



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la
Recherche Scientifique
Université Chahid Chiekh Larbi Tébessi -Tébessa-
Faculté des Sciences Exactes et des Sciences de la
Nature et de la Vie
Département: Des êtres vivants



MEMOIRE DE MASTER

Domaine: Science de la nature et de la vie

Filière: Biotechnologie

Spécialité: Biotechnologie végétale

Thème

*Effet du gradient climatique sur les composants phénoliques et
l'activité antioxydante de la pulpe, le noyau et la graine de
Zizyphus lotus (L.) Lam. dans la région de Tébessa*

Présenté par

Abdelmalek Fadia

Rouabeh TaQwa

Devant le jury

Fatmi Hindel	MCA	Univ. Tébessa	Président
Hioun Soraya	MAA	Univ. Tébessa	Promoteur
Seghier Hanane	MCB	Univ. Tébessa	Examineur

Année universitaire: 2022/2023



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

فَدَلَّيْنِ لَدُنَّ مَوْلَىٰ ذَا قَلْبٍ حَمِيدٍ
بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

صَدَقَ اللَّهُ الْعَطْفُ

Remerciements

Avant toute chose, nous tenons à remercier Allah, le plus puissant, de nous avoir donné le courage et la force et la patience pour accomplir ce travail.

*Nos remerciements aux membres du jury **M^r FATMI Hindel** et **M^{me} SEGHIER Hanane** ainsi que tous les enseignants de la biotechnologie végétale.*

*Nous exprimons nos profonds remerciements et notre vive reconnaissance à **M^{me} HIOUN Soraya** pour avoir encadré et dirigé ce travail avec une grande rigueur scientifique, sa disponibilité, ses conseils et la confiance Qu'elle nous a accordée, nous ont permis de réaliser ce travail.*

Sans oublier l'ensemble de nos professeurs qui nous ont accompagnés tout au long de notre cursus universitaire.

Un grand merci également à toute la promotion de biotechnologie végétale.

Merci

Dédicace

Je dédie ce modeste travail :

A mes très chers parents pour leur amour, leur soutien, leurs sacrifices, leurs encouragements, pour tout ce qu'ils m'ont apporté et les valeurs qu'ils m'ont enseignées. Que Dieu vous procure bonheur, santé et longue vie. Que ce travail soit pour vous un motif de fierté et de satisfaction. Je vous aime énormément.

*A Mes très chers frères **Hani** et **Maher** et également mes très chères sœurs **Houda** et **Samiha** et **Nada***

A tous mes adorables neveux

*A mon binôme et copine **TaQwa** avec qui j'ai partagé tant de moments. Merci ma belle.*

*A toutes mes amies, plus particulièrement **Aziza** et **Djoumana**.*

A toute personne qui m'a aidé de près ou de loin pour la réalisation de ce mémoire.

Fadia

Dédicace

Je dédie ce modeste travail

A mes très chers parents pour leur amour, leur soutien, leurs sacrifices, leurs encouragements, pour tout ce qu'ils m'ont apporté et les valeurs qu'ils m'ont enseignées. Que dieu vous procure bonheur, santé et longue vie. Que ce travail soit pour vous un motif de fierté et de satisfaction. Je vous aime énormément.

*A mes très chers frères **Tarek** et **Mohamed** et **Abdelrazak** et également mes très chères sœurs **Wided** et **Aridj***

*A mon binôme et copine **Fadia** avec qui j'ai partagé tant de moments. Merci ma belle.*

*A toutes mes amies plus particulièrement **Manel**.*

A toute personne qui m'a aidé de près ou de loin pour la réalisation de ce mémoire.

TaQwa

Résumé

L'objectif de ce travail consiste à évaluer les composants phénoliques ainsi que l'activité antioxydante de trois parties du fruit (pulpe, noyau et graine) de *Zizyphus lotus* plante médicinale est très répandue en Algérie. Les échantillons ont été récoltés sur trois sites de la wilaya de Tébessa (Ouanza, Negrine, Bir El Ater) ce qui a permis de mesurer l'impact du gradient climatique du nord au sud.

A partir des extraits aqueux et méthanoliques les dosages des polyphénols totaux, des flavonoïdes, des tannins condensés et des anthocyanes ont été effectués en plus de l'activité antioxydante par la méthode du piégeage du radical libre DPPH.

Les résultats obtenus ont montré qu'en général pour les différentes parties du fruit l'extrait hydrique présente des teneurs en polyphénols totaux, en flavonoïdes et anthocyanes plus élevés que les extraits méthanoliques contrairement aux tannins condensés. La comparaison des sites montrent qu'au niveau de Negrine toutes parties confondues du fruit, nous avons plus de polyphénols, de flavonoïdes et de tanins contrairement à L'Ounza où les anthocyanes sont plus présents. Les réponses des parties du fruit séparément sont très variables d'un paramètre à un autre.

L'évaluation du pouvoir antioxydant permet de constater que les pulpes sont plus antioxydants mais moins que l'acide ascorbique.

Mots-clés: *Zizyphus lotus*, composés phénoliques, activité antioxydante DPPH, climat, Tébessa.

Abstract

This study aims to evaluate the phenolic components and highlight the antioxidant activity of three fruit parts (pulp, kernel and almond) of the medicinal *lotus-Zizyphus*, a very popular and important plant in Algeria. The samples were collected from three locations in the state of Tebessa: Ouenza, Negrine, and Bir el-Ater, which made it possible to measure the effect of the climatic gradient from north to south.

From the aqueous and methanolic extracts, total polyphenols, flavonoids, concentrated tannins and anthocyanins were investigated, in addition to the antioxidant activity by DPPH free radical blocking method.

Among the most important results of the study: For different parts of the fruit, the water extract contains higher levels of total polyphenols, flavonoids and anthocyanins compared to the methanolic extracts, in contrast to the intense tannins. A comparison of the three locations showed that at the level of Negrine all parts of the fruit contain more polyphenols, flavonoids and tannins, in contrast to Ouenza where the amount of anthocyanins is higher, and the responses of the parts of the fruit vary very separately from one region to another.

Finally, the antioxidant potency evaluation shows that the pulp contains more antioxidants but less than ascorbic acid.

Keywords: *Zizyphus lotus*, phenolic compound, antioxidant activity DPPH, climate, Tebessa

الملخص

الغرض من هذه الدراسة هو تقييم المكونات الفينولية والتركيز على النشاط المضاد للأكسدة لثلاثة أجزاء من فاكهة أو نبات السدر *Zizyphus lotus* (اللب والنواة والبذور)، ويعتبر هذا النبات ذو شعبية كبيرة في الجزائر. علماً أن العينات جمعت من ثلاثة مناطق في ولاية تبسة تتمثل في منطقة ونزة ونقرين وبئر العاتر، هذا ما سمح بقياس تأثير التدرج المناخي من شمال الولاية إلى جنوبها.

ومن المستخلصات المائية والميثانولية تم إجراء فحوصات البوليفينول الكلي والفلافونويد والعفص المكثف والأنثوسيانين، بالإضافة إلى النشاط المضاد للأكسدة بواسطة طريقة محاصرة الجذور الحرة DPPH.

ومن أهم نتائج الدراسة ما يلي: بالنسبة لأجزاء مختلفة من الفاكهة يحتوي مستخلص الماء على مستويات أعلى من إجمالي البوليفينول والفلافونويد والأنثوسيانين وذلك مقارنة بالمستخلصات الميثانولية، وهذه النتيجة عكس العفص المكثف، وقد أظهرت مقارنة المناطق الثلاثة أنه على مستوى منطقة نقرين جميع أجزاء الفاكهة تحتوي على المزيد من البوليفينول والفلافونويد والعفص، وهذا على عكس منطقة ونزة حيث توجد كمية الأنثوسيانين أكثر، وتختلف استجابات أجزاء الفاكهة بشكل منفصل جداً من منطقة إلى أخرى.

وقد بين تقييم قوة مضادات الأكسدة أن اللب يحتوي على مضادات أكسدة أكثر ، ولكنه أقل من حمض

الأسكوربيك.

الكلمات المفتاحية: نبات السدر، مركبات فينولية، فعالية مضادات الأكسدة DPPH، المناخ، تبسة.

Table des matières

Résumé.....	i
Abstract.....	ii
المخلص	iii
Table des matières.....	iv
Liste des figures.....	vi
Liste des tableaux.....	vii
Introduction.....	1

Chapitre I. Revue bibliographique

1. Généralités sur la plante <i>Zizyphus lotus</i>	2
1.1. Dénominations.....	2
1.2. La classification de la plante <i>Z. lotus</i>	2
1.3. Description botanique.....	3
1.4. Habit et repartition géographique.....	4
1.5. Utilisations et importance.....	4
1.6. Composition biochimique du <i>Zizyphus lotus</i>	5

Chapitre II. Matériel et méthodes

1. Zone d'étude.....	6
1.1 Situation géographique de la wilaya de Tébessa.....	6
1.2. Sites d'échantillonnage.....	7
2. Matériel végétal.....	7
2.1. Extraction pour le dosage.....	7
2.1.1. Extraction alcoolique.....	8
2.1.2. Extraction aqueuse.....	8
3. Analyses quantitatives.....	8
3.1. Dosage des polyphénols totaux.....	8
3.2. Dosage des flavonoïdes.....	8
3.3. Dosage des tanins.....	9
3.4. Dosage des anthocyanes.....	9
4. Etude de l'activité antioxydant	10

5. Analyse statistique.....10

Chapitre III. Résultats

1. Les métabolites secondaires.....11

 1.1. Les polyphénols totaux.....11

 1.2. Les flavonoïdes totaux.....13

 1.3. Les tannins condensés.....15

 1.4. Les anthocyanes totaux.....17

2. Étude de l'activité antioxydante.....19

Discussion générale et Conclusion.....22

Références bibliographiques.....26

Annexes.....30

Liste des figures

Numéro	Titre	Page
1	Vue globale de <i>Z. lotus</i> (A). Feuille au stade de floraison (B). Fruit en phase de maturation (C). Fruits mûres (D) (Bencheikh <i>et al.</i> , 2023)	5
2	Carte de la wilaya de Tébessa et localisation des sites d'échantillonnage de <i>Zizyphus lotus</i>	8
3	Différentes parties du fruit de <i>Z. lotus</i>	9
4	Comparaison des teneurs en polyphénols des extraits méthanolique (A) et aqueux (B) de <i>Z. lotus</i> dans la pulpe, le noyau et la graine du fruit et la somme des parties du fruit (mg Eq ACG/g MS) pour trois régions de Tébessa du Nord au Sud	14
5	Comparaison des teneurs flavonoïdes totaux des extraits méthanoliques (A) et aqueux (B) de <i>Z. lotus</i> dans la pulpe, le noyau et la graine du fruit et la somme des parties du fruit (mg Eq Cat/g MS) pour trois régions de Tébessa du Nord au Sud	16
6	Comparaison des teneurs Tanins condensés des extraits méthanolique (A) et aqueux (B) de <i>Z. lotus</i> dans la pulpe, le noyau et la graine du fruit et la somme des parties du fruit (mg Eq ACT/g MS) pour trois régions de Tébessa du Nord au Sud	18
7	Comparaison des teneurs en anthocyanes des extraits méthanoliques (A) et aqueux (B) de <i>Z. lotus</i> dans la pulpe, le noyau et la graine du fruit et la somme des parties du fruit (mg /g MS) pour trois régions de Tébessa du Nord au Sud	20
8	Comparaison du pourcentage d'inhibition du radical libre DPPH des extraits aqueux (H) et méthanolique (M) des parties du fruit (pulpe (P), noyau (N) et graine (G) de <i>Z. lotus</i> de trois régions de Tébessa du Nord au Sud	22

Liste des tableaux

Numéro	Titre	Page
1	Dénominations internationales de la plante <i>Z. lotus</i>	3
2	Situation botanique de l'espèce <i>Z. lotus</i> (L.) Lam	4
3	Les métabolites secondaires des différentes organes végétaux de <i>Z. lotus</i>	7
4	Coordonnées géographiques des sites d'échantillonnage de <i>Z. lotus</i> dans la wilaya de Tébessa.	9
5	Valeurs de l'IC50 de l'activité antioxydante DPPH de l'acide ascorbique et des extraits méthanoliques et aqueux des différentes parties du fruit de <i>Z. lotus</i> dans les sites d'étude	23

Introduction

Les plantes médicinales sont l'un des recours aux nouveaux médicaments. Elles sont considérées comme source de matière première essentielle pour la découverte de nouvelles molécules nécessaires et à la mise au point de futurs médicaments (Maurice, 1997). Ces plantes renferment une large variété de molécules chimiques (peptides, terpènes, polyphénols, alcaloïdes, tanins...) de propriétés physico-chimiques très différentes et qui présentent une large variété d'activités biologiques. Il est par ailleurs, aujourd'hui reconnu que les plantes constituent une source importante de molécules bioactives (Michel, 2011).

L'Algérie est considérée parmi les pays connus pour leur diversité taxonomique vu sa position biogéographique privilégiée et son étendue entre la Méditerranée et l'Afrique subsaharienne (Cheurfa *et al.*, 2017). Le pays est bien connu par sa diversité variétale en plantes médicinales et aromatiques dont la plupart existent à l'état spontané, il est de même pour leur utilisation populaire dans l'ensemble du terroir (Bouزيد *et al.*, 2017). Cependant, l'utilisation des plantes médicinales et aromatiques pour l'industrie cosmétique et pharmaceutique, ainsi que pour la production alimentaire, reste un domaine vierge en Algérie (Miara *et al.*, 2013).

Parmi les plantes médicinales répandues en Algérie, on retrouve la plante *Zizyphus lotus* une espèce indigène d'Algérie, à une large distribution écologique et géographique dans les différents étages climatiques de l'Algérie et pousse dans des conditions environnementales variées (Dahila *et al.*, 2020). Cette plante est un arbuste fruitier épineux, membre de la famille des Rhamnaceae, et est communément appelé "Sedra" en Afrique du Nord (Bencheikh *et al.*, 2023).

L'objectif de notre travail est l'étude de l'effet du gradient climatique sur les composants phénoliques et l'activité antioxydante de la pulpe et la graine, le noyau du fruit de *Z. lotus* dans la région de Tébessa en trois sites du nord au sud, citons El Ouanza, Bir el ater et Negrine.

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

- Une revue bibliographique qui rapporte quelques généralités sur la plante *Z. lotus*, des composants phénoliques et l'activité antioxydante de cette dernière.
- Une deuxième partie regroupant le matériel et méthodes utilisés.
- La troisième partie rapporte les résultats.
- Enfin, discussion et conclusion générale.

Chapitre I

Revue bibliographique

1. Généralités sur la plante *Zizyphus lotus*

1.1. Dénominations

Z. lotus en Algérie et en Tunisie, est connu sous le nom de « Sedra » ou « N'beg » et généralement appelée en Afrique du Nord par "Sedra" aussi Jujubier de la berbérie ou jujubier sauvage dans la langue française (Borgi *et al.*, 2007-a; Benammar *et al.*, 2010).

Tableau 1. Dénominations internationales de la plante *Z. lotus* (Ghedira, 2013)

La langue	Dénominations internationales
Français	Jujubier sauvage, jujubier de Berbérie, lotus des anciens, jujubier des Lotophages
Anglais	African jujube, Lote fruit, Lotus tree, lotus jujube, wild jujube Wild Jujube
Allemand	Wilde Jujube
Portugais	Acufeifamenor
Espagnol	Azufaifo africano, Azufaifoibérico, Arto, Arto blanco, Espina de Cristo
Arabe	Zizouf زيزوف , Sedra سدرة , sidr سدر , sidr barri سدر بري
Berbère	Amezmem
Étymologie	Zizyphus proviendrait de zizouf, nom arabe de <i>Z. lotus</i>

1.2. Classification de la plante *Z. lotus*

La classification classique selon Cronquist de *Z. lotus* est la suivante dans le Tableau 2.

Tableau 2. Situation botanique de l'espèce *Z. lotus* (Ghedira, 2013)

Règne	Végétal
Embranchement	Magnoliophyta
Sous-embranchement	Magnoliophytina
Classe	Magnoliophytina
Sous-classe	Rosidae
Ordre	Rhamnales
Famille	Rhamnaceae
Tribu	Zizyphae
Genre	Zizyphus
Espèce	<i>Zizyphus lotus</i> L.

1.3. Description botanique

Z. lotus est un arbuste épineux, qui forme des touffes de quelque mètres de diamètre pouvant atteindre 2 m de haut. Ses feuilles sont courtement pétiolées, glabres, caduques, alternées et ovales à marge entière. Chaque feuille porte à sa base deux stipules transformées en épines inégales et vulnérables. Les fleurs sont jeunes, pentamères et groupées en inflorescences cymeuses de couleur vert jaunâtre (Munier, 1973).

Les fruits de *Z. lotus*, sont des drupes, ayant la forme et la taille d'une olive, d'abord verte, puis jeune, et enfin rouge foncé à maturité de septembre à octobre. La fructification commence la quatrième année pour un rendement complet vers l'âge de quinze ans (Bencheikh *et al.*, 2023). Le fruit est à noyau ligneux dur, de forme arrondie ou allongée, comprenant ordinairement deux loges, dont une seule contient une petite amande. La pulpe est charnue ou sèche, très riche en sucres, de taille et de forme très variables (Munier, 1973), comestibles (Fig. 01), qui se consomment en sur-maturité en octobre (Wong *et al.*, 2006).



Figure 1. Vue globale de *Z. lotus* (A). Feuille au stade de floraison (B). Fruit en phase de maturation (C). Fruits mûres (D) (Bencheikh *et al.*, 2023)

1.4. Habit et répartition géographique

Le Zizyphus comprend environ 80 espèces réparties dans toutes les régions tropicales et Subtropicales du globe (Amérique comprise), quelques espèces pénètrent même dans les pays tempérés ou elles sont cultivées (Chevalier, 1947)

Z. lotus est une espèce méditerranéenne et subtropicale qui pousse dans les zones arides ou semi-arides, avec une faible pénétration dans le nord du Sahara : Maroc, Algérie, Tunisie et Libye. Cette espèce apparaît au Yémen, sur l'île de Socotra, au Moyen-Orient : Palestine, Syrie, Turquie et Chypre (Zerrouk *et al.*, 2021). L'aire de répartition de *Z. lotus* s'étend sur tout le nord du Maghreb, très répandue dans les régions arides d'Algérie du Sud (Boudraa *et al.*, 2010).

1.5. Utilisations de *Z. lotus*

Le Zizyphus a joué autrefois un rôle important dans l'alimentation de certaines populations, notamment celles qui habitaient la Libye de l'Antiquité, en bordure du golfe de la Petite Syrte (Golfe de Gabès), dont la nourriture de base, d'après les auteurs grecs de l'Antiquité, était constituée par la «lotos», le fruit du jujubier de Berbérie *Z. lotus* (Munier, 1973). Il est un produit alimentaire, tant aux populations qu'aux animaux (Amara & Benabdeli, 2020). *Z. lotus* est aussi considérée comme l'une des plantes les plus importantes pour la production de miel dans les régions où il pousse, aussi dans les pays arabes et en

Asie. Ce type de miel est connu sous le nom de miel de jujube, miel sidr ou miel de sedra et est obtenu à partir de différentes espèces de *Ziziphus* (Zerrouk *et al.*, 2021).

Coté médicinale, différentes parties de la plante (feuilles, écorce, racines) sont utilisées comme analgésiques, médicaments anti-inflammatoires et anti-ulcéreux, contre les infections cutanées, la fièvre, la diarrhée, l'insomnie, les troubles digestifs, la faiblesse, la maladie du foie, l'obésité, maladie urine et le diabète (Borgi et Chouchane, 2006, Borgi *et al.*, 2007).

1.6. Composition biochimique de *Z. lotus*

Le *Z. lotus* comme plante médicinale contient beaucoup d'éléments chimiques qui sont les principaux composants des médicaments utilisés. Les études phytochimiques menées sur cette plante montrent que pour les métabolites primaires nous avons des sucres de 20% à 32%, des lipides de 0.1% à 0.3% et des protides de 0.8% à 2.1% (Catoire *et al.*, 1999).

Pour les métabolites secondaires, *Z. lotus* est connu pour sa teneur en molécules bioactives telles que les polyphénols (flavonoïdes, tannins), les triterpènes, les alcaloïdes (peptides cycliques et isoquinoléines) et les saponines (Borgi et Chouchane, 2006; Catoire *et al.*, 1994). D'autres chercheurs en mis en évidence d'autres métabolites secondaires selon la partie utilisée de la plante que l'on résume au niveau du tableau 3.

Tableau 3. Les métabolites secondaires des différentes organes végétaux de *Z. lotus*

Organe végétal	Compostion chimique	Référence
Fruits	Flavonoïdes, tannins et Saponines, Alcaloïdes	Borgi <i>et al.</i> , 2007
Feuilles	flavonoïdes, tanins et alcaloïdes. Saponines de type dammarane Jujuboside B Jujubogenin glycoside Dérivé sulfate de jujuba saponine IV	Maciuk <i>et al.</i> , 2004
Racines	Flavonoïdes, tanins , Alcaloïde	Le crouéour <i>et al.</i> , 2002

Chapitre II.

Matériel et méthodes

1. Zone d'étude

1.1 Situation géographique de la wilaya de Tébessa

La wilaya de Tébessa est située à l'extrême est de l'Algérie, elle est délimitée :

- au nord, par la wilaya de Souk Ahras.
- à l'est, par la Tunisie.
- à l'ouest, par les wilayas de Khenchela et d'Oum El Bouaghi.
- au sud, par la wilaya d'El Oued.

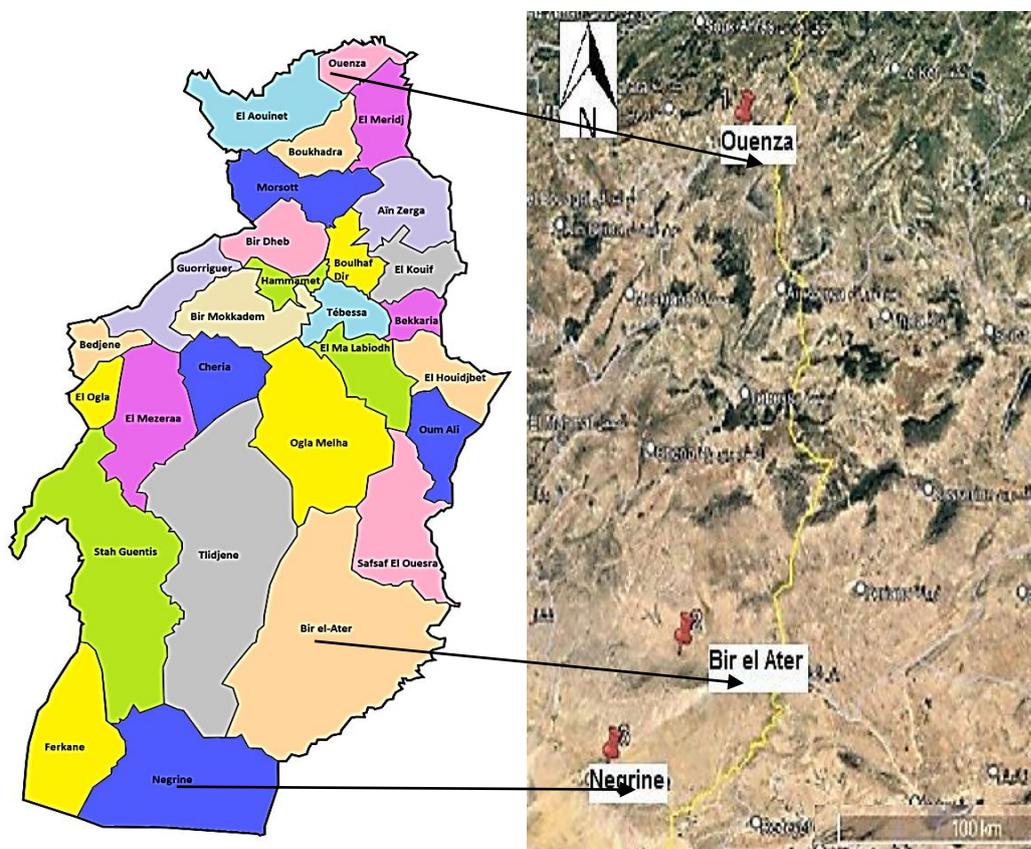


Figure 2. Carte de la wilaya de Tébessa et localisation des sites d'échantillonnage de *Zizyphus lotus* (Google Earth, 2023)

1.2. Sites d'échantillonnage

Les fruits de *Z. lotus* ont été collectés en trois points de la wilaya de Tébessa du nord au sud (Tableau 04).

Tableau 4. Coordonnées géographiques des sites d'échantillonnage de *Z. lotus* dans la wilaya de Tébessa

	Lieu	Latitude	Longitude	Altitude (m)
Site 1	Ouenza	36° 1'0.14" N	8° 6'49.65" E	560
Site 2	Bir El Ater	34°47'3.07" N	7°52'47.74" E	841
Site 3	Negrine	34°30'39.14" N	7°36'2.79" E	348

2. Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé, dans notre étude, est le fruit de *Z. lotus* collectés en début d'octobre 2022, après lavage et séchage des fruits pendant 2 mois à l'air libre, nous avons séparé le fruit en trois parties : pulpe, noyau et graine (amande) (Fig. 03). Chaque partie a été moulue finement et chaque échantillon a été conservé dans une boîte hermétiquement fermée à 4 °C.



Figure 3. Différentes parties du fruit de *Z. lotus* (Photo personnelle)

2.1. Extractions

2.1.1. Extraction alcoolique

L'extrait méthanolique est préparé à partir de 2 g de poudre végétale de chaque partie (pulpe, noyau, graine) du fruit de *Z. lotus* dans 40 ml de méthanol absolu en macération pendant 24 heures à l'obscurité, puis centrifuger à 800 tours durant 10 min et filtrer sur papier Wattman. Les extraits sont conservés au réfrigérateur à 4°C jusqu'à utilisation.

2.1.2. Extraction aqueuse

L'extrait hydrique est préparé à partir de 2 g de poudre végétale de chaque partie (pulpe, noyau, graine) du fruit de *Z. lotus* dans 40 ml d'eau distillée bouillante en infusion, puis laissé à température ambiante pendant 24 heures à l'obscurité avec agitation. Puis centrifuger à 800 tours durant 10 min et filtrer sur papier Wattman puis conserver au froid à 4°C.

3. Analyses quantitatives

Pour chaque site et dosage trois répétitions ont été faites.

3.1. Dosage des polyphénols totaux

Les polyphénols ont été déterminés par spectrophotométrie, selon le protocole appliquée par Miliauskas *et al.* (2002).

1 ml de l'extrait de la plante est mélangé avec 5 ml de folin ciocalteu et après 4 min, on ajoute un volume de 4 ml de carbonate de sodium (Na_2CO_3 à concentration 75 g/l). L'absorbance est mesurée à 765 nm. La concentration des polyphénols totaux est calculée à partir d'une gamme d'étalonnage établie avec l'acide gallique (0-200 µg/ml), dont l'équation obtenue, les résultats sont exprimés en microgramme d'équivalent d'acide gallique par gramme de matière sèche (µg EAG/mg MS).

La courbe d'étalonnage est effectuée par l'acide gallique, en suivant les mêmes étapes du dosage des polyphénols. La droite de régression obtenue est: $y = 11,161 x - 0,03$, avec $R^2 = 0,9$.

3.2. Dosage des flavonoïdes

La méthode du trichlorure d'aluminium (AlCl_3) est utilisée pour quantifier les flavonoïdes dans les extraits: 1 ml de la solution de chaque extrait est ajouté à 1 ml d'une solution de chlorure d'aluminium à 2%. Après 10 mn de réaction, l'absorbance est lue à 430 nm.

La concentration des flavonoïdes est déduite à partir d'une gamme d'étalonnage établie avec la quercétine (0-40 µg/ml) et est exprimée en microgramme d'équivalent de quercétine par milligramme d'extrait (µg EQ/mg MS). La droite de régression obtenue est : $y = 0,0224 x - 0,0037$, avec $R^2 = 0,992$.

3.3. Dosage des tanins

Selon Price *et al.* (1978) les tanins condensés sont déterminés. Cette méthode est basée sur la capacité de la vanilline à réagir avec les unités des tanins condensés en présence d'acide pour produire un complexe coloré est lue à 500 nm.

400 µl (0.4 ml) de l'extrait végétal est ajouté 3 ml de vanilline (4%), ensuite, on a ajouté 1,5 ml d'acide chlorhydrique concentré (HCl). Après 15 min d'incubation à une température ambiante, l'absorbance est mesurée à 500 nm.

La concentration des tanins condensés est déduite à partir d'une gamme d'étalonnage établie avec l'acide tannique 1 g/l. La droite de régression obtenue est : $y = 0,4287 x + 0,0014$, avec $R^2 = 0,995$.

3.4. Dosage des anthocyanes

Selon Ribéreau-Gayon *et al.*, (1965), le dosage des anthocyanes d'un extrait végétal s'effectue en utilisant deux propriétés dues à leurs structures: la modification de leurs couleurs en fonction du pH, la transformation en dérivés incolores sous l'action de certains réactifs comme les ions bisulfite.

Ainsi, la variation de l'absorbance mesurée à 520 nm après l'addition d'ions bisulfite en excès, est proportionnelle à la teneur en anthocyanes.

0,5 ml de l'extrait végétal est mélangé avec 0,5 ml de la solution d'éthanol (une solution d'éthanol à 95% acidifiée à 0,1% avec de l'acide chlorhydrique pur (HCl)) et 10 ml de la solution d'HCl 2%.

1^{ère} lecture : 2,5 ml de mélange avec 1 ml d'eau distillée.

2^{ème} lecture : 2,5 ml de mélange avec 1 ml de bisulfate de sodium à 150 g/l.

4. Étude de l'activité antioxydant

L'objectif de l'étude antioxydante est d'estimer l'efficacité des composés phénoliques extraits de la plante *Z. lotus* sur le piégeage des radicaux libres.

Le DPPH (2,2 diphényl-1-picrylhydrazyl) est un test de piégeage du radical libre, et généralement le réactif le plus utilisé pour l'évaluation rapide et directe de l'activité antioxydante en raison de sa stabilité en forme radicale libre et la simplicité du protocole.

Le test antioxydant a été réalisé avec la méthode au DPPH, 100 µl de chaque solution méthanolique des extraits à différentes concentrations de (0.5 à 5 mg/ml) sont ajoutés à 1,90 µl de la solution méthanolique du DPPH. Parallèlement, un contrôle négatif est préparé en mélangeant 50 µl de méthanol avec 1,90 ml de la solution méthanolique de DPPH. La lecture de l'absorbance est faite contre un blanc préparé pour chaque concentration à 517 nm après 30 min d'incubation à l'obscurité et à température ambiante.

Le contrôle positif est représenté par une solution d'un antioxydant standard, l'acide ascorbique dont l'absorbance a été mesurée dans les mêmes conditions que les échantillons. Pour chaque concentration, le test est répété 3 fois.

Les résultats obtenus pour chaque extrait testé sont comparés à ceux obtenus pour l'acide ascorbique pris comme antioxydant standard 0 à 50 µg/ml. L'activité antiradicalaire est estimée selon l'équation suivante:

$$\% \text{ d'activité antiradicalaire} = [(\text{Abs contrôle} - \text{Abs échantillon}) / \text{Abs contrôle}] \times 100$$

Selon (Prakash *et al.*, 2007) dans ce test on définit deux paramètres:

La concentration effective à 50%, IC50/mg de DPPH/ml. Les valeurs de l'IC50 ont été déterminées graphiquement par la régression linéaire.

5. Analyse statistique

Les valeurs des paramètres étudiés ont été exprimées sous forme de moyennes ± écart type. La comparaison entre les échantillons a été effectuée par l'analyse des variances (ANOVA), suivie du test de Tukey si le résultat est significatif. Ces analyses ont été réalisées en utilisant le logiciel Statistica 10, le seuil de signification est de 0,05 à 0.001.

Chapitre III.

Résultats

1. Les métabolites secondaires

1.1. Les polyphénols totaux

La figure 4-A, illustre les valeurs moyennes des teneurs en polyphénols des extraits méthanoliques des parties du fruit au niveau des 3 sites d'étude.

La figure montre qu'au niveau des trois sites les teneurs sont variables entre les différentes parties du fruit et les différences sont minimales. Au niveau du site de Bir el ater, il y'a plus de polyphénols dans les noyaux et les graines que les pulpes, par contre pour les sites d'Ouenza et Negrine, nous avons plus de polyphénols dans les graines. En générale, nous avons pour les pulpes $3,94 \pm 0,52$ à $3,30 \pm 0,55$ mg EAG/g MS et de $4,23 \pm 0,51$ à $3,08 \pm 0,47$ mg EAG/g MS pour les graines, et de $4,48 \pm 0,19$ à $3,47 \pm 0,31$ mg EAG/g MS pour les noyaux.

La figure 4-B, montre les valeurs moyennes des teneurs en polyphénols des extraits aqueux des différentes parties du fruit au niveau des 3 sites d'étude.

L'aspect général de la figure montre qu'au niveau de tous les sites nous avons plus de polyphénols dans les noyaux suivit par les pulpes et enfin les graines. Les polyphénols varient dans les noyaux de $4,73 \pm 0,30$ à $4,93 \pm 0,74$ mg EAG/g MS, pour les pulpes nous avons entre $4,18 \pm 0,75$ à $4,67 \pm 0,37$ mg EAG/g MS et pour les graines de $2,75 \pm 0,11$ à $4,37 \pm 0,24$ mg EAG/g MS.

L'analyse statistique montre une différence très hautement significative entre les parties du fruit avec $F(2, 36) = 8,523$, $P = 0,0009$ et le test HSD de Tukey, met en évidence 3 groupes homogènes selon le nombre des parties du fruit (Annexe 1).

La comparaison des sites montre une différence significative avec $F(2,36) = 4,367$, $P=0,020$ répartie en 3 groupes homogènes selon le Test HSD de Tukey avec Negrine > Bir el ater > Ouenza (Annexe 1).

La comparaison des extraits montre une différence significative avec $F(1,36) = 17,275$, $P < 0,0001$ répartie en 3 groupes homogènes selon le Test HSD de Tukey avec les extraits hydriques supérieure aux extraits méthanoliques (Annexe 1). La somme des trois parties du fruit montre la supériorité de Negrine par rapport aux sites et l'extrait aqueux par rapport au méthanolique (Fig. 04).

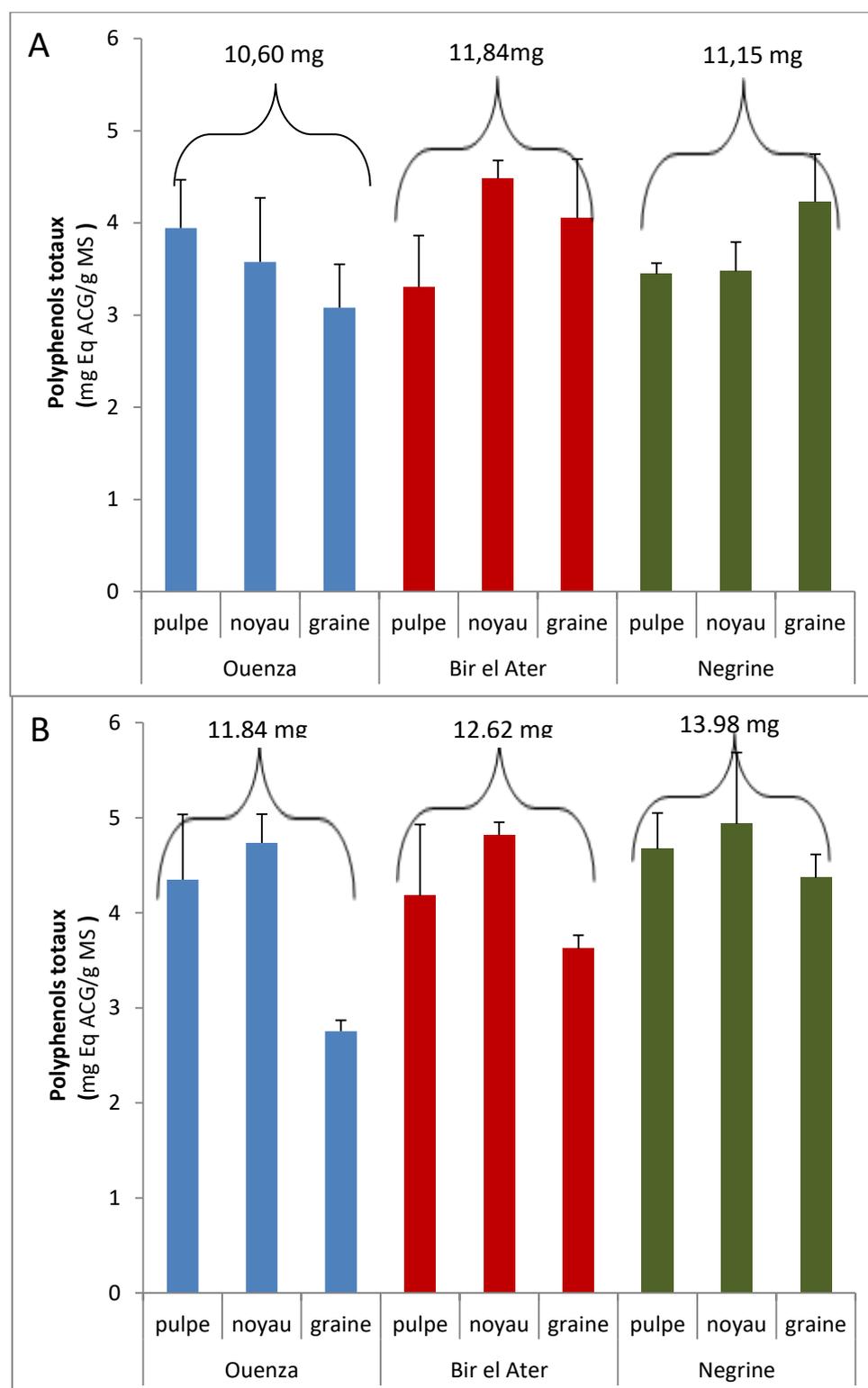


Figure 4. Comparaison des teneurs en polyphénols des extraits méthanolique (A) et aqueux (B) de *Z. lotus* dans la pulpe, le noyau et la graine du fruit et la somme des parties du fruit (mg Eq ACG/g MS) pour trois régions de Tébessa du Nord au Sud

1.2. Les flavonoïdes totaux

Les résultats obtenus pour l'extrait méthanolique pour les valeurs moyennes des teneurs en flavonoïdes des trois parties du fruit au niveau des 3 sites d'étude sont exposés par la figure 5-A.

La figure montre qu'au niveau du site d'Ouenza, il y'a plus de flavonoïdes dans les pulpes et les noyaux que les graines. Par contre, pour les sites de Bir el ater et Negrine nous avons plus de flavonoïde dans les pulpes et les graines. En générale nous avons pour les pulpes de $0,63 \pm 0,1$ à $0,33 \pm 0,01$ mg EAG/g MS et de $0,52 \pm 0,31$ à $0,30 \pm 0,07$ mg EAG/g MS pour les noyaux et de $0,43 \pm 0,05$ à $0,20 \pm 0,11$ mg EAG/g MS pour les graines.

La figure 5-B, présente les valeurs moyennes des teneurs en flavonoïdes des extraits aqueux des parties du fruit au niveau des 3 sites d'étude.

Au niveau de tous les sites, nous avons plus de flavonoïdes dans les grains suivit par les noyaux et enfin les pulpes, les teneurs moyennes en flavonoïdes varient de $2,55 \pm 0,10$ à $1,21 \pm 0,04$ mg EAG/g MS dans les graines et de $1,16 \pm 0,08$ à $0,54 \pm 0,06$ mg EAG/g MS dans les noyaux et de $0,87 \pm 0,04$ à $0,47 \pm 0,32$ mg EAG/g MS dans les pulpes.

L'analyse statistique montre une différence très hautement significative entre les différents parties du fruit avec $F(2,36) = 76,639$, $P < 0,0001$ le test HSD de Tukey, met en évidence 3 groupes selon le nombre de parties du fruit (Annexe 2).

La comparaison des trois sites les classe comme suite, Negrine > Ouenza > Bir al ater avec une différence très hautement significative de $F(2,36) = 15,570$, $P < 0,0000$ repartie en 3 groupes homogènes selon le Test HSD de Tukey (Annexe 2).

L'analyse statistique montre une différence très hautement significative entre les deux extraits (aqueux et méthanolique) avec $F(1,36) = 399,692$, $P < 0,0001$ le test HSD de Tukey montre que les extraits méthanoliques supérieure a extraits hydriques (Annexe 2).

La somme des trois parties du fruit montre la supériorité de Negrine par rapport aux sites pour l'extrait hydrique, pour l'aqueux pas de différence notable (Fig. 05).

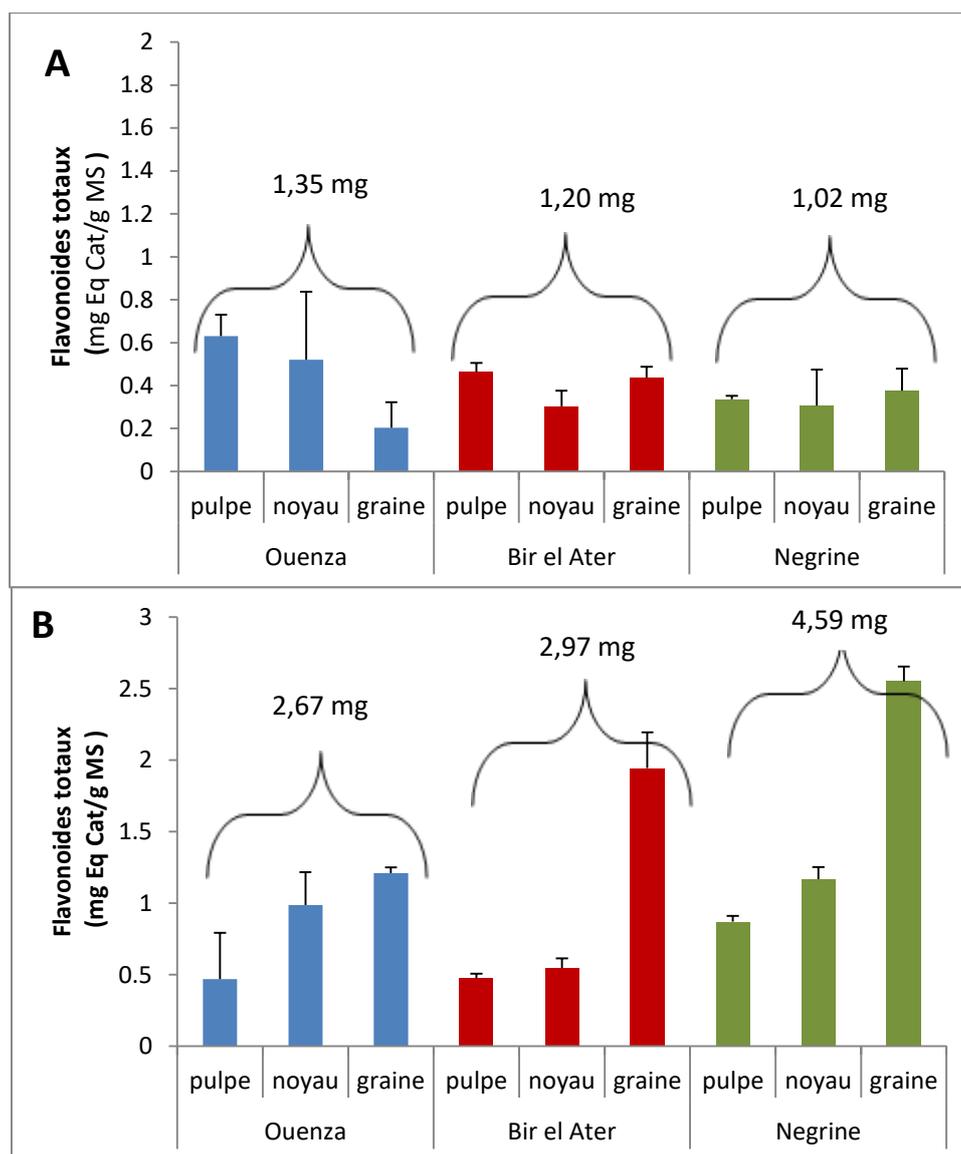


Figure 5. Comparaison des teneurs flavonoïdes totaux des extraits méthanoliques (A) et aqueux (B) de *Z. lotus* dans la pulpe, le noyau et la graine du fruit et la somme des parties du fruit (mg Eq Cat/g MS) pour trois régions de Tébessa du Nord au Sud

1.3. Les tannins condensés

La figure 6-A montre les valeurs moyennes des teneurs en tannins des extraits méthanoliques des parties du fruit au niveau des 3 sites d'étude.

L'aspect général de la figure montre qu'au niveau de tous les sites, nous avons plus de tannin dans les grains suivit par les noyaux et enfin les pulpes. Les valeurs moyennes des tannins dans les graines sont de $0,069 \pm 0,003$ à $0,059 \pm 0,003$ mg EAG/g MS, pour les noyaux, nous avons entre $0,047 \pm 0,003$ à $0,043 \pm 0,002$ mg EAG/g MS et les pulpes elle est de $0,03 \pm 0,001$ à $0,022 \pm 0,003$ mg EAG/g MS.

Les extraits hydriques pour les tannins condensés pour les trois parties du fruit dans les trois sites d'étude montrent des valeurs moyennes presque identiques, pour les pulpes et les noyaux de $0,034 \pm 0,002$ à $0,024 \pm 0,006$ mg EAG/g MS et de $0,11 \pm 0,006$ à $0,013 \pm 0,003$ mg EAG/g MS et dans les graines de $0,030 \pm 0,006$ à $0,024 \pm 0,001$ mg EAG/g MS dans les noyaux (Fig. 6-B). Au niveau des graines, les valeurs sont variables avec une forte teneur pour le site de Negrine ($0,11 \pm 0,006$ à $0,013 \pm 0,003$ mg EAG/g MS) contre environ ($0,022 \pm 0,0012$ mg EAG/g MS) et ($0,013 \pm 0,003$ mg EAG/g MS) pour les autres sites.

L'analyse statistique montre une différence très hautement significative entre les différents parties du fruit avec $F(2,36) = 169,755$, $P < 0,0001$ le test HSD de Tukey, met en évidence 3 groupes selon le nombre de parties du fruit (de la graine à la pulpe) (Annexe 03).

La comparaison des trois sites montre une différence très hautement significative de $F(2,36) = 72,745$, $P < 0,0001$ repartie en 3 groupes homogènes selon le Test HSD de Tukey les classes comme suite, Negrine > Bir al ater > Ouenza (Annexe 03).

L'analyse statistique montre une différence très hautement significative entre les deux extraits (aqueux et méthanolique) avec $F(1,36) = 57,849$, $P < 0,0001$ le test HSD de Tukey, montre que les extraits aqueux sont supérieurs aux extraits méthanoliques (Annexe 03). La somme des trois parties du fruit montre que l'extrait aqueux est mieux que l'extrait méthanolique mais sans différence entre les sites à l'exception de Negrine (Fig. 06).

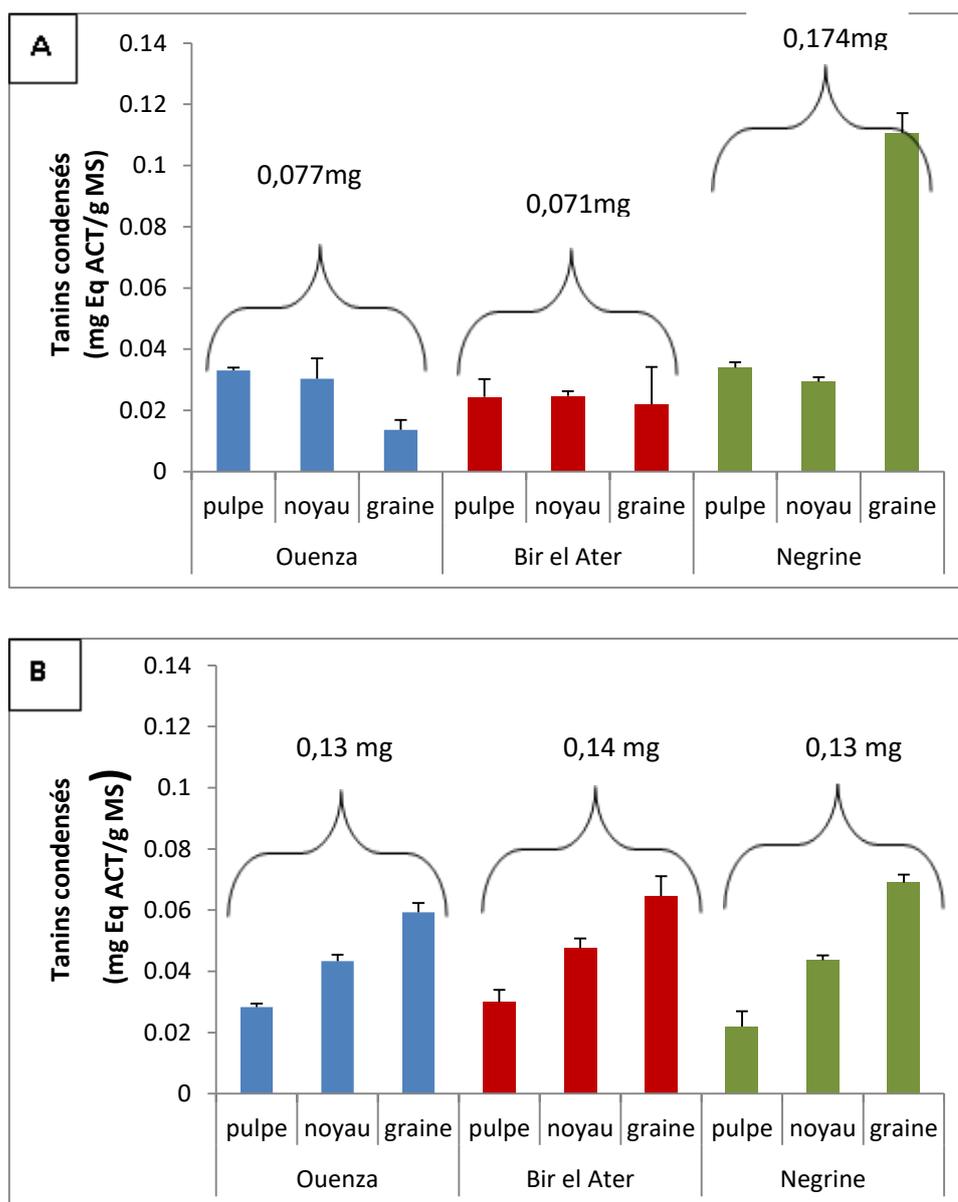


Figure 6. Comparaison des teneurs Tanins condensés des extraits méthanolique (A) et aqueux (B) de *Z. lotus* dans la pulpe, le noyau et la graine du fruit et la somme des parties du fruit (mg Eq ACT/g MS) pour trois régions de Tébessa du Nord au Sud

1.4. Les anthocyanes totaux

La figure 7-A illustre les valeurs moyennes des teneurs des anthocyanes des extraits méthanolique des parties du fruit au niveau des 3 sites d'étude.

La comparaison des sites montre une même réponse avec plus d'anthocyane dans les pulpes suivit par les noyaux et en dernier les graines, avec des teneurs moyennes des anthocyanes pour les pulpes vont de $17,97 \pm 0,73$ à $1,07 \pm 0,17$ mg/g MS, pour les noyaux nous avons entre $13,92 \pm 0,12$ à $3,39 \pm 0,07$ mg/g MS et dans Les graines ils sont de $15,06 \pm 0,08$ à $3,57 \pm 0,93$ mg/g MS.

La figure 7-B montre les valeurs moyennes des teneurs en anthocyanes des extraits aqueux des parties du fruit au niveau des 3 sites d'étude.

Au niveau de tous les sites, nous avons plus d'anthocyanes dans les pulpes suivit par les noyaux et enfin les grains. Les anthocyanes varient dans les pulpes de $16,78 \pm 1,32$ à $0,71 \pm 0,05$ mg/g MS. pour les noyaux, nous avons entre $9,22 \pm 1,01$ à $1,09 \pm 0,17$ mg/g MS, et les graines de $1,67 \pm 0,23$ à $0,87 \pm 0,3$ mg/g MS.

L'analyse statistique montre une différence significative entre les différents parties du fruit avec $F(2,36) = 3,283$, $P = 0,048$ le test HSD de Tukey, met en évidence 3 groupes homogènes selon le nombre des partis du fruit.

La comparaison des trois sites montre une différence très hautement significative de $F(2, 36) = 13,92992$, $P = 0,0001$ répartie en 3 groupe homogènes selon le Test HSD de Tukey, les classe comme suite Ouenza > Bir al ater > Negrine

La comparaison des extraits montre une différence significative entre les deux extraits (aqueux et méthanolique) avec $F(1,36) = 4,272$, $P = 0,04$ répartie en 3 groupes homogènes selon le Test HSD de Tukey, sépare les extraits en deux groupes distincts.

La somme des trois parties du fruit montre que dans les deux extraits aqueux et méthanolique les teneurs en anthocyanes sont plus importantes à l'Ouenza suivit par Bir el ater et en dernier Negrine (Fig. 05).

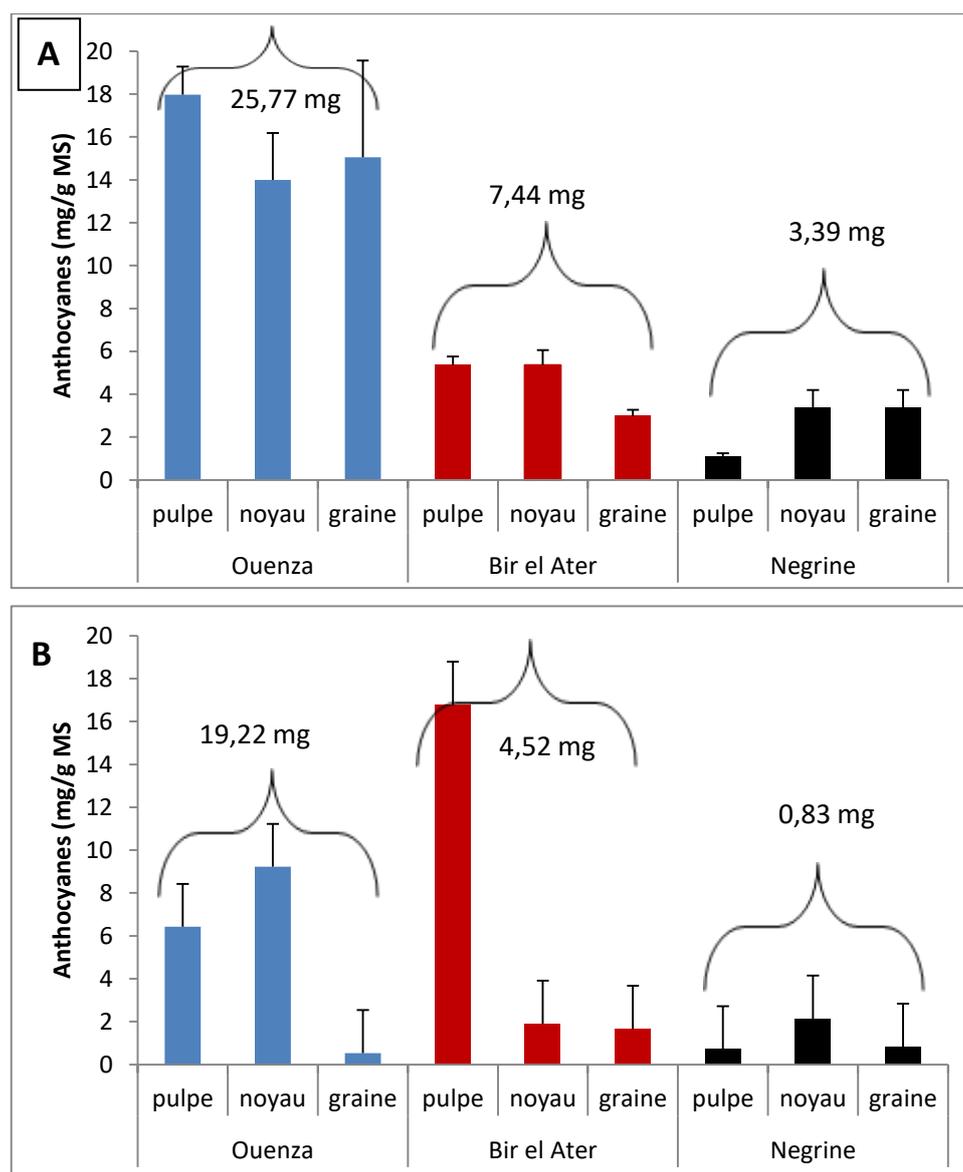


Figure 7. Comparaison des teneurs en anthocyanes des extraits méthanoliques (A) et aqueux (B) de *Z. lotus* dans la pulpe, le noyau et la graine du fruit et la somme des parties du fruit (mg /g MS) pour trois régions de Tébessa du Nord au Sud

2. Étude de l'activité antioxydante par le DPPH

La mesure de l'efficacité d'un antioxydant (capacité à fixer des radicaux libres, donc arrêter la propagation de la réaction en chaîne) se fait en mesurant la diminution de la coloration violette, due à une recombinaison des radicaux DPPH (Rolland, 2004).

Les profils d'activité anti radicalaire obtenus figure 08 révèlent que les extraits de *Z. lotus*, possèdent une activité antioxydante. Le taux d'inhibition des trois sites d'étude est inférieur à celui de l'acide ascorbique dans les deux extraits (aqueux et méthanolique). Pour mieux caractériser le pouvoir antioxydant, le paramètre IC50 est indiqué pour chaque échantillon au niveau du tableau 05. La valeur IC50 de l'acide ascorbique est de $2,621 \pm 0,01$ qui met les valeurs d'IC50 de nos extraits en dessous de cette valeur. Plus la valeur est basse, plus l'activité antioxydante est bonne. L'extrait aqueux oscille entre $6,730 \pm 0,06$ et $43,174 \pm 5,02$ et pour l'extrait méthanolique les valeurs sont entre $15,648 \pm 0,09$ à $4.524 \pm 0,07$ (parties du fruit et sites confondus).

En général, le pouvoir antioxydant est faible dans la graine pour le site de l'Ouenza et il est faible au niveau du noyau pour Bir el ater et Negrine.

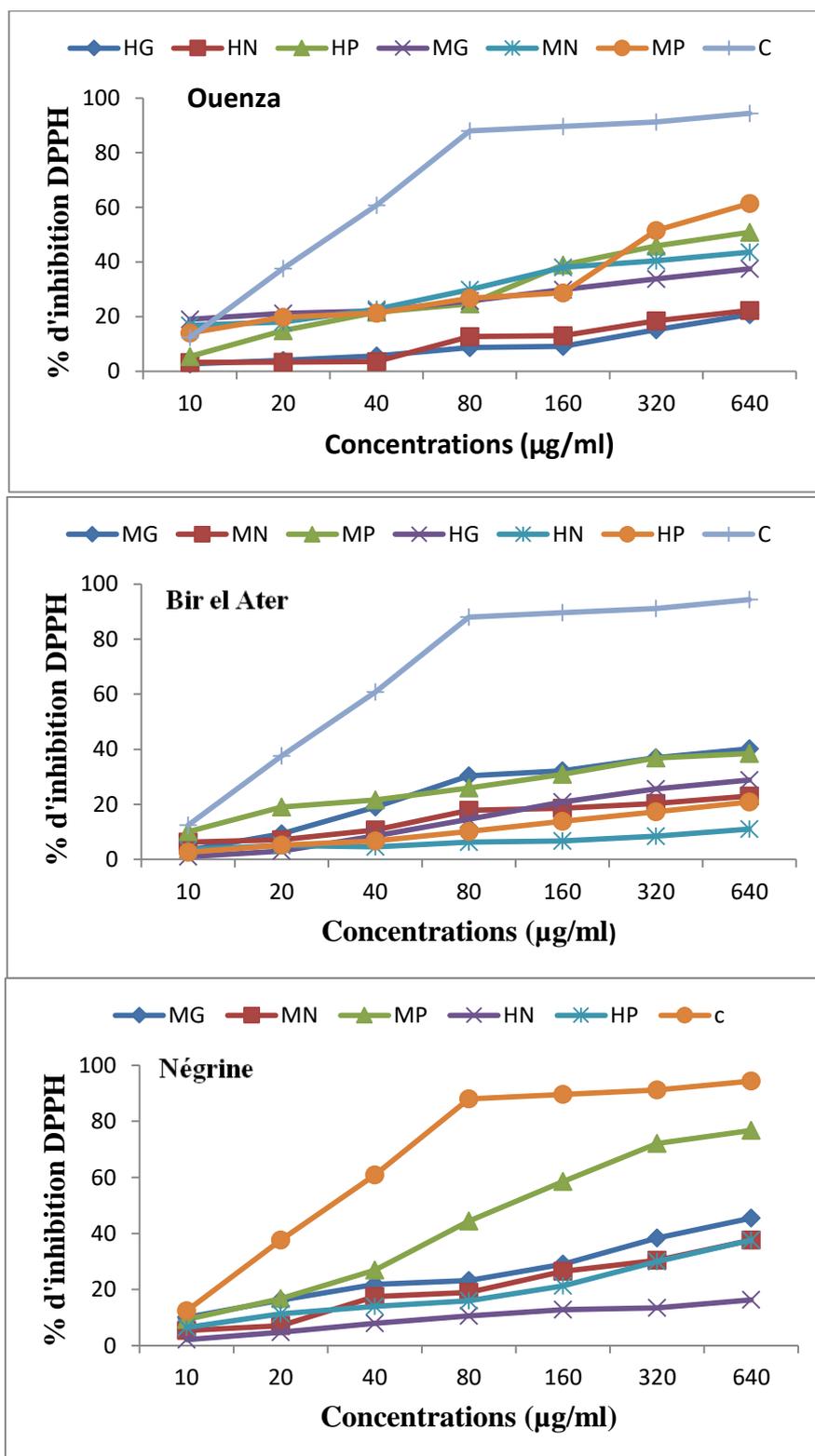


Figure 8. Comparaison du pourcentage d'inhibition du radical libre DPPH des extraits aqueux (H) et méthanolique (M) des parties du fruit (pulpe (P), noyau (N) et graine (G) de *Z. lotus* de trois régions de Tébessa du Nord au Sud

Tableau 5. Valeurs de l'IC50 de l'activité antioxydante DPPH de l'acide ascorbique et des extraits méthanoliques et aqueux des différentes parties du fruit de *Z. lotus* dans les sites d'étude

Extraits	Sites	Parties du Fruit	R ²	IC50
Acide ascorbique			0,953	2,621 ± 0,01
Méthanolique	Ouenza	Pulpe	0,865	6,369 ± 0,09
		Noyau	0,983	6,767 ± 0,06
		Graine	0,971	11,28 ± 0,10
	Bir el Ater	Pulpe	0,977	9,138 ± 0,09
		Noyau	0,945	15,648 ± 0,09
		Graine	0,651	8,094 ± 0,05
	Négrine	Pulpe	0,989	4,524 ± 0,07
		Noyau	0,979	9,430 ± 0,08
		Graine	0,971	8,205 ± 0,08
Aqueux	Ouenza	Pulpe	0,983	6,730 ± 0,06
		Noyau	0,919	15,295 ± 0,11
		Graine	0,971	18,165 ± 0,02
	Bir el Ater	Pulpe	0,987	16,670 ± 0,50
		Noyau	0,899	43,174 ± 5,02
		Graine	0,988	11,024 ± 0,09
	Négrine	Pulpe	0,944	10,173 ± 0,12
		Noyau	0,980	21,332 ± 2,02
		Graine	/	/

**Discussion générale
et
conclusion**

Un grand nombre de plantes médicinales représente une source inépuisable de substances bioactives qui possèdent des propriétés biologiques très importantes, parmi ces plantes médicinales en retrouve *Zizyphus lotus* assez étudié dans l'Afrique du nord. Delà, l'idée de faire une comparaison de quelques composantes antioxydantes avec les résultats de ce qui a été trouvés sur le territoire national et Maghrébin.

Donc, ce travail consiste à étudier les composants phénoliques ainsi que l'activité antioxydante de la plante *Z. lotus*. Les échantillons ont été récoltés sur trois sites de la wilaya de Tébessa de l'extrême nord à l'extrême sud (Ouanza, Negrine, Bir El Ater) , où nous avons analysé les différentes parties du fruit de *Z. lotus* (pulpes, noyaux et graines). L'étude a comporté, la quantification des polyphénols totaux, des flavonoïdes, des anthocyanes et des tanins condensés ainsi que l'activité antioxydante par DPPH dans deux extraits, un méthanolique et l'autre aqueux. L'utilisation de différents solvants et de différentes polarités permet de séparer les composés selon leur solubilité dans le solvant. Les deux solvants utilisés sont polaires utilisés par infusion (aqueuse) et macération (méthanolique).

Les teneurs moyennes en polyphénols totaux (PT) qui sont l'un des principaux bio composés agissant comme antioxydant primaire ont montré que l'extrait aqueux était plus solubilisant que le méthanol dans le noyau et la graine que la pulpe avec un intervalle de 3,75 à 4,96 mg AcG/g MS dans nos échantillons de Tébessa. Nombreux travaux en Algérie ont été faits sur *Z. lotus* dont celui de Berkani *et al.* (2021) qui ont montré qu'au niveau des graines (Djelfa), les extraits ethanoliques à différentes concentrations avec l'eau (% v/v de 20 à 80) affichés de 26,06 à 40,85 mg GAE/g MS de PT où le meilleur résultat était avec 40% (v/v) alors que, l'aqueux ne présentait que 19,96 mg GAE/g MS. D'autres travaux ont montré pour l'extrait aqueux chez la pulpe 0,8 mg EQ/g MS (Mouloued *et al.*, 2021) et 5,8 mg EQ/g MS pour des échantillons de Batna avec en parallèle des extraits méthanolique et ethanoliq ue ayant respectivement 5 et 2,34 mg EQ/g MS (Zoughlache, 2009). Pour le noyau, les travaux de Maaiden *et al.* (2018) sur *Z. lotus* du Maroc présentent les valeurs de 39,75 et 14, 58 mg AcG/g MS respectivement pour les extraits aqueux et méthanolique. En Tunisie, les graines ont présenté des teneurs maximales de 4,42 mg AcG/g MS et dans les fruits entiers 2,93 mg AcG/g MS par macération dans le méthanol 70% (Yahia *et al.*, 2020). Un autre travail en Tunisie par Ghazghazi *et al.* (2014) obtiennent une valeur de 2,97 mg GAE/g Ms en extrait méthanolique pour les fruits. Selon la synthèse de Abdoul-Azize (2016) sur *Z. lotus* les PT vont de 2,97 à 40,78 mg/g MS dans les fruits. Nos résultats corroborent certain de ces travaux pour les PT.

Les flavonoïdes sont des produits naturels importants, appartenant en particulier à une classe de métabolites secondaires végétaux à structures polyphénoliques, largement présents dans les fruits et légumes (Panche *et al.*, 2016). Les résultats de notre étude, ont montré que les valeurs allez de 0,47 à 2,55 mg Eq Cat/g MS dans les extraits aqueux et de 0,2 à 0,63 mg Eq Cat/g MS dans les extraits méthanoliques (toutes parties confondues et sites). La différence entre les trois sites est significative et les classe comme suite, Negrine, Ouenza avec Bir el ater , avec des teneurs élevées dans les graines pour l'extrait méthanolique. Dans d'autres sites semi aride d'Algérie les fruits de *Z. lotus* ont montré pour les flavonoïdes totaux à Batna ont montré dans les extraits aqueux, ethanolique et méthanolique dans la pulpe respectivement de 1,82 ; 0,64 et 0,83 µg EQ/mg d'extrait (Zoughleche *et al.*, 2009). Pour les graines, les travaux de Maaiden *et al.* (2018) sur *Z. lotus* au Maroc présentent les valeurs de 14,58 mg EQ/g MS pour l'extrait méthanolique. En Tunisie dans les extraits méthanoliques, les graines ont présentées des teneurs de 0.46 mg EQ/g MS et dans les fruits entiers 0,84 mg EQ/g MS (Yahia *et al.*, 2020). Ghazghazi *et al.* (2014) obtiennent une valeur de 1,22 mg ER/g MS en extrait méthanolique pour les fruits de *Z lotus* en Tunisie. Selon Abdoul-Azize (2016) sur *Z. lotus* les flavonoides totaux sont de 1.22 mg/g Ms dans les fruits. Nos résultats correspondent à certains résultats de la bibliographie.

Les teneurs moyennes en Tanins condensés sont pour la plus part supérieurs en extraits aqueux, à l'exception de la pulpe et la graine du site de Negrine en extraits méthanoliques. Les valeurs vont de 0,013 à 0,034 mg ACT/g MS en méthanoliques avec une seule valeur élevée qui est de 0,11 mg ACT/g MS dans la pulpe de Négrine. Pour les extraits aqueux, nous avons de 0,022 à 0,069 mg ACT/g MS. Ces résultats montrent que les tanins condensés sont mieux solubles dans l'eau et plus élevés dans les graines et dans les noyaux. Pas de grandes différences dans le méthanol pour les différents sites et parties du fruit à l'exception de Négrine (pulpe). Nombreux travaux en Algérie ont été faits sur *Z. lotus* dont celui de Zoughleche *et al.* (2009) qui ont montré qu'au niveau des pulpes (Batna), les extraits méthanolique et aqueux ont respectivement 4,57 et 1,82 µg EQ/mg d'extrait. D'autres travaux en Tunisie ont montré pour l'extrait méthanolique chez la graine 0,3 mg CE/g MS et de 0,34 pour le fruit (Yahia *et al.*, 2020). Au Maroc chez le fruit la quantité est de 0,002 dans l'éther de pétrol (Maaiden *et al.*, 2018).

Les anthocyanes totaux présentent des réponses très variables avec des teneurs allant de 17,97 à 1,01 mg /g MS dans les extraits méthanolique contre 16,78 à 0,53 mg /g MS dans les extraits aqueux toutes parties du fruit et sites confondus. Les travaux sont peu nombreux

sur *Z. lotus* pour les anthocyanes. Le travail de Maaiden *et al.* (2018) sur un extrait méthanolique pour la graine a donné 5,03 mg/g MS. L'analyse quantitative des anthocyanes totaux a montré que les différentes parties du fruit pour les trois sites, les classes d'el Ouenza, Bir el ater à Negrine donc du nord au sud.

La mise en évidence de la capacité antioxydante de nos extraits a été réalisée par un test chimique *in vitro* par le DPPH avec une comparaison avec l'acide ascorbique. Les résultats de notre recherche ont montré que l'extraction aqueuse exerce une activité antioxydante plus élevée que l'extraction alcoolique. La comparaison du test DPPH a montré des différences entre l'acide ascorbique (2,62 µl/ml) et les différents extraits des trois sites. Il existe des différences entre et au sein des sites et des extraits. Le site de Negrine donne une bonne activité antioxydante, suivit par Bir el ater et Ouenza. Les IC50 vont de 6,37 à 15,64 µl/ml pour les extraits méthanoliques et de 6,73 à 43, 17 µl/ml. Les travaux de Yahia *et al.* (2020) montrent pour l'IC50 en extraits méthanoliques par macération dans les fruits est de 12,16 à 15,15 µl/ml et de 18,57 à 11, 4 µl/ml dans les graines de *Z. lotus*. En général, la capacité réductrice de l'extrait de *Z. lotus* peut être due à la présence de groupes hydroxyle dans les composés phénoliques, qui peuvent agir comme donneurs d'électrons. La méthode de piégeage du radical libre DPPH en résumé a révélé en général que l'extrait aqueux exerce une activité antioxydante plus élevée que l'extrait alcoolique et du sud au nord, de Negrine suivit par l'activité antioxydante de Bir el ater puis Ouenza

La recherche de nouvelles molécules bioactives s'est orientée vers la lutte biologique par l'utilisation de substances naturelles antioxydante pouvant constituer une solution alternative aux produits chimiques, parmi ces substances naturelles figurent les métabolites secondaires telles que les polyphénols et les flavonoïdes (Ghazghazia *et al.*, 2013).

Nos résultats ont montré une meilleure extraction par l'eau par rapport à l'extrait alcoolique. Les analyses effectuées sur les parties du fruit de *Z. lotus* ont montré que les échantillons du sud de Tébessa (Negrine) sont plus riches en polyphénols, flavonoïdes par rapport à Bir el ater et Ouenza, contrairement aux anthocyanes totaux.

On conclut que, les variations observées peuvent s'expliquer par le fait que la quantité des composés phénoliques des extraits de la plante *Z. lotus* L dépend essentiellement de son origine, aussi bien, de la variété, de la saison de culture, de la saison de récolte, des conditions climatiques et environnementales, de la localisation géographique et des différentes maladies

qui peuvent affecter la plante, de la maturité de la plante et de la durée de conservation et à la nature des solvants (Aganga & Mosase, 2001 ; El-Waziry, 2007 ; Ebrahimzadeh *et al.*, 2008).

Références bibliographiques

A

- Abdoul-Azize, S. (2016). Potential benefits of jujube (*Zizyphus Lotus* L.) bioactive compound for nutrition and health. *Journal of nutrition and metabolism*, 2016.
- Aganga, A. A., & Mosase, K. W. (2001). Tannin content, nutritive value and dry matter digestibility of *Lonchocarpus capassa*, *Zizyphus mucronata*, *Sclerocarya birrea*, *Kirkia acuminata* and *Rhus lancea* seeds. *Animal Feed Science and Technology*, 91(1-2), 107-113.
- Amara, M., & Benabdeli, K. (2020). Potentialités écologiques de *Zizyphus lotus* et possibilités de développement durable des espaces arides: cas de la région de Naâma (Algérie). *Geo-Eco-Trop*, 44(2), 269-277.

B

- 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.
- Bencheikh, N., Radi, F. Z., Fakchich, J., Elbouzidi, A., Ouahhoud, S., Ouasti, M., & Elachouri, M. (2023). Ethnobotanical, Phytochemical, Toxicological, and Pharmacological Properties of *Zizyphus lotus* (L.) Lam.: A Comprehensive Review. *Pharmaceuticals*, 16(4), 575.
- Berkani, F., Dahmoune, F., Serralheiro, M. L., Ressaissi, A., Dairi, S., Kadri, N., ... & Madani, K. (2021). New bioactive constituents characterized by LC–MS/MS in optimized microwave extract of jujube seeds (*Zizyphus lotus* L.). *Journal of Food Measurement and Characterization*, 15, 3216-3233.
- Borgi W et Chouchane N. (2006). Activité anti-inflammatoire des saponosides des écorces de racines de *Zizyphus lotus* (L.). *Revue des Régions Arides* ,283-286.
- Borgi, W., Ghedira, K., & Chouchane, N. (2007(b)). Antiinflammatory and analgesic activities of *Zizyphus lotus* root barks. *Fitoterapia*, 78(1), 16-19.
- Borgi W., Ghedira K., Chouchane N. (2007(a)). Anti inflammatory and analgesic activities of *Zizyphus lotus* rootbarks. *Fitoterapia*.78:16-19.
- Boudraa, S., Hambaba, L., Zidani, S., & Boudraa, H. (2010). Composition minérale et vitaminique des fruits de cinq espèces sous exploitées en Algérie: *Celtis australis* L., *Crataegus azarolus* L., *Crataegus monogyna* Jacq., *Elaeagnus angustifolia* L. et *Zizyphus lotus* L. *Fruits*, 65(2), 75-84..

- Bouzid, A., Chadli, R., & Bouzid, K. (2017). Étude ethnobotanique de la plante médicinale *Arbutus unedo* L. dans la région de Sidi Bel Abbés en Algérie occidentale. *Phytothérapie*, 15(6), 373-378

C

- Catoire, V., Lesclaux, R., Lightfoot, P. D., & Rayez, M. T. (1994). Kinetic study of the reactions of CH_2ClO_2 with itself and with HO_2 , and theoretical study of the reactions of CH_2ClO , between 251 and 600 K. *The Journal of Physical Chemistry*, 98(11), 2889-2898.
- Catoire C, Zwang H, Bouet C. (1999). Les jujubiers ou le *Zizyphus* fruits oubliés article du n01.
- Chevalier, A. (1947). Les Jujubiers ou *Zizyphus* de l'Ancien monde et l'utilisation de leur fruits. *Journal d'agriculture traditionnelle et de botanique appliquée*, 27(301) 470-483P.
- Cheurfa, M., Allem, R., Zabel, K., Aichouni, W., & Medjkane, M. (2017). The effects of *Glycyrrhiza glabra* L. And *Zizyphus lotus* L. Root extracts on some human pathogenic bacteria. *Phytothérapie*, 1-7, 15-21.

D

- Dahlia, F., Barouagui, S., Hemida, H., Bousaadia, D., & Rahmoune, B. (2020). Influence of environment variations on anti-glycaemic, anti-cholesterolemic, antioxidant and antimicrobial activities of natural wild fruits of *Zizyphus lotus* (L.). *South African Journal of Botany*, 132, 215-225.

E

- Ebrahimzadeh, M. A., Pourmorad, F., & Bekhradnia, A. R. (2008). Iron chelating activity, phenol and flavonoid content of some medicinal plants from Iran. *African Journal of Biotechnology*, 7(18), 1684–5315.
- El-Waziry, A. M. (2007). Nutritive value assessment of ensiling or mixing *Acacia* and *Atriplex* using in vitro gas production technique. *Research journal of agriculture and biological sciences*, 3(6), 605-614.
- El Maaiden, E., El Kharrassi, Y., Qarah, N. A., Essamadi, A. K., Moustaid, K., & Nasser, B. (2020). Genus *Zizyphus*: A comprehensive review on ethnopharmacological, phytochemical and pharmacological properties. *Journal of ethnopharmacology*, 259, 112950.

G

- Ghazghazia, H., Chediab, A., Abderrazakb, M., & Brahim, H. (2013). Comparaison des contenus en polyphénols et de l'activité antioxydante des extraits méthanoliques de quatre plantes collectées du nord de Tunisie. *Microbiol Hyg Alim*, 25(73), 37-41.
- Ghazghazi, H., Aouadhi, C., Riahi, L., Maaroufi, A., & Hasnaoui, B. (2014). Fatty acids composition of Tunisian *Zizyphus lotus* L (Desf.) fruits and variation in biological activities between leaf and fruit extracts. *Natural product research*, 28(14), 1106-1110.
- Ghedira, K. (2013). *Zizyphus lotus* (L.) Desf. (Rhamnaceae): jujubier sauvage. *Phytothérapie*, 11, 149-153.

L

- 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.

M

- Maciuk, A., Lavaud, C., Thépenier, P., Jacquier, M. J., Ghédira, K., & Zèches-Hanrot, M. (2004). Four new dammarane saponins from *Zizyphus lotus*. *Journal of natural products*, 67(10), 1639-1643.
- Maurice, T., & Lockhart, B. P. (1997). Neuroprotective and anti-amnesic potentials of sigma (σ) receptor ligands. *Progress in Neuro-Psychopharmacology and Biological Psychiatry*, 21(1), 69-102.
- Miara, M. D., Hammou, M. A., & Aoul, S. H. (2013). Phytothérapie et taxonomie des plantes médicinales spontanées dans la région de Tiaret (Algérie). *Phytothérapie*, 11(4), 206-218.
- Michel, T. (2011). Nouvelles méthodologies d'extraction, de fractionnement et d'identification: application aux molécules bioactives de l'argousier (*Hippophae rhamnoides*). Thèse de doctorat Univ Orléans, 289(30).
- Munier, P. (1973). Le jujubier et sa culture. *Fruits*, 28(5), 377-388.

P

- Panche, A. N., Diwan, A. D., & Chandra, S. R. (2016). Flavonoids: an overview. *Journal of nutritional science*, 5, e47, 15(1).

W

- Wong S-P., Leong L-P., William Koh J-H. (2006). Anti oxidant activities of extracts of selected plants. *Food chemistry*.99:775-783.

Y

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

Z

- Zerrouk, S, Escuredo, O, Rodríguez-Flores, M. S, & Seijo, M. C. (2021). Palynological characterisation of sedra honeys (*Ziziphus lotus*) produced in Algeria. *Grana*, 60(1), 69-8.

Annexes

Annexe 01

Test HSD de Tukey ; variable Polyphenols :groupes Homogenes, alpha = ,05000 Erreur : MC Inter = ,22587, dl = 36,000

Sites	Polyphenols	1	2
1 (ouenza)	3,739858	B	
2 (Bir el ater)	4,077840	B	A
3 (Négrine)	4,189439		A

Test HSD de Tukey ; variable Polyphenols : Groupes Homogènes, alpha = ,05000 Erreur : MC Inter = ,22587, dl = 36,000

Extraits	Polyphenols	1	2
1 (méthanol)	3,733570	B	
2 (eau)	4,271189		A

Test HSD de Tukey ; variable Polyphenols :Groupes Homogènes, alpha = ,05000 Erreur : MC Inter = ,22587, dl = 36,000

Parties	Polyphenols	1	2
3 (graine)	3,684805	B	
1(pulpe)	3,984211	B	A
2(graine)	4,338122		A

Test HSD de Tukey ; variable Polyphenols Groupes Homogènes, alpha = ,05000 Erreur : MC Inter = ,22587, dl = 36,000

Sites	Parties	Polyphenols	1	2
1	3	2,916853	B	
2	1	3,745333	B	A
2	3	3,838067		A
3	1	4,061016		A
1	1	4,146283		A
1	2	4,156438		A
3	2	4,207807		A
3	3	4,299495		A
2	2	4,650121		A

Test HSD de Tukey ; variable Polyphenols . Groupes Homogènes, alpha = ,05000 Erreur : MC Inter = ,22587, dl = 36,000

Extraits	Parties	Polyphenols	1	2	3
1	1	3,566686	C		
2	3	3,582017	C		
1	3	3,787594	C	B	
1	2	3,846430	C	B	
2	1	4,401736		B	A
2	2	4,829814			A

Annexe 02

Test HSD de Tukey ; variable Flavonoides .Groupes Homogènes, alpha = ,05000 Erreur : MC Inter = ,02010, dl = 36,000

	Sites	Flavonoides	1	2
	2	0,694663	B	
	1	0,719365	B	
	3	0,934370		A

Test HSD de Tukey ; variable Flavonoides .Groupes Homogènes, alpha = ,05000 Erreur : MC Inter = ,02010, dl = 36,000

	Extraits	Flavonoides	1	2
	1	0,397126	B	
	2	1,168472		A

Test HSD de Tukey ; variable Flavonoides .Groupes Homogènes, alpha = ,05000 Erreur : MC Inter = ,02010, dl = 36,000

	Parties	Flavonoides	1	2
	1	0,591166	B	
	2	0,637743	B	
	3	1,119489		A

Test HSD de Tukey ; variable Flavonoides .Groupes Homogènes, alpha = ,05000 Erreur : MC Inter = ,02010, dl = 36,000

	Sites	Extraits	Flavonoides	1	2	3
	3	1	0,340893	C		
	2	1	0,400317	C		
	1	1	0,450169	C		
	1	2	0,988562		B	
	2	2	0,989008		B	
	3	2	1,527847			A

Test HSD de Tukey ; variable Flavonoides .Groupes Homogènes, alpha = ,05000 Erreur : MC Inter = ,02010, dl = 36,000

	Sites	Parties	Flavonoides	1	2	3	4	5
	2	2	0,422887	E				
	2	1	0,471250	E	D			
	3	1	0,603244	E	D	C		
	1	1	0,699003		D	C		
	1	3	0,706592		D	C		
	3	2	0,737842		D	C		
	1	2	0,752500			C		
	2	3	1,189851				B	
	3	3	1,462024					A

Test HSD de Tukey ; variable Flavonoïdes .Groupes Homogènes, alpha = ,05000 Erreur : MC Inter = ,02010, dl = 36,000

	Extraits	Parties	Flavonoïdes	1	2	3
	1	3	0,337173	C		
	1	2	0,376954	C		
	1	1	0,477252	C		
	2	1	0,705079		B	
	2	2	0,898532		B	
	2	3	1,901806			A

Annexe 03

Test HSD de Tukey ; variable Tanins condensés : Groupes Homogènes, alpha = ,05000 Erreur : MC Inter = ,00002, dl = 36,000

	Sites	Tanins condensés	1	2
	1	0,034665	B	
	2	0,035577	B	
	3	0,051323		A

Test HSD de Tukey ; variable Tanins condensés. Groupes Homogènes, alpha = ,05000 Erreur : MC Inter = ,00002, dl = 36,000

	Extraits	Tanins condensés	1	2
	2	0,035700	B	
	1	0,045343		A

Test HSD de Tukey ; variable Tanins condensés. Groupes Homogènes, alpha = ,05000 Erreur : MC Inter = ,00002, dl = 36,000

	Parties	Tanins condensés	1	2	3
	1	0,028636	C		
	2	0,036529		B	
	3	0,056400			A

Test HSD de Tukey ; variable Tanins condensés. Groupes Homogènes, alpha = ,05000 Erreur : MC Inter = ,00002, dl = 36,000

	Sites	Extraits	Tanins condensés	1	2	3
	2	2	0,023681	C		
	1	2	0,025666	C		
	1	1	0,043664		B	
	3	1	0,044892		B	
	2	1	0,047474		B	
	3	2	0,057753			A

Test HSD de Tukey ; variable Tanins condensés. Groupes Homogènes, alpha = ,05000 Erreur : MC Inter = ,00002, dl = 36,000

	Sites	Parties	Tanins condensés	1	2	3	4
	2	1	0,027226	D			
	3	1	0,027934	D	C		
	1	1	0,030749	D	C		
	2	2	0,036300		C	B	
	1	3	0,036472		C	B	
	3	2	0,036510		C	B	
	1	2	0,036775		C	B	
	2	3	0,043205			B	
	3	3	0,089523				A

Test HSD de Tukey ; variable Tanins condensés. Groupes Homogènes, alpha = ,05000 Erreur : MC Inter = ,00002, dl = 36,000

	Extraits	Parties	Tanins condensés	1	2	3
	1	1	0,026812	C		
	2	2	0,028066	C		
	2	1	0,030461	C		
	1	2	0,044991		B	
	2	3	0,048573		B	
	1	3	0,064227			A

Annexe 04

Test HSD de Tukey ; variable Anthocyanes . Groupes Homogènes, alpha = ,05000 Erreur : MC Inter = 2627E2, dl = 36,000

	Sites	Anthocyanes	1	2
	3	0,152	B	
	2	0,567	B	
	1	1,053		A

Test HSD de Tukey ; variable Anthocyanes . Groupes Homogènes, alpha = ,05000 Erreur : MC Inter = 2627E2, dl = 36,000

	Extraits	Anthocyanes	1	2
	1	0,447	B	
	2	0,735		A

Test HSD de Tukey ; variable Anthocyanes .Groupes Homogènes, alpha = ,05000 Erreur : MC Inter = 2627E2, dl = 36,000

	Parties	Anthocyanes	1	2
	3	0,368	B	
	2	0,600	B	A
	1	0,805		A

Test HSD de Tukey ; variable Anthocyanes .Groupes Homogènes, alpha = ,05000 Erreur : MC Inter = 2627E2, dl = 36,000

	Sites	Extraits	Anthocyanes	1	2
	3	1	0,123	B	
	3	2	0,182	B	
	2	2	0,456	B	
	1	1	0,539	B	
	2	1	0,678	B	
	1	2	1,567		A