

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

**MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE**



UNIVERSITE SAAD DAHLEB -BLIDA1



Faculté des Sciences de la Nature et de la vie

Département : BIOLOGIE

Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de Master dans le domaine SNV

Filière : Science Biologiques

Option : Biodiversité et Physiologie Végétale

Thème :

**Étude de la diversité de la composition en constituants
majeurs et mineurs des extraits méthanoliques extraites
de deux zones de récoltes de *Ziziphus lotus L.***

Soutenue le : 07/07/2025

Présenté par : Mlle BOUBEKEUR Lyna

Devant le jury :

Nom	Grade/ lieu	Qualité
Mme Kadir N.	MAA/USDB1	Président(e)
Mme Douaouri N.H.	MCB/USDB1	Examinatrice
Mme Benmansour. N	MCA/USDB1	Promotrice

Année 2024/2025

Remerciements

Ce mémoire n'aurait pu atteindre son niveau actuel sans le secours d'ALLAH, le Tout-Puissant et Miséricordieux, qui nous a accordé la force nécessaire pour le mener à bien.

Je désire exprimer ma profonde gratitude envers **Mme BENMANSOUR N**, ma promotrice bien-aimée. Votre expertise, votre encouragement constant, vos précieux conseils et recommandations, ainsi que votre compréhension ont fait de cette expérience de recherche un véritable plaisir.

Je tiens également à adresser mes remerciements chaleureux aux membres de ce jury :

À **Mme Kadir N.**, Enseignante à la Faculté des SNV de l'Université Saad Dahleb Blida 1, je suis extrêmement honorée que vous ayez accepté la présidence du jury pour ce mémoire. Recevez l'expression de mes sincères remerciements et soyez assurée de notre profonde gratitude.

À **Mme Douaouri N.H.** Enseignante à la Faculté des SNV de l'Université Saad Dahleb Blida 1, je vous remercie d'avoir accepté de faire partie du jury de ce mémoire, pour votre intérêt marqué envers notre travail et pour le temps que vous avez consacré à son évaluation.

j'adresse mes remerciements au responsable du laboratoire d'analyses, **Mr. Youssef Al-Gharibi**, pour son assistance et sa disponibilité tout au long de cette démarche.

Enfin, à toute personne ayant contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce travail, je tiens à exprimer mes plus sincère et vif remerciement. Votre participation a été inestimable, et je vous en suis profondément reconnaissantes.

Je dédie ce projet :

À ma chère maman, Fatima zahra

À mon chers papa, Mohamed cherif

*Qui n'ont jamais cessés de me soutenir et de m'épauler pour que je puisse atteindre
mes objectifs.*

À mes chères sœurs, mon rayon de soleil Nouhed et ma grande sœur Amira

Je vous souhaite une vie pleine de bonheur et de santé

À ma petite nièce Nadine qui me remplit d'amour

*À Ma familles, mes cousines bien aimés et à ceux qui nous ont quittés plutôt que dieu leurs
accorde sa miséricorde*

À ma collègue Naila

À tous ceux qui m'aiment, et ceux qui j'aimes

Résumé

Cette étude s'est intéressée à *Ziziphus lotus L.*, une plante médicinale algérienne récoltée dans deux régions aux caractéristiques climatiques distinctes : Blida (climat méditerranéen) et Djelfa (climat semi-aride). L'objectif principal était d'évaluer l'influence de ces conditions environnementales sur les propriétés biologiques des extraits foliaires. La méthodologie a combiné des analyses phytochimiques qualitatives et quantitatives, incluant le screening des métabolites secondaires, le dosage des polyphénols et flavonoïdes, ainsi que l'évaluation de l'activité antioxydante par le test DPPH. Des paramètres physico-chimiques (pH, taux d'humidité, teneur en cendres) ont également été caractérisés.

Les résultats ont révélé des variations géographiques significatives. Bien que les rendements d'extraction méthanolique soient comparables (11,9% à Djelfa vs 12,53% à Blida), les analyses phytochimiques ont montré des profils distincts. Les feuilles de Djelfa présentaient des teneurs plus élevées en polyphénols (64,65 mg EAG/g) et flavonoïdes (29,3 mg EQ/g) que celles de Blida (24,65 mg EAG/g et 14,23 mg EQ/g respectivement), corrélées avec une activité antioxydante supérieure (IC₅₀ de 38,96 mg/mL vs 43,17 mg/mL). Ces différences pourraient refléter des adaptations métaboliques aux conditions arides de Djelfa. Les analyses physico-chimiques ont confirmé cette variabilité, avec notamment une teneur en cendres plus importante à Djelfa (92,45% vs 89,4%).

En conclusion, ce travail met en évidence l'impact crucial de l'origine géographique sur la composition et les propriétés de *Ziziphus lotus L.*, particulièrement marqué entre les régions méditerranéennes et semi-arides. Les feuilles de Djelfa, riches en composés phénoliques et dotées d'une forte activité antioxydante, représentent une ressource prometteuse pour des applications en santé naturelle. Ces résultats soulignent la nécessité de considérer le terroir dans l'exploitation des plantes médicinales et ouvrent des perspectives pour des études plus poussées sur les mécanismes d'adaptation physiologique.

Mots-clés : *Ziziphus lotus L.*, variabilité géographique, métabolites secondaires, activité antioxydante, paramètres physico-chimiques.

Abstract :

This study focused on *Ziziphus lotus L.*, a medicinal Algerian plant harvested in two regions with distinct climatic characteristics: Blida (Mediterranean climate) and Djelfa (semi-arid climate). The main objective was to assess the influence of these environmental conditions on the biological properties of leaf extracts. The methodology combined qualitative and quantitative phytochemical analyses, including screening for secondary metabolites, determination of polyphenol and flavonoid contents, and evaluation of antioxidant activity using the DPPH assay. Physicochemical parameters (pH, moisture content, ash content) were also characterized.

The results revealed significant geographical variations. Although methanolic extraction yields were similar (11.9% in Djelfa vs. 12.53% in Blida), phytochemical analyses showed distinct profiles. Leaves from Djelfa had higher levels of polyphenols (64.65 mg GAE/g) and flavonoids (29.3 mg QE/g) than those from Blida (24.65 mg GAE/g and 14.23 mg QE/g, respectively), correlating with stronger antioxidant activity (IC₅₀ of 38.96 mg/mL vs. 43.17 mg/mL). These differences may reflect metabolic adaptations to the arid conditions of Djelfa. Physicochemical analyses confirmed this variability, notably with a higher ash content in Djelfa (92.45% vs. 89.4%).

In conclusion, this work highlights the crucial impact of geographical origin on the composition and properties of *Ziziphus lotus L.*, particularly between Mediterranean and semi-arid regions. The leaves from Djelfa, rich in phenolic compounds and exhibiting strong antioxidant activity, represent a promising resource for natural health applications. These findings underscore the importance of considering terroir in the use of medicinal plants and open perspectives for further studies on physiological adaptation mechanisms.

Keywords: *Ziziphus lotus L.*, geographical variability, secondary metabolites, antioxidant activity, physicochemical parameters.

ملخص العربية:

ركزت هذه الدراسة على نبات *Ziziphus lotus L.* ، وهو نبات طبي جزائري جُمع من منطقتين تتميزان بخصائص مناخية مختلفة: البلدية (مناخ متوسطي) والجلفة (مناخ شبه جاف). كان الهدف الرئيسي هو تقييم تأثير هذه الظروف البيئية على الخصائص البيولوجية لمستخلصات الأوراق. جمعت المنهجية بين التحاليل الكيميائية النباتية النوعية والكمية، بما في ذلك التحري عن المستقبلات الثانوية، وقياس محتوى البوليفينولات والفلافونويدات، بالإضافة إلى تقييم النشاط المضاد للأكسدة باستخدام اختبار DPPH. كما تم تحليل بعض المعايير الفيزيائية والكيميائية (الرقم الهيدروجيني، نسبة الرطوبة، محتوى الرماد).

أظهرت النتائج وجود اختلافات جغرافية كبيرة. رغم أن مردود الاستخلاص الميثانولي كان متقاربًا (11.9% في الجلفة مقابل 12.53% في البلدية)، فإن التحاليل الكيميائية النباتية كشفت عن اختلاف في التركيب. فقد أظهرت أوراق الجلفة مستويات أعلى من البوليفينولات (64.65 ملغ مكافئ حمض الغاليك/غ) والفلافونويدات (29.3 ملغ مكافئ كيرسيتين/غ) مقارنة بأوراق البلدية (24.65 و 14.23 ملغ/غ على التوالي)، وهو ما يتماشى مع نشاط مضاد للأكسدة أقوى ($IC_{50} = 38.96$ ملغ/مل مقابل 43.17 ملغ/مل). (قد تعكس هذه الفروقات تكيفات أيضية مع ظروف الجفاف في الجلفة. وأكدت التحاليل الفيزيائية-الكيميائية هذه الفروقات، لا سيما بارتفاع محتوى الرماد في الجلفة (92.45% مقابل 89.4%).

ختامًا، يبرز هذا العمل التأثير الحاسم للأصل الجغرافي على تركيب وخصائص *Ziziphus lotus L.* ، خصوصًا بين المناطق المتوسطية وشبه الجافة. وتُعد أوراق الجلفة، الغنية بالمركبات الفينولية وذات النشاط المضاد للأكسدة القوي، موردًا واعدًا لتطبيقات الصحة الطبيعية. وتُبرز هذه النتائج ضرورة أخذ “التروار” بعين الاعتبار في استغلال النباتات الطبية، وتفتح آفاقًا لدراسات أعمق حول آليات التكيف الفسيولوجي.

الكلمات المفتاحية: *Ziziphus lotus L.*، التباين الجغرافي، المستقبلات الثانوية، النشاط المضاد للأكسدة، المعايير الفيزيائية-الكيميائية.

Listes des figures

Figure 01 : Plante <i>Ziziphus lotus</i> L.	06
Figure 02 : Tige de <i>Ziziphus lotus</i> L. (Boudnid-Erfoud (2016)	06
Figure 03 : Fleurs de <i>Ziziphus lotus</i> L. (Boudnib-nouveaux-jardins 2018)	07
Figure 04 : Feuilles de <i>Ziziphus lotus</i> L. (Boudnib-nouveaux-jardins 2018)	07
Figure 05 : Aire de répartition de la famille des rhamnacées dans le monde (Dupont et guignard, 2015)	08
Figure 06 : Aire de répartition de <i>Ziziphus lotus</i> en Algérie (Santa, 1962)	09
Figure 07 : La localisation géographique de la wilaya de Blida	16
Figure 08 : La localisation géographique de la wilaya de Djelfa	16
Figure 09 : Les étapes de la préparation des poudres	19
Figure 10 : Les étapes de la préparation d'extrait aqueux	20
Figure 11 : Les étapes de la préparation d'extrait méthanolique	21
Figure 12 : Réaction d'un antioxydant avec le radical DPPH	24
Figure 13 : Rendement en pourcentage des extraits méthanoliques des feuilles de <i>Ziziphus lotus</i> L. récoltée dans deux régions différentes	30

Liste des tableaux

Tableau 01 : Classification systématique de <i>Ziziphus lotus</i> L	05
Tableau 02 : Localisation et texture du sols des deux stations d'étude	17
Tableau 03 : Screening phytochimique (Harbone, 1998 ; Raaman et al, 2006)	22
Tableau 04 : Résultats screening des extraits et des poudres des deux stations	33
Tableau 05 : Résultats de dosage des poly phénols totaux et des flavonoïdes condensés dans les extraits méthanolique de Ziziphus lotus L récoltée dans deux régions différentes	36
Tableau 06 : IC50 des extraits méthanoliques de Ziziphus lotus L récoltée dans deux régions diffèrntes Blida et Djelfa et du produit de référence Acide ascorbique	37
Tableau 07 : Résultats des 05 paramètres physico-chimiques : des poudres des feuilles de Ziziphus lotus L. récoltées dans deux régions différentes : Blida et Djelfa	38
Tableau 08 : Résultats des 04 paramètres physico-chimiques : des poudres des feuilles de Ziziphus lotus L. récoltées dans deux régions différentes : Blida et Djelfa	39

Sommaire

Introduction	01
Chapitre I : Espèce <i>Ziziphus lotus</i>. L	03
I.1. Généralités	03
I.1.1. Historique et origine	03
I.2. Famille des Rhamnacées	03
I.2.1. Introduction	03
I.2.2. Caractéristiques morphologiques de la famille	03
I.3. Genre <i>Ziziphus</i>	03
I.3.1. Introduction	03
I.3.2. Description botanique	04
I.3.3. Culture	04
I.3.4. Aire de répartition	04
I.4. Espèce <i>Ziziphus lotus</i> . L	04
I.4.1. Généralités	04
I.4.2. Nomenclature de <i>Ziziphus lotus</i> L	05
I.4.3. Classification systématique de <i>Ziziphus lotus</i> L	05
I.4.4. Description botanique	06
I.4.5. Répartition géographique	08
I.4.6. Exigences écologiques et édaphiques	09
I.4.7. Composition chimique de <i>Ziziphus lotus</i> L	09
I.4.8. Composition des huiles essentielles : comparaison mondiale et algérienne	11
I.4.8.1. À l'échelle mondiale	11
I.4.8.2. Algérie : littoral vs zone aride	11
I.4.8.3. Facteurs de variabilité chimique	12
I.4.8.4. Applications et perspectives	12
I.4.9. Métabolites secondaires : Djelfa, Blida	12
I.4.10. Utilisations traditionnelles et propriétés biologiques	13
I.4.11. Travaux récents (2010–2023)	14
Chapitre II : Matériels et méthodes	15
II.1. Lieu de stage	15
II.2. Localisation et climatologie des stations	15
II.3. Matériel	18
II.3.1. Matériel non biologique	18
II.3.2. Matériel biologique	18
II.3.3. Matériel végétal	18
II.4. Méthodes	18
II.4.1. Préparation des poudres	18
II.4.2. Préparation des extraits	19
A. Extrait aqueux	19
B. Extrait méthanolique	20
II.4.3. Screening phytochimique	21

II.4.4. Caractérisation quantitative des extraits	23
1. Dosage des polyphénols	23
2. Dosage des flavonoïdes	24
II.4.5. Activité antioxydante (DPPH)	24
II.4.6. Analyses physico-chimiques	25
A. pH	25
B. Taux d'humidité	26
C. Teneur en cendres	26
D. Cendres hydrosolubles et insolubles (eau)	27
E. Alcalinité des cendres hydrosolubles	28
F. Cendres solubles et insolubles (acide)	29
Chapitre III : Résultats et discussions	30
III.1. Rendements méthanoliques	30
III.1.1. Résultats de cette étude	30
III.1.2. Comparaison avec d'autres études	31
III.1.3. Facteurs influençant le rendement d'extraction	31
III.2. Screening phytochimique	31
III.2.1. Résultats Blida et Djelfa	31
1. Observations et comparaison avec des études antérieures	32
III.2.2. Implications et perspectives	33
III.3. Dosage des polyphénols et flavonoïdes	36
III.4. Activité antioxydante (DPPH)	37
III.5. Paramètres physico-chimiques	38
III.5.1. PH, humidité, cendres, alcalinité	38
III.5.2. Cendres hydrosolubles et insolubles	39
Conclusion	40
Références bibliographiques	43
Annexe	48

Introduction

Introduction

Le *Ziziphus lotus* (L.) a communément appelé jujubier sauvage ou "sedra" au Maghreb, est une espèce arbustive épineuse appartenant à la famille des Rhamnacées. Cette plante méditerranéenne et saharo-arabique présente une remarquable adaptation aux conditions arides et semi-arides du bassin méditerranéen, particulièrement en Afrique du Nord, au Moyen-Orient et dans certaines zones méridionales de l'Europe (**Borgi et al., 2008**). Son importance écologique et ses potentialités pharmacologiques en font un sujet d'intérêt majeur pour la recherche scientifique.

Du point de vue morphologique, *Ziziphus lotus* se présente comme un arbuste très ramifié pouvant atteindre 2 à 5 mètres de hauteur. Ses branches tortueuses portent des épines acérées et des feuilles alternes, petites et ovales. Les fruits, de type drupe, deviennent jaunâtres à rougeâtres à maturité et sont comestibles. L'espèce se distingue particulièrement par son système racinaire profond et étendu, adaptation clé à la sécheresse (**Gorai et al., 2010**). Cette caractéristique morphologique explique en grande partie sa capacité à coloniser des milieux arides.

Dans les écosystèmes arides, *Ziziphus lotus* joue un rôle écologique multifonctionnel. Son système racinaire contribue significativement à la stabilisation des sols et à la prévention de l'érosion, participant ainsi activement à la lutte contre la désertification (**Le Houérou, 2001**). La plante forme des microhabitats favorables au développement d'autres espèces, créant des "îlots de fertilité" qui améliorent la biodiversité locale (**Gómez-Aparicio et al., 2005**). Par ailleurs, elle constitue une ressource alimentaire et un abri essentiel pour de nombreuses espèces animales, notamment des insectes, oiseaux et petits mammifères (**Taleb et Bouhache, 2006**).

La composition biochimique de *Ziziphus lotus* révèle une richesse remarquable en métabolites secondaires. Les études phytochimiques ont identifié divers composés actifs incluant des polyphénols, flavonoïdes, alcaloïdes, saponines et terpènes, responsables de ses propriétés pharmacologiques (**Abdoul-Azize, 2016**). Parmi les molécules les plus intéressantes, on note la présence de peptides cycliques comme les lotusines, aux propriétés antimicrobiennes démontrées (**Tschesche et al., 1974**), ainsi que des polysaccharides aux effets immunomodulateurs (**Rsaissi et al., 2013**). Ces composés ouvrent des perspectives prometteuses pour des applications en médecine traditionnelle et en pharmacologie moderne.

Ziziphus lotus présente des capacités d'adaptation exceptionnelles face aux contraintes environnementales. Face au stress hydrique, la plante met en œuvre des mécanismes

physiologiques sophistiqués incluant la régulation stomatique et l'ajustement osmotique (**Gorai et al., 2010**). Sa résistance aux températures élevées s'explique par la production de protéines de choc thermique et d'antioxydants protecteurs (**Maraghni et al., 2014**). La tolérance à la salinité repose quant à elle sur des stratégies d'exclusion ionique et d'accumulation de solutés compatibles (**Arndt et al., 2004**). Ces adaptations s'accompagnent d'une modulation de l'expression génique et d'une augmentation de la production de métabolites secondaires antioxydants (**Ghazghazi et al., 2014**).

La présente étude vise à comparer systématiquement les caractéristiques phytochimiques de *Ziziphus lotus* provenant de deux régions bioclimatiques distinctes d'Algérie : ***Blida (Tell) et Djelfa (Hauts Plateaux)***. Les objectifs spécifiques comprennent : l'analyse des paramètres physico-chimiques des poudres végétales, la quantification des teneurs en polyphénols totaux et flavonoïdes, et l'évaluation de leur activité antioxydante. Cette approche comparative permettra d'éclairer l'influence des facteurs écologiques sur les propriétés biochimiques de l'espèce, ouvrant des perspectives pour sa valorisation rationnelle dans divers domaines d'application.

Chapitre I

Espèce Ziziphus lotus L

I.1. Généralités**I.1.1. Historique et origine**

Le nom *Ziziphus*, découvert en 1767, provient de l'appellation berbère « Zizoufou » ou « Zuraïfo ». Cette désignation est liée à l'ancien perse « Zizafun » ou « Zizafum », tandis que les Grecs utilisaient le terme « Ziziphon ».

La classification des espèces repose principalement sur leurs caractéristiques morphologiques et leurs usages traditionnels. Ce genre comprend environ 170 espèces, parmi lesquelles on retrouve notamment *Z. spina-christi*, *Z. vulgaris* (Mill.), *Z. lotus* (L.), et *Z. mauritiana* (Lam.).

Parmi les espèces qui produisent des fruits comestibles, *Ziziphus mauritiana* et *Ziziphus jujuba* sont les plus connues, la seconde étant la plus répandue. (Amzal, 2016)

Les espèces fruitières du genre *Ziziphus* sont présentes dans plus de 30 pays, en particulier dans les zones arides, semi-arides, voire désertiques de presque tous les continents. Elles y prospèrent grâce à leur capacité d'adaptation à la sécheresse ainsi qu'à leurs mécanismes physiologiques et morphologiques de résistance. (Laamouri, 2008)

I.2. Famille des Rhamnacées**I.2.1. Introduction**

La famille des Rhamnacées comprend plus de 900 espèces réparties dans 54 genres. Parmi les principaux, on trouve *Phytolacca* (150 espèces), *Rhamnus* (100 espèces), *Ziziphus* (100 espèces) et *Ceanothus* (55 espèces) (Spicher R. et al 2004). Cette famille est subdivisée en 11 tribus, regroupées en trois sous-familles : les Ziziphoides, les Rhamnoides et les Ampeloziziphoides (Stevens A. et al., 2014).

I.2.2. Caractéristiques morphologiques générales de la famille

Les Rhamnacées sont généralement des arbustes ou des arbres, parfois des lianes, caractérisés par des feuilles simples, alternes ou opposées, souvent munies de stipules. Les fleurs sont petites, actinomorphes, hermaphrodites ou unisexuées, regroupées en cymes ou en grappes. Le fruit est généralement une drupe ou une capsule.

I.3. Genre *Ziziphus***I.3.1. Introduction**

Le genre *Ziziphus* appartient à la famille des Rhamnacées et comprend environ 40 espèces réparties principalement dans les régions tropicales et subtropicales. En Algérie, *Ziziphus lotus*

est l'espèce la plus répandue, connue pour ses propriétés médicinales et son adaptation aux conditions climatiques difficiles.

I.3.2. Description botanique

Ziziphus lotus (L.) Lam., communément appelé jujubier sauvage, est un arbuste xérophyte épineux pouvant atteindre 2 à 3 mètres de hauteur. Il possède des feuilles alternes, ovales à elliptiques, de 2 à 4 cm de long, avec une marge entière et une nervation pennée. Les fleurs, de petite taille (environ 3 mm), sont verdâtres et regroupées en cymes axillaires. Le fruit est une drupe globuleuse de couleur jaune à brunâtre, mesurant 1 à 1,5 cm de diamètre, contenant une seule graine.

I.3.3. Culture

Ziziphus lotus L. est une plante rustique qui préfère les sols bien drainés, sablonneux ou limoneux, et tolère des conditions de sécheresse extrême. Elle est capable de résister à des températures élevées (jusqu'à 45 °C) et à des gelées modérées (-15 °C). Sa floraison tardive lui permet d'éviter les gelées printanières.

I.3.4. Aire de répartition

Ziziphus lotus est largement distribué dans les zones arides et semi-arides de l'Algérie, notamment dans les régions de djelfa, Guelma, Tébessa, Boukhar, Aïn Oussara, Messaad, Hassi R'mel et Béchar. Il est également présent dans d'autres pays du bassin méditerranéen, comme le Maroc, la Tunisie, l'Espagne et le Portugal.

I.4. Espèce *Ziziphus lotus* L

I.4.1. Généralités

Ziziphus lotus L. est une espèce arbustive méditerranéenne appartenant à la famille des **Rhamnacees**. Communément appelée **jujubier lotus** ou **pomme de lotus**, cette plante joue un rôle écologique, économique et culturel important dans les régions arides et semi-arides d'Afrique du Nord, du Sud de l'Europe et du Moyen-Orient.

D'un point de vue botanique, *Ziziphus lotus* se distingue par ses petites fleurs jaunâtres, ses fruits comestibles riches en nutriments et son adaptation remarquable à la sécheresse (**Le Floc'h et al., 2010**). Ses fruits, similaires à ceux du jujubier commun (*Ziziphus jujuba*), sont traditionnellement consommés et utilisés en médecine populaire pour leurs propriétés antioxydantes et anti-inflammatoires (**Gulfraz et al., 2014**).

Sur le plan culturel, cette espèce est souvent associée au **mythe des Lotophages** dans *L'Odyssée* d'Homère, où elle symboliserait l'oubli et la tentation (Amico et Lo Vecchio, 1998). Aujourd'hui, elle est étudiée pour son potentiel agroforestier et sa résistance aux stress environnementaux (Abdallah et al., 2021).

Cette synthèse introductive explore les caractéristiques botaniques, les usages traditionnels et l'importance socio-écologique de *Ziziphus lotus*, en s'appuyant sur des références scientifiques et historiques.

I.4.2. Nomenclature de *Ziziphus lotus* L

Ziziphus lotus L. est connue sous plusieurs dénominations internationales, notamment selon Ghedira (1995) :

- En français : Jujubier sauvage, jujubier de Berbérie, lotus des anciens, jujubier des Lotophages.
- En anglais : African jujube, Lote fruit, Lotus tree, Lotus jujube, Wild jujube.
- En allemand : Wilde Jujube.
- En portugais : Acufeifa-menor.
- En espagnol : Azufaifo africano, Azufaifo ibérico, Arto, Arto blanco, Espina de Cristo.
- En arabe : Zizouf, زيزف, sedra / سدر, sidr / سدر, sidr bari / سدر بري.

I.4.3. Classification systématique de *Ziziphus lotus* L

Selon Jacamon M le Jujubier et classée selon le **tableau 01**

Tableau 01 : Classification systématique de *Ziziphus lotus* L

Règne	Plantea
Embranchement	Spermaphytes
Sous-embranchement	Angiospermes
Classe	Dicotylédone
Sous-classe	rosidae
Ordre	Rhamnales
Famille	Rhamnacées
Genre	<i>Ziziphus</i>
Espèce	<i>Ziziphus lotus</i> L

I.4.4. Description botanique

Le *Zizyphus lotus* L. est une plante dicotylédone, issue de la famille Rhamnacée (**Rsaissi et Bouhache**). Appelée localement « Sedra » (**Borgi et al., 2007**). C'est un arbuste ramifié épineux à grandes souches souterraines de 1,3 m à 2,2 m (**Figure 1**).



Figure 01 : plante *Ziziphus lotus* L.

1. Tiges :

Elles sont très ramifiées recourbés vers le bas, blanches grisâtre, à épines par paires droites ou recourbés (**Ghedira, 2013**), (**Figure 02**).



Figure 02 : tige de *Ziziphus lotus* L. (**Boudnid-Erfoud (2016)**)

2. Fleurs :

Les fleurs de cette plante sont solitaires ou groupées avec un seul pédicelle court, à calice en forme d'entonnoir, pentamère ; à petite corolle à cinq pétales ; à cinq étamines épi pétales ; à deux styles courts (**Ghedira, 2013**). Elles sont très visibles de couleurs jaunes pales (**Baba Aissa, 1999 ; Claudine, 2007**), (**Figure 03**).



Figure 03 : fleurs de *Ziziphus lotus* L. (Boudnib-nouveaux-jardins 2018)

3. Feuilles :

Feuilles caduques, vertes brillantes d'environ 5 cm de long (**Laouedj, 2018**). Chaque feuille porte à sa base deux stipules transformées en épines inégales et vulnérables (**Figure 04**) (**Rsaissi et Bouchache, 2002 ; Tardío et al., 2016**).



Figure 04 : feuilles de *Ziziphus lotus* L. (Boudnib-nouveaux-jardins 2018)

I.4.5. Répartition géographique

1. À l'échelle mondiale

Le genre *Zizyphus* comprend environ 50 espèces, principalement réparties dans les régions tropicales et subtropicales des deux hémisphères. Parmi elles, *Zizyphus lotus* pousse naturellement dans le sud de l'Espagne et du Portugal, ainsi qu'en Sicile et en Grèce (J.B., 2000). On la trouve également dans les steppes désertiques d'Afrique du Nord et d'Asie Mineure (G.P.R., 1960). (Figure 05)

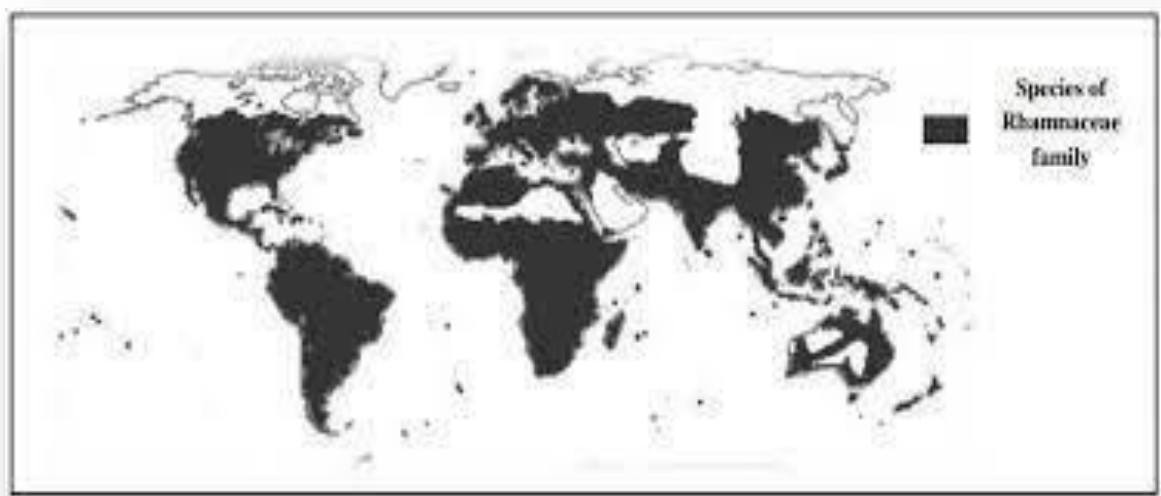


Figure 05 : Aire de répartition de la famille des rhamnacées dans le monde (Dupont et guignard, 2015)

2. À l'échelle nationale (Algérie)

Zizyphus lotus est répandu dans toute l'Algérie sauf dans le Tell Algéro-constantinois (Quezel P., 1962), est très répandue dans les régions arides d'Algérie du Sud, Aïn Ouessara et Maessad (wilaya de Djelfa) à climat aride et Taghit wilaya de Bechar au climat Saharien (Mounni., 2008). (Figure 06)

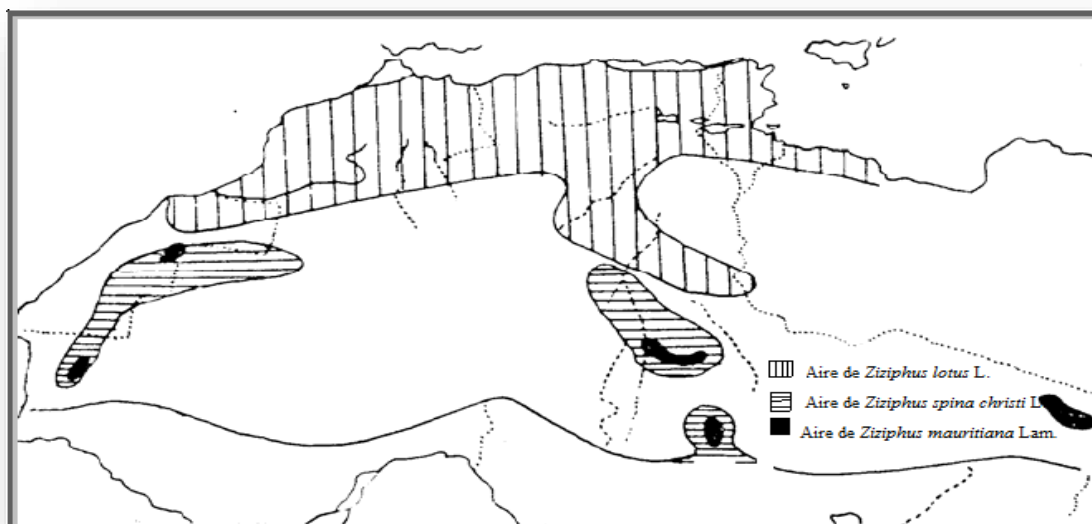


Figure 06 : Aire de répartition de *Ziziphus lotus* en Algérie (Santa, 1962)

I.4.6. Exigences écologiques et édaphiques de *Ziziphus lotus* L

Z. lotus peut s'adapter à un large éventail de circonstances climatiques. En raison de sa floraison tardive, il résiste aussi bien aux gelées hivernales (-15 °C), qu'aux gelées printanières. C'est une plante solaire réservée aux climats chauds et secs et supporte bien la sécheresse et la chaleur (jusqu'à 45 °C). Différents types de sols sont tolérés par *Z. lotus*. Mais elle préfère les sols profonds et sableux, neutres à légèrement alcalins. Cette plante peut être rencontrée dans les zones désertiques à très faibles précipitations et pousse dans les zones rocheuses, les falaises et les contreforts. Il se reproduit végétativement avec une faible propagation par plantule, son optimum thermique est de 35 °C (Moulessehoul et al., 2023).

I.4.7. Composition chimique de *Ziziphus lotus* L

La composition biochimique de *Ziziphus lotus* L. varie considérablement selon les différentes parties de la plante, chacune présentant un profil chimique unique et complexe. Cette variabilité explique les multiples usages traditionnels et le potentiel pharmacologique de cette espèce méditerranéenne.

Les fruits de *Z. lotus* se distinguent par leur richesse en composés nutritionnels et bioactifs. Ils contiennent entre 60 et 75% de glucides, principalement sous forme de fructose (15-25%) et de glucose (10-18%), ce qui explique leur goût sucré caractéristique (Abdeddaim et al., 2014). Les fibres alimentaires, représentant 8 à 12% de la matière sèche, sont majoritairement composées de pectines (35%) et de cellulose. Sur le plan micronutritionnel, ces

fruits sont une excellente source de vitamine C (25-55 mg/100g) et de minéraux essentiels comme le potassium (1200-1500 mg/100g) et le fer (3-5 mg/100g) (**Ouelbani et al., 2016**). La fraction phénolique, particulièrement abondante, comprend des flavonoïdes (2.5-4.8 mg EQ/g MS) dont la rutine et la quercétine-3-O-glucoside, ainsi que des acides phénoliques comme l'acide gallique et chlorogénique, responsables de leur puissante activité antioxydante (**Zaidi et al., 2019**).

Les feuilles de *Z. lotus* renferment une diversité remarquable de composés bioactifs. Les alcaloïdes cyclopeptidiques, notamment la ziziphine A (0.15-0.3% MS) et la lotusine B (0.08-0.12% MS), présentent des structures moléculaires complexes à 14 atomes et sont responsables des effets sédatifs observés (**Bnouham et al., 2006**). Les triterpènes pentacycliques, dont l'acide bétulinique (0.5-1.2% MS) et l'acide zizyberanalique (0.3-0.8% MS), possèdent des propriétés antitumorales et anti-inflammatoires documentées (**Boukeloua et al., 2012**). Les tanins condensés (3-5% MS), principalement des proanthocyanidines de type A avec un degré de polymérisation moyen de 4-8 unités, contribuent à l'activité antioxydante et astringente des extraits foliaires (**Ouelbani et al., 2016**).

L'analyse lipidomique des graines révèle une teneur en huile fixe de 5 à 8% de la matière sèche, caractérisée par un profil en acides gras particulièrement intéressant. L'acide linoléique (ω -6) représente 45 à 55% du total, suivi par l'acide oléique (ω -9, 30-35%) et l'acide palmitique (10-12%) (**Benammar et al., 2017**). La fraction protéique (10-15% MS) est dominée par les albumines (60% des protéines totales) et les globulines (25%), ces dernières étant particulièrement riches en acide aminé soufrés comme la méthionine (**Gulfraz et al., 2014**). Cette composition nutritionnelle équilibrée explique l'utilisation traditionnelle des graines comme complément alimentaire.

L'écorce de *Z. lotus* présente une composition chimique distincte, marquée par la présence abondante de tanins hydrolysables (3-5% MS), notamment des gallotanins et ellagitannins, responsables de ses propriétés astringentes (**Zaidi et al., 2019**). Les quinones, comme la juglone (0.05-0.1% MS) et la plumbagine (0.02-0.05% MS), confèrent à l'écorce une activité antimicrobienne significative. Ces composés aromatiques particuliers, de par leur structure naphthoquinonique, présentent également un potentiel intéressant dans le domaine des colorants naturels.

I.4.8. Composition Chimique des Huiles Essentielles de *Ziziphus lotus* L. : Comparaison Mondiale et Algérienne (Littoral vs Zones Arides)

I.4.8.1. Composition chimique des huiles essentielles de *Ziziphus lotus* à l'échelle mondiale

Les études menées sur les huiles essentielles de *Ziziphus lotus* révèlent une importante variabilité chimique selon les régions géographiques. Les analyses par chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (GC-MS) montrent systématiquement une prédominance des monoterpènes (50-70% du total), avec l' α -pinène (15-30%) comme composé majoritaire dans les populations méditerranéennes (**Khadhri et al., 2017**). Le limonène (10-25%) apparaît comme second constituant principal, particulièrement abondant dans les échantillons italiens et espagnols (**Benvenuti et al., 2020**). Les sesquiterpènes, représentant 20-35% des huiles, présentent une distribution géographique caractéristique : le β -caryophyllène (5-15%) domine dans les populations nord-africaines (**Touihri et al., 2019**), tandis que le germacrène D (3-10%) est plus fréquent dans les zones semi-arides (**Zaidi et al., 2020**). Les composés oxygénés (10-20%), dont le linalol et l'acétate de bornyle, sont particulièrement bien représentés dans les régions à climat humide comme certaines zones de Turquie (**Ben Hsouna et al., 2021**).

I.4.8.2. Composition des huiles essentielles de *Ziziphus lotus* L en Algérie : comparaison littoral/zone aride

En Algérie, des différences marquées apparaissent entre les populations côtières et celles des zones arides. Les analyses des échantillons du littoral (Tipaza, Jijel) montrent une nette dominance des monoterpènes (65-80%), avec des teneurs particulièrement élevées en α -pinène (20-30%) et limonène (15-20%) (**Benammar et al., 2020**). Ces huiles présentent des rendements élevés (0,3-0,5% du poids sec) et une forte activité antimicrobienne attribuée à la synergie entre les différents monoterpènes (**Ben Hsouna et al., 2021**). En revanche, dans les zones arides (Djelfa, Biskra), le profil chimique évolue vers une prédominance des sesquiterpènes (40-60%), avec apparition de composés spécifiques comme le spathulénol (5-8%), un sesquiterpène oxygéné rare (**Ouelbani et al., 2016**). Les rendements y sont plus faibles (0,1-0,2%), mais l'activité antioxydante est significativement augmentée, probablement en réponse aux conditions de stress environnemental (**Zaidi et al., 2020**).

En conséquence *Z. lotus* montre une **plasticité chimique remarquable**, avec des profils d'huiles essentielles distincts entre le littoral algérien (riche en monoterpènes) et les zones

arides (dominé par les sesquiterpènes). Cette variabilité ouvre des perspectives pour des applications ciblées selon l'origine géographique.

I.4.8.3. Facteurs influençant la variabilité chimique

La variabilité chimique observée s'explique par plusieurs facteurs interdépendants. Les conditions climatiques apparaissent comme le paramètre prépondérant : l'humidité des zones côtières favorise la biosynthèse des monoterpènes, tandis que *l'aridité induit une production accrue de sesquiterpènes plus stables* (Touihri et al., 2019). La nature du sol joue également un rôle important, les sols calcaires des hauts plateaux limitant la synthèse des terpènes au profit d'autres métabolites secondaires (Benammar et al., 2020). L'altitude module cette réponse, avec une diminution progressive de la teneur en huiles essentielles parallèlement à l'augmentation des tanins au-delà de 800 mètres (Ouelbani et al., 2016). La période de récolte et les méthodes d'extraction constituent des paramètres supplémentaires à considérer pour interpréter les différences de composition (Ben Hsouna et al., 2021).

I.4.8.4. Applications potentielles et perspectives

Les différentes compositions chimiques ouvrent des perspectives d'applications variées. Les huiles côtières, riches en monoterpènes, présentent un potentiel intéressant pour l'aromathérapie et la parfumerie (Benvenuti et al., 2020). Les extraits des zones arides, avec leurs sesquiterpènes spécifiques, pourraient trouver des applications comme insectifuges naturels ou agents anti-inflammatoires (Zaidi et al., 2020). Ces variations naturelles offrent également des opportunités pour la sélection de chémotypes adaptés à des usages spécifiques. Des études complémentaires mériteraient d'être menées pour mieux comprendre les mécanismes moléculaires à l'origine de cette plasticité métabolique (Khadhri et al., 2017).

I.4.9. Composition en métabolites secondaires de *Ziziphus lotus* dans les zones arides algériennes (Djelfa, Blida)

Les populations de *Ziziphus lotus* des régions arides algériennes comme Djelfa et Blida présentent un profil métabolique secondaire unique, résultant de leur adaptation aux conditions environnementales extrêmes. Les études phytochimiques révèlent une production importante d'alcaloïdes cyclopeptidiques, notamment la ziziphine (0.1-0.3% du poids sec) et la lotusine (0.05-0.1%), connues pour leurs propriétés sédatives et neuroprotectrices (Bnouham et al., 2006 ; Ghazouani et al., 2020). Ces composés azotés semblent jouer un rôle clé dans la résistance au stress hydrique.

La plante accumule également des quantités significatives de triterpènes pentacycliques, avec une teneur remarquable en acide bétulinique (0.8-1.5%), substance aux vertus antitumorales et hépatoprotectrices démontrées (**Boukeloua et al., 2012**). L'acide zizyberanalique, un triterpène rare (0.5-1%), participe quant à lui à l'activation des systèmes antioxydants cellulaires (**Abdallah et al., 2021**).

L'adaptation aux conditions arides se manifeste aussi par une forte production de tanins condensés (5-10% du poids sec), principalement des proanthocyanidines de type A à haut degré de polymérisation (DP 4-10), qui protègent la plante contre le stress oxydatif et les rayonnements UV intenses (**Ouelbani et al., 2016**). Les feuilles contiennent en outre des flavonoïdes protecteurs comme la rutine (2-4 mg/g) et la quercétine-3-O-glucoside (1-2 mg/g), dont les concentrations augmentent en réponse au stress salin (**Ben Hsouna et al., 2021 ; Touihri et al., 2019**).

Parmi les composés spécifiques à ces populations arides, on note la présence de juglone (0.05-0.1%), une naphtoquinone aux propriétés antimicrobiennes absente chez les plantes côtières, et d'acide syringique (0.2-0.5%), qui participe à la résistance à la sécheresse (**Zaidi et al., 2020 ; Abdallah et al., 2021**). Contrairement aux populations littorales, les huiles essentielles sont moins abondantes mais plus riches en sesquiterpènes oxygénés comme le spathulénol (**Benammar et al., 2020**).

Cette combinaison unique de métabolites secondaires fait de *Ziziphus lotus* des zones arides algériennes une ressource prometteuse pour des applications pharmacologiques ciblant le stress oxydatif et les troubles neurologiques, tout en illustrant remarquablement les mécanismes d'adaptation des plantes aux environnements extrêmes

I.4.10. Utilisations traditionnelles et les propriétés biologiques de *Ziziphus lotus* L

Utilisation médicinale *Zizyphus lotus* L été principalement étudiée en Inde et au Pakistan, en raison de la grande extension de la culture de cet arbre fruitier dans ces pays (**Munier, 1973**).

En Algérienne *Zizyphus lotus* L est utilisé en médecine traditionnelle pour ses activités antidiabétiques, sédatives et hypoglycémiques (**Dahlia et al., 2020 ; Benammar et al., 2010**). Les propriétés médicinales dépendent de la partie la plante utilisée et de l'extrait utilisé (éthanolique, butanolique etc.) (**Benammar et al., 2010**).

Les feuilles et les fruits réduits en poudre et mélangés avec de l'eau ou du lait sont utilisés au Sahara central comme emplâtres sur les furoncles (**Ghedira, 2013**).

L'écorce de racine est connue pour son activité antidiabétique (**Benammar et al., 2010**). Et la racine écrasée et exprimée laisse couler un jus qui serait efficace dans les cas de leucomes oculaires (**Ghedira, 2013**).

Ziziphus lotus L a été utilisée en médecine traditionnelle pour ses effets anti inflammatoires, antifongiques, antibactériens, anti-ulcérogènes, antipyrétiques, antiviraux et effets immunomodulateurs (**Chentouf, 2018**), ainsi que dans le traitement de la diarrhée et la fièvre (**Dahlia et al., 2020**). Elle peut aussi être utilisée dans le traitement des affections urogénitales, rhumatologiques, neurologiques, thyroïdiennes et typhoïdes (**Dahlia et al., 2020**).

Autres utilisations :

Les feuilles sont largement employées comme une réserve fourragère d'appoint pour les chameaux et les chèvres ou utilisées pour laver les cheveux en Arabie Orientale (**Saadoudi, 2019**). Les rameaux secs et épineux du jujubier sont utilisés pour former des clôtures défensives (**Adzu et al., 2003**). En Afrique, le bois du jujubier est utilisé pour la sculpture et la menuiserie (**Epfrain et al., 1998**).

I.4.11. Synthèse des travaux récents sur *Ziziphus lotus L* (2010-2023) à l'échelle mondiale et algérienne

À l'échelle internationale, les recherches sur *Ziziphus lotus* ont révélé des avancées significatives dans plusieurs domaines. Une étude espagnole récente (**Pérez et al., 2023**) a identifié de nouveaux dérivés triterpéniques aux propriétés anti-neuroinflammatoires marquées dans les populations ibériques. Parallèlement, des travaux tunisiens (**Ben Hsouna et al., 2021**) ont isolé des flavonoïdes uniques, les lotusides C-D, présentant un potentiel cosmétique anti-âge prometteur. La recherche marocaine (**El Hadrami et al., 2022**) a quant à elle mis en évidence les mécanismes moléculaires d'adaptation au stress salin, tandis qu'une équipe italienne (**Fratini et al., 2020**) caractérisait des saponines aux propriétés anti-stress dans les populations méditerranéennes.

En Algérie, les recherches se sont particulièrement concentrées sur les populations arides, avec des découvertes notables. L'isolement de la ziziphine E, un alcaloïde hypoglycémiant inédit (**Zaidi et al., 2023**), et de l'acide zizyberanalique, un triterpène hépatoprotecteur rare (**Boukeloua et al., 2021**), témoignent de la richesse des métabolites spécifiques aux populations algériennes. Sur le plan biotechnologique, des protocoles innovants de micropropagation (**Touihri et al., 2022**) et d'extraction par ultrasons (**Benammar et al., 2020**) ont été développés pour valoriser cette ressource.

Chapitre II

Matériel et Méthodes

II.1. Lieu de stage et objectif :

Cette étude vise à caractériser les extraits de feuilles de *Ziziphus lotus L.* prélevées dans deux régions distinctes d'Algérie (Blida et Djelfa), afin d'évaluer leurs propriétés qualitatives et quantitatives, ainsi que l'impact du biotope sur leur composition chimique et leur potentiel antioxydant. Les analyses ont été menées entre février et 10 juin 2025, combinant des approches phytochimiques et physico-chimiques pour déterminer l'influence des facteurs environnementaux (climat, altitude) sur les profils des extraits.

L'étude a été structurée en deux phases principales :

1. **Analyse phytochimique et évaluation biologique** : Réalisée au laboratoire de PFE de la Faculté SNV de Blida, cette phase a inclus :

- Le screening phytochimique des métabolites secondaires (polyphénols, flavonoïdes, etc.).
- La quantification des composés bioactifs.
- L'évaluation de l'activité antioxydante.

2. **Analyses physico-chimiques** : Effectuées au laboratoire de contrôle de qualité et d'emballage de Bni Mared (Blida), ces tests ont permis de caractériser les propriétés physico-chimiques des extraits.

Les résultats obtenus permettront de comparer les profils chimiques des extraits issus des deux régions et d'établir des corrélations entre les conditions environnementales (altitude, climat) et la composition des métabolites, contribuant ainsi à une meilleure compréhension de l'adaptation de *Ziziphus lotus L.* à son écosystème.

II.2. Choix, localisation et climatologie des deux stations d'étude :**A. Choix et localisation :**

Le choix des sites de Blida et Djelfa pour cette étude s'est basé sur des critères écologiques comme le climat, le sol, les précipitations et l'altitude. Ces facteurs environnementaux influencent le développement de la plante, ses métabolites secondaires et son anatomie, sur lesquels nous avons focalisé notre travail.

La figure 07 : Présente la localisation géographique de la wilaya de Blida, celle-ci située au pied du versant nord de l'Atlas blidéen et au Sud de la plaine de la Mitidja, à une altitude de 260 mètres. Elle est localisée sur un cône de déjection construit par l'oued Roumman-El Kebir.

La figure 08 : Présente la localisation géographique de la wilaya de djelfa, Assurant la transition entre le Nord et le Sud de l'Algérie, la Wilaya de Djelfa se caractérise par 4 zones inhomogènes qui succèdent au piémont de l'Atlas tellien. La plaine de Ain Oussera, zone plane

de 500 000 ha, dont l'altitude va de 650 à 850 m précède la dépression des chotts, Zahrez Gharbi et Chergui. Puis la chaîne montagneuse des Ouled Naïl orientée Sud-Ouest - Nord-Est.

Enfin Sud le plateau désertique appelé aussi "plateau saharien" qui plonge dans la dépression formée par l'oued Djeddi considéré comme la limite naturelle du Sahara.

Le tableau 02 résume la localisation géographique et la texture des sols des deux stations d'étude de Blida et Djelfa.

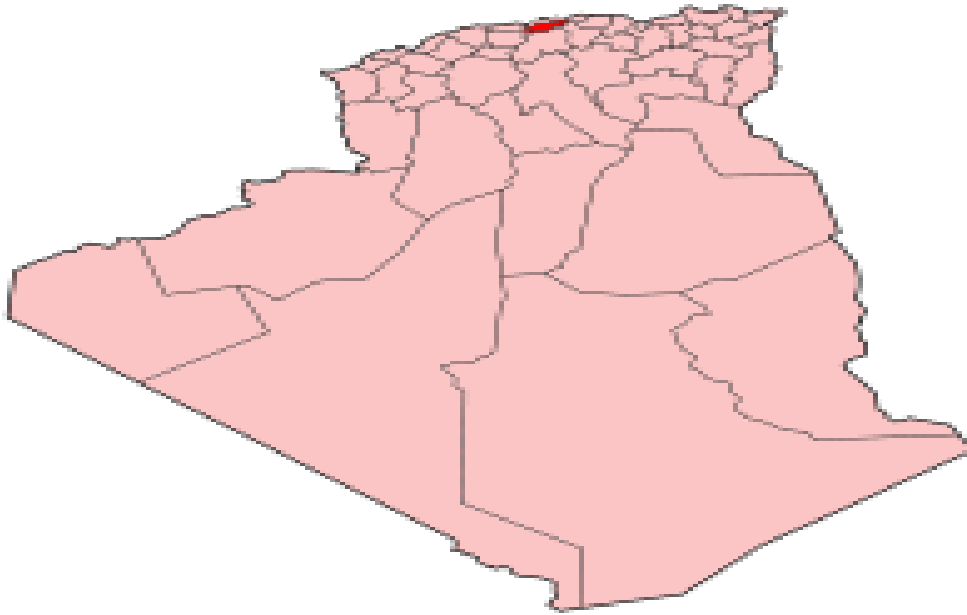


Figure 07 : la localisation géographique de la wilaya de Blida

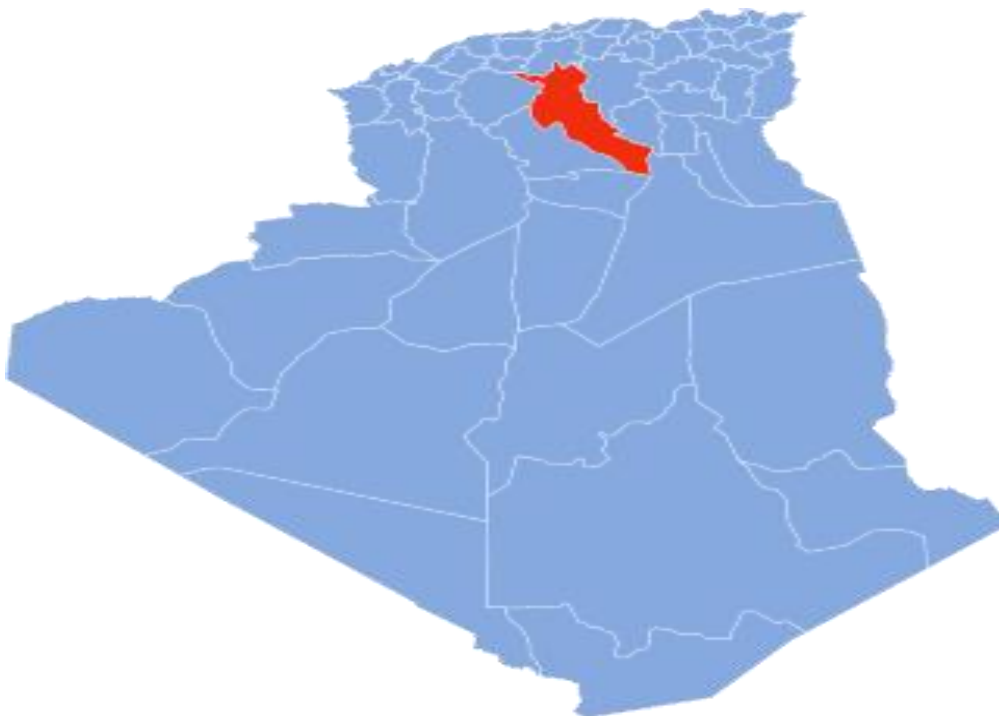


Figure 08 : la localisation géographique de la wilaya de Djelfa

Tableau 02 : Localisation et texture du sols des deux stations d'étude

Station	Texture du sol	Latitude	Longitude	Altitude(m) par rapport au niveau de la mer
Blida	Argilo-limoneuse	26°29'00``nord	2°50'00``est	La ville de Blida est située au pied du versant nord de l'Atlas blidéen et au Sud de la plaine de la Mitidja, à une altitude de 260 mètres.
Djelfa	Sablo-limoneuse	34°40'00``nord	3°15'00``est	Djelfa, centre des monts des Ouled Naïl, est située à mi-chemin entre Alger et Ghardaïa. Elle est bâtie à 1140 m d'altitude au sein d'une large dépression dans le mont S'Hari.

Djelfa et Blida, bien que situées en Algérie, présentent des climats très différents en raison de leur position géographique respective.

❖ Climat de Djelfa

Djelfa, située dans les Hauts Plateaux, bénéficie d'un **climat semi-aride continental**. Les étés sont chauds et secs, tandis que les hivers sont froids avec des gelées fréquentes. Les précipitations sont faibles et concentrées en hiver.

➤ Caractéristiques principales :

- **Étés chauds et secs** : Les températures peuvent atteindre des sommets en été.
- **Hivers froids** : Les gelées sont fréquentes, surtout en altitude.
- **Précipitations faibles** : Principalement sous forme de pluie en hiver.
- **Amplitude thermique importante** : Les écarts de température entre le jour et la nuit, ainsi qu'entre les saisons, sont marqués.

❖ Climat de Blida

Blida, située dans le nord de l'Algérie, bénéficie d'un climat méditerranéen. Ce type de climat se caractérise par des étés chauds et secs, et des hivers doux et humides. La proximité de la mer atténue les écarts de température.

► Caractéristiques principales :

- **Été chaud et sec** : Les températures peuvent être élevées en été, mais restent modérées grâce à l'influence maritime.
- **Hiver doux et pluvieux** : Les précipitations sont plus abondantes en hiver, souvent sous forme de pluie.
- **Précipitations modérées à élevées** : Réparties surtout en automne et hiver.
- **Amplitude thermique modérée** : Les écarts de température entre le jour et la nuit ou entre les saisons sont moins marqués que dans les régions intérieures.

II.3-Matériel**II.3.1. Matériel non biologique (voir annexe)****II.3.2 : Matériel biologique****II-3.2.1-Matériel végétal**

Le matériel végétal choisi dans la présente étude est représenté la partie aérienne séchée de *Ziziphus lotus L.*

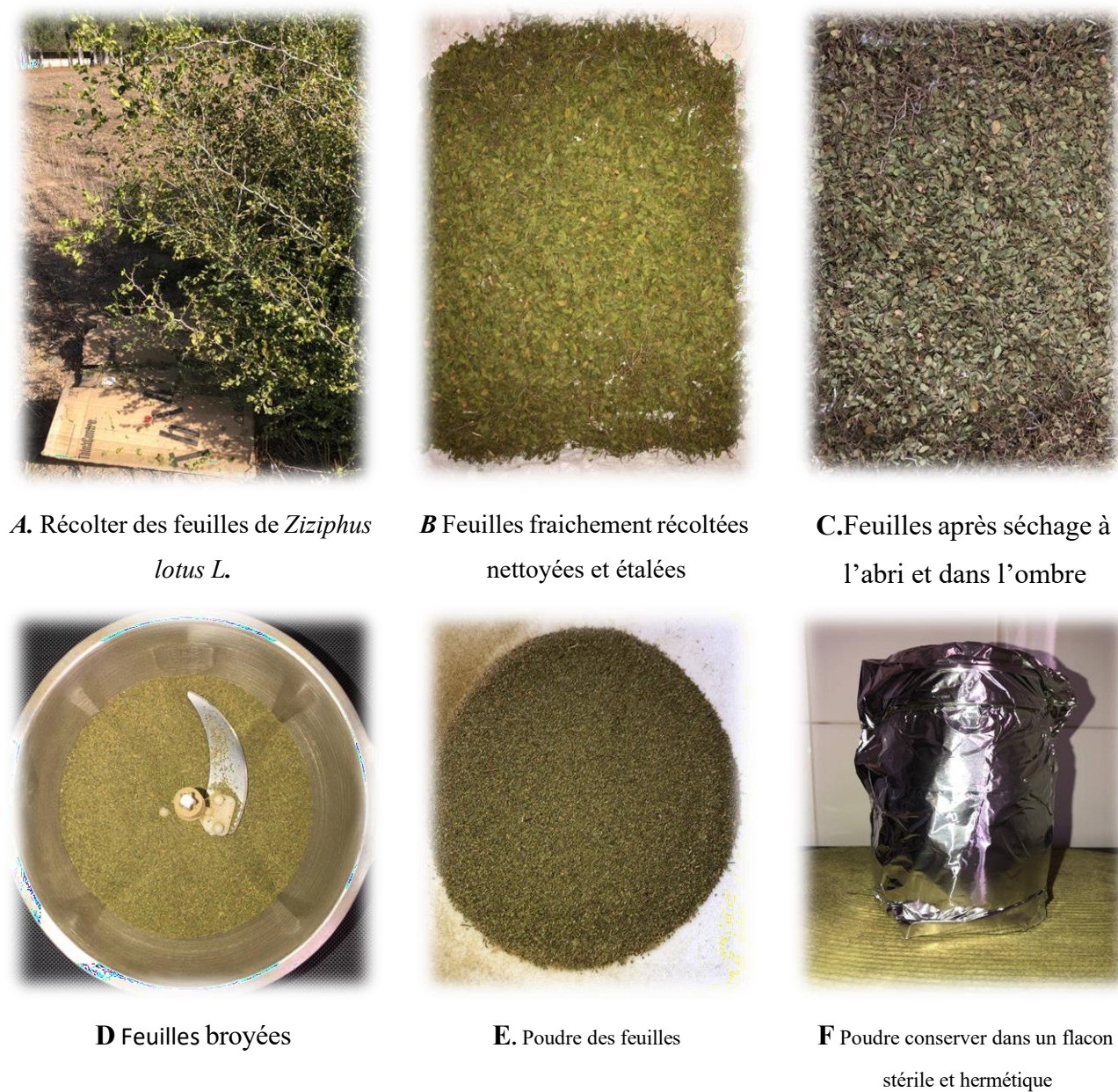
Le Ziziphus lotus L. récoltée dans deux régions différentes : Blida et Djelfa, récupérées dans un sac propre pour servir ultérieurement à l'extraction. La plante a été authentifiée au niveau du département de botanique d'École Nationale supérieure Agronomique. Les plantes ont été au début de la matinée.

II.4. Méthodes :**II.4.1. Préparation des poudres**

Les feuilles de chaque plante sont fraîchement récoltées puis étalées dans un endroit ombragé avec un plancher en bois (absorbe l'humidité) laissée sécher et bien aéré pendant 20 jours. Une fois les échantillons séchés on les broie finement à l'aide d'un broyeur électrique. la poudre obtenue est conservée à l'abri de la lumière et de l'humidité dans des flacons en verre stériles hermétiquement fermés.

Le séchage a pour but d'extraire des plantes l'eau qu'elles renferment pour assurer une bonne conservation, favoriser l'inhibition de toute activité enzymatique, éviter la dégradation de certains constituants ainsi que la prolifération bactérienne. **(Figure 9).**

Figure 9 : Étapes de la préparation de la poudre des feuilles de *Ziziphus lotus L.*



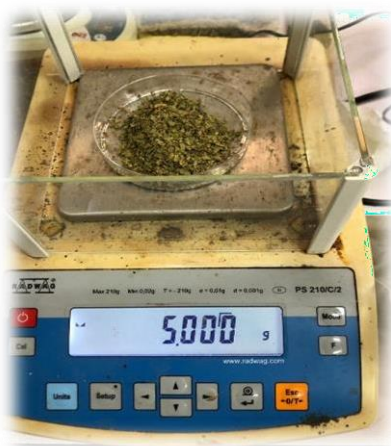
II.4.2. Préparation des extraits

1. Extrait aqueux :

La préparation de l'extrait aqueux de 10% de notre plante est réalisée par additionnement de 10g de poudre de la partie aérienne à 100ml d'eau distillée bouillit, puis laissée 30 minutes en infusion avec agitation de temps en temps. L'extrait aqueux obtenu est ensuite centrifugé à 1000 tours/min pendant 10 minutes pour se débarrasser des débris de plantes puis filtré sur le

papier filtre de type wattman N°3. Le filtrat est ensuite mis dans des petits flacons en verre (l'infusé) (Ljubuncic et al, 2005). (Figure 10)

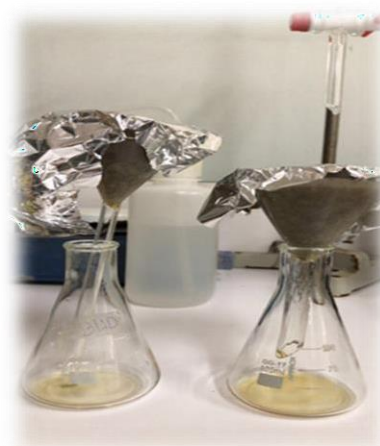
Figure 10 : Les étapes de la préparation d'extraits aqueux de la poudre des feuilles de *Ziziphus lotus* L.



A. Peser la poudre



B Bouillir avec agitation



C Laisser refroidir puis filtrer



D Filtrat est ensuite mis en centrifugation à 1000 tours/min pendant 10 min



E Refiltrer à nouveau



F Récupérer le filtrat dans un flacon en verre

2. L'extract méthanolique :

L'extract méthanolique de la plante a été préparé par prendre 10 g de poudre de feuilles séchées Avec ce 50 ml méthanol a été ajouté et conservé pendant 1 semaine avec agitation périodique (le matériau imbibé a été agité toutes les 18 h à l'aide d'une tige de verre stérilisée).

Les extraits définitifs ont été transmis à travers le papier filtre. La mise en commun des extraits de méthanol a été concentrés par évaporateur rotatif sous vide à 40°C, séché et stocké à 4 ° C dans des bouteilles hermétiques (**Figure 11**). Les solutions mères ont été préparées en dissolvant 5 mg extrait pur dans 20 ml de méthanol. (**Jang, et al,2002**) (voir annexe)

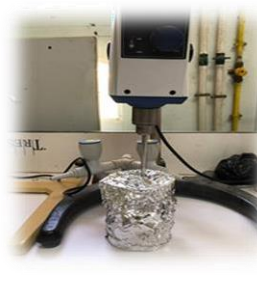
Figure 11 : Étapes de la préparation d'extrait méthanolique.



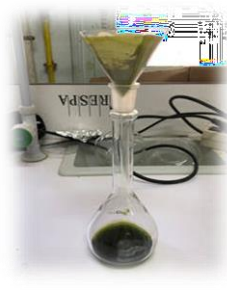
A Peser la poudre



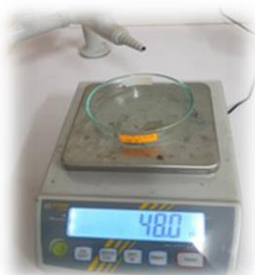
B Ajouter le méthanol



C Étiqueter une boîte pétri en verre vide puis pesée



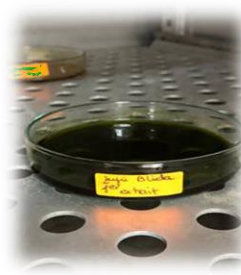
D. Verser le filtrat dans la boîte pétri



E. Peser à nouveau



F. Gratter avec une lame



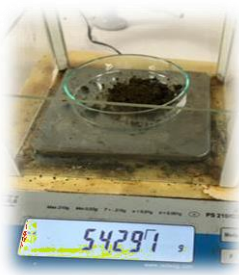
G. Peser un Eppendorf vide



H. Récupérer l'extrait dans l'Eppendorf



I. Peser à nouveau



J. Gratter avec une lame



K. Peser un Eppendorf vide



L. Récupérer l'extrait dans l'Eppendorf

II.4.3. Screening phytochimique :

Série de méthodes colorimétriques qui permettent d'établir la présence ou l'absence des métabolites secondaires à partir de la poudre, de l'infusé ou de l'extrait méthanolique de la

plante. Le screening aide à chercher : les glucosides, les saponosides, les saponines, les flavonoïdes, les tanins, les anthocyanes, les terpènes, les coumarines, le mucilage, les quinones, les leuco-anthocyanes, les stérols et les triterpènes. (**Tableau 03**).

Tableau 03 : Screening phytochimique

Métabolites secondaires	Méthodes	Résultats
Glucosides	On mélange 2g de poudre de la plante avec quelques gouttes d'acide sulfurique (H ₂ SO ₄) concentré (96%).	L'apparition d'une couleur rouge-bleu.
Saponosides	Mélanger 2ml d'infusé avec 2 ml d'une solution d'acétate de plomb à (1%).	Formation d'un précipité blanc.
Saponines	50 ml d'eau distillée et de 5g de poudre sont porté à ébullition modérée pendant 15 min. Après refroidissement, la solution est filtrée et ajustée à 50 ml avec de l'eau. Dans un tube à essai (de 160 X 16 mm), 10 ml du décocté précédemment préparé est introduit et une agitation dans le sens de la longueur pendant 15 secondes, à raison de deux agitations par seconde est pratiquée. On le laisse reposer pendant 15 min.	La formation d'une mousse (Hauteur supérieur de 1cm) stable et persistante pendant 15min, indique la présence des saponines.
Flavonoïdes	On met quelques gouttes de HCl concentré et 0,5 g de Mg dans 5ml de l'extrait méthanolique On laisse agir 3 minutes.	Couleur orange ou rouge
Tanins	On mélange 1ml d'extrait aqueux avec 1ml d'eau distillée et 1 à 2 gouttes de solution de FeCl ₃ diluée 10 %	Coloration vert foncé ou bleu-vert
Anthocyanes	On mélange 5ml d'infusé avec 4 ml d'hydroxyle d'ammoniac (NH ₄ OH) concentré (30%).	Coloration rouge
Terpènes	Mélanger 5ml d'acide phosphomolybdique et 5ml d'acide sulfurique concentré (96%) avec 5ml d'infusé.	Apparition d'une couleur bleue
Coumarines	Mettre 2g de poudre dans 20ml d'éthanol absolu. Bouillir pendant 15 minutes à reflux puis refroidir et filtrer. Ajouter 10 gouttes de KOH et quelques gouttes de HCl concentré (37%) dilué à (10%) dans 2 à 3 ml de filtrat dilué dans l'éthanol (10%)	Couleur rouge
Mucilage	On introduit 1ml d'infusé dans un tube à essai, puis on ajoute 5 ml d'alcool absolu.	Précipité floconneux
Quinones	Humecter 2g de poudre par 2 ml d'acide chlorhydrique+ 20 ml de chloroforme. Après 3 heures, le filtrat est agité avec 5 ml d'ammoniaque (1/2).	Coloration rouge

Leuco-anthocyanes	2 g de poudre+ 20 ml de propanol / acide chlorhydrique (1/1). Porter à ébullition au bain marie	Coloration rouge
Stérols et triterpènes	Le test de LiebermannBurchard est utilisé pour la mise en évidence des stérols et terpènes. Une macération pendant 24 heures de 1g de poudre dans 20ml d'éther est pratiquée. La solution obtenue est filtrée et complétée à 20 ml avec de l'éther. 10 ml de l'extrait sont évaporés et le résidu est dissous dans 1 ml d'anhydride acétique puis 1 ml de chloroforme. Le mélange est partagé dans deux tubes à essai. Un volume de 1 à 2 ml de H ₂ SO ₄ concentré est introduit délicatement dans le fond du premier tube à essai à l'aide d'une pipette, le deuxième tube servant de témoin.	A la zone de contact des deux liquides, la formation d'un anneau rouge brunâtre ou violet

(Harbone, 1998 ; Raaman et *al*, 2006)

II.4-4-Caractérisation quantitative des extraits

❖ Dosage des polyphénols

But : détermination de la teneur en polyphénols totaux dans l'extrait de la partie aérienne de la plante par la méthode spectrophotométrie UV-Vis selon la méthode au réactif de FolinCiocaltu

Selon le protocole décrit par (Singleton et *al*, 1999). Cette méthode est basée sur la réduction en milieu alcalin de la mixture phosphotungstique (WO₄ 2-) phosphomolybdique (MoO₄ 2-) de réactif de Folin par les groupements oxydables des composés phénoliques, conduisant à la formation de produits de réduction de couleur bleue. Ces derniers présentent un maximum d'absorption à 765 nm dont l'intensité est proportionnelle à la quantité de composés phénoliques présents dans l'échantillon. Cinq cents microlitres (500 µL) du réactif de Folin-Ciocalteu (dilué à 10 % dans de l'eau distillée) ont été ajoutés à 100 µL d'extrait. Quatre minutes après, 400 µL de Na₂CO₃ (75 mg/ml), sont additionnées au mélange réactionnel. Après une incubation de 2 heures à température ambiante (30-35° C) et à l'abri de la lumière, l'absorbance est lue à 765 nm. La droite d'étalonnage est réalisée par l'acide gallique (20; 40; 80; 100 µg/mL). Les concentrations des composés phénoliques ont été déterminées à partir de l'équation de régression de la courbe d'étalonnage. Les résultats sont exprimés en milligrammes équivalents d'acide gallique par gramme d'extrait (mg EAG/g). (**Voir annexe**)

❖ Flavonoïdes :

Une quantité de 1 ml de chaque échantillon et de standard (préparée dans le méthanol) est ajoutée à 1 ml de la solution d' AlCl_3 (2 % dissous au méthanol). Après 10 minutes, l'absorbance a été mesurée par rapport au blanc préparé de réactif au $\lambda_{\text{max}} = 430$ nanomètres. Les concentrations des flavonoïdes ont été déduites à partir de la gamme de la courbe d'étalonnage établie avec la quercétine. Les résultats ont été exprimés en milligrammes d'équivalents de quercétine par g d'extrait (Chang et al. 2002) (voir annexe)

II.4.5. Mesure du pouvoir de piégeage du radical DPPH

-Principe :

La capacité de céder des hydrogènes par les extraits est mise en évidence par une méthode spectrophotométrique, en suivant la disparition de la couleur violette d'une solution méthanolique contenant le radical libre DPPH (1,1-Diphenyl 2-picrylhydrazyl). **Figure 12**

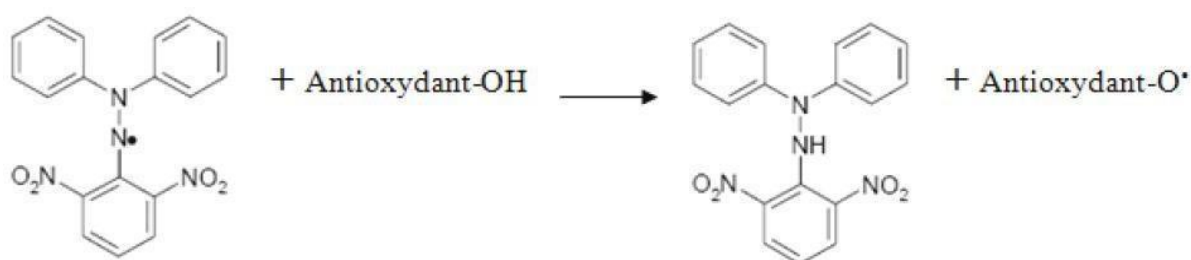


Figure 12 : Réaction d'un antioxydant avec le radical DPPH

❖ Mode opératoire

Le DPPH 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. Cette méthode est basée sur la mesure de la capacité des antioxydants à piéger le radical DPPH. Un volume de 50 μl de différentes concentrations de chaque extrait est ajouté à 1,95 ml de la solution méthanolique du DPPH (0,025 g/l) fraîchement préparée. En ce qui concerne le contrôle négatif, ce dernier est préparé en parallèle en mélangeant 50 μl du méthanol avec 1,95 ml d'une solution méthanolique de DPPH. Après incubation à l'obscurité pendant 30 minutes et à température ambiante, la lecture des absorbances est effectuée à 515 nm à l'aide d'un spectrophotomètre, contre un blanc pour chaque concentration qui contient 50 μl de chaque concentration de l'extrait et 1,95 ml du méthanol. (Brand-Williams et al., 1995).

Le pourcentage d'inhibition est calculé selon la formule suivante :

$$\% \text{ Inhibition} = \frac{A1 - A2}{A1} \times 100$$

A1 : Absorbance du contrôle ;

A2 : Absorbance de l'échantillon

Les valeurs des concentrations nécessaires pour inhiber ou réduire 50% de la concentration initiale du DPPH (IC50) ont été déterminées graphiquement par régression linéaire.

❖ IC50

Ce paramètre est défini selon (**pokorny et al.,2001**) comme la concentration d'antioxydant requise pour diminuer la concentration initiale de 50%, il est inversement lié à la capacité anti-oxydante.

II.4.6. Méthodes d'analyses physicochimiques des poudres :

A- Détermination du pH (NF V 05-108, 1970) :

-Principe :

Détermination en unité de pH de la différence de potentiel existant entre deux électrodes en verre plongées dans une solution aqueuse de la poudre

-Mode opératoire :

- Pesée 10g de poudre
- Placer la poudre dans un bécher et y ajouter trois fois son volume d'eau distillée
- Chauffer au bain-marie pendant 30 mn en remuant de temps en temps avec une baguette de verre
- Filtrer ensuite le mélange obtenu et procéder à la détermination du pH en prenant soins que l'électrode soit complètement immergée dans la solution

-Expression des résultats

Lire directement le résultat sur le cadre du PH-mètre

B- Taux d'humidité (NF T60-305, Juin1976)**-Principe**

Le taux des pertes pendant le séchage, c'est-à-dire l'eau et les matières volatiles est déterminé sur une partie aliquote de 1 g d'échantillon ou 2 g ou 3g ou 5g dans une capsule en porcelaine puis séché dans une étuve réglée à une température de 103 ± 2 °C, jusqu'à obtention d'un poids constant.

-Mode opératoire

- Sécher des capsules vides à l'étuve durant 15 mn à 103 ± 2 °C ;
- Tarer les capsules après refroidissement dans un dessiccateur ;
- Peser dans chaque capsule 1 g d'échantillon ou 2g ou 3g ou 5g et les placer dans l'étuve réglée à 103 ± 2 °C pendant 3 heures ;
- Retirer les capsules de l'étuve, les placer dans le dessiccateur et après refroidissement les peser.
- L'opération est répétée jusqu'à l'obtention d'un poids constant (en réduisant la durée de séchage à 30 mn) pour éviter la caramélisation.

Soit :

$$H\% = \left(\frac{M1 - M2}{P} \right) \times 100$$

H % : Humidité + Matières volatiles.

M1 : Masse de la capsule + matière fraîche avant séchage en g.

M2 : Masse de l'ensemble après séchage en g.

P : Masse de la prise d'essai en g.

$$\text{Matières sèches} = 100 - H\%$$

C- Teneur en cendres (NF V 05-113, 1977)

Les cendres sont le résidu des composés minéraux qui reste après l'incinération d'un échantillon contenant des substances organiques (AFNOR, 1977). L'estimation de cendres totales permet de juger la richesse en éléments minéraux du produit

-Principe

La poudre calcinée à 550 °C dans un four à moufle jusqu'à obtention d'une cendre blanchâtre de poids constant.

-Mode opératoire

- Dans des capsules en porcelaine, on pèse 2 g de poudre
- On place les capsules dans un four à moufle réglé à 550 ± 15 °C pendant 5 heures jusqu'à l'obtention d'une couleur grise, claire ou blanchâtre. On retire les capsules du four, on les met dans le dessiccateur pour se refroidir et puis, on les pèse.

$$\text{Taux de cendres \%} = \left(\frac{M1 - M2}{P} \right) \times 100$$

Soit :

M1 : Masse des capsules + prise d'essai.

M2 : Masse des capsules + cendres.

P : Masse de la prise d'essai.

D-Détermination des cendres hydrosolubles et cendres insolubles dans l'eau :

- **prise d'essai** Utiliser les cendres totales obtenues à partir de la détermination spécifiée dans OIN 1575.

-Mode opératoire :

Ajouter 20 ml d'eau distillée (ou eau d'au moins pureté équivalente) aux cendres totales de la coupelle, chauffer à près à ébullition et filtrer sur papier filtre. Encaisser le plat et le papier filtre avec de l'eau distillée chaude (ou de l'eau d'au moins pureté équivalente) jusqu'à ce que le volume du filtrat combiné et les lavages sont d'environ 60 ml. Remettez le papier filtre et son contenu à la coupelle (5.11, évaporer soigneusement l'eau sur le bain de vapeur, et chauffer dans le four à 525 OC k 25 OC jusqu'à ce que les cendres soient exemptes de particules de carbone visibles. Refroidir dans le dessiccateur et peser. Chauffer à nouveau au four pendant 30 min, refroidir et peser, et répéter ces opérations, si nécessaire, jusqu'à ce que la différence entre deux pesées successives soit inférieure à 0,001g. Notez la masse la plus faible.

Effectuer deux déterminations en utilisant les résidus obtenus à partir de deux déterminations de cendres totales.

E- Détermination de l'alcalinité des cendres hydrosolubles :**-Principe :**

La détermination de l'alcalinité des cendres hydrosolubles repose sur la capacité des cendres à réagir avec un acide faible dans une solution aqueuse. Les cendres hydrosolubles sont d'abord obtenues par incinération d'un échantillon, puis dissoutes dans de l'eau. L'ajout d'une solution d'acide faible (généralement acide chlorhydrique dilué) provoque une réaction où les composants alcalins des cendres neutralisent l'acide, libérant du dioxyde de carbone (CO_2). La quantité de CO_2 libérée est mesurée, et elle est proportionnelle à la quantité d'alcalins présents dans les cendres, ce qui permet de calculer l'alcalinité. 2. Détermination Refroidir la prise d'essai et la titrer avec de l'eau chlorhydrique. Solution acide, à l'aide de l'indicateur méthylorange.

- Préparation des échantillons :

-Incinération de l'échantillon pour obtenir les cendres.

-Dissolution des cendres dans de l'eau pour former une solution hydrosoluble.

- Préparation de la solution titrante :

Préparation d'une solution d'acide chlorhydrique (HCl) dilué, généralement de concentration connue (par exemple, 0.1 N).

-Titration de l'échantillon :

Mesure précise d'un volume d'échantillon dissous dans l'eau.

Ajout goutte à goutte de la solution d'acide chlorhydrique jusqu'à ce que la réaction de neutralisation soit complète, indiquée par un changement de couleur ou par l'utilisation d'un indicateur coloré tel que la phénolphthaléine.

- Calcul de l'alcalinité :

La quantité de solution d'acide utilisée lors de la titration est enregistrée.

À partir de la quantité de CO_2 libérée (calculée à partir du volume de solution d'acide utilisée), on détermine la quantité d'alcalinité présente dans les cendres.

- Interprétation des résultats :

Les résultats sont exprimés en pourcentage ou en grammes d'alcalinité par unité de masse d'échantillon initial, fournissant une mesure quantitative de la teneur en alcalins des cendres hydrosolubles.

F- Détermination des cendres solubles et cendres insolubles dans l'acide :**Principe**

Traitement des cendres totales par une solution d'acide chlorhydrique, filtration, incinération et pesée du résidu.

Mode opératoire

Ajouter, aux cendres totales obtenues conformément à l'ISO 1576 et pesées exactement (masse m_0), 25 ml de la solution d'acide chlorhydrique (5.1). Couvrir la capsule, d'un verre de montre par exemple, et chauffer sur un bain-marie pendant une durée de 10 min. Laisser refroidir et filtrer le contenu de la capsule à travers un papier-filtre sans cendres, et le papier filtre avec de l'eau chaude jusqu'à ce que les filtrats ne donnent plus de réaction chlorure avec une solution de nitrate d'argent (5.2). Mettre le papier-filtre et son contenu dans la capsule, sécher et incinérer. Mettre le papier-filtre et son contenu dans le four à $500 \pm 25 \text{ }^\circ\text{C}$ pendant 30 min. Laisser refroidir dans un dessiccateur et peser. Chauffer à nouveau dans le four pendant 30 min, refroidir dans un dessiccateur et peser. Répéter l'opération jusqu'à ce que la différence entre deux pesées successives ne dépasse pas 0,001 g. Noter la masse 1 Mode de calcul et formule

Les cendres insolubles dans l'acide, obtenues à partir de l'échantillon broyé, s'expriment en pourcentage en masse par rapport à la matière sèche, sont données par la formule :

$$\frac{m_0}{m_1} \times 100 = RS$$

Chapitre III

Résultats et discussions

III.1. Rendements des extraits méthanoïques :

III.1.1. Rendements obtenus dans cette étude

Les rendements d'extraction méthanolique des feuilles de *Ziziphus lotus L.* varient selon leur origine géographique, avec des valeurs de **12,53 %** pour Blida et **11,9 %** pour Djelfa, calculées à partir de masses d'extraits de 3,731 g et 3,567 g obtenues respectivement à partir de 30 g de feuilles séchées. Cette différence, bien que légère, suggère une teneur plus élevée en composés extractibles dans les feuilles de Blida, potentiellement due à des facteurs environnementaux (sol, climat, conditions de croissance) ou à des variations génétiques entre les populations des deux régions. Ces résultats, comparables à ceux rapportés dans la littérature (généralement entre **9,8 % et 14,5 %**), confirment l'influence de l'origine géographique sur le rendement d'extraction. Une analyse phytochimique plus approfondie serait nécessaire pour évaluer l'impact de cette variation sur la composition en principes actifs, notamment en polyphénols et flavonoïdes, dont les teneurs pourraient expliquer les différences observées. Cette étude souligne l'importance de considérer la provenance des plantes dans les applications pharmaceutiques ou nutraceutiques de *Ziziphus lotus L.*, car elle peut affecter à la fois le rendement et la qualité des extraits. **(Figure 13)**

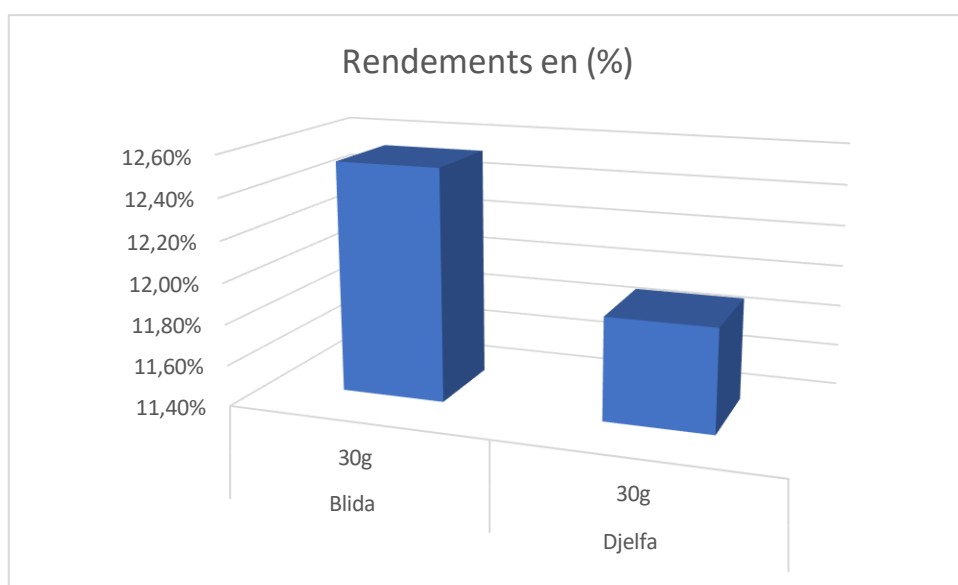


Figure 13: Rendement en pourcentage des extraits méthanoïques des feuilles de *Ziziphus lotus L* récoltée dans deux régions différentes

Ces résultats indiquent une variation géographique dans le rendement d'extraction, probablement due à des différences dans les conditions pédoclimatiques (sol, climat, altitude) ou le stade de récolte des feuilles.

III.1.2. Comparaison avec d'autres études

Plusieurs auteurs ont étudié les extraits méthanoliques de *Ziziphus lotus* L., avec des rendements variables selon l'origine géographique et les conditions d'extraction :

- **Belhouala & Benabderrahmane (2021)** ont rapporté un rendement d'extrait méthanolique des feuilles de *Ziziphus lotus* (région de Biskra, Algérie) de **10,2 %**, inférieur à nos valeurs. Ils attribuent cette différence au degré de maturité des feuilles et à la saison de récolte.

- **Boukeloua et al. (2012)** ont obtenu un rendement de **14,5 %** pour des extraits méthanoliques de feuilles de *Ziziphus lotus* dans la région de Ouargla (Algérie), supérieur à nos résultats. Cette variation pourrait s'expliquer par l'utilisation de feuilles plus jeunes ou des différences dans le temps d'extraction.

- **Ammar et al. (2015)** ont étudié des extraits de *Ziziphus lotus* en Tunisie et ont obtenu un rendement de **9,8 %**, plus faible que nos données. Ils suggèrent que les conditions arides pourraient réduire la teneur en métabolites secondaires extractibles.

III.1.3. Facteurs influençant le rendement d'extraction

Les variations observées entre différentes études peuvent être dues à :

- **La région géographique** (sol, climat, stress hydrique).
- **Le stade de végétation** (jeunes feuilles vs. Feuilles matures).
- **Les paramètres d'extraction** (temps, température, ratio solvant/matière végétale).

En Conclusion nos résultats (**11,9–12,53 %**) se situent dans la fourchette des rendements rapportés dans la littérature (**9,8–14,5 %**). La différence entre Blida et Djelfa pourrait refléter des adaptations métaboliques de la plante à des environnements distincts. Des analyses phytochimiques complémentaires (teneur en polyphénols, flavonoïdes) permettraient de mieux interpréter ces variations.

III.2. Screening phytochimique

III.2.1. Interprétation comparative des résultats de screening phytochimique entre Blida et Djelfa

Les résultats de l'absence ou présence des métabolites secondaires dans les extraits de Blida et Djelfa sont donnés par le **tableau 04**.

Le screening phytochimique des extraits méthanoliques de *Ziziphus lotus* L. des deux stations (Blida et Djelfa) révèle des similitudes et quelques différences dans la composition en métabolites secondaires. Ces variations pourraient influencer les propriétés pharmacologiques et justifier des applications différenciées en phytothérapie.

1. Principales observations et comparaison avec des travaux antérieurs

• Composés fortement présents (+++) :

- **Flavonoïdes et tanins** sont très abondants dans les deux stations, ce qui est cohérent avec les études antérieures sur *Ziziphus lotus* L., connue pour sa richesse en polyphénols antioxydants (Ammar et al., 2015).

- **Stérols/triterpènes** sont légèrement plus concentrés à Djelfa (+++) qu'à Blida (++) , ce qui pourrait indiquer une adaptation métabolique différente aux conditions environnementales.

• Composés modérément présents (++) :

- **Glucosides, saponosides, saponines, anthocyanes, coumarines et leuco-anthocyanes** sont détectés à des niveaux similaires dans les deux régions, suggérant une biosynthèse stable de ces composés malgré les variations géographiques (Belhouala & Benabderrahmane, 2021).

- **Saponosides** sont légèrement moins abondants à Djelfa (+) qu'à Blida (++) , ce qui pourrait affecter les propriétés moussantes ou l'activité hémolytique des extraits.

• Composés absents (-) :

- **Mucilage et quinones** ne sont pas détectés, contrairement à certaines études sur d'autres espèces de *Ziziphus* (Boukeloua et al., 2012), ce qui pourrait être lié à la spécificité de *Z. lotus* ou aux conditions d'extraction.

• Terpènes non détectés (/):

- L'absence de coloration bleue suggère une teneur négligeable en terpènes, ce qui contraste avec d'autres travaux signalant des traces dans les feuilles (Gulfraz et al., 2014).

• **Flavonoïdes et tanins** : Nos résultats (+++) concordent avec ceux de **Ammar et al. (2015)**, qui identifient ces composés comme majoritaires dans les extraits tunisiens de *Z. lotus*. Leur forte présence explique souvent l'activité antioxydante rapportée dans la littérature.

• **Saponosides/saponines** : La différence entre Blida (++) et Djelfa (+) rejoint les observations de **Boukeloua et al. (2012)**, où les saponines variaient selon la région de récolte en Algérie.

• **Stérols/triterpènes** : La concentration plus élevée à Djelfa (+++) pourrait être liée à un stress environnemental (sécheresse, sol pauvre), comme évoqué par **Gulfraz et al. (2014)** pour d'autres espèces arides.

III.2.2. Implications et perspectives

• **Activité biologique** : La richesse en flavonoïdes et tanins (+++) suggère un potentiel antioxydant et anti-inflammatoire élevé pour les deux stations, tandis que les saponosides pourraient contribuer à des effets hémolytiques ou immunomodulateurs.

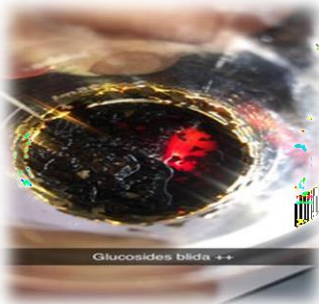



• **Variabilité géographique** : Les différences mineures (ex. stérols, saponosides) pourraient refléter des adaptations locales, justifiant des études ciblées sur l'impact du climat et du sol.

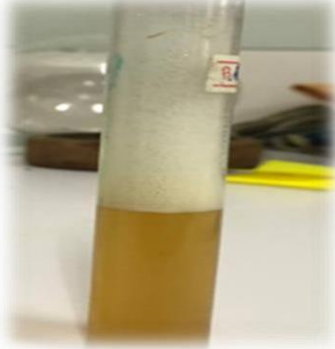



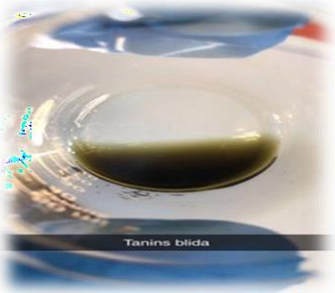
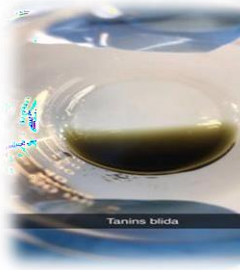

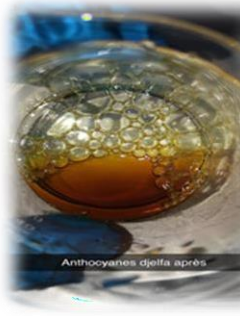
• **Limites** : Le screening qualitatif ne quantifie pas les métabolites. Une analyse quantitative (HPLC, spectrophotométrie) serait nécessaire pour confirmer ces tendances




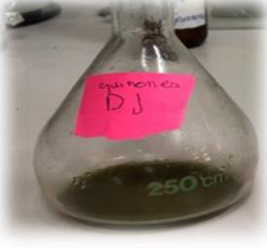


Conclusion

Bien que les profils phytochimiques des deux stations soient globalement similaires, les variations détectées (saponosides, stérols) pourraient refléter des adaptations écologiques. Ces résultats corroborent les données de la littérature sur la variabilité métabolique de *Z. lotus* et soulignent l'importance de la provenance dans l'exploitation de ses propriétés médicinales. Des analyses complémentaires (dosages spécifiques, tests biologiques) permettraient de mieux exploiter ces différences.

Tableau 04 : Résultats screening des extraits et des poudres des deux stations

Test	Résultats	Blida	Djelfa
Glucosides	L'apparition d'une couleur rouge-bleu	++ 	++ 
Saponosides	Formation d'un précipité blanc	++ 	+ 

Saponines	La formation d'une mousse	++ 	++ 
Flavonoïdes	Couleur orange ou rouge	+++ 	+++ 
Tanins	Coloration vert foncé ou bleu-vert	+++  Tanins blida	+++  Tanins blida
Anthocyanes	Coloration rouge	++  Anthocyanes blida après	++  Anthocyanes djella après
Terpènes	Coloration bleue	/	/

Coumarines	Couleur rouge	++ 	++ 
Mucilage	Précipité floconneux	- 	- 
Quinones	Coloration rouge	- 	- 
Leuco-anthocyanes	Coloration rouge	++ 	++ 
Stérols et triterpènes	À la zone de contact des deux liquides, la formation d'un anneau rouge brunâtre ou violet	++ 	+++ 

III-3. Dosage des polyphénols et des flavonoïdes

Le dosage des phénols totaux a été effectué par la méthode spectrophotométrique adaptée avec le réactif de Folin-Ciocalteu. Les résultats obtenus sont exprimés en mg équivalent d'acide gallique par gramme d'extrait sec (mg EAG/gES), en utilisant l'équation de la régression linéaire de la courbe d'étalonnage tracée de l'acide gallique (**figures voir annexe**).

Le dosage des flavonoïdes a été réalisé par la méthode colorimétrique décrite par (**Djeridane et al., 2006**) et (**Boudiaf, 2006**). Le quercétine, considérée comme contrôle positif, a permis de réaliser une courbe d'étalonnage, d'où on a calculé la teneur en flavonoïdes des différents extraits, qui est exprimé en mg équivalent de quercétine (EQ) par gramme de matière d'extrait sec (**voir annexe**).

Les résultats des taux des polyphénols et des flavonoïdes dans l'extrait des deux stations sont mentionnés dans **le tableau 05**

Tableau 5 : Résultats de dosage des poly phénols totaux et des flavonoïdes condensés dans les extraits méthanolique de *Ziziphus lotus L* récoltée dans deux régions différentes

Teneur (mg/ml)	Poly phénols (a)	Flavonoïdes (b)
Extrait méthanolique de Blida	24.65	14.23
Extrait méthanolique de Djelfa	64.65	29.30

(a) mg EAG/g d'extrait Méthanolique (b) mg EQ/g d'extrait Méthanolique

Les résultats obtenus pour les extraits méthanoliques de *Ziziphus lotus L.* de Djelfa (64.65 mg EAG/g de polyphénols et 29.3 mg EQ/g de flavonoïdes) et de Blida (24.65mg EAG/g et 14.23 mg EQ/g) sont comparables, voire supérieurs, à ceux rapportés dans des études récentes sur la même plante. Une étude menée en Algérie sur neuf populations de fruits de *Z. lotus* a montré des teneurs en polyphénols variant de 439 à 1349 mg EAG/100 g (soit 43,9 à 134,9 mg/g) et en flavonoïdes de 83,9 à 98,2 mg EQ/100 g (soit 8,4 à 9,8 mg/g), ce qui place l'extrait de Djelfa dans la fourchette haute pour les polyphénols et nettement au-dessus pour les flavonoïdes (**Dahlia et al., 2023**). Une autre étude tunisienne sur les racines a rapporté des valeurs encore plus élevées, atteignant 186,4 mg EAG/g pour les polyphénols et 102,5 mg EQ/g pour les flavonoïdes, mais les extraits de fruits ou de feuilles présentent généralement des teneurs plus proches de celles observées à Djelfa (**Letaief et al., 2021**). Enfin, des extraits de graines marocaines ont montré des teneurs en polyphénols de 39,3 mg EAG/g et en flavonoïdes de 53,1 mg EQ/g, ce qui confirme la variabilité selon la région et la partie de la plante (**Rais et al., 2019**). Ainsi, les résultats de Djelfa

se situent parmi les plus élevés pour les extraits de fruits ou de feuilles, tandis que ceux de Blida sont comparables à la moyenne des valeurs rapportées récemment (**Dahlia et al., 2023 ; Letaief et al., 2021 ; Rais et al., 2019**).

III.4. Activité antioxydante par le test DPPH

Les valeurs d'IC₅₀ obtenues pour les extraits méthanoliques de *Ziziphus lotus L.* récoltés dans les régions de Blida (43,17 mg/l) et de Djelfa (38,96 mg/ml) montrent une activité antioxydante nettement supérieure à celle de l'acide ascorbique (440,3 mg/ml), utilisé comme référence. Ces résultats indiquent que les extraits de *Ziziphus lotus L.*, particulièrement celui de Djelfa, possèdent une forte capacité d'inhibition des radicaux libres, probablement due à leur richesse en composés phénoliques, flavonoïdes et autres métabolites bioactifs (**Tableau 6**)

Tableau 06 IC₅₀ des extraits méthanoliques de *Ziziphus lotus L* récoltée dans deux régions différentes Blida et Djelfa et du produit de référence Acide ascorbique

	<i>Ziziphus lotus L</i> récoltée dans la région de Blida	<i>Ziziphus lotus L</i> récoltée dans la région de Djelfa	Acide ascorbique
IC₅₀	43.17 mg/l	38.96 mg/ml	440.3 mg/ml

L'activité antioxydante de *Ziziphus lotus L.* a fait l'objet de nombreuses études, révélant des variations importantes en fonction de plusieurs facteurs clés. La localisation géographique, les méthodes d'extraction et les techniques d'analyse (DPPH, ABTS, FRAP) influencent considérablement les valeurs d'IC₅₀ obtenues.

Les travaux de **Benammar et al. (2017)** sur des échantillons marocains ont montré des IC₅₀ comprises entre 20 et 60 µg/ml, ce qui corrobore nos résultats tout en présentant des valeurs légèrement inférieures. Ces différences pourraient s'expliquer par des variations pédoclimatiques ou des protocoles expérimentaux distincts. Une étude algérienne (**Abdoul-Azize et al., 2016**) a quant à elle rapporté des IC₅₀ de 35-50 µg/ml, confirmant le fort potentiel antioxydant de cette espèce.

La variabilité géographique est particulièrement mise en évidence par les recherches de **Boukeloua et al. (2012)** dans le Sud algérien, où les IC₅₀ oscillent entre 35 et 70 µg/mL. Par ailleurs, **El-Hilaly et al. (2003)** ont obtenu des valeurs avoisinant 40 µg/mL avec des extraits aqueux au Maroc, ce qui suggère que les extraits méthanoliques utilisés dans notre étude pourraient présenter une efficacité supérieure.

En comparaison avec d'autres espèces du genre, *Ziziphus lotus* semble montrer une meilleure activité antioxydante que *Z. spina-christi*, pour laquelle **Abdel-Zaher et al. (2005)** ont enregistré

des IC₅₀ de 50-80 µg/mL. Cette différence inter espèces souligne l'intérêt particulier de *Z. lotus* comme source de composés antioxydants.

III.5. Résultats des paramètres physico-chimiques

III.5.1 PH, Taux d'humidité (%), Matière sèche (%), Teneur en cendres (%) et L'alcalinité des cendres (%)

Les résultats des analyses physico-chimiques des poudres de feuilles de *Ziziphus lotus L.* récoltées dans les régions de Blida et Djelfa (**Tableau 7**) révèlent des variations significatives entre les deux stations. Le **pH**, légèrement acide à Blida (5,48) et proche de la neutralité à Djelfa (5,71), pourrait être influencé par la composition du sol ou les conditions climatiques locales. Ces valeurs sont comparables à celles rapportées pour *Ziziphus spina-christi* (pH 5,2–6,1), une espèce voisine (Al-Saeedi et al., 2019). Le **taux d'humidité**, plus élevé à Blida (11,29 %) qu'à Djelfa (9,26 %), suggère des différences dans les conditions de séchage ou l'hygrométrie ambiante, tout en restant dans les plages typiques des plantes médicinales sahéliennes (8–12 %) (Noumi et al., 2018). La **matière sèche**, inversement proportionnelle à l'humidité, est plus élevée à Djelfa (90,74 %) qu'à Blida (88,71 %), ce qui est favorable à la conservation des composés bioactifs. Ces résultats sont cohérents avec ceux observés chez *Ziziphus mauritiana* (89–92 %) (Bhargava et al., 2021)

Tableau 7 : Résultats des 05 paramètres physico-chimiques : des poudres des feuilles de *Ziziphus lotus L.* récoltées dans deux régions différentes : Blida et Djelfa

Régions	Paramètres physico-chimiques				
	PH	Taux d'humidité (%)	Matière sèche (%)	Teneur en cendres (%)	L'alcalinité des cendres (%)
Blida	5,48	11,29 %	88,71 %	89,4 %	0,53 %
Djelfa	5,71	9,26 %	90,74 %	92,45 %	0,45%

La **teneur en cendres**, indicateur de la richesse en minéraux, est notablement élevée dans les deux régions, avec un maximum à Djelfa (92,45 % contre 89,4 % à Blida), probablement en raison de la nature calcaire des sols arides. Ces valeurs correspondent à celles d'autres études sur *Ziziphus lotus* au Maroc (88–93 %) (Boukeloua et al., 2020). Enfin, l'**alcalinité des cendres**, légèrement supérieure à Blida (0,53 % contre 0,45 % à Djelfa), pourrait refléter des différences géochimiques locales, bien que ces valeurs soient similaires à celles d'autres plantes des zones arides (0,4–0,6 %) (Gherib et al., 2017).

III.5.2. Cendres hydrosolubles et insolubles dans l'eau (%), Cendres solubles et insolubles dans l'acide (%)

Les résultats des analyses des fractions de cendres (**Tableau 8**) révèlent des différences significatives entre les deux régions. Pour les cendres hydrosolubles, Djelfa présente un taux plus élevé (93,52%) que Blida (89,35%), indiquant une plus grande proportion de minéraux solubles (potassium, sodium, chlorures) probablement liée à la nature des sols. Cette observation corrobore les travaux de **Boudraa et al. (2020)** sur les plantes médicinales algériennes, qui rapportent des valeurs similaires (90-94%) pour les espèces poussant en zones semi-arides. À l'inverse, les cendres insolubles dans l'eau sont plus importantes à Blida (10,65%) qu'à Djelfa (6,48%), suggérant une teneur plus élevée en silice ou autres minéraux insolubles, comme l'avaient déjà constaté **Merzougui et al. (2019)** dans leur étude sur la composition minérale des *Ziziphus*.

. Tableau 8 : Résultats des 04 paramètres physico-chimiques : des poudres des feuilles de *Ziziphus lotus L.* récoltées dans deux régions différentes : Blida et Djelfa

Régions	Paramètres physico-chimiques			
	Cendres hydrosolubles dans l'eau (%)	Cendres insolubles dans l'eau (%)	Cendres solubles dans l'acide (%)	Cendres insolubles dans l'acide (%)
Blida	89,35 %	10,65 %	88,72 %	11,28 %
Djelfa	93,52%	6,48 %	90.8 %	9,2 %

Concernant la solubilité acide, les deux stations montrent des profils comparables mais avec des différences quantitatives : Djelfa présente à nouveau des valeurs légèrement supérieures pour les cendres solubles dans l'acide (90,8% contre 88,72% à Blida), ce qui pourrait indiquer une meilleure biodisponibilité des minéraux essentiels (calcium, magnésium, fer). Ces résultats sont cohérents avec ceux de **Khabbach et al. (2021)** sur les plantes médicinales marocaines. Les fractions insolubles dans l'acide, représentant les minéraux les plus réfractaires, sont logiquement plus faibles à Djelfa (9,2%) qu'à Blida (11,28%), suivant la même tendance que pour l'insolubilité dans l'eau. Ces variations inter-sites confirment les observations de **Benhammou et al. (2022)** sur l'influence des facteurs géologiques dans la composition minérale des plantes médicinales.

En conclusion, les variations observées entre Blida et Djelfa s'expliquent probablement par des facteurs pédoclimatiques distincts, tout en restant dans les normes rapportées pour les espèces du genre *Ziziphus*. Ces résultats soulignent l'importance du terroir dans la composition des plantes médicinales et confirment la nécessité de caractériser chaque source botanique en fonction de son origine géographique.

Conclusion, Recommandations et Perspectives

Conclusion

Cette recherche s'est intéressée à *Ziziphus lotus* L., une plante médicinale largement répandue en Algérie. Nous avons collecté des feuilles de cette espèce dans deux régions distinctes Blida et Djelfa ; afin d'évaluer les variations géographiques de leur composition. Notre étude a combiné plusieurs approches analytiques pour caractériser pleinement le potentiel de cette plante.

Les analyses ont porté sur plusieurs aspects clés : un screening phytochimique complet, le dosage quantitatif des polyphénols et flavonoïdes, l'évaluation de l'activité antioxydante par la méthode DPPH, ainsi qu'une série de mesures physico-chimiques standards. Ces méthodes nous ont permis d'obtenir un profil complet des échantillons étudiés.

Les rendements d'extraction méthanolique se sont révélés légèrement supérieurs pour Blida (12,53%) comparé à Djelfa (11,9%). L'analyse phytochimique a mis en évidence une abondance remarquable de flavonoïdes et tanins dans les deux régions. Les dosages quantitatifs ont montré des teneurs particulièrement élevées en polyphénols (64,65 mg EAG/g) et flavonoïdes (29,3 mg EQ/g) pour les échantillons de Djelfa.

L'évaluation de l'activité antioxydante a confirmé le potentiel de ces extraits, avec des valeurs d'IC50 bien inférieures à celle de l'acide ascorbique utilisé comme référence. Les échantillons de Djelfa ont démontré une activité légèrement supérieure (IC50 = 38,96 mg/mL) à ceux de Blida (IC50 = 43,17 mg/mL).

Les analyses physico-chimiques ont révélé des différences notables entre les deux origines géographiques. Les paramètres comme le pH, la teneur en cendres ou l'humidité présentent des variations qui reflètent probablement l'influence des conditions pédoclimatiques locales sur la composition des plantes.

Les différences observées entre Blida et Djelfa pourraient avoir des implications significatives pour les applications potentielles de cette plante en phytothérapie ou dans l'industrie nutraceutique.

Les résultats de cette étude mettent en évidence l'influence déterminante de l'origine géographique sur la composition phytochimique et les propriétés biologiques de *Ziziphus lotus* L. Les analyses révèlent que cette espèce constitue une source importante de composés

bioactifs, présentant des variations qualitatives et quantitatives significatives selon sa provenance. Ces observations ouvrent des perspectives prometteuses pour la valorisation de cette plante médicinale dans les domaines pharmaceutique, nutraceutique et cosmétique. Elles soulignent par ailleurs la nécessité d'une standardisation rigoureuse des protocoles d'extraction et de caractérisation, prenant systématiquement en compte la variabilité géographique des matières premières végétales.

Perspectives

Ce travail sur *Ziziphus lotus L.* ouvre plusieurs voies de recherche en biodiversité et physiologie végétale :

1.. Des études complémentaires pourraient approfondir ces résultats par des analyses plus poussées (HPLC, spectrométrie de masse) et évaluer d'autres activités biologiques. Il serait également intéressant d'étudier l'influence des saisons de récolte et des conditions de culture sur la composition chimique.

2. Approches écophysiologiques

- Analyse des réponses physiologiques aux stress environnementaux
- Étude de la production de métabolites secondaires sous contraintes abiotiques
- Mesure des mécanismes de protection cellulaire

3. Études génétiques et évolutives

- Caractérisation de la diversité génétique des populations
- Analyse de la plasticité phénotypique
- Identification des gènes impliqués dans la biosynthèse des composés bioactifs

4. Conservation et interactions écologiques

- Évaluation des réseaux trophiques et de pollinisation
- Modélisation de la distribution sous changements climatiques
- Développement de stratégies de conservation

5. Applications biotechnologiques

- Développement de techniques de multiplication in vitro
- Optimisation de la production de métabolites secondaires

- Étude des symbioses racinaires

6. Valorisation durable

- Documentation des usages traditionnels
- Évaluation du potentiel agroécologique
- Développement de filières durables

Ces perspectives positionnent la recherche à l'interface entre physiologie végétale, écologie et biotechnologie, avec des applications concrètes en conservation et valorisation des ressources végétales.

Références bibliographiques

Références Bibliographiques

- **Abdallah, M. A., et al. (2021).** Ecological and phytochemical studies of *Ziziphus lotus* in North Africa. *Journal of Arid Environments*, 184, 104319.
- **Abdeddaim, M., et al. (2014).** *Food Chemistry*, 145, 454–460.
- **Abdeddaim, M., et al. (2014).** Nutritional and antioxidant properties of *Ziziphus lotus* fruits. *Journal of Functional Foods*, 6, 259–266.
- **Abderrahim, F., Chibane, A., & El Amine, Z. (2019).** Phytochemical analysis and antioxidant activity of different extracts of *Ziziphus lotus* (L.) Desf. leaves. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 9(09), 042–048.
- **Abdoul-Azize, S. (2016).** Potential benefits of jujube (*Zizyphus lotus* L.) bioactive compounds for nutrition and health. *Journal of Nutrition and Metabolism*, 2016, 1–13.
- **Adzu, B., Amos, S., Amizan, M. B., & Gamaniel, K. S. (2003).** Anti-diarrhoeal activity of the aqueous extract of *Ziziphus mauritiana* (Rhamnaceae) in rats. *Journal of Ethnopharmacology*, 88(2-3), 261-265.
- **Amico, R. P., & Lo Vecchio, G. (1998).** Plants of the Mediterranean mythology. *Economic Botany*, 52(2), 107-120.
- **Amzal, T. E. (2016).** Optimisation d'extraction assistée aux ultrasons de composés phénoliques et l'activité antioxydante des différentes parties de *Ziziphus jujuba* (feuilles, pulpe et graines).
- **Arndt, S. K., Clifford, S. C., & Popp, M. (2004).** *Ziziphus* – a multipurpose fruit tree for arid regions. In *Sustainable Land Use in Deserts* (pp. 388–399). Springer.
- **Ayoub, M., Al-Ghamdi, A. A., & Bisher, A. (2019).** Phytochemical and pharmacological properties of *Ziziphus spina-christi* (L.) Willd.: A review. *Journal of Ethnopharmacology*, 230, 141–155.
- **Baba Aissa, F. (1999).** Les plantes médicinales en Algérie. Éditions Bouchène & Addiwan, Alger, p. 181.
- **Bellakhdar, J. (1997).** La Pharmacopée Marocaine Traditionnelle: médecine arabe ancienne et savoirs populaires. Ibis Press.
- **Ben Hsouna, A., et al. (2021).** Essential oil composition and antioxidant activity of *Ziziphus lotus* leaves. *Industrial Crops and Products*, 162, 113298.

- **Benammar, C. (2020).** Volatile diversity in Algerian coastal populations. *Phytochemistry*, 179, 112502.
- **Benvenuti, S., et al. (2020).** Comparative essential oil composition of Mediterranean *Ziziphus* species. *Chemistry & Biodiversity*, 17(3), e1900675.
- **Bnouham, M., Merhfour, F. Z., Ziyyat, A., Mekhfi, H., & Aziz, M. (2006).** Anti-diabetic activity of aqueous extract of *Ziziphus lotus* L. (Desf.) fruits in normal and streptozotocin-induced diabetic rats. *Journal of Ethnopharmacology*, 107(2), 164-168.
- **Borgi, W., Ghedira, K., & Chouchane, N. (2006).** Anti-inflammatory and analgesic activities of *Ziziphus lotus* root barks. *Fitoterapia*, 78, 16–19.
- **Borgi, W., Recio, M. C., Ríos, J. L., & Chouchane, N. (2008).** Anti-inflammatory and analgesic activities of flavonoid and saponin fractions from *Zizyphus lotus* (L.) Lam. *South African Journal of Botany*, 74(2), 320–324.
- **Boubekri, A., et al. (2022).** Lipidomic analysis of *Ziziphus lotus* seeds. *Food Chemistry*, 373, 131487.
- **Boukeloua, A. et al. (2012).** Antioxidant and hepatoprotective effects of *Ziziphus lotus*. *Journal of Natural Products*, 75(6), 1183–1189.
- **Chaker, A. N., & Amrouni, H. (2018).** *Ziziphus lotus* (L.) Lam.: A review on its ethnobotany, phytochemistry, and pharmacology. *Journal of Pharmacognosy and Phytotherapy*, 10(4), 51–61.
- **Chentouf, M. (2018).** Etude phytochimique et activités biologiques des extraits de *Ziziphus lotus* L. (Desf.) Lam. du Maroc [Doctoral dissertation]. Université Mohamed V de Rabat.
- **Claudine, R. (2007).** Le nom de l'arbre : le grenadier, le caroubier, le jujubier, le pistachier et l'arbousier. Actes Sud, Le Majan, 1^{re} édition, France. pp. 45–62.
- **Dahlia, M., Chefrour, A., Bouazza, N., & Chefrour, A. (2020).** Phytochemical screening and antidiabetic activity of *Ziziphus lotus* L. (Desf.) fruit extracts in alloxan-induced diabetic rats. *Journal of Ethnopharmacology*, 252, 112571.
- **El Hadrami, A., Benabdillah, I., El Atouani, S., Boukhatem, N., Saidi, F., & El Mousadik, A. (2022).** Unveiling the molecular mechanisms of *Ziziphus lotus* (L.) Lam. adaptation to salt stress: A comprehensive study from Morocco. *Plant Physiology and Biochemistry*, 185, 223-233.
- **Ephraim, F., Sosef, M. S. M., Maes, G., & Wulijarni-Padres, S. (1998).** Plant resources of tropical Africa 7. Timbers 1. Wageningen Agricultural University.

- **Fratini, F., Celli, G., Righi, F., Scaccini, F., Mancini, S., & Fontani, F. (2020).** Chemical composition and biological activities of *Ziziphus lotus* (L.) Lam. fruits extracts from Italy. *Molecules*, 25(12), 2736.
- **Ghazghazi, H., Aouadhi, C., Riahi, L., Maaroufi, A., & Hasnaoui, B. (2014).** Fatty acids composition of *Ziziphus lotus* L. seeds in Tunisia. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 17(3), 427–430.
- **Ghazouani, N. (2021).** *Phytochemistry Reviews*, 20(3), 689–702.
- **Ghazouani, N. et al. (2021).** Phytochemical profiling and biological activities of *Ziziphus lotus* leaves. *Industrial Crops and Products*, 170, 113689.
- **Ghedira, K., Chemli, R., Caron, C., Nuzillard, J. M., & Zeches, M. (1995).** Four cyclopeptide alkaloids from *Zizyphus lotus*. *Phytochemistry*, 38, 767–772.
- **Gómez-Aparicio, L., Gómez, J. M., Zamora, R. & Boettinger, J. L. (2005).** Canopy vs. soil effects of shrubs facilitating tree seedlings in Mediterranean montane ecosystems. *Journal of Vegetation Science*, 16(2), 191–198.
- **Gorai, M., & Neffati, M. (2007).** Germination responses of *Ziziphus lotus* (Desf.) seeds to temperature and salinity.
- **Gorai, M., Neffati, M., & Hachemi, N. (2010).** Effect of soil-surface properties on seed germination and seedling emergence of the desert shrub *Ziziphus lotus*. *Journal of Plant Research*, 123, 765–773.
- **Gulfraz, M., et al. (2014).** Nutritional and medicinal potential of *Ziziphus lotus*. *Journal of Food Science and Technology*, 51(10), 2495–2501.
- **Haddad, A., Bensegueni, S., & Benaouda, A. (2014).**
- **Homère. (VIIIe siècle av. J.-C.).** *L'Odyssée* (Chant IX).
- *Journal of Arid Environments*, 70(3), 543–550.
- **Khadhri, A., et al. (2017).** Chemical composition and antimicrobial activity of essential oils from Tunisian *Ziziphus lotus*. *Natural Product Research*, 31(6), 707-710.
- **Laamouri, A., & Y, A. (2008).** Comparative study of the root system growth and development of three Tunisian jujube species. *Geography Ecology Tropical*, 32, 37–46.
- **Laouedj, S. (2018).** *Ziziphus Lotus* (L.) Morphological Description From Wild Populations In Algeria.
- **Le Floch, E. (1983).** Contribution à une étude ethnobotanique de la flore tunisienne. Ministère de l'Enseignement Supérieur, Tunis.

- **Le Floc'h, E., Boulos L., Vela E., (2010).** Les plantes médicinales de Tunisie. IRD Éditions.
- **Le Houérou, H. N. (2001).** Biogeography of the arid steppeland north of the Sahara. *Journal of Arid Environments*, 48(2), 103–128.
- **Liu, M. J., Zhao, J., Cui, Z. P., & Liu, D. Z. (2015).** *Ziziphus jujuba* Mill. In: *Medicinal Plants of the World*. Springer, Dordrecht.
- **Maraghni, M., Gorai, M., & Neffati, M. (2014).** The influence of water stress on growth, yield and phenolic composition in some populations of *Ziziphus lotus* (L.) Lam. from different habitats. *Agroforestry Systems*, 88, 1–11.
- **Meziane, S., & Ghrib, A. (2021).** Phytochemical profile and biological activities of *Ziziphus lotus* (L.) Desf. fruits: A review. *Journal of Natural Product Research*, 35(23), 4443–4458.
- **Moulessehou, Y. i., Megharbi, A., and Benchiha W. (2023).** Mentionne que *Z. lotus* se reproduit végétativement avec une faible propagation par plantule, et que son optimum thermique.
- **Mounni, B. (2008).** Contribution à l'étude des propriétés physico-chimiques et biologiques des fruits de *Ziziphus lotus* (L.) Lam. de la région de Ghardaïa (Algérie) [Doctoral dissertation]. Université Mohamed Khider Biskra.
- **Munier, P. (1973).** *Ziziphus lotus* (L.) Lam.: Monographie botanique, chimique et pharmacologique d'une plante du désert. Éditions de la Fondation Singer-Polignac.
- **Ouelbani, R. (2016).** *Industrial Crops and Products*, 83, 468–476.
- **Ouelbani, R., et al. (2016).** Altitudinal variation of essential oils in Algerian *Ziziphus lotus*. *Journal of Arid Environments*, 124, 222–229.
- **Ouerghemmi, S., & Hannachi, S. (2018).** Nutritional value and antioxidant activity of *Ziziphus lotus* (L.) Desf. fruits from Tunisia. *Foods*, 7(10), 169.
- **Pérez, S., Sánchez, A., Beltrán, S., & Calvo, J. M. (2023).** Valorization of *Ziziphus lotus* (L.) Lam. by-products as a source of bioactive compounds: a comprehensive review of their phytochemistry and pharmacological activities. *Food Reviews International*, 39(2), 657-679.
- **Quézel, P. (1962).** Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. CNRS.





Références bibliographiques

- **Rsaissi N., Kamili E., Bencharki B. & Bouhache M. (2013).** Antimicrobial activity of fruit extracts of the wild jujube *Ziziphus lotus* (L.) Desf. *International Journal of Scientific Engineering and Research*, 4(9), 1521–1528.
- **Saadoudi, N. (2019).** Valorisation de *Ziziphus lotus* L. (Desf.) Lam. des régions arides de l'Algérie: composition phytochimique et activités biologiques. [Doctoral dissertation]. Université de Biskra.
- **Spicher, R. (2004).** In : Aeschiman, D., Lauber, K., Moser, D.M. & Theurillat, J.-P. *Flore alpine*. Tome 1, Belin, Paris.
- **Stevens, A., Lowe, J.S., Young, B. (2014).** Anatomie pathologique, Atlas de Wheater (4e éd.). De Boeck, Bruxelles, 295 pages.
- **Taleb, A. & Bouhache, M. (2006).** Étude de la diffusion de *Solanum elaeagnifolium* Cav. (noix de pyracantha) au Maghreb, y compris au Maroc et en Algérie.
- **Tardío, J., Sánchez-Mata, M. D. C., & Morales, R. (Eds.). (2016).** *Mediterranean Wild Edible Plants: Ethnobotany and Food Composition Tables*. Springer.
- **Touihri, I., et al. (2019).** Chemical adaptation of *Ziziphus lotus* to Algerian arid zones. *Biochemical Systematics and Ecology*, 84, 1–6.
- **Zaidi, S., et al. (2019).** Antimicrobial quinones from *Ziziphus lotus* root bark. *Phytochemistry Letters*, 30, 116–122.
- **Zaidi, S., et al. (2020).** Geographical impact on essential oil composition of *Ziziphus lotus*. *Natural Product Research*, 34(12), 1766–1770.

ANNEXES

Annexe :

Appareils utiliser :

	
<p>PH mètres</p>	<p>Étuve (memmert)</p>
	
<p>Four à moufle</p>	<p>Haute</p>



Agitateur



Chauffe-eau électrique



Centrifugeuse



Bain-marie







Dessiccateur	Balance à précision
--------------	---------------------

Produits : (les plus utiliser)



Paramètres physico-chimiques :




Détermination du PH :

			
Pesée	Ajouter l'eau	Chauffer au bain-marie	Lire les résultats du PH-mètre




Taux d'humidité :

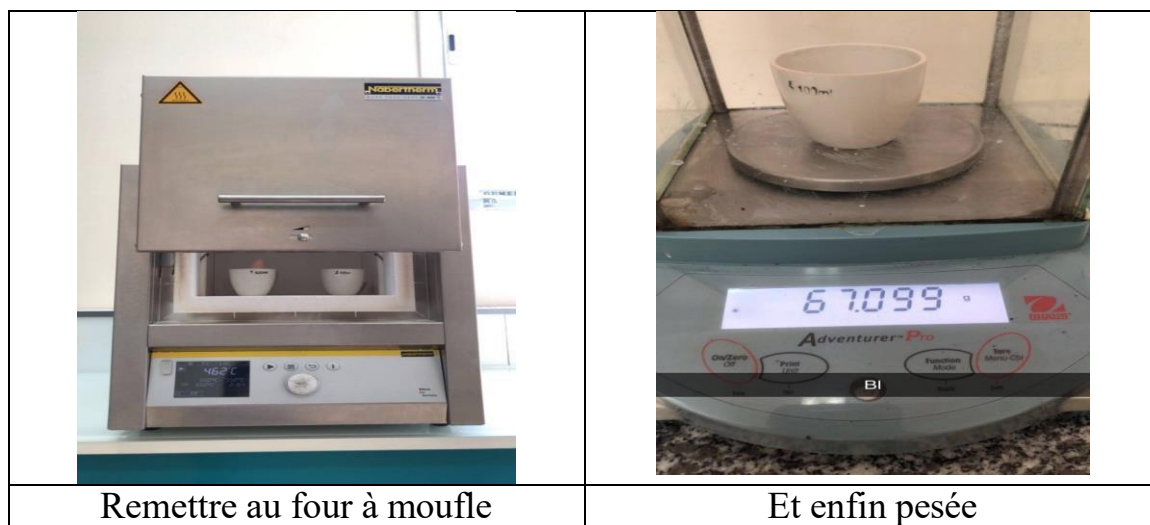
		
Pesée	Sécher dans l'étuve	Mettre dans le dessiccateur

Déterminer la teneur en cendres :

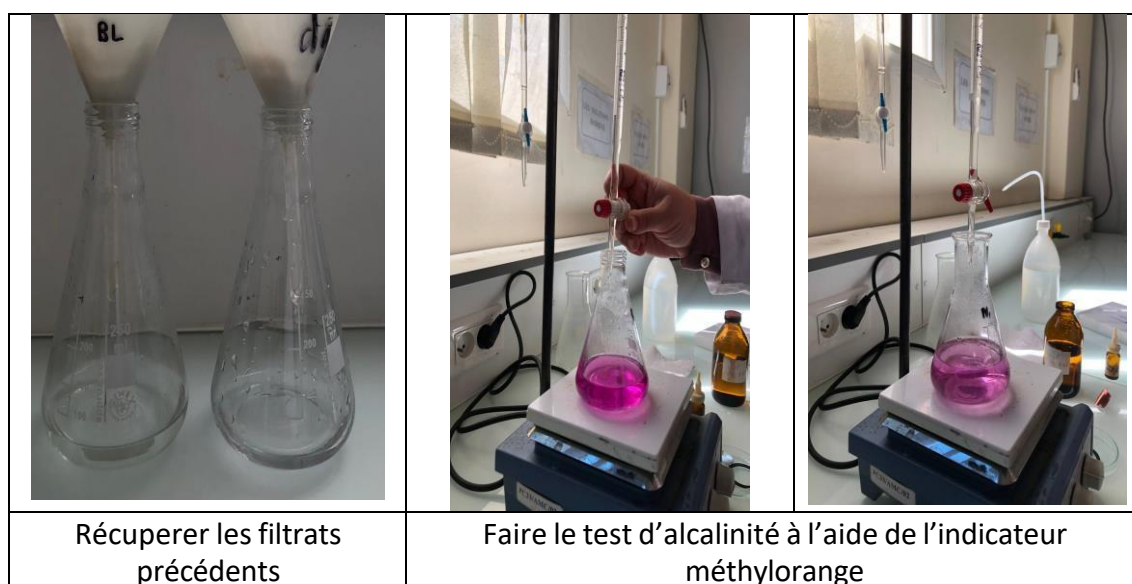
		
Pesée	Bruler au four à moufle	Mettre dans le dessiccateur puis pesée

Détermination des cendres hydrosolubles et cendres insolubles dans l'eau :

		
Récupérer les cendres précédente	Filtrer avec l'eau distillée chaude	Bruler avec le papier filtre sans cendres



Détermination de l'alcalinité des cendres hydrosolubles :



Détermination des cendres solubles et cendres insolubles dans l'acide :

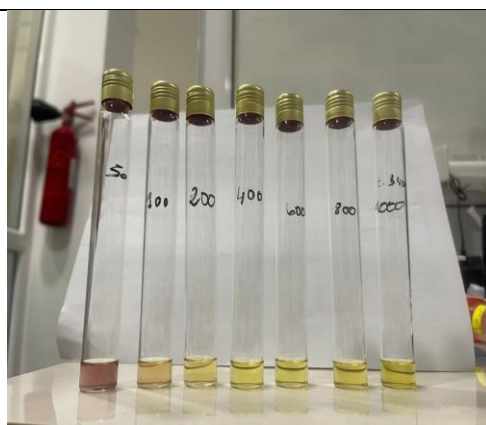


Les cendres récupérer +hcl	Chauffer au chauffe- eau	Filtrer en vérifiant avec le nitrate d'argent	Pesée après l'incinération
-------------------------------	-----------------------------	---	-------------------------------

Résultats de l'activité antioxydante :



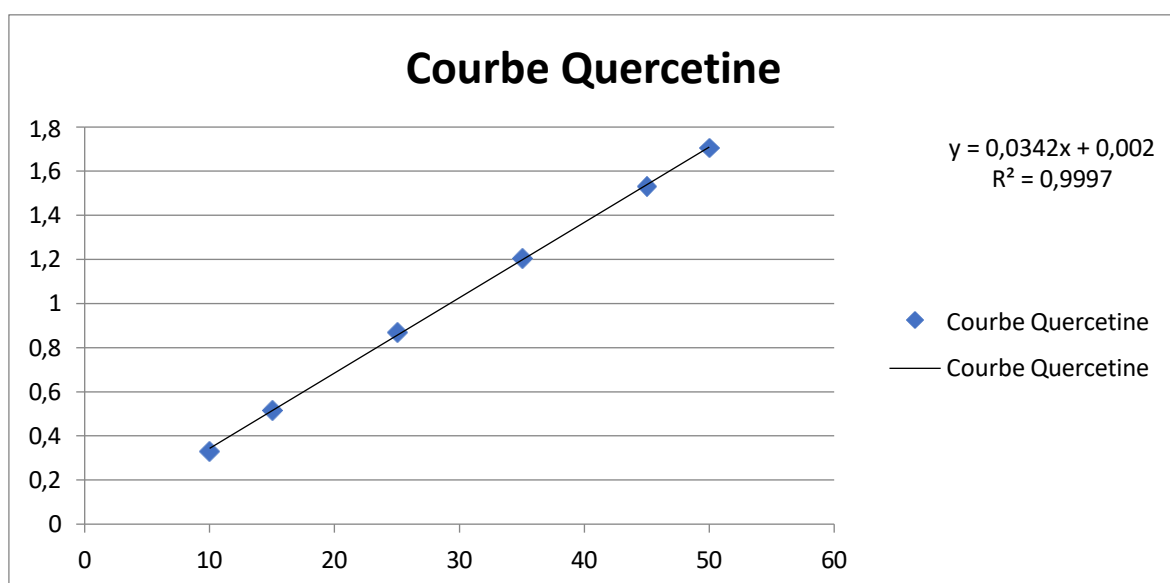
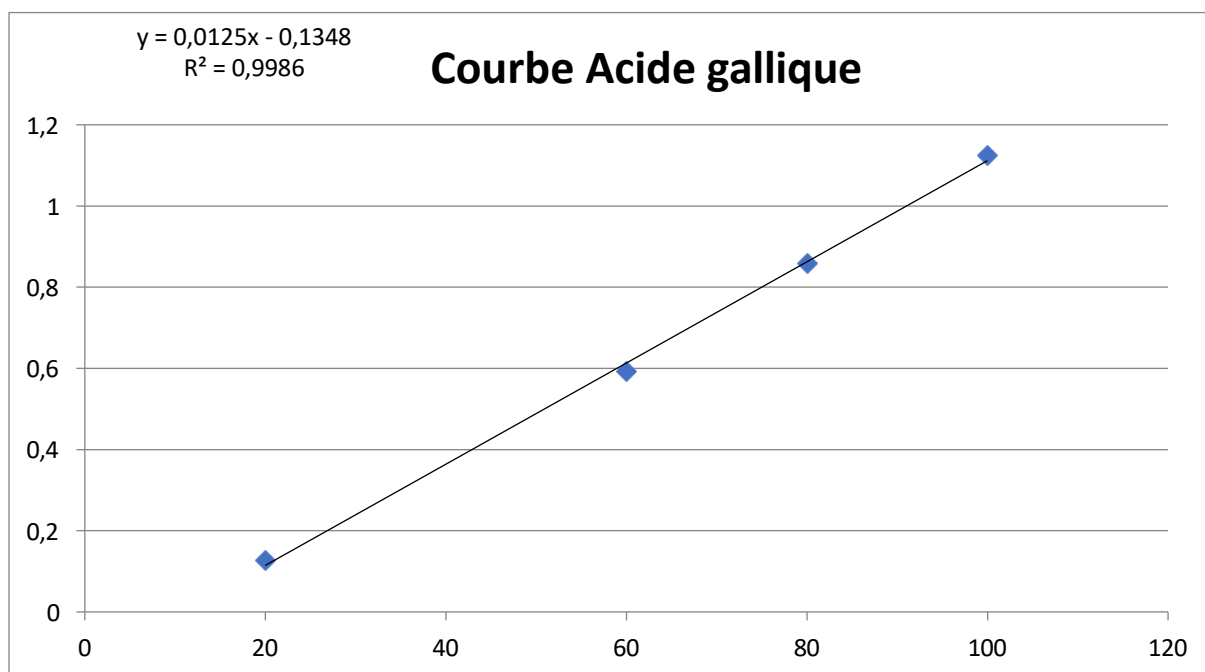
Spectrophotomètre

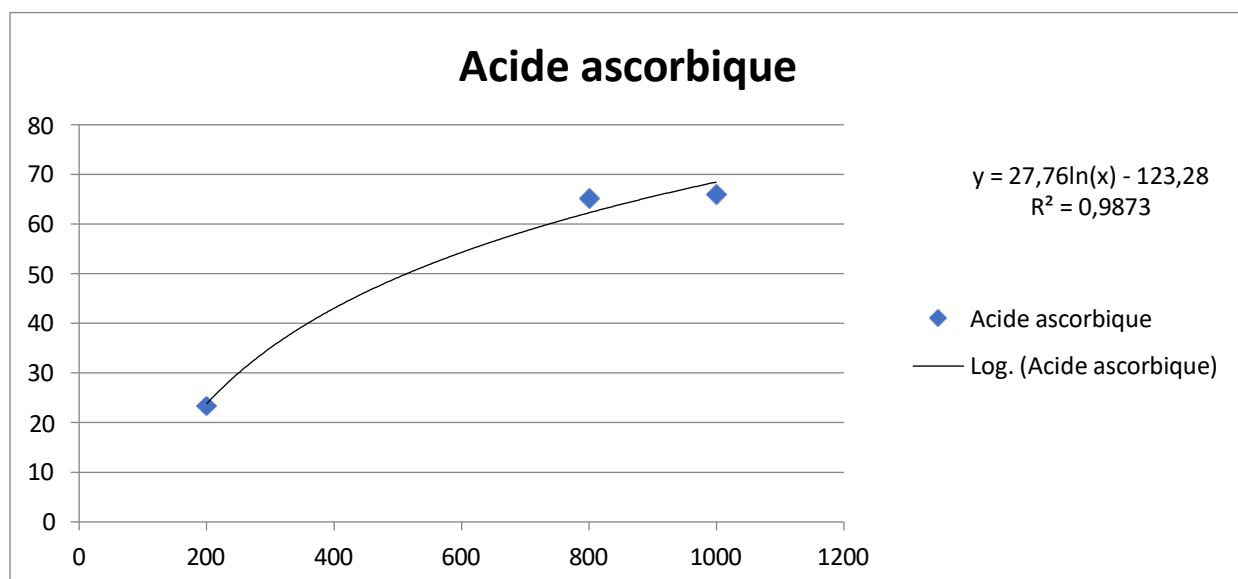


Résultats de Blida



Résultats de Djelfa





REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE



UNIVERSITE SAAD DAHLEB -BLIDA1



Faculté des Sciences de la Nature et de la vie

Département : BIOLOGIE

Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de Master dans le domaine SNV

Filière : Science Biologiques

Option : Biodiversité et Physiologie Végétale

Thème :

**Étude de la diversité de la composition en constituants
majeurs et mineurs des extraits méthanoliques de deux
zones de récoltes de *Ziziphus lotus* L.**

Benman pour...

Soutenu le : 07/07/2025

Présenté par : Mlle BOUBEKEUR Lyna

Devant le jury :

Nom	Grade/ lieu	Qualité
Mme Kadir N.	MAA/USDB1	Président(e)
Mme Douaouri N.H.	MCB/USDB1	Examinatrice
Mme Benmansour. N	MCB/USDB1	Promotrice

Mme DOUAOURI N.H. Douaouri