017 ; Ghazghazi *et al*, 2014) sur la même espèce végétale qui a fait l'objet de notre étude, les résultats obtenus, du dosage des polyphénols totaux dans les extraits bruts aqueux de la partie aérienne et souterraine de l'espèce *Ziziphus lotus* de la région de Ghardaïa au Sahara septentrional Algérien, semblent être plus ou moins comparables avec des teneurs très élevées. De ce fait, une teneur élevée en polyphénols totaux est liée à la grande solubilité des composés phénoliques dans les solvants polaires (Ghedadba *et al*, 2014).

En général, cette différence dans les résultats obtenus peut être liée d'une part, aux diverses conditions expérimentales (polarité des solvants d'extraction, quantité de matière végétale, techniques d'extraction) (Green, 2004 ; Colin-henrion, 2008 ; El Hadrami et Al-khayri, 2012 ; Benkherara et Bordjiba, 2018) et à la composition en fractions phénoliques (Hayouni *et al*.,

2007) et d'autre part aux variations environnementales édaphoclimatiques (Ksouri *et al*, 2008 ; Park et Cha, 2003 ; Belyagoubi-Benhammou, 2014).

3.4. Activité antioxydante

Le pouvoir antioxydant des extraits bruts aqueux de la partie aérienne et souterraine de l'espèce végétale *Ziziphus lotus* de Mansoura et Berriane de la région de Ghardaïa au Sahara septentrional Algérien, est évalué en mesurant les moyennes des valeurs des concentrations inhibitrices (IC50) face aux radicaux libres DPPH et ABTS.

Les valeurs des IC50 sont inversement proportionnelles à la capacité antioxydante (taux d'inhibition I%) d'un composé naturel, car elle reflète la quantité ou la concentration d'antioxydant en µg/ mL ou en mg/ mL requise pour neutraliser 50% de la concentration initiale du radical libre présent dans le milieu réactionnel. Plus la valeur d'IC50 est faible, plus l'activité antiradicalaire d'un composé est appréciable. Les valeurs d'IC50 de l'antioxydant de synthèse ou de référence (trolox) utilisé dans cette étude sont également évaluées.

3.4.1. Effet inhibiteur du radical libre DPPH (test de DPPH) :

A partir des figures des courbes d'étalonnage du trolox (fig. 05) et des extraits bruts aqueux de notre espèce végétale *Ziziphus lotus* (fig. 06) et à partir des équations de régression linéaire, nous avons pu calculer les différentes valeurs d'IC50 du pouvoir inhibiteur vis-à-vis du radical libre stable DPPH. Les résultats obtenus sont représentés dans le tableau ci-dessous (tab. 03).

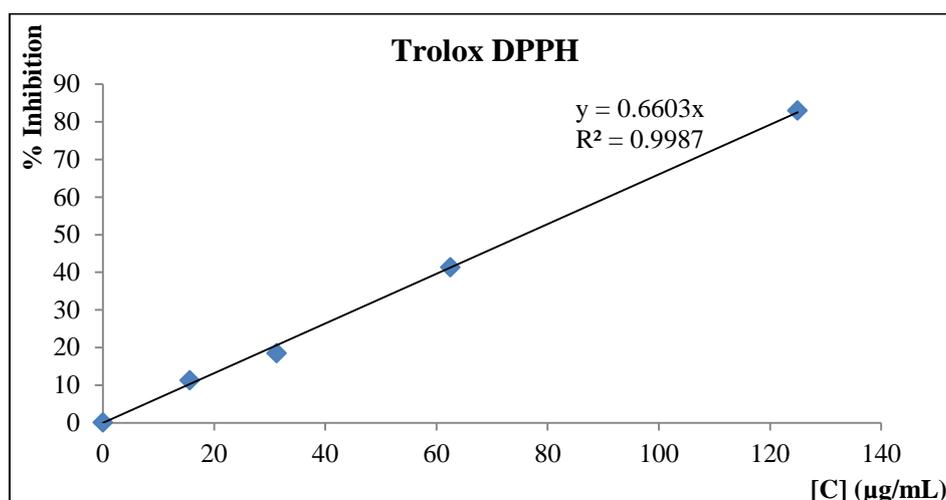


Figure 05: Courbe d'étalonnage de l'antioxydant de synthèse Trolox (pour DPPH)

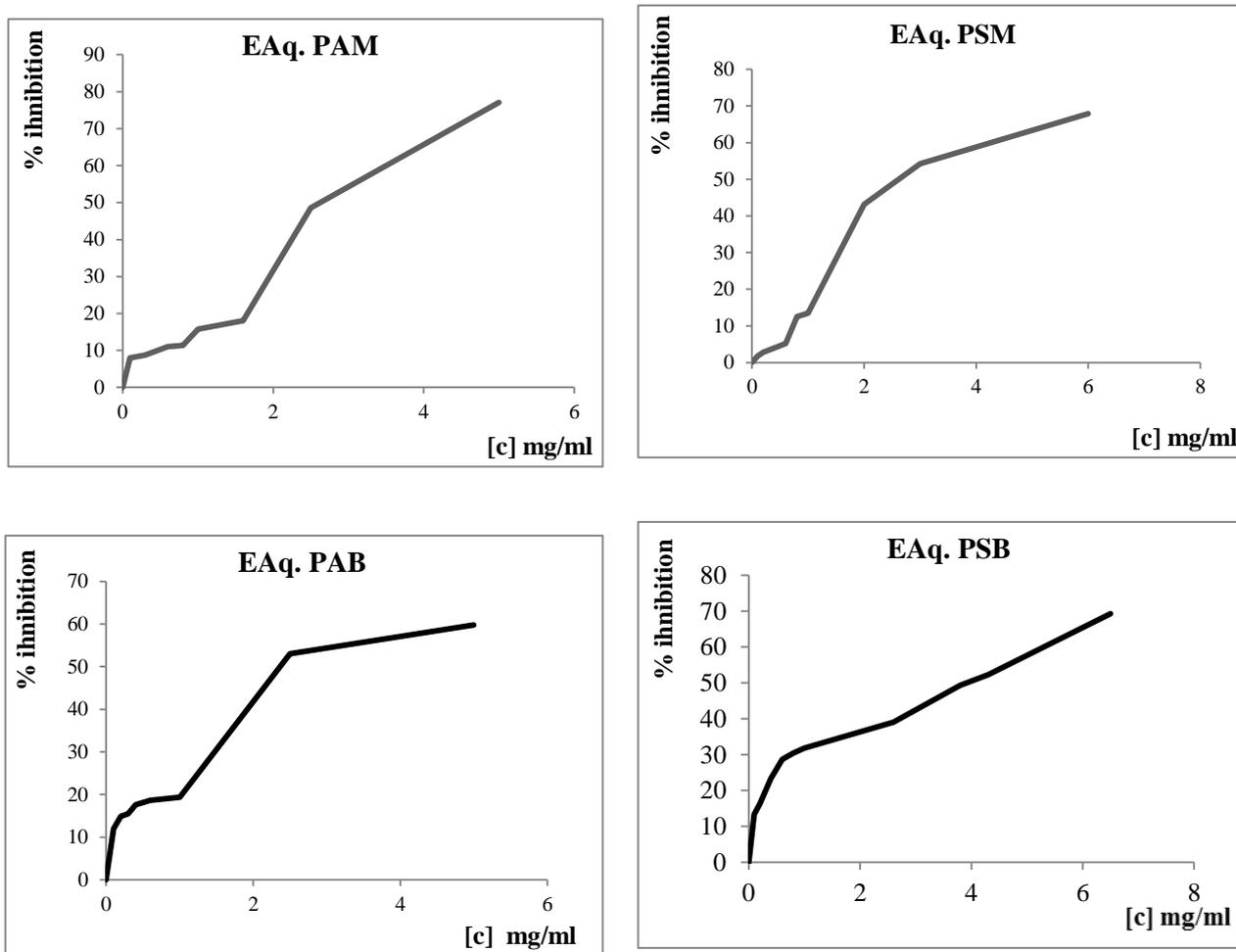


Figure 06: Figures représentatives des résultats de l'activité antioxydante (test de DPPH) des extraits bruts de l'espèce *Ziziphus lotus* de la région de Ghardaïa.

(EAq: extrait aqueux, PA: Partie aérienne, PS: Partie souterraine, M: Mansoura, B: Berriane)

D'une manière générale, les extraits bruts aqueux de la partie aérienne de l'espèce *Ziziphus lotus* des deux sites concernés de la région de Ghardaïa présentent les plus forts pouvoirs inhibiteurs du radical libre DPPH avec des valeurs d'IC50 faibles et plus ou moins proches de l'ordre de 3 mg/ mL. Quant à la partie souterraine, l'espèce de la région de Mansoura est avérée meilleure que celle de Berriane dont la valeur d'IC50 est de 3.748 ± 0.02 mg/ mL. Ces pouvoirs inhibiteurs des extraits bruts obtenus s'avèrent inférieurs par rapport à celui du trolox qui s'est montré très puissant et ayant une très grande capacité dans la réduction du radical libre DPPH.

Tableau 03: Résultats globaux du pouvoir antioxydant (test de DPPH) des extraits bruts de l'espèce *Ziziphus lotus*.

Sites	Mansoura		Berriane		Trolox
Extrait aqueux de	Partie aérienne	Partie souterraine	Partie Aérienne	Partie souterraine	
IC50 (mg/ mL)	3.154±0.012	3.748±0.020	3.43±0.016	4.011±0.012	0.075±0.901

3.4.2. Test de l'ABTS

A partir des équations de régression de la courbe d'étalonnage du trolox (fig. 07) et celles des courbes des extraits bruts aqueux des parties aérienne et souterraine de notre espèce végétale *Ziziphus lotus* de la région de Ghardaïa au centre de la région Nord du Sahara septentrional algérien (fig. 08), nous avons déterminé les valeurs d'IC50 de la capacité antioxydante vis-à-vis des radicaux libres ABTS ou activité antioxydante totale AAT. Les résultats globaux sont indiqués dans le tableau ci-dessous (tab. 04).

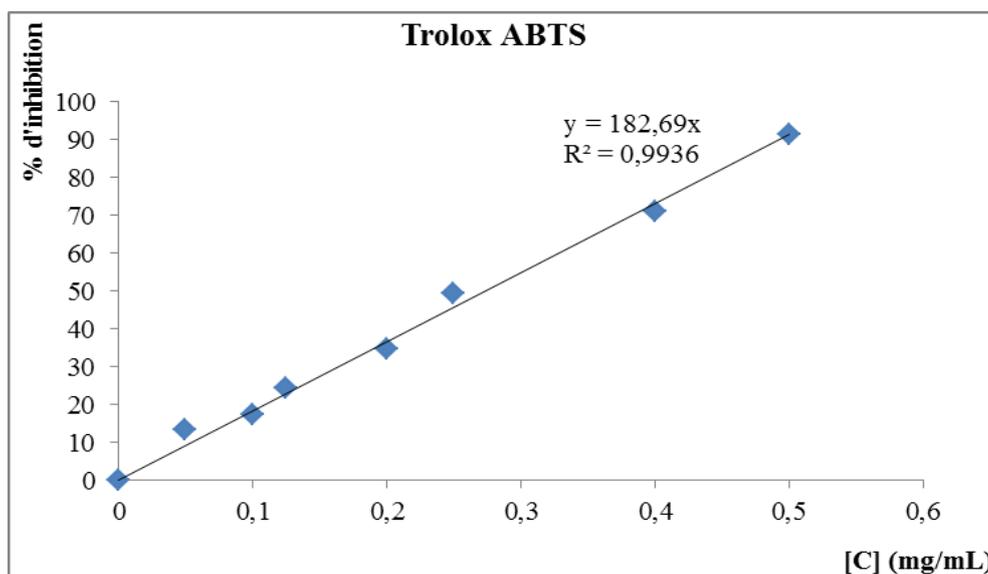


Figure 07: Courbe d'étalonnage de l'antioxydant de synthèse trolox (pour ABTS).

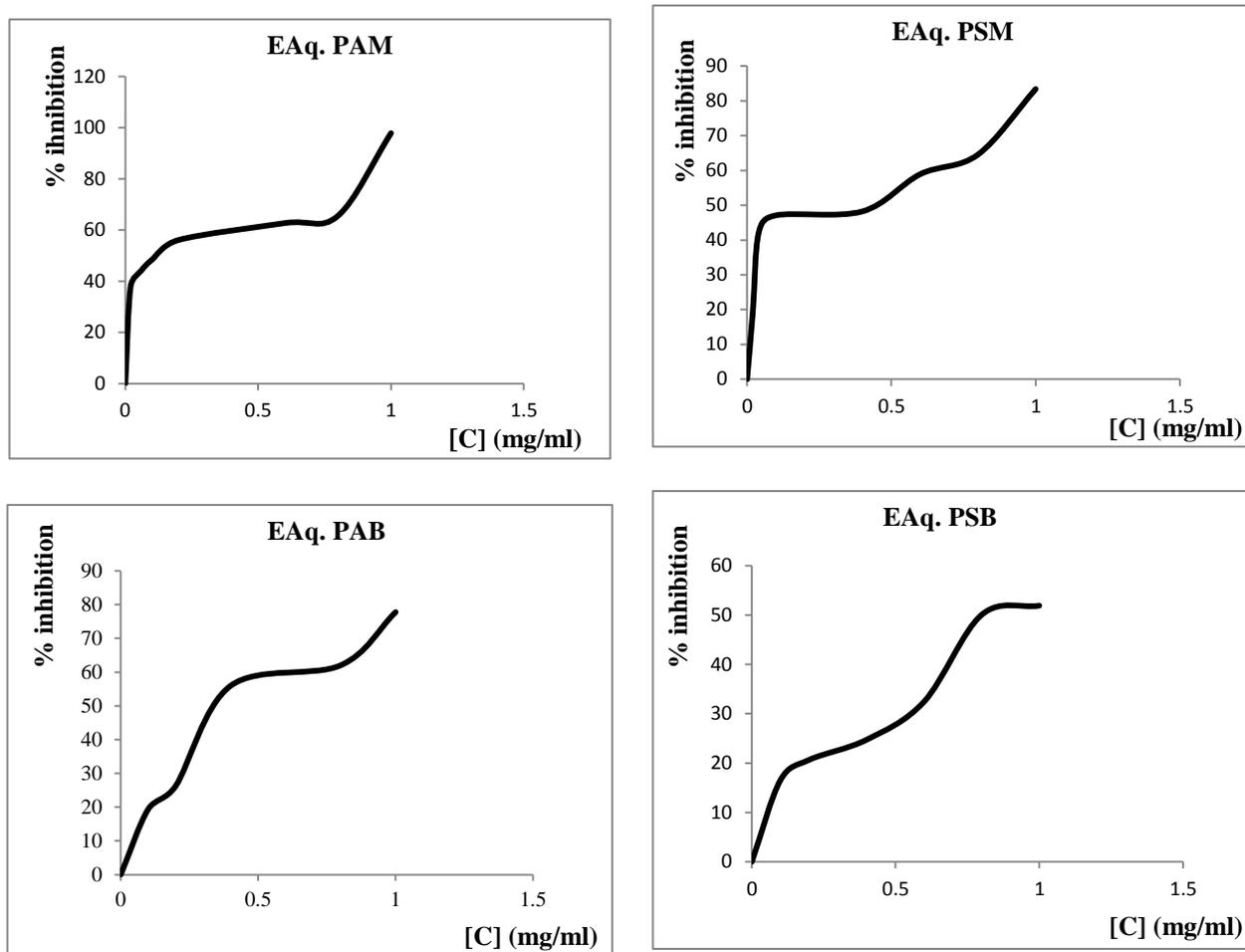


Figure 08: Figures représentatives des résultats de l'activité antioxydante (test de l'ABTS) des extraits bruts de l'espèce *Ziziphus lotus* de la région de Ghardaia.

(EAq: extrait aqueux, PA: Partie aérienne, PS: Partie souterraine, M: Mansoura, B: Berriane)

En général, et à partir du tableau ci-dessous (tab. 04), des résultats similaires que ceux du pouvoir inhibiteur vis-à-vis du radical libre DPPH sont obtenus. Autrement dit, les extraits bruts aqueux de la partie aérienne de l'espèce *Ziziphus lotus* des deux sites concernés présentent les plus forts pouvoirs inhibiteurs face aux radicaux libres ABTS avec des valeurs d'IC50 faibles et un peu proches de l'ordre de 0.5 mg/ mL. Cependant, l'espèce de Berriane et avec sa partie souterraine n'a montré qu'une faible capacité dans l'inhibition ou la réduction des radicaux libres ABTS existants dans le milieu réactionnel. Cela est probablement en relation avec la distribution inégale des métabolites secondaires entre les deux parties de la plante étudiée. Pour ce qui est du produit de référence trolox, la capacité antioxydante de nos extraits s'avèrent très faible.

Tableau 04: Résultats globaux du pouvoir antioxydant (test de l'ABTS) des extraits bruts de l'espèce *Ziziphus lotus*.

Sites	Mansoura		Berriane		Trolox
Extrait aqueux de	Partie Aérienne	Partie souterraine	Partie Aérienne	Partie souterraine	
IC50 (mg/ mL)	0.555±0.064	0.498±0.047	0.586±0.043	0.871±0.051	0.274±0.091

En bref, et à partir des résultats obtenus, les extraits bruts aqueux de la partie aérienne de l'espèce végétale *Ziziphus lotus* de Mansoura et Berriane de la région de Ghardaïa ont présenté le meilleur pouvoir antioxydant vis-à-vis du radical libre DPPH et dans la réduction des radicaux libres ABTS.

A propos du pouvoir inhibiteur du radical libre DPPH, les résultats obtenus révèlent que les extraits bruts isolés de l'espèce *Ziziphus lotus* des deux sites concernés de la région de Ghardaïa sont très actifs et présentent en général des activités antioxydantes supérieures. Cela est probablement lié à la complexité de ses extraits bruts en substances polyphénoliques y compris les tanins, flavonoïdes et les anthocyanes et la synergie entre eux pour une meilleure activité antioxydante (Vermerris et Nocholson, 2006).

Par comparaison avec de nombreuses études qui ont évalué le potentiel antioxydant des extraits de l'espèce *Ziziphus lotus* qui a fait l'objet de notre étude, des résultats meilleurs que ceux obtenus avec les extraits bruts aqueux de notre plante sont publiés par plusieurs auteurs (Bakchiche *et al*, 2014 ; Belmaghraoui *et al*, 2018 ; Benslama *et al*, 2017 ; Ghazghazi *et al*, 2014) avec des valeurs très faibles d'IC50 ne dépassant pas 0.5 mg/ mL.

Quant à la capacité antioxydante vis-à-vis des radicaux libres ABTS (test de l'ABTS), diverses études ont déterminé expérimentalement les capacités des extraits naturels à piéger les radicaux libres. Cette activité dépend d'un certain nombre de paramètres : la dose, la structure, les substituants et le degré de polymérisation de la molécule.

Les extraits bruts aqueux de notre plante ont pu présenter un pouvoir antioxydant plus ou moins appréciable face aux radicaux libres ABTS. Cela s'explique probablement par la richesse de l'extrait brut aqueux en composés, ayant une forte activité d'élimination des radicaux libres, qui sont plus solubles et plus extractibles avec de l'eau que dans d'autres solvants qui sont certainement moins polaires.

La solubilité des composés phénoliques dépend de leur nature chimique dans la plante, qui varie de composés simples à fortement polymérisés. Cette diversité structurale est responsable de la grande variabilité des propriétés physicochimiques influençant l'extraction des polyphénols (Koffi *et al.*, 2010 ; Mahmoudi *et al.*, 2013). Entre outre, la solubilité des composés phénoliques est affectée par la polarité du solvant utilisé. Par conséquent, il est très difficile de développer un procédé d'extraction approprié à l'extraction de tous les composés phénoliques de la plante (Garcia-Salas *et al.*, 2010 ; Jokic *et al.*, 2010).

Les solvants apolaires ou faiblement polaires sont par contre recommandés pour récupérer sélectivement les acides tanniques de haut poids moléculaire (Tian *et al.*, 2009). Les arômes dérivés des acides hydroxycinnamiques sont quant à eux habituellement extraits par des solvants apolaires tels que le chloroforme et la diéthyléther (Collin et Crouzet, 2011).

Cet effet antiradicalaire pourrait devenir potentiellement intéressant après optimisation des conditions d'extraction, séparation et d'augmentation de la concentration. En effet, les composés phénoliques et plus particulièrement les flavonoïdes sont reconnus comme des substances potentiellement antioxydantes ayant la capacité de piéger les espèces radicalaires et les formes réactives de l'oxygène (Javanovic *et al.*, 1994). L'effet scavenger des flavonoïdes est attribué à leur faible potentiel redox qui les rend thermodynamiquement capable de réduire les radicaux libres par un transfert d'atome d'hydrogène à partir des groupements hydroxyle (Siddhuraju et Becker, 2007). En outre, dans le but d'identifier les sites potentiels au sein des flavonoïdes qui sont responsables sur l'effet antiradicalaire vis-à-vis du radical DPPH, plusieurs travaux ont étudié la cinétique et le mécanisme réactionnel des flavonoïdes avec ce radical stable. De plus, Amic *et al.*, (2003) ont mis en évidence la relation structure fonction de 29 flavonoïdes (flavones, flavonols et flavanones) et leurs capacités de piéger le radical DPPH et par conséquent, la variabilité structurale de ces même flavonoïdes affecte de façon non négligeable cette activité.

La configuration et le nombre total de groupements hydroxyles ont une influence sur le mécanisme de l'activité antioxydante (Heim *et al.*, 2002) et à titre indicatif, les composés les plus actifs sont ceux qui combinent les trois critères suivants :

Une structure ortho-dihydroxy (groupement catéchol) dans le cycle B qui confère la stabilité au radical flavonoxy et participe à la délocalisation des électrons.

Une double liaison C2-C3 en conjugaison avec la fonction 4-oxo dans le cycle C fournissant une délocalisation des électrons à partir du cycle B.

La présence des groupements hydroxyle en position C3 et C5 fournissant une liaison hydrogène au groupe oxo (Croft, 2006).

Cette différence dans les résultats obtenus s'explique probablement par l'influence de plusieurs facteurs sur la qualité et la quantité des composés du métabolisme secondaire de la plante et par conséquent leur potentiel antioxydant. Ces facteurs sont en principe climatiques et environnementaux : la zone géographique, sécheresse, sol, type de microclimat et aussi l'étage bioclimatique, etc. (Atmani *et al*, 2009), patrimoine génétique (El-Waziry *et al*, 2007), période et moment de la récolte et le stade de développement de la plante (Miliauskas *et al*, 2004) et même aux conditions opératoires de l'expérimentation (solvant d'extraction polaire ou apolaire, quantité de matière végétale, sèche ou fraîche, température et temps d'extraction, et même aux techniques d'extraction) (Lee *et al*, 2003).

**CONCLUSION ET
PERSPECTIVES**

A la fin de cette étude, il paraît très important d'évoquer les principaux résultats que nous avons obtenus.

Les tests biochimiques préliminaires, effectués sur la partie aérienne de l'espèce végétale *Ziziphus lotus* L. des deux sites Mansoura et Berriane de la région de Ghardaia, nous ont permis de mettre en évidence la présence de cinq composés du métabolisme secondaire (tanins catéchiques, flavonoïdes, saponosides, anthocyanes et terpènes) et l'absence de trois autres composés aussi importants : leucoanthocyanes, alcaloïdes et stérols. Pour ce qui est des rendements en extraits bruts aqueux, l'espèce de Mansoura s'avère plus riche avec 55.2% dans sa partie souterraine et 41.88 % dans sa partie aérienne. Quant à l'espèce de Berriane, un rendement plus ou moins similaire de l'ordre de 47.14 % est enregistré de sa partie aérienne contrairement à la partie souterraine qui n'a montré qu'un rendement assez faible de l'ordre de 11.02 %.

D'une manière générale, les extraits bruts de l'espèce de Mansoura s'avèrent les plus riches en composés polyphénoliques notamment dans la partie souterraine avec une teneur maximale de l'ordre de 244.375 ± 0.023 mg EAG/g MVS. Les parties aériennes de cette espèce végétale des deux sites concernés viennent en deuxième position avec des teneurs moyennement élevées et plus ou moins similaires allant de 191 à 197 mg EAG/ g MVS. Ces teneurs élevées en composés phénoliques des extraits de la partie aérienne et souterraine de l'espèce *Ziziphus lotus* de Mansoura et Berriane pourraient justifier l'usage traditionnel massif de cette espèce par la population de la région de Ghardaïa.

A partir du pouvoir antioxydant évalué par les tests *in vitro*, les résultats obtenus révèlent que les extraits de notre espèce végétale des deux sites concernés de la région de Ghardaïa sont très actifs et présentent en général des activités antioxydantes supérieures vis-à-vis du radical libre DPPH et dans la réduction des radicaux libres ABTS et plus particulièrement en présence des extraits de la partie aérienne. Cela est du probablement à la complexité et la richesse de ses extraits bruts aqueux en substances polyphénoliques ayant une forte activité de piégeage ou d'élimination des radicaux libres.

En bref, ces résultats indiquent que les extraits bruts de l'espèce *Ziziphus lotus* sont très prometteurs quant à leur pouvoir antioxydant. Des applications *in situ* dans le traitement des maladies dues à certains radicaux libres peuvent être envisagées. Nos perspectives pour l'avenir se résument en ce qui suit :

Approfondir les études concernant la séparation, purification, identification et la caractérisation de ces principes actifs du point de vue qualitatif et quantitatif.

Déterminer leurs Chémotypes exacts et complets par HPLC/ MS et RMN.

Evaluer *in vitro* d'autres activités biologiques de sa partie aérienne et même souterraine telles que l'activité antimicrobienne, anti-inflammatoire, antidiabétique...etc.

Envisager des expériences *in situ* en testant ces principes actifs sur des cas pathologiques.

Il serait également intéressant d'extraire les autres principes actifs de la plante et de tester leur pouvoir antioxydant.

RÉFÉRENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

- Adouane M., Haddadi M., Benamrane N., Touafek K, Khelifa A., Tabet I. Evaluation de l'influence de l'inclinaison des modules photovoltaïques sur la production d'énergie d'un système hybride. *Revue des Energies Renouvelables SIENR Ghardaia*.2014 ; 14 : 87-92.
- Amic D., Davidovic-Amic D., Beslo D., Trinajstic N. Structure-radical scavenging activity relationships of flavonoids. *Croatica Chemica Acta*. 2003; 76: 55-61.
- ANDI. Agence Nationale de Développement de l'investissement. Wilaya de Ghardaia. 2013.
- ANIRF. Agence Nationale d'Intermédiation et de Régulation Foncière. Rubrique Monographie Wilaya (Wilaya Ghardaia). 2011.
- Anton A. A., Ross K. A., Lukow O. M., Fulcher R. G., Arntfield S. D. Influence of added bean flour (*Phaseolus vulgaris* L.) on some physical and nutritional properties of wheat flour tortillas. *Food Chemistry*. 2008; 109: 33-41.
- Atmani, D., Chaher, N., Berboucha, M., Ayouni, K., Lounis, H., Boudaoud, H., Debbache, N., Atmani, D. Antioxidant capacity and phenol content of selected Algerian medicinal plants. *Food Chem*, 2009; 112: 303–309.
- Azam-Ali S., Bonkougou E., Bowe C., deKock C., Godara A. and Williams J. T. Ber and other jujubes. *International Centre For Underutilised Crops, University of*. 2001 ; 28, 1106-1110.
- Baba Aissa F. Encyclopédie des plantes utiles (Flore d'Algérie et du Maghreb). Substances végétales d'Afrique, d'Orient et d'Occident, Ed. Edas, 1999 ; 178 p.
- Badiaga M. Étude ethnobotanique, phytochimique et activités biologiques de *Nauclea latifolia* (smith). Une plante médicinale africaine récoltée au Mali, Thèse de Doctorat, Université de Bamako, 2011 ; 137 p.
- Bakchiche B., et Gherib A., Activités antioxydantes des polyphénols extraits de plantes médicinales de la pharmacopée traditionnelle d'Algérie. *International Journal of Innovation and Applied Studies*. 2014 ; 9: 167-172.
- Bayer E., Butter K.P., Finkenzeller X., et Grau J., Guide de la flore méditerranéenne Delachaux et Niestlé (Ed). Paris. 2000 ;287p .

- Bekhechi B et al .,Antioxydant activities of eight Algerian plant extracts and two essential oils. *Industrial crops and products* . january 2013;46 :85_96.
- Bekro Y. A., Mamyrbekova J. A., Boua B., Fezan H., Ehouan E. Etude ethnobotanique et screening phytochimique de caesalpinia benthamiana (Baill.) Herend. Et Zarucchi (Caesalpinaceae).*Sciences and nature*. 2007; 4: 217- 225.
- Belkacem S.,Investigation phytochimique de la phase n-butanol de l'extrait hydroalcoolique des parties aériennes de Centaurea parviflora (Compositae) Mémoire de magister, Univ. Mentouri, Constantine 2009 ; 19 p.
- Bellakhdar, J., La Pharmacopée Marocaine Traditionnelle, Ibis Press, Paris. France. 1997.
- Belmaghraoui, W., El Madani. N., Manni. A., Harir.M., Filali-Maltouf. A., El Hajjaji. S., El Fatni. O K., Total phenolic and flavonoid content, antioxidant and antibacterial activity of ziziphus lotus from Morocco .*pharmacologyonline*. 2018 ; vol.3: p 176-183.
- Belyagoubi-Benhammou N., Belyagoubi L., Bekkara F. A. Phenolic contents and antioxidant activities in vitro of some selected Algerian plants. *Journal of medicinal plant research*. 2014; 8: 1198-1207.
- Ben ziane et Yousfi. Activité antibactérienne des huiles essentielles des feuilles de Pistacia atlantica Desf. Contribution à l'étude ethnobotanique des plantes médicinales dans la région de Djelfa. . (2001).
- Benammar, C.; Hichami, A.; Yessoufou, A.; Simonin, A.-M.; Belarbi, M.; Allali, H.; Khan, N. A., Zizyphus lotus L.(Desf.) modulates antioxidant activity and human T-cell proliferation *BMC complementary and alternative medicine*. 2010; 10, 54.
- Benhammou N., Bekkara F. A., Panovska T. K. Antioxidant activity of methanolic extracts and some bioactive compounds of Atriplex halimus. *Comptes Rendus Chimie*. 2009; 12: 1259-1266.
- Benkherara S. et Bordjiba O. Phytochemical study and *in vitro* antioxidant activities of *Hammada scoparia* extracts from southeastern Algeria. *Asian journal of pharmaceutical and clinical research*. 2018 ; 11:187-192.

- Bensaha H. et Arbouch R. Impact de la dynamique de l'agriculture et ses conséquences sur la durabilité de l'écosystème saharien : cas de la vallée de M'zab (Sahara septentrional). *Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires*. 2016 ; 4 : 31-36.
- Benslama et al, phenolic compounds, antioxidant and antibacterial activities of *Zizyphus lotus* .L leaves extracts, *the natural products journal* , volume 7,4, novembre 2017 ; pp.316-322.
- Boizot N. et Charpentier J. P. Méthode rapide d'évaluation du contenu en composés phénoliques. *Cahier des Techniques de l'INRA*. Institut national de la recherche agronomique Science et Impact, Paris. 2006; 80p.
- Bonnet J., *Larousse des arbres - Dictionnaire des arbres et des arbustes*, 2001 ; p. 512.
- Borgi, W; Ghedira, K.; Chouchane, N., Antiinflammatory and analgesic activities of *Zizyphus lotus* root barks. *Fitoterapia*. 2007 ;78 :16-19.
- Borgi, W; Recio, M.-C; Ríos, J; Chouchane, N, Anti-inflammatory and analgesic activities of flavonoid and saponin fractions from *Zizyphus lotus* (L.) Lam. *South African Journal of Botany* 2008 ; 74, 320-324.
- Bouquet A. *Plantes médicinales du Congo-Brazzaville*. Edition de l'office de la recherche scientifique et technique d'outre-mer, paris. 1972; 110 p.
- Bourgaud F, Gravot A, Milesi S, Gontier E. Production of plant secondary metabolites: a historical perspective. *Plant Sci*. 2001 ;161: 839-851.
- Camille Migdal et Mireille Serres. *Espèces réactives de l'oxygène et stress oxydant*. *Med Sci Paris* .2011 ; 405-412.
- Chehema A, *Catalogue des plantes spontanées du Sahara septentrional algérien* Laboratoire de protection des écosystèmes en zone arides et semi arides, Univ. Kasdi Merbah, Ouargla. 2006 ; 140 p.
- Chenini N. et Chabou S. Evaluation du potentiel géothermique dans la région de Ghardaia , *Revue des Energies Renouvelables SIENR*. 2012 ; 12 : 307-312.
- Chevallier A. Les jujubiers ou *Zizyphus* de l'ancien monde et l'utilisation de leurs fruits. *Revue de botanique appliquée et d'agriculture tropicale*, 27, 1947 ; p. 470-480.

- Claudine R. Le nom de l'arbre : le grenadier, le caroubier, le jujubier, le pistachier et l'arbousier. Actes sud le Majan, 1er edition France. 2007 ; p. 45-62.
- Collin S. et Crouzet J. Polyphénols et procédés : transformation des polyphénols au travers des procédés appliqués à l'agro-alimentaire. TEC & DOC., Lavoisier, Paris. 2011; 339p.
- Croft K. D. The chemistry and biological effects of flavonoids and phenolic acids. Annals of the New York Academy of Sciences. 2006.; 854: 435-442.
- Djemai Zoughlache. S. Etude de l'activité biologique des extraits du fruit de *Zizyphus lotus* L. Memoire Pour l'obtention du diplôme de MAGISTER Universite -EL Hadj Lakhder -Batna Faculte des sciences. 2009.
- Dobignard A. et Chatelain C. Index synonymique de la flore d'Afrique du Nord. (2010-2013) ; (4 vol.), Genève, C.J.B.G.
- Dohou N., Yamni K., Tahrouch S., Idrissi Hassani L. M., Bodoc A., Gmira N. Screening phytochimique d'une endemique Ibero-marocain, *Thymelaea lytroides*, Bull. Société de Pharmacie de Bordeaux. 2003 ; 142: 61- 78.
- Donatien k., Enquête ethnobotanique de six plantes médicinales maliennes - extraction, identification d'alcaloïdes caractérisation, quantification de polyphénols : étude de leur activité antioxydante , These Doc. Faculté des Sciences et Techniques de Bamako. 2009.
- El-Waziry, A.M.. Nutritive value assessment of ensiling or mixing Acacia and Atriplex using in vitro gas production technique. Res. J. Agric. Biol. Sci . 2007 ; 3(6): 605-614.
- Garcia-Salas P., Morales-Soto A., Segura-Carretero A., Fernandez –Gutiérrez A. Phenolic-Compound-Extraction systems for fruit and vegetable samples. *Molecules*. 2010; 28: 206-212.
- Ghalem. M., Effets antioxydants et anti-inflammatoires des extraits de *Zizyphus lotus* et *Anthyllis vulneraria*. These, Doc. Universite Abou Bekr Belkaid –Tlemcen.2014.
- Ghazghazi, H.; Aouadhi, C.; Riahi, L.; Maaroufi, A.; Hasnaoui, B., Fatty acids composition of Tunisian *Zizyphus lotus* L.(Desf.) fruits and variation in biological activities between leaf and fruit extracts. *Natural product research* . 2014 ; vol 28,No.14,1106_1110.

Ghedadba N., Hambaba L., Aberkane M. C., Oueld-Mokhtar S. M., Fercha N., Bousselsela H. Évaluation de l'activité hémostatique in vitro de l'extrait aqueux des feuilles de *Marrubium vulgare* L. *Algerian Journal of Natural Products*. 2014; 2: 64-74.

Green R. J. Antioxydant activity of peanut plant tissues. Master's Thesis. Departement of food science. Faculty of north california state university (USA) .2004; 23p.

Hammiche V. et Gueyouche R. Plantes médicinales et thérapeutiques, 1ère partie : Les plantes médicinales dans la vie moderne et leur situation en Algérie, *Annales de l'INA El Harrach*, Alger, 1988 ; 12 :(1), 419-433.

Harborne J. B. *Phytochemical methods a guide to modern techniques of plant analysis*, Chapman and Hall Ltd, London. 1973; 278p.

Hatzidimitriou E., Nenadis N., Tsimidou M. Z. Changes in the catechin and epicatechin content of grape seeds on storage under different water activity (aw) conditions. *Food Chemistry*. 2007; 105: 1504-1511.

Hayouni, E., Abedrabba, M., Bouix, M., Hamdi, M. The effects of solvent and extraction method on the phenolic contents and biological activities in vitro of Tunisian. . 2007.

Heim K. E., Tagliaferro A. R., Bobilya D. J. Flavonoid antioxidants: chemistry, metabolism and structure-activity relationships. *J. Nutr. Biochem*. 2002; 13: 572-584.

Javanovic S. V., Steenken S., Tosic M., Marjanovic B., Simic M. J. Flavonoids as antioxidants. *Journal of the American Chemical Society*. 1994; 116: 4846-4851.

Jean V. et Jiri S., "Plantes médicinales. 250 illustrations en couleurs", Larousse, Paris, 1983 ; 319p.

Jokic S., Velic D., Bilic M., Bucic-Kojic A., Planinic M., Tomas S. Modelling of the process of solid-liquid extraction of total polyphenols from Soybeans. *Czech journal of food sciences*. 2010; 28: 206-212.

Kemassi A., Darem S., Cherif R., Boual Z., Sadine S., Aggoune M. S., Ould el hadj-khelil A., Ould elhadj M. D. Recherche et identification de quelques plantes médicinales à caractère hypoglycémiant de la pharmacopée traditionnelle des communautés de la vallée du M'Zab (Sahara septentrional Est Algérien). *Journal of Advanced Research in Science and Technology*. 2014; 1: 1-5.

- Khelifa A., Remini B., The sharing of flood waters in the Ksour of Ghardaia and Berriane (Algeria) hydraulic study. . *GeoScience Engineering*. 2019; p. 44 – 57.
- Khene B., Caractérisation d'un agro système oasien : vallée du M'zab et Guerrara (Wilaya de Ghardaïa). Mémoire de magister. INA, Alger (Algérie). 2007 ; 162p.
- Khene. B. Dynamique des systèmes de production phoénicoles et promotion de la filière « dattes » : perspectives de développement - Cas de la région de Ghardaïa -. Thèse de doctorat. Ouargla : Université Kasdi Merbah. . 2013 ; 228p .
- Khouchlaa A., Talbaoui A., El Yahyaoui A. , El Idrissi, Bouyahya A., Ait Lahsen S.,Kahouadji A, Tijane M., Détermination des composés phénoliques et évaluation de l'activité litholytique in vitro sur la lithiase urinaire d'extrait de *Zizyphus lotus L.* d'origine marocaine. *Phytothérapie*. 2017.
- Koffi E., Sea T., Dodehe Y., Soro S. Effect of solvent type on extraction of polyphenols from twenty three ivoirien plants. *Journal of animal and plant sciences*. 2010; 5: 550-558.
- Ksouri R., Megdiche W., Falleh H., Trabelsi N., Boulaaba M., Smaoui A., Abdely C. Influence of biological, environmental and technical factors on phenolic content and antioxidant activities of Tunisian halophytes. *Comptes Rendus Biologies*. 2008 ; 331(11), 865-873.
- Lee K.W., Kim Y. J., Lee H. J., Lee C.Y. Cocoa has more phenolic phytochemicals and a higher antioxidant capacity than teas and red wine. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2003; 51: 7292-7295.
- Li Y., Lopez P., Durand P., Ouazzani J., Badet B., Badet-Denisot M. A. An enzyme-coupled assay for amidotransferase activity of glucosamine-6-phosphate synthase. *Analytical Biochemistry*. 2007 ; 370: 142-146.
- Mahmoudi S., Khali M., Mahmoudi N. Etude de l'extraction des composés phénoliques de différentes parties de la fleur d'Artichaut (*Cynara scolymus L.*). *Revue «Nature and technologie»*. B-Science agronomiques et biologiques. 2013 ; 9 : 35-40.
- Majhenic L., Skerget M., Knez Z. Antioxidant and antimicrobial activity of guarana seed extracts. *Food Chemistry*. 2007 ; 104: 1258-1268.

Maury S., et Legrand M. Étude des O-méthyltransferases de la voie des phénylpropanoïdes dans le tabac et modulation de leur expression dans les tabacs transgénique : conséquences sur la synthèse de la lignine et d'autres composés phénoliques et sur la résistance aux agents pathogènes. INIST-CNRS, cote INVIST: T 127548. Université de Strasbourg. France.2000.

Mesrane. K., Optimisation de l'extraction assistée par l'ultrason des composés phénoliques du jujubier *Ziziphus lotus.*, Memoire de fin d'etudes en vue de l'obtention du diplôme Master., UAMOB/F.SNV.ST/DEP.BIO.2018.

Miliauskas G., Venskutonis P. R., Van Beek T. A. Screening of radical scavenging activity of some medicinal and aromatic plant extract. Food Chemistry. 2004; 85: 231-237

Mohammedi Z. et Atik F. Impact of Solvent Extraction Type on Total Polyphenols Content and Biological Activity from *Tamarix aphylla* (L.) Karst. International Journal of Pharma and Bio Sciences. 2011 ; 2: 609-615.

O.M.M. (Organisation météorologique mondiale). (2007-2008). 41 p.

OMM 2006 , Intercomparaison OMM combinée d'abris météorologiques en jonction avec les instruments de mesure d'humidité. Ghardaïa–Algérie Ed.

Organisation mondiale de la santé. Médecine traditionnelle. . 2003.

Organisation mondiale de la santé. Pharmacopée traditionnelle. . 1978.

Ouici. H. et Djoudi O.E. Inventaire et analyse de la biodiversité végétal dans la région de Ghardaia (cas de hassi lfhal)Revue ELWAahat pour la recherches et les études, 2015 ; vol 8 n°1 94_107.

Ouled belkhir. Contribution à l'étude des système d'élevage camelin en Algérie chez les tribus des chaambas et des touaregs.Mem.de Magister, Dpt des sciences agronomique. U.K.M. Ouargla, 2008 ; p97.

Ozenda P. Flore du Sahara. Edition du centre national de la recherche scientifique 15, quai Anatole, Paris. 1977; 598 p.

Ozenda P., "Flore du Sahara", CNRS, Paris. 1979 ; 622p .

Ozenda.P., Flore du Sahara. Ed. Centre nati. rech. sci. (C.N.R.S.), Paris,1983 ; 622 p.

Parejo I., Viladomat F., Bastida J., Rosas-Romero A., Saavedra G., Murcia G. S., Jiménez A. M., Codina C. Investigation of Bolivian plant extracts for their radical scavenging activity and antioxidant activity. *Life Sciences*. 2003; 73: 1667-1681.

Park H.J, Cha H.C .Flavonoids from leaves and exocarps of the grape Kyoho.Korean. journal of biological society. 2003;7: 327-330.

Prior R. L., Wu X., Schaich K. Standardized methods for the determination of antioxidant capacity and phenolics in foods and dietary supplements. *Agricultural and food chemistry*. 2005 ; 53: 4290-4302.

Quezel, P., Santa. S., Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Tome II. Éditions du CNRS (Centre National de la Recherche Scientifique). Paris .1962 ; 7, 1170 p

Rais C, Benidir M, Slimani C, EL-Ouazna B, Ettadili H, ElHanafi L, EL Ghadraoui L, Benjelloun M, Antimicrobial and radical scavenging activities of Moroccan *Ziziphus lotus* L seeds, *The Journal of Phytopharmacology* 2019; 8(4): 155-160.

Re R., Pellegrini N., Proteggente A., Pannala A., Yang M., Rice-Evans C. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolourization assay. *Free Radical Biology et Medicine*. 1999; 26: 1231-1237.

Rimjhim S., Kumari N., Jainendra K. Preliminary phytochemical screening of methanolic extract of *Clerodendron infortunatum*. *International organization of scientifique research*. 2014; 7: 10-13.

Rsaissi N et Bouhache M., La lutte chimique contre Jujubier. Programme National de transfert de Technolie en Agriculture (PNTTA), DERD (Ed). 2002 ; n° 94.Rabat, 4p.

Salah N., Miller N. J., Paganga G., Tijburg L., Bolwell G. P., Rice-Evans C, Polyphenolic flavanols as scavengers of aqueous phase radicals and as chain-breaking antioxidants. *Archives of biochemistry and biophysics*. 1995 ; 322: 339-460.

Sanago R.. Le rôle des plantes médicinales en médecine traditionnelle. Université Bamako (Mali) 2006. ; 53.

Sanchez-Moreno C., Larrauri J. A., Saura-Calixto F. A. Procedure to measure the antiradical efficiency of polyphenols. *Journal of the science of food and agriculture*. 1998; 76: 270-276.

- Schlesier K., Harwat M., Böhm V., Bitsch R. Assessment of antioxidant activity by using different in Vitro methods. Free radical research. 2002; 36: 177-187.
- Siddhuraju P; et Becker K. The antioxidant and free radical scavenging activities of processed cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) seed extracts. Food Chemistry. 2007; 101: 10-19.
- Singleton V. L et Rossi J. A. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic phosphotungstic acid reagents. American journal of enology and viticulture. 1965; 16: 58-144.
- Solfo R. Etude d'une plante médicinale malgache *Buxus Madagascarica* Baill. Edition de l'office de la recherche scientifique et technique d'outre-mer, Paris. 1973 ; 90 p.
- Tahraoui F. Evolution de la population et découpages administratifs en Algérie, le cas de la wilaya d'Oran. Cahiers Géographiques de l'Ouest. 2011 ; 11: 79-90.
- UNESCO. Etude des ressources en eau du Sahara septentrional. rapport sur les résultats du projet. conclusions et recommandations. édit. UNESCO, paris, 1972 ; 78 p., 12 .
- Unesco. Les plantes médicinales des régions arides. Recherches sur les zones arides, 1960 ; 99p.
- Vermerris W. et Nicholson R. Phenolic compound chemistry. Springer, Allemand. 2006; 1-70 pp.
- Yi-Zhong C., Mei S., Jie X., Qiong L., Harold C. Structure–radical scavenging activity relationships of phenolic compounds from traditional Chinese medicinal plants. Life Sciences. 2006; 78: 2872- 2888.

ABSTRACT

This work is carried out in order to verify the specificity of a plant species: *Ziziphus lotus* L. or Jujubier, of medicinal interest in two different sites Mansoura and Berriane of the region of Ghardaia in the northern Algerian Sahara and this through a phytochemical study and evaluation of the biological antioxidant activity of the aqueous crude extracts from the aerial and root part. To do this, phytochemical screening tests are carried out to demonstrate the presence or absence of the main compounds of the secondary metabolism of the plant in question. Then, aqueous extractions are made by cold maceration of the aerial and root parts of the dried plant. The yields and the total polyphenol contents in the crude extracts obtained are then determined and their antioxidant power against free radicals DPPH and ABTS is evaluated.

From most of the obtained results, the *Ziziphus lotus* species from Mansoura seems to be richer in crude extract with 55.2% in its root part and 41.88% in its aerial part. In general, the crude extracts of the Mansoura species are found to be the richest in polyphenolic compounds, especially in the root part with a maximum content of around 244.375 ± 0.023 mg GAE / g DPM.

From all the results of the antioxidant activity evaluated by in vitro tests, we can deduce that the crude extracts of the aerial part of our species from the two sites concerned in the Ghardaia region have the strongest inhibitory powers against free radicals DPPH and ABTS with and more or less similar IC50 values. These inhibitory powers of the obtained extracts are found to be inferior compared to that of trolox which has been shown to be very potent and has a great capacity in the inhibition or reduction of free radicals.

In general, the *Ziziphus lotus* species of Mansoura is better than that of Berriane from a biochemical and biological point of view and that in its aerial and root part.

Key words: *Ziziphus lotus*, Ghardaia, Phytochemistry, Crude extract, Antioxidant power.

ملخص

يتم تنفيذ هذا العمل بهدف التحقق من خصوصية نوع نباتي: *Ziziphus lotus* أو Jujubier ، ذو فائدة طبية بموقعين مختلفين في المنصورة وبريان في منطقة غرداية في شمال الصحراء الجزائرية وذلك من خلال دراسة كيميائية نباتية. وتقييم النشاط البيولوجي المضاد للأكسدة لمستخلصات الخام المائية من الجزء العلوي والجوفي . للقيام بذلك ، يتم إجراء اختبارات الفحص الكيميائي النباتي لإثبات وجود أو عدم وجود المركبات الرئيسية لعملية التمثيل الغذائي الثانوية للنبات المعني. بعد ذلك، يتم الاستخراج المائي عن طريق النقع البارد للأجزاء الموجودة فوق الأرض وتحت الأرض من النبات المجفف. يتم بعد ذلك تحديد محصول ومحتويات البوليفينول الكلي في المستخلصات الخام التي تم الحصول عليها وتقييم قوتها المضادة للأكسدة ضد الجذور الحرة DPPH و ABTS.

من معظم النتائج التي تم الحصول عليها ، يبدو أن نبات *Ziziphus lotus* في المنصورة أكثر ثراءً في المستخلص الخام بنسبة 55.2% في الجزء تحت الأرض و 41.88% في الجزء العلوي منه بشكل عام ، تم العثور على المستخلصات الخام من أنواع المنصورة لتكون الأغنى بمركبات البوليفينول ، خاصة في الجزء تحت الأرض مع أقصى محتوى يبلغ حوالي 244.375 ± 0.023 mg GAE / g DPM.

من خلال جميع نتائج النشاط المضاد للأكسدة التي تم تقييمها عن طريق الاختبارات المعملية ، يمكننا أن نستنتج أن المستخلصات الخام للجزء العلوي من نوعنا النباتي من الموقعين المعنيين في منطقة غرداية لها أقوى القوى المثبطة ضد الجذور DPPH و ABTS مع قيم IC50 منخفضة ومتشابهة إلى حد ما. تم العثور على هذه القوى المثبطة للمستخلصات التي تم الحصول عليها لتكون أقل شأنًا من تلك الموجودة في trolox والتي ثبت أنها قوية جدًا ولها قدرة كبيرة في تثبيط أو تقليل الجذور الحرة.

وبشكل عام فإن أنواع *Ziziphus lotus* في المنصورة أفضل من تلك الموجودة في بريان من الناحية البيوكيميائية والبيولوجية وذلك في جزئها العلوي والسفلي .

كلمات مفتاحية: *Ziziphus lotus* ، غرداية ، كيمياء نباتية ، مستخلص خام ، قوة مضادات الأكسدة.