



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



Université de Lâarbi Tébessi –Tébessa-  
Faculté des Sciences Exactes et des Sciences de la Nature et de la Vie

Département : DES ÊTRES VIVANTS

## MEMOIRE DE MASTER

Domaine : Science de la nature et de la vie

Filière : Sciences biologiques

Spécialité : Ecophysiologie Végétale

Thème :

Etude de l'effet du gradient climatique de la wilaya de Tébessa  
sur les principes actifs de *Zizyphus lotus* (L.)Lam.

Présenté par :

*Younes Rokaia*

*Zerfaoui Yousra*

Devant le jury

Zeghib Assia	MCA	Université de Tébessa	Présidente
Hioun Soraya	MAA	Université de Tébessa	Promotrice
Benhadj Mabrouka	MCA	Université de Tébessa	Examinatrice

Date de soutenance : 15/06/2022

## Remerciements

*Nous tenant à remercier les membres de jury ; M<sup>me</sup> Zeghib Assia et M<sup>me</sup> Benhadj Mabrouka du département de biologie appliquée université de Tébessa de nous avoir fait l'honneur d'accepté d'examiner ce travail.*

*Nos sincères remerciements à notre promoteur Hioun Soraya d'avoir accepté de nous encadré et pour ses orientations.*

*Un grand merci est adressé à tous nos enseignants qui nous ont accompagnés pendant les différents parcours d'études et de formation.*

*Merci à toutes personnes qui ont aidé, de près ou de loin, à la réalisation de ce travail.*

## Résumé

Ce travail consiste à déterminer la composition phytochimique ainsi que l'activité antioxydante de la plante *Zizyphus lotus* L. Les échantillons ont été récoltés sur huit sites de la wilaya de Tébessa du nord au sud (Ouenza jusqu'à Negrine) ce qui a permis de mesurer l'impact du gradient climatique.

Les phénols totaux, les flavonoïdes, les tanins condensés et l'activité antioxydant ont été évalués à l'aide des méthodes de Folin ciocalteux, du trichlorure d'aluminium, de la vanilline et l'activité antioxydante par le biais du DPPH et le FRAP respectivement pour deux extraits, éthanolique et aqueux.

La comparaison des deux extraits a révélée que les polyphénols et les flavonoïdes présentent les meilleurs taux pour l'extrait aqueux, alors que les tanins condensés sont plus marqués chez l'extrait éthanolique.

Le gradient climatique (Nord-Sud) a exercé un effet peu marquant mais des différences entre sites est notée pour les polyphénols (de 29,29 à 59,79mgEAG/g MS) et les flavonoïdes (de 4,68 à 16,58mg EAG/g de MS) aussi bien pour l'extrait éthanolique que aqueux respectivement, un effet marquant sur l'activité antioxydante. L'activité antioxydante pour le DPPH et FRAP n'a pas été influencée par le gradient climatique.

**Mots-clés :** *Zizyphus lotus*, activité antioxydante, polyphénols, semi-aride, climat, Tébessa.

## Abstract

This work consists in determining the phytochemical composition as well as the antioxidant activity of the *Zizyphus lotus* L plant. The samples were collected on eight sites of the wilaya of Tébessa from north to south (Ouenza to Negrine) which allowed to measure the impact of the climate gradient.

Total phenols, flavonoids, condensed tannins and antioxidant activity were assessed using the methods of Folin ciocaltose, aluminum trichloride, vanillin and antioxidant activity through DPPH and FRAP respectively for two extracts, ethanolic and aqueous.

The comparison of the two extracts revealed that the polyphenols and the flavonoids present the best rates for the aqueous extract, while the condensed tannins are more marked in the ethanolic extract.

The climatic gradient (North-South) had a weak effect but differences between sites were noted for polyphenols (from 29.29 to 59.79mgEAG/g DM) and flavonoids (from 4.68 to 16.58mg EAG / g of DM) both for the ethanolic and aqueous extract respectively, a marked effect on the antioxidant activity. The antioxidant activity for DPPH and FRAP was not influenced by the climatic gradient.

**Key words:** *Zizyphus lotus*, climat, antioxidant activity, Poly phenols, semiarid, Tébessa.

## ملخص

يتركز هذا العمل على تحديد التركيبة الكيميائية النباتية بالإضافة إلى مضادات الأكسدة و مضادات البكتيريا لنبات السدر

*lotusZizyphus* تم جمع العينات من ثمانية مناطق مختلفة متواجدة في ولاية تبسة ، مما يسمح بتحديد تأثير تدرج المناخ على طول محور الشمال والجنوب. تم تقييم إجمالي الفينولات والفلافونويد والعفص المكثف والنشاط المضاد للأكسدة باستخدام طرق *Trichlorure d'Aluminium* ، *Folincioalieux* ، *Vanilline* ، و خاصة استقطاب (FRAP ، DPPH) ، على التوالي.

يظهر تأثير التدرج المناخي قليلا حيث تبين النتائج أن إجمالي الفينولات والفلافونويد موجودا عند المستويات الطبيعية (29.29 و 59.79 مغ موافق حمض الغاليك /مغ و 4,68 و 16,58 مغ موافق حمض الغاليك / غ ) ، على التوالي بالنسبة لكل من المستحضر المائي والكحولي كانت محتويات التانين المكثفة موجودة بمستويات مختلفة في المستخلصين. كما يظهر نشاط مضادات الأكسدة مختلفا في كل من المستخلصين ، ولكنه يتناسب مع تركيز المستخلص. بالنسبة لنمط الاستخلاص الكحولي والمائي. تؤكد هذه الدراسة بعض الإمكانيات الطبية لـ *Z. lotus* كما نوصي بإجراء اختبارات مماثلة ولكن على مستوى أعضاء النبات الأخرى. الكلمات المفتاحية: السدر، مكونات نشطة ، نشاط مضاد للأكسدة ومضاد للبكتيريا ، بوليفينول ، التدرج المناخي، تبسة .

---

---

## Table des matières

Remerciements.....	i
Resumé .....	ii
Abstract.....	iii
ملخص.....	iv
Liste des tableaux.....	v
Liste des figures.....	vi
Introduction générale.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Chapitre 1: Synthèse bibliographique	
1. Présentation de l'espèce.....	2
1.1. Dénomination international.....	2
1.2. Classification de <i>Zizyphus lotus</i> .....	2
1.3. Distribution et habitat .....	3
1.4. Description botanique de <i>Z. lotus</i> .....	4
1.5. Utilisations de <i>Z. lotus</i> .....	4
2. Les principes actifs.....	6
2.1. Les composés phénoliques.....	6
2.2. Classification des composés phénoliques .....	6
2.2.1. Les flavonoïdes.....	7
2.2.2. Les tanins.....	8
3. Activité antioxydante.....	9
Chapitre 2. Matériel et méthodes	
1. Zone d'étude .....	10
1.1. Situation géographique de la wilaya de Tébessa.....	10
1.2. Climat général .....	10
1.3. Sites d'échantillonnage .....	11
1.4. Données climatiques des sites d'étude.....	12
2. Matériel végétal et préparation des extraits de <i>Z. lotus</i> .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
2.1. Extrait aqueux .....	14
2.2. Extrait Éthanoliquee .....	14
3. Analyses quantitatives .....	14
3.1. Dosage des polyphénols totaux .....	14
3.2. Dosage des flavonoïdes .....	15
3.3. Dosage des tanins condensés .....	15
4. Etude de l'activité antioxydant.....	16
4.1. DPPH .....	16
4.2. FRAP .....	16
5. Caractéristiques pédologiques.....	17
6. Matière organique des feuilles de <i>Z.lotus</i> .....	18
7. Analyse statistique.....	19

---

## Chapitre 3. Résultats

1. Paramètres pédologiques.....	21
1.1. Texture du sol.....	21
1.2. Conductivité électrique .....	21
1.3. pH.....	21
1.4. Carbonates .....	21
1.5. Carbone organique .....	21
1.6. Azote total.....	22
1.7. Phosphore assimilable.....	22
1.8. Rapport C/N.....	22
2. Analyses quantitaves.....	22
2. 1. Matière organique des feuilles .....	22
2.2. Les polyphénols totaux .....	23
2.3. Les flavonoïde totaux .....	255
2.4. Les tannins condansés.....	266
3. Activités antioxydantes.....	27
3.1. DPPH.....	27
3.2. FRAP .....	279
Discussion générale et conclusion.....	33
Références bibliographiques.....	3838
Annexes.....	45

## Liste des figures

N°	Titre	Page
1	Aire de distribution de <i>Zizyphus lotus</i> L. en Algérie	03
2	Planche botanique de <i>Zizyphus lotus</i> L. (A: Tige à Epines, B : Fleur, C : Arbuste, D : Tige en floraison, E : Tige avec fruits).	05
3	Les principales classes de flavonoïdes	08
4	Carte de la wilaya de Tébessa et répartition des sites d'échantillonnage de <i>Z.lotus</i> .	11
5	Diagramme ombrothermique de la région de Tébessa de 2000 à 2021.	12
6	Diagramme ombrothermique de la région de Tébessa de l'année 2021 avec les températures moyennes mensuelles de chaque station .	13
7	Photos de feuilles sèches de <i>Z. lotus</i> (A) et leur broyat (B).	13
8	Teneurs en matière organique de <i>Z. lotus</i> au niveau des huit sites d'études à Tébessa	24
9	Teneurs en polyphénols totaux chez <i>Z.lotus</i> en fonction du type d'extraction (ethanolique et aqueux) et des sites (1 : Ouenza 2 : El Aouinet 3 : Morsott 4 : Thlidgène 5 : Oglâ El malha 6 : Bir El Ater 7 : Bir El Ater 8 : Négrine ).	24
10	Teneurs en flavonoïdes chez <i>Z.lotus</i> en fonction du type d'extraction (ethanolique et aqueux) et des sites (1 : Ouenza 2 : El Aouinet 3 : Morsott 4 : Thlidgène 5 : Oglâ El malha 6 : Bir El Ater 7 : Bir El Ater 8 : Négrine ).	25
11	Teneurs en Tanins condensés chez <i>Z.lotus</i> en fonction du type d'extraction (ethanolique et aqueux) et des sites (1 : Ouenza 2 : El Aouinet 3 : Morsott 4 : Thlidgène 5 : Oglâ El malha 6 : Bir El Ater 7 : Bir El Ater 8 : Négrine ).	26
12	Courbes d'inhibition du radical DPPH de l'acide ascorbique (mg/ml) et des extraits éthanoliques (mg MS/ml) de <i>Z. lotus</i> dans huit sites de la wilaya de Tébessa.	27
13	Pourcentage d'inhibition du radical libre DPPH de l'acide ascorbique (mg/ml) et des extraits aqueux (mg MS/ml) de <i>Z. lotus</i> dans huit sites de la wilaya de Tébessa	28
14	Activité antioxydante FRAP de l'acide ascorbique (mg/ml) et des extraits	26



## Liste des tableaux

N°	Titre	Page
1	Les principales classes des composés phénoliques	07
2	Coordonnées géographique des sites d'échantillonnage de plants de <i>Z. lotus</i> dans la wilaya de Tébessa.	12
3	Valeurs moyennes des caractères pédologiques des sites d'étude de <i>Z. lotus</i> .	23
4	Valeurs de l'IC50 du DPPH des extraits éthanoliques et aqueux de <i>Z. lotus</i> dans les huit sites d'étude	28
5	Equations logarithmiques et $R^2$ pour l'activité antioxydante FRAP des extraits éthanoliques et aqueux chez <i>Z. lotus</i> dans les huit sites d'étude de la wilaya de Tébessa..	31

# **Introduction générale**

# Introduction générale

---

Les plantes jouent un rôle déterminant dans la conservation de la santé humaine. L'Algérie dispose d'une grande diversité floristique en particulier saharienne et subsaharienne spontanées, qui à des utilisations thérapeutiques très efficaces. Parmi les plantes les plus rependu, on cite le jujube de différentes espèces qui est largement exploité dans la médecine traditionnelle et ce pour sa richesse en composants bioactives tel que la vitamine C, polyphénols flavonoïdes, triterpenoïdes et polysaccharides (Rais *et al.* , 2019)

De nos jours, il y a un regain d'intérêt pour les plantes médicinales qui attirent de plus en plus l'attention en raison de leurs propriétés thérapeutiques et de leur activité pharmacologique (Elaloui *et al.*, 2017).

*Zizyphus lotus* est une espèce qui offre un important service écosystémique dans les zones caractérisées par un climat chaud et sec. Le jujubier s'étale sur tout le Nord du Maghreb et est très répandu dans les régions arides d'Algérie La plante est très riche en molécules possédants des activités biologiques variées, ce qui explique ses usages multiples par les autochtones.

La plante de *Z. lotus* contient un taux sensiblement élevé de composés phénoliques totaux, qui permettent le piégeage des radicaux libres, certaines recherches ont même montré une activité plus élevée que les antioxydants synthétiques (Mekious *et al.*, 2020).

L'objectif visé par notre étude, consiste en premier lieu la caractérisation du profile photochimique de l'espèce en question et en deuxième lieu l'évaluation de l'activité antioxydante. En plus cette étude va permettre de comparer l'impacte des différents niveaux d'étages climatiques sur le statut des métabolites secondaires.

**Chapitre 01 :**  
*Synthèse Bibliographique*

### 1. Présentation de l'espèce

Le genre *Zizyphus* appartient à la famille des Rhamnaceae, représenté par 135 à 170 espèces (Lin, 1994). *Z. lotus* est un arbuste épineux à feuilles caduques à structure de touffue. Il mesure environ 2 m de haut, les tiges sont ramifiées, glabres, formées de pousses longues et ligneuses portant des branches courtes et feuillues. Celles-ci sont herbacées au début, puis boisées plus tard et elles deviennent nues en perdant leurs feuilles. Selon Roux et Sumner (1968), les pousses longues sont considérées comme des pousses orthotropes (érigées) et les courtes comme pléotropes (horizontales). Les feuilles mesurant de 1,2 à 1,9 mm de longueur et de 4 à 9 mm de largeur. Elles sont ovales-oblongues, obtuses, crénelées, à 3 nervures glabres, à stomates nus, pétiolés et stipulés. Les stipules sont épineuses et très pointues une plus courte et courbée. Les feuilles tombent en automne et réapparaissent à la fin du printemps suivant, elles sont glabres avec une cuticule fine mais la plante entière est remplie de mucilage (Ayachi et *al.*, 2009).

#### 1.1. Dénomination internationale

*Arabe* : Zizouf زيزوف , sedra سدره , sidr سدر , sidr barri سدر البري.

*Français* : Jujubier sauvage, jujubier de Berbérie, lotus des anciens, jujubier des Lotophages.

*Anglais* : African jujube, Lote fruit, Lotus tree, lotus jujube, wild jujube.

*Allemand* : Wilde Jujube.

*Portugais* : Acufeifa-menor.

*Espagnol* : Azufaifo africano, Azufaifo ibérico, Arto, Arto blanco, Espina de Cristo.

*Berbère (Maroc)* : Amezmem (Ghedira, 2013).

#### 1.2. Classification de *Zizyphus lotus*

Selon l'APG IV (2016), la classification du jujubier sauvage est la suivante :

**Règne** : Plantae

**Embranchement** : Magnoliophyta

**Sous-embranchement** : Magnoliophytina

**Classe** : Magnoliopsida

**Sous-classe** : Rosidae

**Ordre** : Rhamnales

**Famille** : Rhamnaceae

**Tribu :** Ziziphae

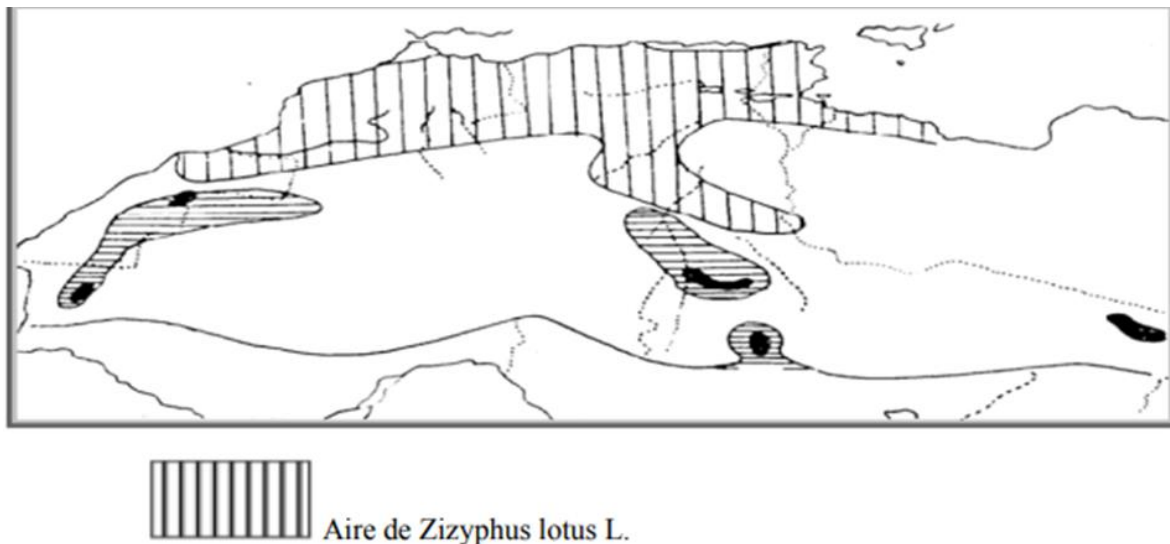
**Genre :** Zizyphus

**Espèce :** *Zizyphus lotus* (L.) Lam.

### 1.3. Distribution et habitat

*Z. lotus* est une plante xérophyte à la fois tropicale et subtropicale, elle est couramment présente dans les régions arides et semi-arides où elle occupe différents types de sols (Letaief *et al.*, 2021). Elle est très répondeue dans le nord et le nord-est de l'Algérie (Ferhat, 2008)(Fig. 1). Dans le monde elle se trouve dans les pays de Berberie depuis la tripolitaine et la côte Est de Tunisie jusqu'au Maroc occidentale, sud de l'Égypte, Chypre, Asie mineur, Arabie, Afghanistan est cultivée et naturalisée dans le sud de Portugal et de l'Espagne (à Terracine) en Sicile (Près Palerme), Spontanée en Grèce. C'est le Sedra des arabes, le Tazoura des Berbères. Elle est aussi présente au Sahara centrale (Abdeddaim, 2018).

L'aire de répartition naturelle de la majorité des jujubiers se situe entre 20° et 30° de latitude (Laamouri *et al.*, 2008).



**Figure 1 :** Aire de distribution de *Zizyphus Lotus* L. en Algérie (Quezel et Santa, 1962)

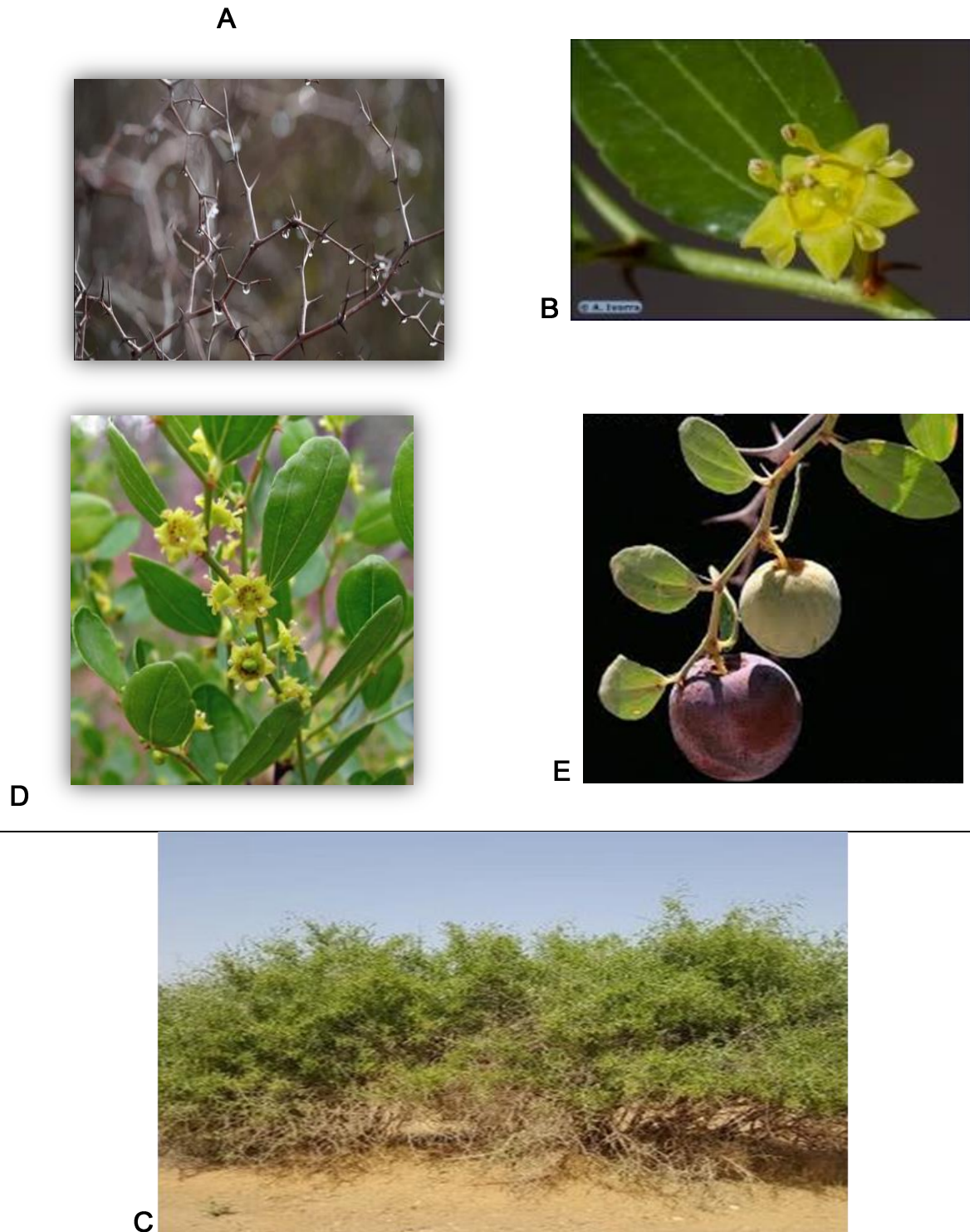
### 1.4. Description botanique de *Z. lotus*

Arbuste épineux et sarmenteux ou buisson atteignant 1-2 m de haut (Fig. 2). Ecorce grise à brune, à tranche rose ou rouge, les rameaux devenant glabre, gris ou blanchâtre, avec des entre nœuds espacés de moins de 1 cm, les épines sont disposées par deux à l'aisselle des feuilles, plus ou moins droites et effilées ; l'une orientée vers le haut atteint 1,8 cm de long, l'autre orientée vers le bas, est un peu plus courte. Les feuilles sont alternes, suborbiculaires, ovales ou elliptiques, de 0,5-1,5 x 0,4- 1,3 cm, à bord finement crénelé, à sommet apiculé acuminé, à base arrondie symétrique. Limbe est plus ou moins glabre dessus, pubescent dessous avec un pétiole de 0,1- 0,2 cm de long et des nervures palmées ; à la base à 3 nervures basales, puis les deux nervures extérieures portant chacune 4-7 nervures tertiaires saillantes, arquées et plus ou moins parallèles entre elles. Les inflorescences sont fasciculées de 2-3 fleurs ou à leur solitaire disposée à l'aisselle des feuilles. Les fleurs sont sub-sessile ou courtement pédicellée, blanc-jaunâtre, de 3-4 mm de diamètre, avec un calice plus ou moins pubescent à 5 dents et une corolle à 5 pétales. Le fruit est de type drupe globuleux, glabre, de 0,8-1cm de diamètre, ocre orangé à maturité, contenant un gros noyau noyé dans une pulpe plus ou moins farineuse (Quezel et Santa, 1962 ; Arbonnier, 2019).

### 1.5. Utilisations de *Z. lotus*

*Z. lotus* est une plante médicinale utilisée traditionnellement comme anti-inflammatoire, antidiabétique, antimicrobienne, antipyrétique et antivirale. La décoction de leur feuilles, fruits et racines utilisés comme traitement de pectorale, sédatif et diurétique ainsi que les feuilles et fruits réduits en poudre et mélangés avec de l'eau ou du lait tiède appliqués comme emplâtre pour le traitement des furoncles (Chahma et Djebbar, 2007).

La poudre du fruit, en décoction, est employée contre les douleurs des reins. Les fruits associés à l'*Herniaria hirsuta* (Kassart lhjar), en décoction, sont utilisés contre les calculs rénaux. La décoction de 2 kg de fruits dans deux litres d'eau, réduite à moitié, est utilisée contre les calculs rénaux. L'écorce de *Z.lotus*, en décoction avec du thé, est prescrite contre la lithiase. La décoction de racines est très appréciée dans le traitement de la lithiase. Les feuilles associées à l'écorce, en décoction, sont utilisées contre la lithiase (Ghourri *et al.* , 2013).



**Figure 2:** Planche botanique de *Zizyphus lotus* (A: Tige à Epines, B : Fleur, C : Arbuste, D : Tige en floraison, E : Tige avec fruits).



Les feuilles sèches, pulvérisées au mortier, sont utilisées par les malékites, du fait de leurs propriétés saponifiantes, pour laver les morts. La racine écrasée et exprimée laisse couler un jus qui serait efficace dans les cas de leucomes oculaires (Ghedira, 2013).

### 2. Les principes actifs

Le principe actif (P.A) est une molécule contenue dans une drogue végétale ou dans une préparation à base d'une drogue végétale et qui est utilisé dans la fabrication des médicaments (Pelt, 1980). Les principes actifs ou le principe actif d'une plante médicinale sont des composants naturels présents dans celle-ci. Ils confèrent à la plante son activité thérapeutique. Bien que souvent en quantité extrêmement faible dans la plante (ne représentant à peine que quelques % du poids total de celle-ci), ces composants en sont l'élément essentiel. On retrouve les principes actifs dans toutes les parties de la plante, mais de manière inégale. Et dans une même plante, tous les PA n'ont pas les mêmes propriétés. Chez certaines plantes, une partie de la plante seulement peut être utilisée. Exemple: seule la racine du ginseng contient des substances tonifiantes. Le P.A. présente un intérêt thérapeutique curatif ou préventif pour l'homme ou l'animal. Il est issu de des plantes fraîches ou des séchées. Parmi les parties utilisées: les feuilles, fleurs, racines, écorces, sommités fleuries ou encore les graines (Benghanou, 2012). Par opposition aux métabolites primaires - essentiels dans le développement et la croissance de la plante-, les métabolites secondaires participent quant à elle à l'adaptation de la plante avec son environnement, ainsi qu'à la tolérance contre les chocs (variation de la température, rayons UV de la lumière, insectes nocifs, ...) (Sarni-Manchado et Cheynier, 2006).

#### 2.1. Les composés phénoliques

Les composés phénoliques forment le groupe des composés phytochimiques le plus important des plantes. Ils présentent près de 8000 molécules divisées en une dizaine de classes chimiques (Stalikas, 2007). Chaque classe est caractérisée par la présence d'un noyau benzoïque auquel un ou plusieurs groupes hydroxyles sont directement liés (Macheix *et al.*, 2005).

#### 2.2. Classification des composés phénoliques

Les composés phénoliques peuvent être classés selon la complexité, le degré et les liaisons possibles du squelette de base avec d'autres molécules (Tab. 1) (Macheix *et al.*, 2005).

**Tableau 1 :** Les principales classes des composés phénoliques

Squelette carboné	Classe	Exemple	Origine (exemple)
$C_n$	Phénols simples	Catéchol	
$C_7-C_1$	Acides hydroxybenzoïques	<i>p</i> -Hydroxybenzoïque	Epices, fraise
$C_6-C_3$	Acides hydroxycinnamiques Coumarines	Acides caféique, férulique Scopolétine, esculétine	Pomme de terre, pomme Citrus
$C_6-C_4$	Naphtoquinones	Juglone	Noix
$C_6-C_2-C_6$	Stilbènes	Resvératrol	Vigne
$C_6-C_3-C_6$	Flavonoïdes • Flavonols • Anthocyanes • Flavanols • Flavanones Isoflavonoïdes	Kaempférol, quercétine Cyanidine, pélargonidine Catéchine, épicatechine Naringénine Daidzéine	Fruits, légumes, fleurs Fleurs, fruits rouges Pomme, raisin Citrus Soja, pois
$(C_4-C_3)_2$	Lignanes	Pinorésinol	Pin
$(C_4-C_3)_n$	Lignines		Bois, noyau des fruits
$(C_{15})_n$	Tannins		Raisin rouge, kaki

(Macheix *et al.*, 2005)

### 2.2.1. Les flavonoïdes

Les flavonoïdes sont des pigments naturels responsables de la coloration des feuilles, des fleurs et les fruits. Ils sont très répandus chez les végétaux (Roux et Catier, 2007). Ces pigments sont répartis en plusieurs familles dont les plus importantes sont les flavones et les isoflavones (Causse, 2005). Ils présentent plus que 9000 structures et ont comme structure de base deux noyaux aromatiques reliés par 3 carbones (Bruneton, 2009)(Fig. 3). Plusieurs études ont montré que les flavonoïdes permettent la réduction du taux du cholestérol (Causse, 2005).

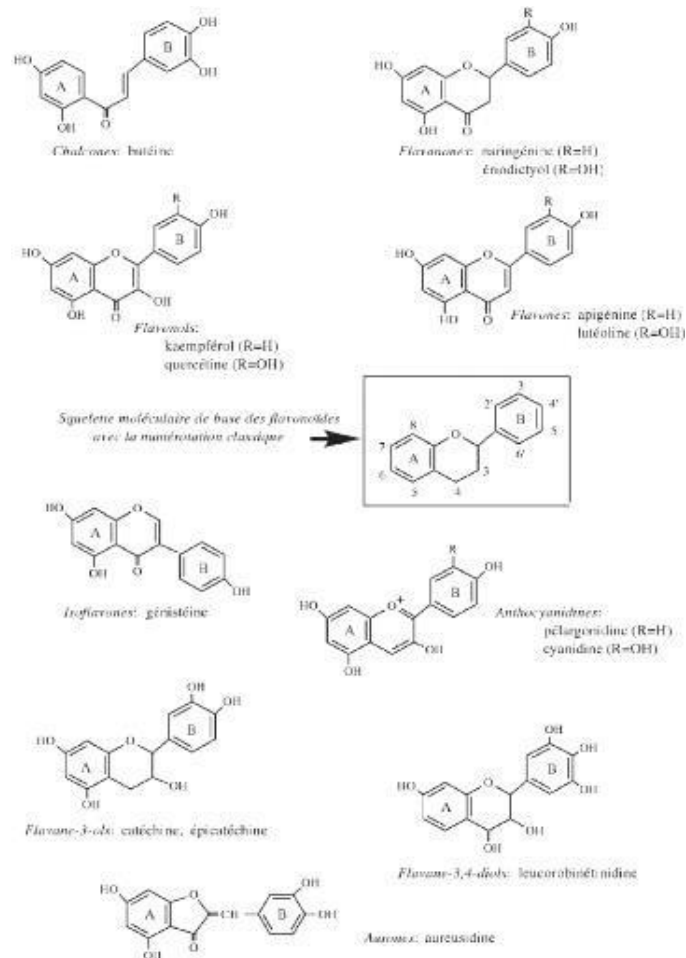


Figure 3: Les principales classes des flavonoïdes (Macheix *et al.*, 2005)

### 2.2.2. Les tanins

Les tanins sont responsables de l'aspect astringent (Macheix *et al.*, 2005). Ils sont combinés aux alcaloïdes et aux protéines dans les différents organes de la plante (Fraga *et al.*, 2010). Ces composés qui confèrent des réactions de condensation avec les anthocyanes présentent un pouvoir antiseptique qui gêne le développement de certains microorganismes. On distingue chez les végétaux deux groupes de tanins:

- \* Les tanins hydrolysables qui sont des polyesters de glucides et d'acides phénoliques (Grundhöfer *et al.*, 2001)
- \* Les tanins condensés qui sont nommés également tanins catéchiques ou proanthocyanidols. Ils ne sont pas hydrolysables. Leurs structures qui ne présentent pas de sucre se rapprochent de celle des flavonoïdes (Hurabielle et Paris, 1981).

### 3. Activité antioxydante

*Z. lotus* est riche en composés antioxydants tels que les acides phénoliques et les flavonoïdes, ces composants préviennent le stress oxydatif (Mothana, 2011). Les recherches réalisées par Benammar et ses collègues (2014) confirment la richesse de la plante en polyphénols et en flavonoïdes, qui présentent des propriétés antioxydants in vitro. D'autres travaux mentionnent que l'acide oléique des fruits du jujubier est responsable des propriétés antioxydantes (Ochoa *et al.*, 2002). D'autre part, une étude réalisée par Benammar *et al.* (2014), dans l'objet de déterminer les effets antidiabétiques et antioxydants des extraits des feuilles de *Z. lotus* chez des rats wistar diabétique révèle un effet hypoglycémiant qui est associées a une augmentation du statut antioxydant.

# **Chapitre 2 :**

## **Matériel et Méthodes**

### 1. Zone d'étude

#### 1.1 Situation géographique de la wilaya de Tébessa

La wilaya de Tébessa se situe à l'extrémité de l'Est Algérien, aux portes du désert, à environ 230 Km au Sud d'Annaba, à 200 Km au Sud de Constantine et à environ 330 Km au Nord d'el Oued, avec une surface de 13 878 Km<sup>2</sup>, elle se rattache naturellement à l'immense étendue steppique du pays. Elle est limitée au Nord par la wilaya de Souk-Ahras, à l'Ouest par la wilaya d'Oum El Bouaghi et Khenchela, au Sud par la wilaya d'El Oued et à l'Est, sur 300 Km de frontières avec la Tunisie (Fig.4).

#### 1.2 Climat général

D'après les données météorologiques recueillies au niveau de la station météorologique locale, Tébessa fait partie du haut plateau tellien de l'étage bioclimatique semi-aride caractérisée par un hiver froid et un été chaud avec une température moyenne de l'ordre de 15,34 C°, avec un maximum au mois de juillet de 25,1 °C et un minimum au mois de janvier 9,0 C°. L'humidité relative (moyenne annuelle) est de 59,07%, elle atteint des valeurs maximales durant les périodes d'hiver et de printemps (Annexes 1 et 2).

La wilaya de Tébessa comporte trois étages bioclimatiques, avec une prédominance du subaride au centre qui occupe 57% de la superficie totale. Ces différents étages sont les suivants :

##### a. Le semi-aride

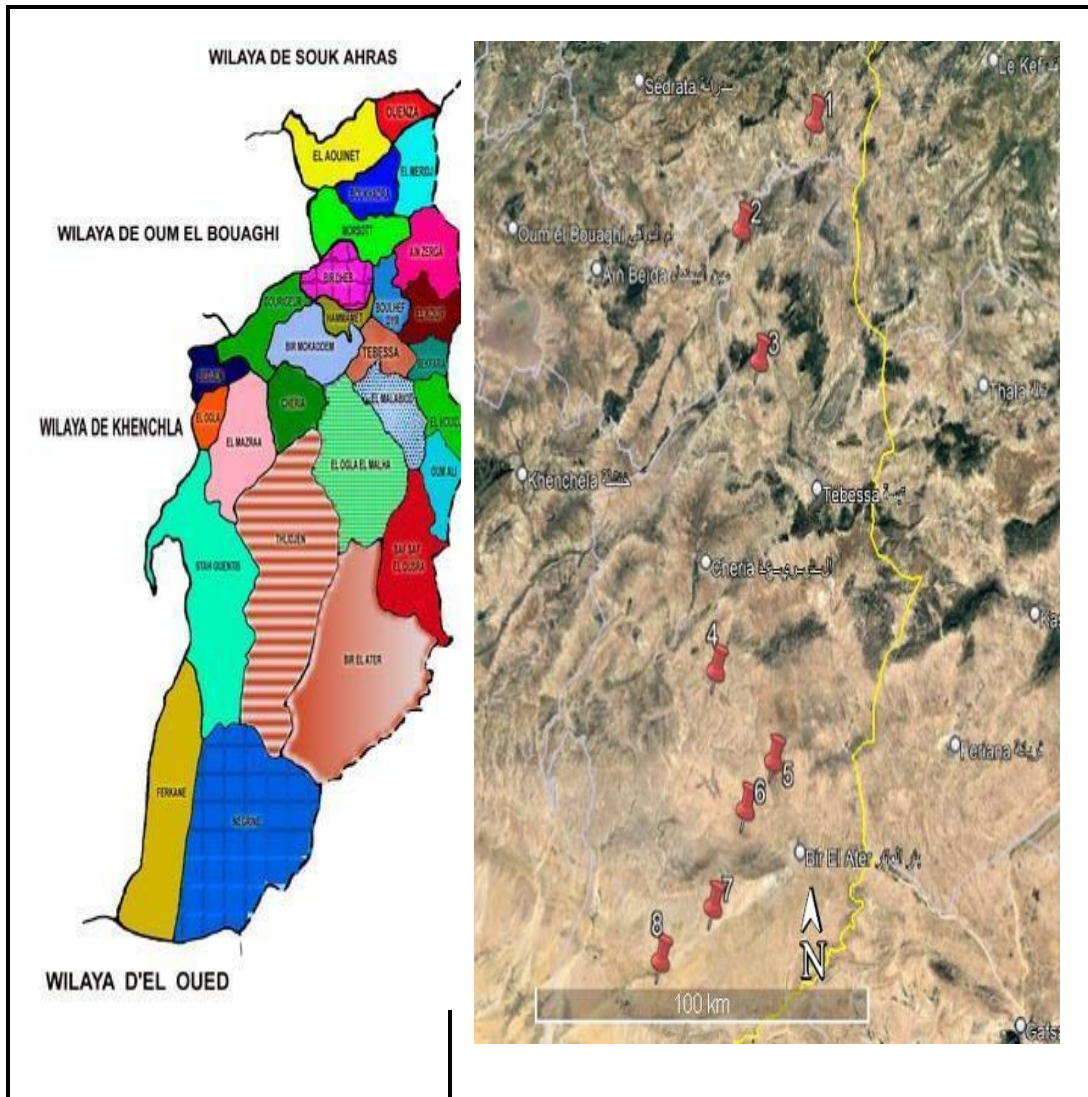
Il est caractérisé par un climat frais, il concerne principalement la partie nord de la wilaya, particulièrement les lignes de hauteurs où les précipitations sont, relativement, importantes et comprises entre 350 et 400 mm. Cet étage bioclimatique concerne 585,625 hectares soit 27% de l'ensemble de la wilaya.

##### b. Le sub-aride

Il concerne la partie centrale de la wilaya où les précipitations sont comprises entre 150 et 350 mm, il occupe 58% de la superficie de la wilaya.

##### c. L'aride

Il occupe la partie sud de la wilaya, et correspond essentiellement au piémont saharien où les précipitations ne dépassent pas les 150 mm par an. Ce domaine occupe 15% de la superficie totale de la wilaya.



**Figure 4 :** Carte de la wilaya de Tébessa et répartition des sites d'échantillonnage de *Zizyphus lotus* (Google Earth, 2022)

### 1.3 Sites d'échantillonnage

Dans un objectif comparatif des composés phenoliques, les échantillons de *Z. lotus* ont été pris tous le long des étages climatiques de la wilaya de Tébessa (Fig. 2 et Tab. 2).

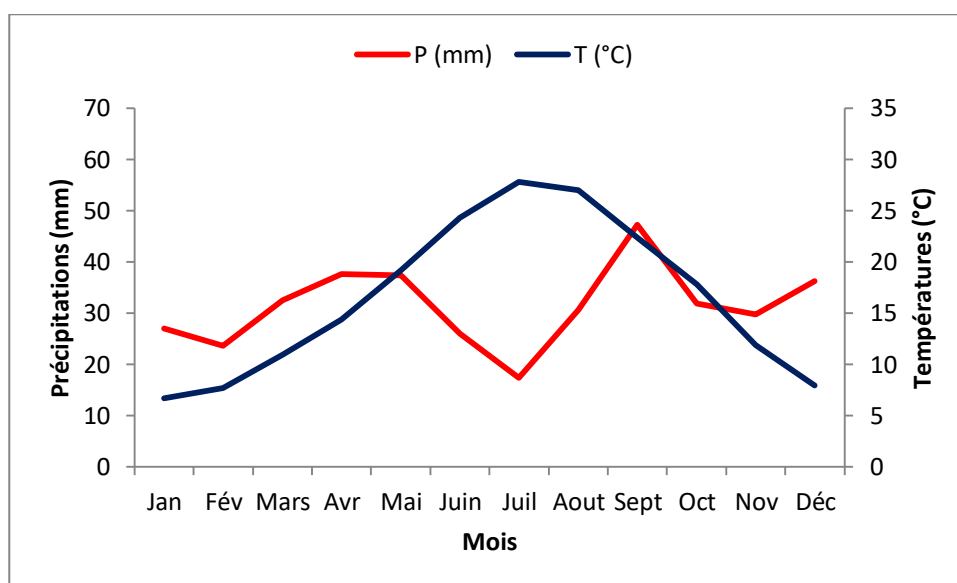
**Tableau 2 :** Coordonnées géographiques des sites d'échantillonnage de *Z. lotus* dans la wilaya de Tébessa.

Lieu	Latitude	Longitude	Altitude (m)
Site 1 Ouenza	36° 1'0.14" N	8° 6'49.65" E	560
Site 2 EL Aouinet	35°49'23.16" N	7°52'2.41" E	717
Site 3 Morsott	35°35'26.00" N	7°55'44.90" E	821
Site 4 Thlidgène	35° 2'3.43" N	7°47'6.56" E	1002
Site 5 Ouenza	34°52'16.09" N	7°58'20.30" E	950
Site 6 Bir El Ater Nord	34°47'3.07" N	7°52'47.74" E	841
Site 7 Bir El Ater Sud	34°36'31.40" N	7°46'28.82" E	525
Site 8 Négrine	34°30'39.14" N	7°36'2.79" E	348

**1.4. Données climatiques des sites d'étude**

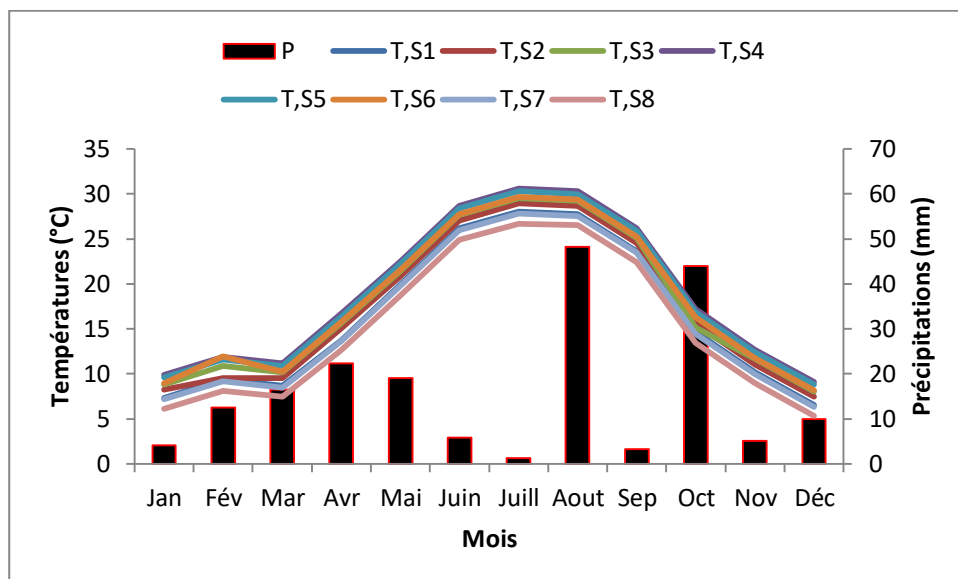
Le diagramme ombrothermique (Fig. 5 et 6) met en évidence deux périodes distinctes. Une période humide qui dure presque 8 mois, allant du début janvier à la mi-mai et de la mi-octobre à la fin décembre, et une saison sèche qui dure 5 mois, s'étalant du mi-mai à la mi-octobre

Diagramme ombrothermique des huit sites d'étude montre qu'il y a une légère différence pour le paramètre température le long de l'année, les précipitations ce marquent par une large variabilité tout le long de l'année.



**Figure 5 :** Diagramme ombrothermique de la région de Tébessa de 2000 à 2021.





**Figure 6 :** Diagramme ombrothermique de la région de Tébéssa de l'année 2021 avec les températures moyennes mensuelles de chaque station .

### 2. Matériel végétal et préparation des extraits

Le matériel végétal utilisé, dans notre étude est composé de feuilles de *Z. lotus* récoltées entre le 16 et 21 octobre 2021 sur les sites d'échantillonnage.

Après séchages des feuilles, chaque échantillon a été moulu puis conservé dans une boîte hermétiquement fermée (Fig.7).



**Figure 7:** Photos de feuilles sèches de *Z. lotus* (A) et leur broyat (B).

### 2.1. Extrait aqueux

L'extrait aqueux est préparé à partir de 2,5 g de poudre des feuilles de *Z. lotus* décoctée dans 50 ml d'eau distillée préalablement chauffée à 105°C pendant 15 min, après laisser refroidir, Le mélange est agité pendant 10 min à l'aide d'un vortex. Les filtrats sont conservés à 4°C jusqu'à leur utilisation.

### 2.2. Extrait alcoolique

Une prise d'essai de 2,5 g de la matière végétale (la poudre fine des feuilles du *Z. lotus*) a été mise dans 50 ml d'éthanol absolu pendant 24 heures à température ambiante à l'obscurité, après agitation du mélange à l'aide d'un vortex pendant 10 min, les filtrats sont conservés à 4°C jusqu'à leur utilisation.

## 3. Analyses quantitatives

Pour chaque site neuf (09) répétitions ont été faites pour chaque dosage.

### 3.1. Dosage des polyphénols totaux

#### a. Principe

Le dosage des polyphénols totaux a été réalisé par la méthode décrite par Singleton et Rossi (1965) en utilisant le réactif Folin-ciocalteu. Le réactif est constitué par un mélange d'acide phospho-tunguistène ( $H_3PW_{12}O_{40}$ ) et d'acide phospho-molybdène ( $H_3PMO_{12}O_{40}$ ) de couleur jaune. Son principe est basé sur l'oxydation des composés phénoliques en milieu alcalin par le réactif Folin-ciocalteu. Cette réaction entraîne la formation d'un nouveau complexe molybdènetunguistène de couleur bleu présentant un maximum d'absorption à une longueur d'onde de 760 nm et dont l'intensité est proportionnelle à la quantité de composés phénoliques présents dans l'échantillon.

#### b. Mode opératoire

Les polyphénols ont été déterminés par spectrophotométrie selon le protocole de Miliauskas *et al.* (2004). 1 ml d'extrait végétal est mélangé avec 5 ml de réactif de Folin Ciocalteu dilué 10 fois (2M). Après 4min, on ajouté 4 ml de carbonate de sodium ( $Na_2CO_3$ : 75 g/l) sont additionnés au milieu réactionnel. Après 1 heure d'incubation à température ambiante et à l'obscurité, l'absorbance est mesurée à 765 nm par un spectrophotomètre. La concentration des polyphénols totaux est calculée à partir de l'équation de régression de la gamme d'étalonnage établie avec l'acide gallique (0-

200µg/ml) et est exprimée en µg d'équivalent d'acide gallique par milligramme d'extrait (µg EAG/mg d'extrait) (Annexe 3.1).

### 3.2. Dosage des flavonoïdes

#### a. Principe

La quantification des flavonoïdes a été effectuée par une méthode basée sur la formation de complexes entre les composés phénoliques et le trichlorure d'aluminium. Les flavonoïdes possèdent un groupement hydroxyle (OH) libre, en position 5 qui est susceptible de donner avec le groupement CO, un complexe coloré en présence du chlorure d'aluminium. Les flavonoïdes forment des complexes jaunâtres par chélation des métaux (fer Et aluminium). Ceci traduit le fait que le métal (Al) perd deux électrons pour s'unir à deux Atomes d'oxygène de la molécule phénolique agissant comme donneur d'électrons (Djeridane *et al.*, 2006).

#### b. Mode opératoire

1ml de la solution de chaque extrait ont été ajoutés à 1 ml de chlorure d'aluminium (AlCl<sub>3</sub>) à 2% (dissout dans le méthanol pur). Le mélange a été incubé à température ambiante et à l'obscurité pendant 10 minutes. L'absorbance a été lue à une longueur d'onde de 430 nm par spectrophotométrie. La concentration des flavonoïdes est déduite à partir d'une gamme d'étalonnage établie avec la catéchine (0-40 mg/ml) et est exprimée en microgramme d'équivalent de catéchine par milligramme d'extrait (mg EQ/mg d'extrait) (Annexe 3.2).

### 3.3. Dosage des tanins condensés

#### a. Principe

Selon Price *et al.* (1978) le dosage des tanins condensés se fait par la méthode colorimétrique basée sur la dépolymérisation des tanins condensés en présence d'acide sulfurique. Sous l'effet de la vanilline, ces tanins se transforment en anthocyanidols de couleur rouge spécifique.

#### b. Mode opératoire

A 0.4 ml de l'extrait végétal sont additionné 3 ml de vanilline (4 %) et 1,5 ml de HCl concentré. Après 15 min d'incubation à une température ambiante, l'absorbance est mesurée à 500 nm. Une gamme d'étalonnage établie avec l'acide tannique 1g/l, est préparée, dans les mêmes conditions que les échantillons (Annexe 3.3).

### 4. Etude de l'activité antioxydant

#### 4.1. DPPH

##### a. Principe

Le DPPH (2,2 diphényl-1-picrylhydrazyl) est généralement le réactif le plus utilisé pour l'évaluation rapide et directe de l'activité antioxydante en raison de sa stabilité en forme radicale libre et la simplicité du protocole. Dans ce test les antioxydants réduisent le diphényl picryl-hydrazyl ayant une couleur violette en un composé jaune, le diphényl picryl-hydrazine, dont l'intensité de la couleur est inversement proportionnelle à la capacité des antioxydants présents dans le milieu à donner des protons.

##### b. Mode opératoire

Selon Tekao *et al.* (1994), le test de piégeage du radical libre DPPH : Le test antioxydant a été réalisé avec la méthode au DPPH. 50 µl de chaque solution méthanolique des extraits à différentes concentrations (de 0.001 à 1 mg/ml) sont ajoutés à 2 ml de la solution méthanolique du DPPH (0,04 g/L). Parallèlement, un contrôle négatif est préparé en mélangeant 50 µl de méthanol avec 2 ml de la solution méthanolique de DPPH. La lecture de l'absorbance est faite contre un blanc préparé pour chaque concentration à 517 nm après 30 mn d'incubation à l'obscurité et à température ambiante. Le contrôle positif est représenté par une solution d'un antioxydant standard ; l'acide ascorbique dont l'absorbance a été mesurée dans les mêmes conditions que les échantillons et pour chaque concentration, le test est répété 3 fois.

Les résultats obtenus pour chaque extrait testé sont comparés à ceux obtenus pour l'acide ascorbique pris comme antioxydant standard 0.001 à 10 mg/ml. L'activité antiradicalaire est estimée selon l'équation suivante :

$$\% \text{ d'activité antiradicalaire} = \left[ \frac{\text{Abs contrôle} - \text{Abs échantillon}}{\text{Abs contrôle}} \right] \times 100$$

La concentration efficace de l'échantillon nécessaire pour éliminer le radical DPPH de 50 % (valeur de l'IC50) a été obtenue par analyse de régression linéaire du diagramme de la courbe dose-réponse entre % inhibition et concentrations.

#### 4.2. Pouvoir réducteur du fer (FRAP)

##### a. Principe

Le pouvoir réducteur du fer (Fe<sup>3+</sup>) des extraits est déterminé selon la méthode qui est basée sur la réaction de réduction du (Fe<sup>3+</sup>) présent dans le complexe ferrocyanure de potassium

en (Fe<sup>2+</sup>), la réaction est révélée par le virement de couleur jaune du fer ferrique (Fe<sup>3+</sup>) en couleur bleu vert du fer ferreux (Fe<sup>2+</sup>), l'intensité de cette coloration est mesurée par spectrophotomètre à 700 nm.

### **b. Mode opératoire**

Selon le protocole de Yildirim *et al.* (2001), à 0,4ml de solution de l'extrait à différentes concentrations sont ajoutés 1ml de tampon phosphate (0,2M : pH 6,6) et 1ml de solution de ferricyanure de potassium K<sub>3</sub>Fe(CN)<sub>6</sub> à 1%, L'ensemble est incubé à 50 °C pendant 20 minutes, la réaction est stoppée par l'addition de 1ml d'acide trichloracétique (10%). Centrifugation 3000 tours pendant 10min, 1 ml de surnageant est ajouté à 1 ml d'eau distillée et 200 µl d'une solution de FeCl<sub>3</sub> (0.1 %), l'absorbance du milieu réactionnel est mesurée à 700 nm contre un blanc semblablement préparé, en remplaçant l'extrait par l'eau distillée ou le méthanol. Le contrôle positif est représenté par l'acide ascorbique.

L'augmentation de l'absorbance dans le milieu réactionnel indique l'augmentation de la réduction de fer.

La concentration IC<sub>50</sub> qui est définie comme la concentration des antioxydants nécessaire pour réduire 50% de la concentration initiale du thiocyanate ferrique est un indice utilisé pour comparer et exprimer la puissance des capacités réductrices des substances bioactives.

## **5. Caractéristiques pédologiques**

L'analyse du sol a été assurée par le laboratoire de FERTIAL d'Annaba. Les paramètres suivants ont été mesurés pour les échantillons prélevés des différents sites d'étude :

- Texture
- Conductivité électrique (salinité)
- pH
- Calcaire total
- Carbonate
- Azote total
- Phosphore assimilable (méthode Olsen)

Les normes de comparaison pour chaque paramètre pédologique sont en annexe 4.

Pour le dosage du carbone, ce dernier a été effectué au laboratoire de Tébessa.

### a. Principe

On oxyde le carbone organique (C) d'un échantillon avec le bichromate de potassium en excès (en milieu acide). L'excès de bichromate non réduit par le carbone organique est alors titré par une solution de sels de Mohr (le sulfate ferreux). Ce titrage se fait en présence d'un indicateur coloré, la diphénylamine qui vire au vert foncé lorsque l'excès de bichromate est réduit (Méthode Anne, 1945 norme NF ISO 31 109).

### b. Mode opératoire

A 1 g de sol tamisé est ajouté 10 ml de bichromate de potassium et 15 ml acide sulfurique puis porter à ébullition pendant 5 mn. Après refroidissement, transvaser dans une fiole et ajouter à 100 ml les eaux de rinçage de l'eren. Prélever 20ml dans un bécher et diluer avec 100ml d'eau distillée. 1 g de NaF et 3 à 4 gouttes de diphénylamine sont ajoutés. Le sol est titré avec le sel de Mohr (sulfate de fer et d'ammonium) à 0,2 N. La solution de couleur brun-noirâtre virera au vert (X ml de sel de Mohr).

Témoin (Y) : suivre les mêmes étapes sans le sol.

$$\% C = (Y-X) \times 6,15 \times (100/20) \times (100 /p) \times 1/1000.$$

Y= quantité de sels de Mohr ajouté

P= poids du sol (g)

A partir du dosage du carbone, la matière organique du sol est calculée selon la formule ci-dessous :

$$\text{MO (\%)} = C \times 1,72.$$

Les tableaux de référence pour les paramètres pédologiques sont en Annexes.

## 6. Matière organique des feuilles de *Z.lotus*

Le but est de déterminer la teneur en matières minérales dans les feuilles, de façon à calculer la quantité de matière organique (MO). Elle représente la différence entre la MS et les matières minérales (MM) ; Donc : **MM = MS – MO**

La minéralisation est faite à 550°C dans un four à moufle dans le but de détruire la matière organique. Le travail est effectué sur le végétal broyé. Les cendres représentent le poids des minéraux dans la plante.

### 7. Analyse statistique

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

# **Chapitre 3 :**

## **Résultats**



### 1. Paramètres pédologiques

#### 1.1. Texture du sol

Plusieurs classes texturales ont été définies, correspondant chacune à des proportions spécifiques des trois principales fractions granulométriques : argiles, limons et sables. Nous avons noté une texture limoneuse pour l'ensemble des échantillons (Tab.4).

#### 1.2. Conductivité électrique

Les valeurs moyennes obtenues pour la conductivité électrique sont de l'ordre de 0.25 à 1.76 mS/cm (Tab. 4). Les résultats montrent que les sols des huit sites d'étude sont dure non salé à légèrement salé (sites 4 et 8). L'ANOVA montre une différence très hautement significative entre les sites d'étude avec  $P < 0,001$  et le test de Tukey montre ns cinq groupes homogènes (Annexe 5.1).

#### 1.3. pH

Selon le tableau 4 les valeurs moyennes du pH de la solution du sol des huit sites d'étude varient entre 7.67 site 4 et 8,14 site 2 cette dernière n'est pas considérée comme majeur vu le gardian climatique de wilaya de Tébessa D'après l'échelle internationale, les valeurs témoignent généralement d'un sol alcalin.

D'après l'analyse de la variance, ces résultats montrent que la différence entre les sites est très hautement significative et par le test de Tukey nous avons cinq groupes homogènes (Annexe 5.2).

#### 1.4. Carbonates

Les teneurs en carbonates varient de 1,86 (site 8) et 35,20 % (site 4) (Tab. 4). L'analyse statistique montre une différence très hautement significative et le test de Tukey révèle cinq groupes homogènes (Annexe 5.3)

#### 1.5. Carbone organique

Les résultats d'analyse oscillent entre 1.73 et 2.34 % pour les sites 2 et 7 respectivement (Tab. 4). La quantité de carbone organique est très L'analyse statistique révèle une diffirance très hautement significative entre les huit sites d'étude (Annexe 5.4).

### **1.6. Azote total**

On note une légère différence pour les teneurs d'azote totale dans les huit sites d'étude, les valeurs obtenus oscillent entre 0.08 et 0.18%. L'analyse statistique montre que la différence est non significative (Annexe 5.5).

### **1.7. Phosphore assimilable**

Les teneurs en phosphore assimilable varient d'un site à un autre et sont entre 12 et 39.2 ppm. L'analyse statistique montre qu'il y a une différence très hautement significative (Annexe 5.6)

### **1.8. Rapport C/N**

Le rapport C/N pour nos échantillons est de 10.83 à 25.63. L'analyse statistique montre qu'il y a une différence très hautement significative entre les sites d'étude (Annexe 5.7).

**Tableau 3** : Valeurs moyennes des caractères pédologiques des sites d'étude de *Z. lotus*.

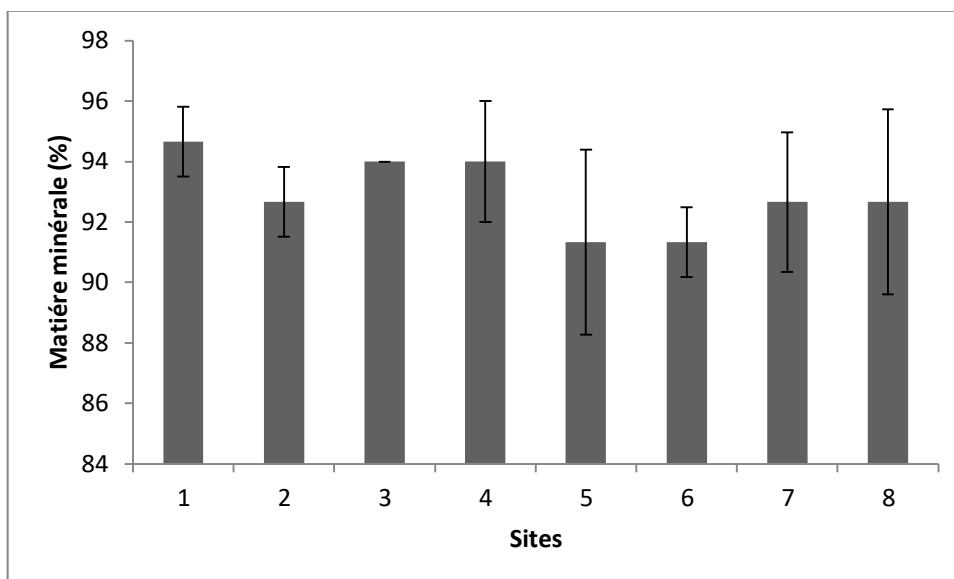
Paramètre	Site 1	Site 2	Site 3	Site 4	Site 5	Site 6	Site 7	Site 8	F
Texture	limoneuse	limoneuse	limoneuse	limoneuse	limoneuse	limoneuse	limoneuse	Limoneuse	/
Limon (%)	44	44	32	28	32	28	36	44	
Sable (%)	32	44	44	48	44	48	40	40	
Argile (%)	24	12	24	24	24	24	24	16	
C.E (1/5) (mS/cm)	0.41 ± 0,03 d	0.26 ± 0,06 e	0.5 ± 0,05 d	1.76 ± 0,07 a	0.42 ± 0,01 d	0.25 ± 0,05 e	0.64 ± 0,04 c	1.37 ± 0,06 B	** *
pH(1/5)	8.07 ± 0.01 b	8.14 ± 0.02 a	7.87 ± 0.02 c	7.67 ± 0.04 e	8.03 ± 0.04 b	8.09 ± 0.03 b	7.77 ± 0.01 d	7.73 ± 0.03 D	** *
CaCO <sub>3</sub> (%)	6,44 ± 0,06	24,31 ± 3,2	7,83 ± 3,1	35,20 ± 6,3	7,96 ± 0,32	6,12 ± 0,25	6,65 ± 0,65	1,86 ± 0,02	** *
C.A (%)	/	10,32 ± 1,2	/	19, 20 ± 2,1	/	/	/	/	**
C.O (%)	1,97 ± 0,17 abc	1,73 ± 0,07 c	2,05 ± 0,09 abc	2,3 ± 0,22 abc	1,89 ± 0,09 a	1,89 ± 0,07 bc	2,34 ± 0,3 ab	1,76 ± 0,15 C	** *
Azote total (%)	0,15 ± 0,03	0,16 ± 0,02	0,13 ± 0,02	0,08 ± 0,01	0,14 ± 0,03	0,09 ± 0,01	0,18 ± 0,02	0,10 ± 0,01	N S
P.A (ppm)	20 ± 0,89 d	12 ± 0,09 e	33.2 ± 2,3 cb	16.8 ± 0,21 ed	35 ± 2,11 cb	30 ± 2,4 c	39.2 ± 4,28 b	16 ± 1,18 Ed	** *
C/N	13,12 ± 1,09 ed	10,83 ± 0,9 e	15,77 ± 0,6 dc	25,63 ± 0,15 a	16,91 ± 0,08 c	20,96 ± 0,8 b	12,98 ± 0,3 e	17,63 ± 0,2 c	

[± écart-type .Lettres alphabétiques : groupes homogènes test Tukey au seuil  $\alpha$  0.05.

## 2. Analyses quantitaves

### 2.1. Matière organique des feuilles

Les histogrammes de la figure 8 illustrent les teneurs de la matière organique des feuilles de *Z. lotus* au niveau des huit sites d'étude. Les moyennes de ce paramètre avaient varié de 91,33 et 94,66 %. Une variation non importante et non significative souligné par l'analyse de la variance (Annexe 6).



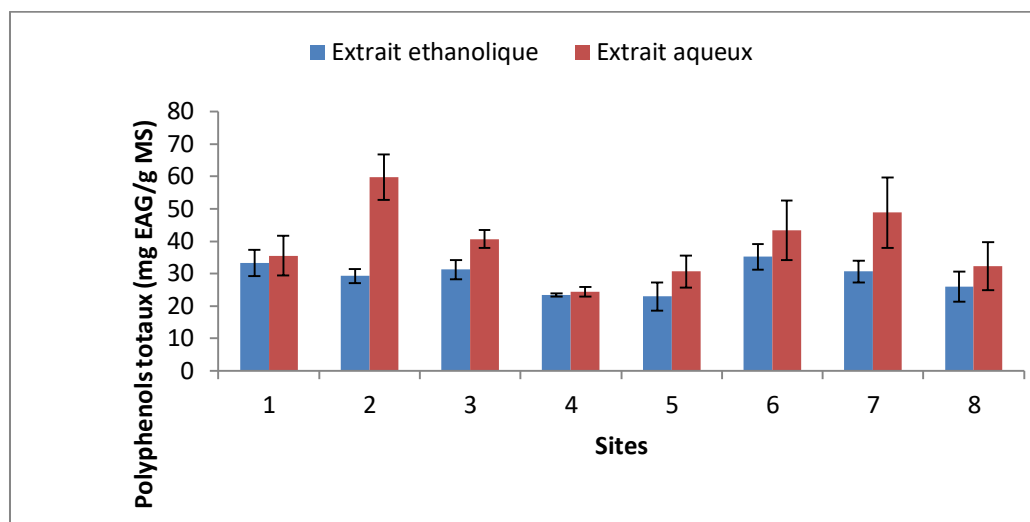
**Figure 8 :** Teneurs en matière organique des feuilles de *Z. lotus* au niveau des huit sites d'études à Tébessa

### 2.2. Les polyphénols totaux

La figure 9 affiche la variation du taux de polyphénols, chez l'espèce étudiées *Z. lotus* et ce en fonction de deux variable ; à savoir le mode d'extraction (éthanolique ou aqueux) et les sites d'échantillonnage de la plante.

Les résultats montrent un meilleur rendement pour l'extraction des polyphénols par l'extrait aqueux, tous sites confondus. En effet, les valeurs enregistrées confirment cette constatations avec une nette différence pour le site 2 et avec 29,29 et 59,79 mg EAG/g MS respectivement pour l'extrait aqueux et éthanolique la différence la moins marquante est au niveau du site 4 presque égale avec 23.39 et 24,32 mg EAG/g MS respectivement pour l'extrait aqueux et éthanolique.

Pour l'extrait aqueux et éthanoliques l'analyse statistique (ANOVA) révèle une différence très hautement significative entre les sites d'étude avec  $P < 0,001$ . Le test de Tukey met en évidence cinq groupes homogènes le premier extrait et six pour le deuxième (Annexe 6.1).

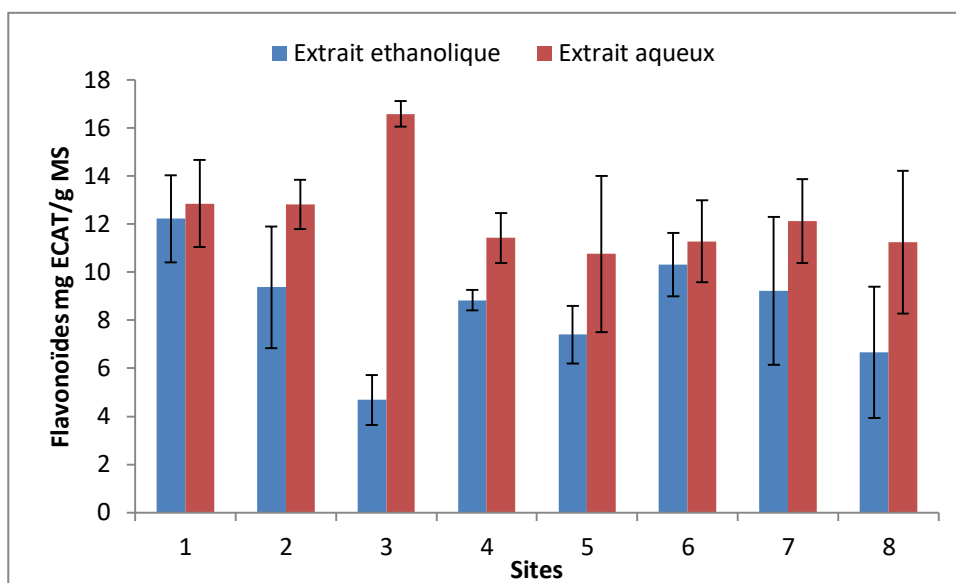


**Figure 9:** Teneurs en polyphénols totaux chez *Z. lotus* en fonction du type d'extraction (éthanolique et aqueux) et des sites (1 : Ouenza 2 : El Aouinet 3 : Morsott 4 : Thlidgène 5 : Oglal El malha 6 : Bir El Ater 7 : Bir El Ater 8 : Négrine ).

### 2.3. Les flavonoïdes totaux

La figure ci-dessous (10) montre la variation de la teneur en flavonoïde totaux en fonction des sites d'échantillonnage et du mode d'extraction.

Le facteur mode d'extraction de flavonoïdes présente une nette différence entre les deux l'extrait aqueux éthanolique. Une supériorité général des extrait aqueux mis en évidence par l'analyse statistique avec une déférence très hautement significative avec  $F_{obs} = 41.99$ . Il est à signalé que, paradoxalement le rendement le plus élevé en flavonoïdes est de 16,58 mg EAG/g MS (extrait aqueux) et aussi le plus bas 4,68 mg EAG/g de MS (Extrait éthanoliques) ont été enregistrés au niveau du même site 3. Concernant le facteur site d'échantillonnage, l'analyse statistique met en évidence une différence très hautement significative ( $p < 0,001$ ). En effet les teneurs en flavonoïde vari entre les 8 sites d'études où la valeur moyenne maximale a été enregistrée au niveau du site 1 du Nord (Ouenza) et la valeur moyenne minimale a été enregistrée au niveau de site 8 située au Sud (Négrine). Le test de Tukey met en évidence cinq groupes homogènes le premier extrait et six pour le deuxième (Annexe 6.2).

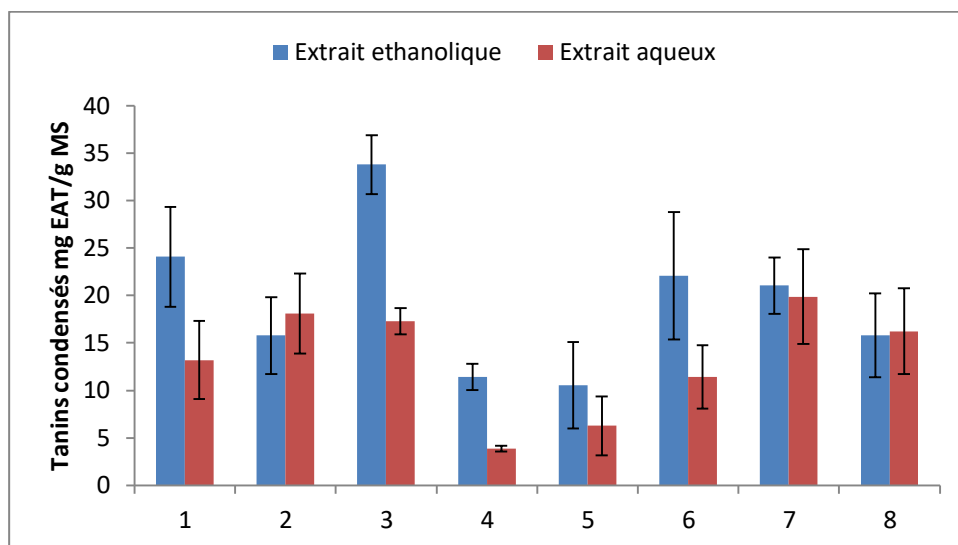


**Figure 10:** Teneurs en flavonoïdes chez *Z.lotus* en fonction du type d'extraction (éthanolique et aqueux) et des sites (1 : Ouenza 2 : El Aouinet 3 : Morsott 4 : Thlidgène 5 : Ogl El malha 6 : Bir El Ater 7 : Bir El Ater 8 : Négrine ).

## 2.4 Les tannins condensés

Les résultats de la variation de la teneur en tannins condensés montrent que pour la majorité des cas, le rendement de l'extraction en mode alcoolique est plus important qu'avec le mode aqueux (Fig. 11). Il est à noter que dans cet essai les valeurs de ce paramètre pour les extraits aqueux oscillaient entre un 3,8521 et 19,885 mg EC/g de MS et pour les extraits éthanoliques oscillaient entre 10,531 et 33,821 mg EC/g de MS.

L'extraction du tannin diffère des deux autres métabolites secondaires (Polyphénols et Flavonoïdes) où son rendement lors d'extraction alcoolique est plus supérieur par rapport à l'extraction aqueuse. Les valeurs des tannins condensés sont plus élevées dans les extraits polaires éthanoliques par rapport aux extraits aqueux. Il est à préciser que, le site 3 correspond au taux le plus important avec une valeur de 33,8 mg EC/g de MS de l'extrait éthanolique et le site 4 correspond au taux le plus faible avec une valeur de 3,85 mg EC/g de MS de l'extrait aqueux. Pour l'extrait aqueux et éthanoliques l'analyse statistique (ANOVA) révèle une différence très hautement significative entre les sites d'étude avec  $P < 0,001$ . Le test de Tukey met en évidence cinq groupes homogènes le premier extrait et six pour le deuxième (Annexe 6.3).



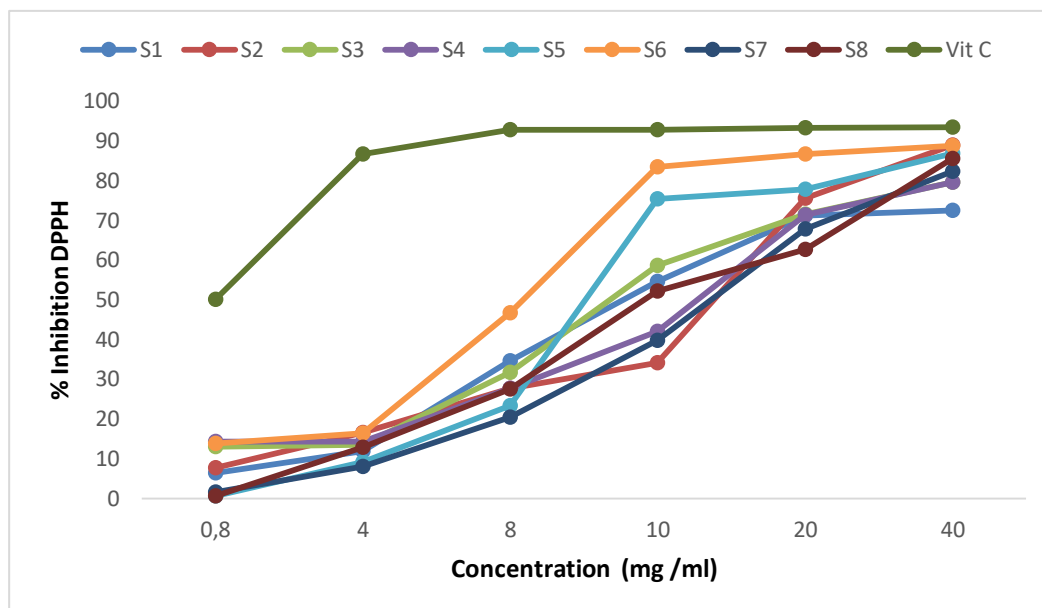
**Figure 11:** Teneurs en Tanins condensés chez *Z.lotus* en fonction du type d'extraction (éthanolique et aqueux) et des sites (1 : Ouenza 2 : El Aouinet 3 : Morsott 4 : Thlidgène 5 : Oglha El malha 6 : Bir El Ater 7 : Bir El Ater 8 : Négrine ).

### 3.3. Activité antioxydant

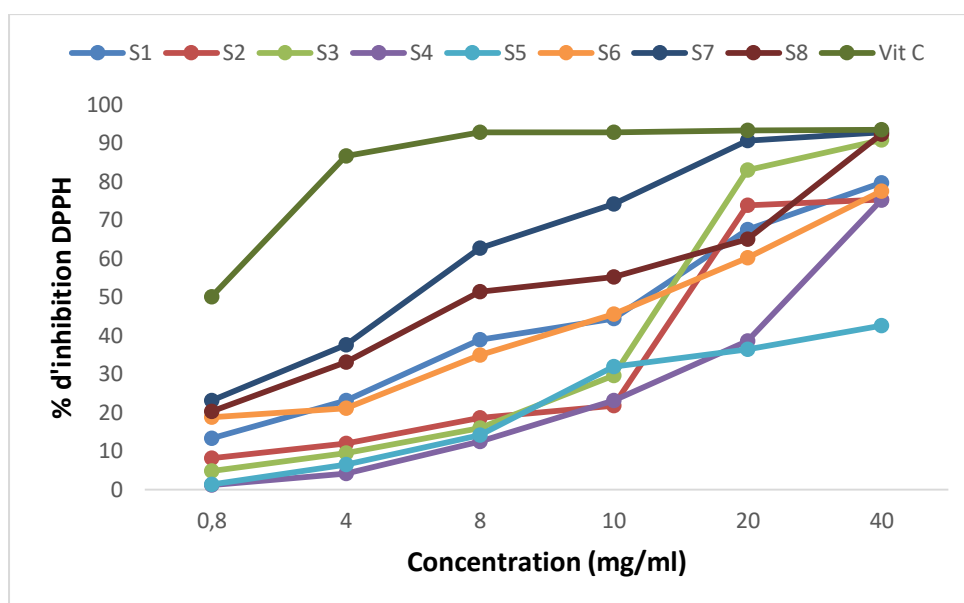
#### 3.3.1. DPPH

Les profils d'activité anti radicalaire obtenus (Fig. 12 et 13) révèlent que les extraits de *Z.lotus* possèdent une activité antioxydante concentration dépendante. Le taux d'inhibition des huit sites d'étude est inférieur à celui de l'acide ascorbique dans les deux extraits (aqueux et éthanolique). Pour mieux caractériser le pouvoir antioxydant, les paramètres IC<sub>50</sub> et R<sup>2</sup> sont illustrés par le tableau 4

La valeur IC<sub>50</sub> de l'acide ascorbique est de 0.34 ce qui met les valeurs de IC 50 de nos extraits en dessus de cette valeur. Plus la valeur est basse plus l'activité antioxydante est bonne. L'extrait aqueux oscille entre 2,59 et 6,61 tous les sites confondus. Pour l'extrait éthanolique aussi les valeurs sont en dessus de la valeur du standard de 2,59 à 6,61



**Figure 12 :** Courbes d'inhibition du radical DPPH de l'acide ascorbique (mg/ml) et des extraits éthanoliques (mg MS/ml) de *Zizyphus lotus* dans huit sites de la wilaya de Tébessa.



**Figure 13 :** Pourcentage d'inhibition du radical libre DPPH de l'acide ascorbique (mg/ml) et des extraits aqueux (mg MS/ml) de *Z. lotus* dans huit sites de la wilaya de Tébessa.



**Tableau 4** : Valeurs de l'IC50 du DPPH des extraits éthanoliques et aqueux de *Zizyphus lotus* dans les huit sites d'étude.

Extraits		Equation	Coefficient de determination (R <sup>2</sup> )	IC50
Ethanoliques	Acide ascorbique	$y = 5,7487x + 52,009$	0,8067	0,34
	S1	$y = 15,105x - 10,942$	0,9564	4,03
	S2	$y = 16,853x - 17,153$	0,9166	3,98
	S3	$y = 15,25x - 8,6773$	0,9519	3,85
	S4	$y = 14,615x - 9,5653$	0,9325	4,07
	S5	$y = 19,728x - 23,532$	0,9072	3,73
	S6	$y = 17,773x - 6,17$	0,8915	3,16
	S7	$y = 17,23x - 23,606$	0,9642	4,27
S8	$y = 17,109x - 19,608$	0,9888	4,07	
Hydriques	Acide ascorbique	$y = 5,7487x + 52,009$	0,8067	0,34
	S1	$y = 13,45x - 2,6096$	0,9798	3.91
	S2	$y = 15,002x - 17,57$	0,8137	4.50
	S3	$y = 18,974x - 27,464$	0,8655	4.08
	S4	$y = 13,807x - 22,558$	0,8656	5.25
	S5	$y = 8,9613x - 9,262$	0,9637	6.61
	S6	$y = 12,034x + 0,8875$	0,9674	4.08
	S7	$y = 14,839x + 11,553$	0,9593	2.59
S8	$y = 13,145x + 6,8331$	0,9547	3.28	

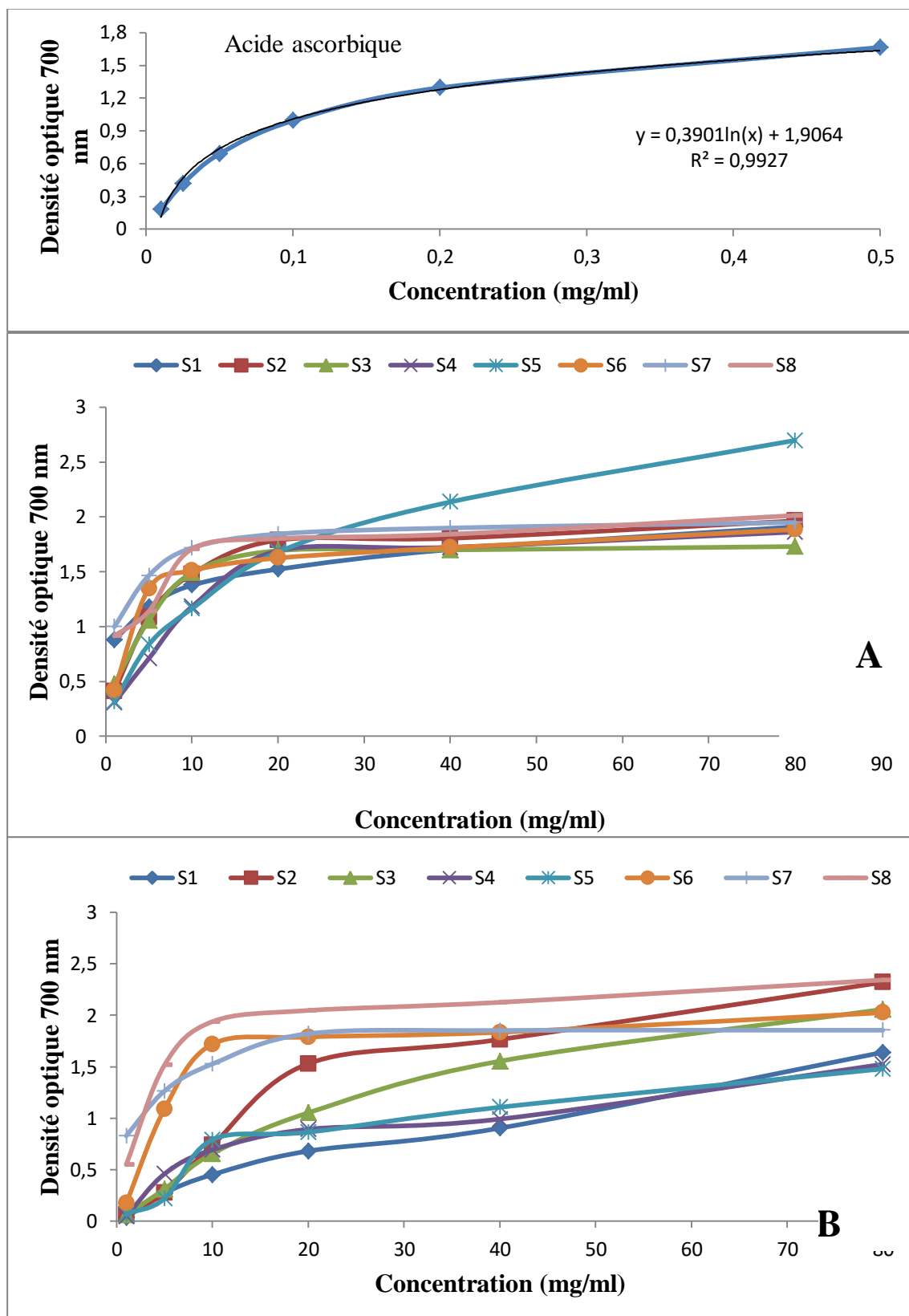
### 3.2. FRAP

Le pouvoir réducteur des deux extraits éthanolique et aqueux de *Z. lotus* a été évalué en utilisant la méthode de FRAP. Cette dernière est un essai simple, universel, rapide et reproductible. La présence des réducteurs dans les extraits des plantes provoque la réduction de Fe<sup>+3</sup> présent dans le complexe ferrocyanure de potassium en (Fe<sup>+2</sup>).

La figure (12) représente une différence entre les deux modes d'extractions (éthanolique et aqueux) et même entre les sites car le pourcentage d'inhibition du pouvoir réducteur des extraits de *Z.lotus* est probablement liée à la présence des groupements hydroxyles dans les composés phénoliques qui peuvent servir comme donneurs d'électrons.

L'extrait aqueux est moins actif que l'extrait éthanolique. Ce qui réaffirme les résultats obtenus, dans le présent travail, avec le radical DPPH.

Le tableaux 5 présente les résultats de l'activité antioxydante FRAP englobant l'équation logarithmique, R<sup>2</sup> et IC<sub>50</sub>. La valeur IC<sub>50</sub> de l'acide ascorbique est de 3.48 ce qui divise les valeurs de IC 50 de nos extraits en deux groupes , en dessus et en dessous de cette valeur. Plus la valeur est basse plus l'activité antioxydante est bonne. L'extrait aqueux oscille entre 1 .077 et 9.249 tous les sites confondus. Les sites 2, 4, 7 et 8 sont entre 1 et 2,7 alors que le reste des sites sont en dessus de la valeur de l'acide ascorbique allant de 4 à 7,8. Pour l'extrait éthanolique on note que les valeurs les plus basses sont entre 1 et 3 pour les sites respectivement 1, 2, 4 et 5 donc plus appréciables que la valeur du standard. Les valeurs les plus élevées du IC<sub>50</sub> sont entre 4 et 7,86. Il apparait que les sites 2 et 4 sont les plus stables avec des valeurs au dessous de l'acide ascorbique pour les deux extraits , alors que les sites 3 et 6 sont aussi stables mais en dessous de la valeur satandard.



**Figure 12 :** Activité antioxydante FRAP de l'acide ascorbique (mg/ml) et des extraits aqueux (A) et éthanoliques (B) (mg MS/ml) de *Z.lotus* dans huit sites de la wilaya de Tébessa.

**Tableau 5:** Equations logarithmiques et  $R^2$  pour l'activité antioxydante FRAP des extraits éthanoliques et aqueux chez *Z.lotus* dans les huit sites d'étude de la wilaya de Tébessa..

Extraits		Equation	Coefficient de détermination ( $R^2$ )	IC50
Ethanoliques	Acide ascorbique	$y = 0,3901 \ln(x) + 1,9064$	0,9927	3,484
	S1	$y = 0,0186 \ln(x) + 0,1792$	0,9681	1,880
	S2	$y = 0,5451 \ln(x) - 0,246$	0,9127	1,077
	S3	$y = 0,4643 \ln(x) - 0,211$	0,9173	9,249
	S4	$y = 0,3128 \ln(x) - 0,0136$	0,9556	2,750
	S5	$y = 0,327 \ln(x) - 0,0617$	0,927	3,075
	S6	$y = 0,2519 \ln(x) + 0,9288$	0,8734	4,003
	S7	$y = 0,255 \ln(x) + 0,8876$	0,9311	4,047
	S8	$y = 0,3976 \ln(x) + 0,7604$	0,9187	6,080
Hydriques	S1	$y = 0,2349 \ln(x) + 0,8413$	0,9926	7,709
	S2	$y = 0,364 \ln(x) + 0,5127$	0,9506	1,107
	S3	$y = 0,3033 \ln(x) + 0,5994$	0,8989	5,452
	S4	$y = 0,3896 \ln(x) + 0,2728$	0,9422	2,703
	S5	$y = 0,5466 \ln(x) + 0,1068$	0,9609	4,386
	S6	$y = 0,3158 \ln(x) + 0,6294$	0,9008	7,860
	S7	$y = 0,2226 \ln(x) + 1,0899$	0,9341	2,655
	S8	$y = 0,2659 \ln(x) + 0,9061$	0,9074	1,531

**Discussion générale**  
**et**  
**Conclusion**

## Discussion générale et conclusion

Notre étude consiste à quantifier quelques principes actifs des feuilles de *Ziziphus lotus* pour huit sites de wilaya de Tébessa (Nord –Sud) et évaluée l'effet de gradient climatique sur le taux de ses principes actifs

L'étude a comporté deux volets, un edapho-climatique permettant de quantifier les paramètres du sol ( pH, salinité, azote..etc) et les paramètres climatiques telles les températures moyennes de chaque site et les précipitations et voir si ces derniers ont une relations directes ou indirectes sur les teneurs des principes actifs étudiés (polyphénols, flavonoides et tanins condensés) et l'activité antioxydante qui sont le deuxième volet de notre contribution.

Le premier paramètre étudié est la texture du sol de chaque site qui a montré que celle-ci est en général limoneuse ; selon Le Villio *et al.* (2001) une texture limoneuse présente des risques d'érosion diffuse si elle contient moins de 15 % d'argile, ce qui n'est pas le cas pour nos sites et semble un substrat adéquat pour cette espèce. En général, les sites sont non salins à légèrement salé (Mathieu *et Pieltain*, 2003 ; Li, 2006), ils se caractérisent par une bonne stabilité structurale et une conductivité électrique basse (Faraoun et Benabdeli, 2010). D'après l'échelle internationale du pH, les valeurs témoignent généralement d'un sol alcalin, ce qui correspond à la nature de la majorité des sols dégradée de la région de Tébessa (Djebaili, 1984). Ce paramètre est principalement affecté par la roche mère (Rezaei et Gilkes, 2005) et aussi au faible lessivage, étant donné les faibles précipitations des régions semi arides (Wezel *et al.*, 2000).

Les résultats de la teneur en carbone organique se sont caractérisés par une variabilité notable, ceci est explicable par le fait qu'ils proviennent de différents sites. La quantité de carbone organique est très variable selon le type de sol mais elle dépend aussi d'autres facteurs : le temps, le climat, la roche parentale et la topographie (Calvet, 2003). La présence de phosphore intervient dans plusieurs phénomènes de la vie végétale Il favorise le développement des racines et donc indirectement, la résistance des plantes à la sécheresse (Pousset, 2002). D'après la classification des sols selon le rapport C/N par Hamouni *et al.* ( 2004), nos sites présente une vie microbienne ralentie d'où le risque d'apparition de carence à cause d'une minéralisation faible.

Le volet végétal qui a débuté par la quantification de la matière organique foliaire a montré des résultats élevés de ceux de Longo-Hammouda *et al.* ( 2007) dont les teneurs de

## Discussion générale et conclusion

ce paramètre pour le pâturage steppique variait de 71 à 88%. Les différences obtenues sur les sites, peuvent être dues à l'âge des individus ou aux facteurs écologiques climatique ou pédologique (Belhadj *et al.*, 2011).

Les résultats des principes actifs montrent, en premier lieu les taux en polyphénols totaux se remarquent par une large variabilité et sont similaires avec les résultats d'El Maaiden (2020) qui évoque lui aussi cette même distinction où la teneur en polyphénols totaux différait d'un extrait à l'autre. En effet le contenu phénolique total des différents extraits variait en fonction du solvant utilisé et sa polarité. Il paraît que cette dernière joue un rôle clé dans l'augmentation de la solubilité phénolique, notant que la valeur phénolique la plus élevée a été observée dans l'extrait aquaeux. La teneur moyenne en polyphénols totaux dans les feuilles est 6,64mg/g (Borgi et Chouchane, 2006) qui est bien inférieure à nos valeurs dû aux modes d'extraction, à l'écophysiologie de la plante, au temps de récolte ...etc.

Des travaux similaires sur la teneur du genre *Ziziphus* à savoir ; *Z. lotus* et *Z. maritiana*, en polyphénols étaient présent à des taux de 20,09 mg/g (Ghalem *et al.*, 2014) et de 12,8 mg/g (Memon *et al.*, 2012) dans les racines et les fruits, respectivement. D'après Choi *et al.* (2011), le contenu phénolique total, chez *Ziziphus lotus*, variait de 1,1 à 2,4 mg/g dans la pulpe et de 3,6 à 4,6 mg/g dans la graine

La richesse des feuilles en composés phénoliques peut être expliquée par le fait que ces composés interviennent dans la protection de cette partie vis-à-vis de différents types de stress (lumineux, hydrique, thermique, salin. etc.) car cette partie est le siège de la photosynthèse (Telli, 2017). Plusieurs facteurs peuvent avoir une influence sur la teneur en composés phénoliques ; des études récentes ont montré que les facteurs extrinsèques (tels que des facteurs géographiques et climatiques, sécheresse, nature du sol, pollution, agressions et maladies), les facteurs génétiques, et également le degré de maturation de la plante et la durée de stockage ont une forte influence sur le contenu en composés phénoliques (Baba Ouyoyb, 2017).

Les flavonoïdes sont extrêmement liées avec les caractéristiques physicochimiques du milieu qui sont également des causes de modifications profondes des spectres d'absorptions et de la solubilité qui dépend non seulement de la polarité du solvant d'extraction mais aussi du nombre et de la position des groupements hydroxyles libres, au

## Discussion générale et conclusion

poids moléculaire et même du nombre, du type et de la position de la liaison des glucides avec les flavonoïdes (Boulkroune *et al.*, 2014 ; Telli *et al.*, 2022 ; Aitfella, 2018).

La variation de la teneur en phénols totaux et en flavonoïde qualitativement et quantitativement d'une plante à autre peut être attribuée à plusieurs facteurs :

Les conditions expérimentales :

la méthode d'extraction et la méthode de quantification peuvent également influencer l'estimation de la teneur des phénols totaux (Lee *et al.*, 2003).

Facteurs climatiques et environnementaux: la zone géographique, sécheresse, sol, agressions et maladies...etc. (Ebrahimzadeh *et al.*, 2008).

les facteurs génétiques, la période de la récolte et le stade de développement de la plante (Miliauskas *et al.*, 2004).

De plus, il est connu qu'une forte variabilité peut affecter la teneur en composés phénoliques à différents stades de maturation et dans différentes conditions de croissance (telles que la température et les précipitations) (Abdulla *et al.*, 2016).

Les tanins condensés autant que les résultats des paramètres précédents présentent une variation d'un site à l'autre et aussi entre les modes d'extraction aqueux et éthanolique. Cette variable étaient probablement dues à une série de facteurs, y compris la méthode d'extraction et le solvant utilisé (El-Waziry, 2007), le biotique (espèce, organe et stade physiologique) et abiotique (facteurs édaphiques) (Ksouri *et al.*, 2008), la nature du sol, le type de microclimat et les stades bioclimatiques dans lesquels les plantes ont été cultivées (Atmani *et al.*, 2009).

La mise en évidence du pouvoir antioxydant de nos extraits phénoliques, a été réalisée par deux tests chimiques *in vitro*. Ainsi, nous nous sommes intéressés à mesurer l'activité de balayage du radical libre par les fractions antioxydantes de nos extraits phénoliques. Pour ce faire nous avons employé le radical stable 1,1-diphényl-2-picrylhydrazyl (DPPH•) (Nickavar *et al.*, 2008 ; Ravindra *et al.*, 2008 ; Tekao *et al.*, 1994). Nous avons testé aussi la capacité de nos extraits de réduire les ions ferriques en ions ferreux à partir du test FRAP. Le potentiel du pouvoir anti-radicalaires de ces substances a été comparé généralement par certains antioxydants standards connus pour leurs propriétés antioxydantes puissantes (Liang-Liang *et al.*, 2010 ; Yildirim *et al.*, 2001), pour notre part nous avons opté pour l'acide ascorbique.

L'activité antioxydante proviendrait principalement des polyphénols. Une corrélation linéaire entre polyphénols totaux et activité antioxydante montre que l'essentiel de cette



## Discussion générale et conclusion

activité est due majoritairement à la présence des polyphénols et non à celle des flavonoïdes (Gheldof et Engeseth, 2002; Holasova *et al.*, 2002 ; Kumaran *et* Karunakaran, 2007).

Généralement, le puissant pouvoir réducteur des extraits de *Zizyphus Lotus* est probablement dû à la présence de groupement hydroxyle dans les composés phénoliques qui peuvent servir comme donneur d'électron et provoque la réduction de complexe ferrique ( $Fe^{3+}$ ) en complexe ferreux ( $Fe^{2+}$ ). Quelques études antérieures ont également montré que le pouvoir réducteur d'un composé peut servir comme un indicateur significatif de son activité antioxydant potentielle (Mansouri *et al.*, 2005 ; Djeridane *et al.*, 2006 ; Bougandoura *et* Bendimerad, 2013).

La comparaison des deux tests DPPH et FRAP montrent des différences par rapport à l'ascide ascorbique que les différents extraits des huit sites. Les différences sont inter et intrasites et extraits. Toutefois certain sites présentent une bonne activité antioxydante . Les fluctuations sont probablement attribuée à la présence d'autres composés non phénoliques responsables de l'activité antioxydante des feuilles de *Z. lotus* ;

Ceci est non similaire avec les résultats obtenus par (Bakchiche *et al.* , 2013) qui montrent que l'extrait éthanolique exerce une activité antioxydante plus élevée que l'extrait aqueux.

Egalement, La variation d'activité antioxydant peut dépendre de plusieurs facteurs, comme; les groupements fonctionnels donneurs d'électrons, les fonctions hydroxyles, ainsi que des synergies entre les composés actifs qui constituent chaque extraits. Ces résultats positifs sur l'activité antioxydante des extraits suggèrent des études plus approfondies sur leur activité biologique, afin d'élaborer des produits naturels de valeur pouvant être commercialisés substitués aux antioxydants existants (Bahtita et Kihoul, 2021).

En conclusion de ce travail *Z.lotus* présente de bonne capacité antioxydante mettant en relief la capacité d' adaptation de cette plante à la région de Tebessa avec ses différentes altitudes et microclimats. Les différents résultats obtenus par les deux modes d'extraction éthanoliques et aqueux met en évidence la polarité du solvants et les techniques de travail. Autant de modes d'extraction que de résultats, il est de même pour les dates de collecte des échantillons.

# **Références bibliographiques**

Abdeddaim, M. (2018). Etude de la composition biochimique des fruits de cinq espèces végétales présentes dans la région des aurès en vue de leur utilisation alimentaire ou pharmacologique (*Celtis australis* L, *Crataegus azarolus* L, *Crataegus monogyna* J, *Elaeagnus angustifolia* L, et *Zizyphus lotus* L) (Doctoral dissertation).

Abdulla, G., Abdel-Samie, M. A., & Zaki, D. (2016). Evaluation of the antioxidant and antimicrobial effects of zizyphus leaves extract in sausage during cold storage. *Pakistan Journal of Food Sciences*, 26(1), 10-20.

Aitfella, R. (2018). Etude de l'activité anticoccidienne des extraits de peganum harmala, retama sphaerocarpa et grains de pollen (Doctoral dissertation).

Ayachi, A., Alloui, N., Bennoune, O., Yakhlef, G., Daas Amieur, S., Bouzid, W., ... & Abdessamed, H. (2009). Antibacterial activity of some fruits; berries and medicinal herb extracts against poultry strains of Salmonella. *American-Eurasian J Agric Environ Sci*, 6(1), 12-15.

Atmani, D., Chafer, N., Berboucha, M., Ayouni, K., Lounis, H., Boudaoud, H., ... Atmani, D. (2009). Antioxidant capacity and phenol content of selected Algerian medicinal plants. *Food Chemistry*, 112(2), 303–309.

Baba Ouyoyba, F. (2017), Evaluation des activités biologiques des différents extraits de zizyphus lotus récoltée dans la région de Ghardaïa, 302, Novembre-décembre 1947. pp. 474.

Bahtita, S., & Kihoul, K. N. E. (2021). Etude phytochimique et activité antioxydant des extraits de l'espèce *Zizyphus lotus* de la région de Metlili–GHARDAIA.

Belhadj, S., Derridj, A., Moriana, A., Del Carmen Gotjon, M., Mevy, J.P., and Gauquelin, T. (2011). Comparative analysis of stomatal characters in eight wild atlas pistachio populations (*Pistacia atlantica* Desf.; Anacardiaceae). *International research journal of plant science*, Vol. 2, N°3, 060-069.

Bakchiche B., Gherib A., Smail A., Cutodia G. & Graca M. (2013): Antioxidant activities of eight Algerian plant extracts and two essential oils. *Industrial Crops and Products* 46, 85-96.

Benammar C., Baghdad C., Belarbi M., Subramaniam S., Hichami A. & Khan N. A. (2014). Antidiabetic and antioxidant activities of *Zizyphus lotus* L aqueous extracts in Wistar rats. S8-004. *Journal of Nutrition & Food Sciences*.

Bougandoura, N., & Bendimerad, N. (2013). Evaluation de l'activité antioxydante des extraits aqueux et méthanolique de *Satureja calamintha* ssp. *Nepeta* (L.) Briq. *Nature & Technology*, (9), 14.

Boukroune, A., Bouzeriba, A., Hamel, S., & Bouden, T. (2014). A projective synchronization scheme based on fuzzy adaptive control for unknown multivariable chaotic systems. *Nonlinear Dynamics*, 78(1), 433-447.

Bruneton, J. (2009) Pharmacognosie-Phytochimie, Plantes Médicinales. Lavoisier 4e éd, revue et augmentée, Tec & Dac-Editions médicinales internationales, Paris, 1288 p.

Calvet, R. (2003). Le sol: propriétés et fonctions. Phénomènes physiques et chimiques, applications agronomiques et environnementales (Vol. 2). France Agricole Editions.

Causse, C.( 2005). Les secrets de santé des antioxydants, Alpen Edition

Choi, S. H., Ahn, J. B., Kozukue, N., Levin, C. E., & Friedman, M. (2011). Distribution of free amino acids, flavonoids, total phenolics, and antioxidative activities of jujube (*Ziziphus jujuba*) fruits and seeds harvested from plants grown in Korea. *Journal of agricultural and food chemistry*, 59(12),6594-6604.

Djebaili, S. (1984). *Steppe algérienne phytosociologie et écologie*. Office des publications universitaires.

Djeridane, A., Yousfi, M., Nadjemi, B., Boutassouna, D., Stocker, P., & Vidal, N. (2006). Antioxidant activity of some Algerian medicinal plants extracts containing phenolic compounds. *Food chemistry*, 97(4), 654-660.

Ebrahimzadeh, M. A., Pourmmorad F., et Hafezi S. (2008). Antioxidant activities of Iranian corn silk. *Turkish journal of biology*, 32 : 43-49.

El Maaiden, E., El Kharrassi, Y., Lamaoui, M., Allai, L., Essamadi, A. K., Nasser, B., & Moustaid, K. (2020). Variation in minerals, polyphenolics and antioxidant activity of pulp, seed and almond of different *Ziziphus* species grown in Morocco. *Brazilian Journal of Food Technology*, 23.

Elaloui, M., Ennajah, A., Ghazghazi, H., Youssef, I. B., Othman, N. B., Hajlaoui, M. R., ...et , A. (2017). Quantification of total phenols, flavonoides and tannins from *Zizyphusjujuba* (mill.) and *Zizyphus lotus* (L.)(Desf). Leaf extracts and their effects on antioxidant and antibacterial activities. *International Journal of Secondary Metabolite*, 4(1), 18-26.

El-Waziry, A.(2007). Nutritive value assessment of ensiling or mixing Acacia and Atriplex using in vitro gas production techniqueNo Title. *Res. J. Agric. Biol. Sci*, 3(6), 605–614.

Faroun, F., & BENABDELI, K. (2010). Cartographie et caractérisation physico-chimique des sols de la plaine de Sidi Bel Abbès (Algérie occidentale). *Afr. Sci*, 6(3), 18-26.

Ferhat, R. (2008). Etude de la fraction lipidique et la composition en acides gras des huiles des fruits de: *celtisaustralis l.*, *crataegus azarolus l.*, *crataegus monogynajacq.*, *elaegnusangustifolia l.* et *zizyphus lotus l* (Doctoral dissertation, Université de Batna 1- Hadj Lakhder).

Fraga, C. G., Galleano M., Verstraeten S.V. et et Oteiza P. I. (2010). Basic biochemical mechanisms.

Ghalem, M., Merghache, S., et Belarbi, M. (2014). Study on the antioxidant activities of root extracts of *Zizyphus lotus* from the western region of Algeria. *Pharmacognosy Journal*, 6(4), 32-42.

Ghedira, K. (2013). *Zizyphus lotus* (L.) Desf. (Rhamnaceae): jujubier sauvage. *Phytothérapie*, 11 (3), 149-153.

Gheldof, N., Wang, X. H., & Engeseth, N. J. (2002). Identification and quantification of antioxidant components of honeys from various floral sources. *Journal of agricultural and food chemistry*, 50(21), 5870-5877.

Ghourri, M., Zidane, L., et Douira, A. (2013). Catalogue des plantes médicinales utilisées dans le traitement de la lithiase rénale dans la province de Tan-Tan (Maroc saharien). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 7(4), 1688-1700.

Grundhöfer, P., & Gross, GG (2001). Etudes immunocytochimiques sur l'origine et les sites de dépôt des tanins hydrolysables. *Sciences végétales*, 160 (5), 987-995.

**Hamouni, M.; Touaf, L. & Chekired, Z. 2004.** Analyse du sol, intérêt agronomique. Institut National de l'irrigation et du drainage (INSID), Alger, 27 p.

Holasova, M., Fiedlerova, V., Smrcinova, H., Orsak, M., Lachman, J., & Vavreinova, S. (2002). Buckwheat—the source of antioxidant activity in functional foods. *Food research international*, 35(2-3), 207-211.

Hurabielle, M., Malsot, M., & Paris, M. (1981). Chemical study of two oils from wormwood: *Artemisia herba-alba* Asso and *Artemisia vulgaris* Linnaeus of chemotaxonomic interest. *Riv. Ital. EPPOS*, 63, 296-299.

Kumaran, A., & Karunakaran, R. J. (2007). Activity-guided isolation and identification of free radical-scavenging components from an aqueous extract of *Coleus aromaticus*. *Food Chemistry*, 100(1), 356-361.

Ksouri, R., Megdiche, W., Falleh, H., Trabelsi, N., Boulaaba, M., Smaoui, A., & Abdelly, C. (2008). Influence of biological, environmental and technical factors on phenolic content and antioxidant activities of Tunisian halophytes. *Comptes Rendus Biologies*, 331(11), 865– 873.

Laamouri, A, Ammari, Y, Albouchi A, Sghaier, T, Mguis K, Akrimi, N. (2008). Etude comparative de la croissance et du développement du système racinaire de trois espèces de jujubier en Tunisie. *J. Geo-Eco-Trop*. 32 : 37-46.

Lee, K.W., Kim, Y.J., Lee, H.J et Lee, C.Y. (2003). Cocoa has more phenolic phytochemicals and a higher antioxidant capacity than teas and red wine. *Food chem.* 51:p 7292-

Letaief, T., Garzoli, S., LaghezzaMasci, V., Mejri, J., Abderrabba, M., Tiezzi, A., et Ovidi, E. (2021). Chemical Composition and Biological Activities of Tunisian Zizyphus lotus Extracts: Evaluation of Drying Effect, Solvent Extraction, and Extracted Plant Parts. *Plants*, 10(12), 2651.

Le Villio, M., Arrouays, D., Deslais, W., Daroussin, J., Le Bissonnais, Y., & Clergeot, D. (2001). Estimation des quantités de matière organique exogène nécessaires pour restaurer et entretenir les sols limoneux français à un niveau organique donné. *Étude et gestion des sols*, 8(1), 47-63.

Li, Y.Y. et Shao, M.A. (2006). Change of soil physical properties under long-term natural vegetation restoration in the Loess Plateau of China. *Journal of Arid Environments*, 64p:77- 96.

Liang-Liang, Z., Yong-Mei, W., Dong-Mei, W., Man, X., & Jia-Hong, C. (2010). Comparisons of antioxidant activity and total phenolics of Camellia oleifera Abel fruit hull from different regions of China. *Journal of Medicinal Plants Research*, 4(14), 1407-1413.

Lin, R. I. S. (1994). Phytochemicals and antioxidants. In *Functional foods* (pp. 393-449). Springer, Boston, MA.

Longo-Hammouda, F. H., Siboukheur, O. E., et Chehma, A. (2007). Aspects nutritionnels des pâturages les plus appréciés par Camelus dromedarius en Algérie. *Cahiers Agricultures*, 16(6), 477-483.

Macheix, J. J., Fleuriet, A., Jay-Allemand, C. (2005). Les composés phénoliques des végétaux (un exemple de métabolites secondaires d'importance économiques). Edition techniques et documentation Lavoisier.

Mansouri, A., Embarek, G., Kokkalou, E., & Kefalas, P. (2005). Profil phénolique et activité antioxydante du fruit mûr du palmier dattier d'Algérie (Phoenix dactylifera). *Chimie alimentaire*, 89 (3), 411-420.

Mathieu, C. et Pieltain, F. (2003). Analyse chimique de sol : méthodes choisies. Tec et Doc, Paris, 388 p.

**Mathieu, C. & Pieltain, F. 2009.** Analyses chimiques des sols : méthodes choisies. Tec et Doc, Paris, 387 p.

Mekious, S., Masseaux, C., Daoud, N., & Belhadj, S. (2020). Caractéristiques milissopalynologiques et contenu phénoliques du miel de Zizyphus Lotus d'Algérie.

Memon, AA, Wahid, H., Rosnina, Y., Goh, YM, Ebrahimi, M. et Nadia, FM (2012). Effet des antioxydants sur le paramètre de stress oxydatif microscopique après décongélation et la fertilité des spermatozoïdes de chèvre Boer dans l'extenseur de glycérol de jaune d'œuf Tris. *Sciences de la reproduction animale*, 136 (1-2), 55-60.

Miliauskas, G., Venskutonis, P. R., & Van Beek, T. A. (2004). Screening of radical scavenging activity of some medicinal and aromatic plant extracts. *Food chemistry*, 85(2), 231-237.

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

Nickavar, B., Alinaghi, A., Kamalinejad, M.( 2008). Evaluation of the antioxidant properties of five *Mentha* species. *Iran J Pharm Res.* 7 (3), 203–209.

Ochoa, MR, Kessler, AG, Pirone, BN, Márquez, CA, & De Michelis, A. (2002). Retrait lors du séchage par convection de fruits entiers d'églantier (*Rosa rubiginosa* L.). *LWT-Food Science and Technology* , 35 (5), 400-406.

Pelt, J. M. (1980). *Les drogues, leur histoire et leurs effets*. Édition Doin, Paris: 221.

Pokorny, J., Yanishlieva, N., & Gordon, M. H. (Eds.). (2001). *Antioxidants in food: practical applications*. CRC press.

**Pousset , J.2002.** Engrais verts et Fertilité des sols . 2<sup>e</sup> edition. Agridécisions, 303p

Price, M. L., Van Scoyoc, S., & Butler, L. G. (1978). A critical evaluation of the vanillin reaction as an assay for tannin in sorghum grain. *Journal of agricultural and food chemistry*, 26(5), 1214-1218.

Quezel, P & Santa, S.(1962), *Nouvelle flore de l'Algérie et de la région désertique méridionale* (Tome 1), Ed :CNRS. 557p

Quezel, P & Santa, S.(1963), *Nouvelle flore de l'Algérie et de la région désertique méridionale* (Tome 2), Ed :CNRS. 557-1170p

Rais, C., Driouch, A., Slimani, C., Bessi, A., Balouiri, M., El Ghadraoui, L., ... et Al Figuigui, J. (2019). Antimicrobial and antioxidant activity of pulp extracts from three populations of *Zizyphus lotus* L. *Nutrition et Food Science*.

Ravindra GK, Achaiah G, Sastry GN (2008) Molecular modeling studies of phenoxyrimidinyl imidazoles as p38 kinase inhibitors using QSAR and docking. *Eur J Med Chem* 43:830–838.

Rezaei, S. et Gilkes, R. (2005). The effect of landscape attributes and plant community on soil chemical properties in rangelands. *Geoderma*, 125: 167-176.

Roux, D., & Catier, O. (2007). *Botanique, pharmacognosie, phytothérapie*. ED :Groupe Liaisons,141p.

Roux, J., & Sumner, M. E. (1968). Labile potassium in soils I: factors affecting the quantity-intensity (Q/I) parameters. *Soil Science*, 106(1), 35-41.

Sarni-Manchado, P., Cheynier, V. (2006). Les polyphénols en agroalimentaires. Collection sciences et techniques agroalimentaires, édition TEC et DOC, Paris (France):398.

Singleton, V. L., & Rossi, J. A. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American journal of Enology and Viticulture*, 16(3), 144-158.

Stalikas, CD (2007). Méthodes d'extraction, de séparation et de détection des acides phénoliques et des flavonoïdes. *Journal of separation science* ,

Tekao, T, Watanabe N, Yagi I, Sakata K. (1994). A simple screening method for antioxidant and isolation of several antioxidants produced by marine bacteria from fish and shellfish. *Biosci Biotechnol Biochem*; 58:1780–1783.

Telli, A., Chedad, A., & Sadine, SE. (2022). Etude ethnobotanique des plantes médicinales utilisées pour les traitements d'envenimation des piqûres de scorpion dans le Sahara septentrional algérien. *Journal international d'études environnementales* , 1-23.

Wezel, A.; Rajot, J.L. et Herbrig, C. (2000). Influence of shrubs on soil characteristics and their functions in Sahelian agroecosystems in semi arid Niger. *Journal of Arid Environments*, 44: 383- 398.

Yıldırım, A., Mavi, A., & Kara, AA. (2001). Détermination des activités antioxydantes et antimicrobiennes des extraits de *Rumex crispus* L.. *Journal de chimie agricole et alimentaire* , 49 (8), 4083-4089.



# **Annexes**

**Annexe 1 : Moyennes mensuelles des températures moyennes (°C) de Tébessa (2000-2022)**

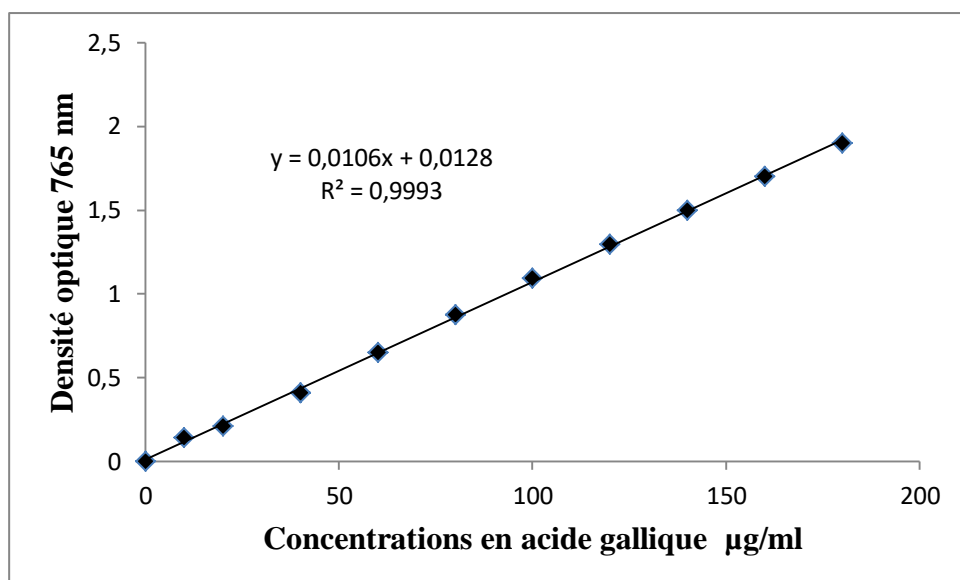
Année	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	V	D	m oyenne
2000	,10	,80	1,70	6,10	1,00	2,40	7,50	6,80	2,10	5,90	2,80	,40	,47
2001	,00	,50	5,60	4,00	9,60	5,00	8,40	7,10	2,30	1,10	1,80	,80	,27
2002	,30	,00	2,50	3,00	9,40	5,10	6,60	4,90	1,20	7,80	2,20	,80	,57
2003	,90	,10	0,00	4,10	8,90	5,20	9,20	7,40	1,50	9,60	2,30	,00	,52
2004	,90	,60	1,20	2,80	5,90	2,40	6,20	7,00	0,80	0,50	0,20	,10	,92
2005	,50	,90	1,20	4,20	1,50	3,70	8,50	5,90	1,60	7,80	2,10	,50	,00
2006	,90	,20	1,80	6,60	1,30	4,80	6,50	5,90	1,40	9,00	2,10	,90	,61
2007	,80	,20	,70	3,50	8,50	5,30	6,50	6,70	2,00	7,60	0,50	,90	,26
2008	,00	,30	0,90	3,50	9,30	3,40	8,70	7,20	2,20	6,90	0,10	,30	,31
2009	,10	,40	,10	1,50	9,00	4,20	8,70	6,80	1,00	5,70	2,40	0,70	,10
2010	,30	0,10	3,10	5,90	7,40	4,00	7,20	7,10	1,70	6,80	1,90	,80	,85
2011	,60	,10	,50	0,80	7,40	2,40	7,50	7,00	3,50	5,70	2,30	,90	,00
2012	,90	,10	0,50	4,40	9,30	7,10	8,80	8,80	2,40	9,30	4,20	,80	,96
2013	,20	,70	2,90	5,70	8,80	3,10	7,00	5,40	2,60	1,30	0,90	,90	,57
2014	,80	,90	,70	5,20	9,00	3,60	7,40	8,30	4,60	9,10	4,00	,80	,45
2015	,10	,10	,80	5,10	0,20	2,50	6,50	6,30	2,70	8,30	1,00	,20	,22
2016	,80	,90	,70	5,20	9,00	3,60	7,40	8,30	4,60	9,10	4,00	,90	,04
2017	,80	,50	2,10	3,80	1,20	5,70	8,20	8,50	2,10	5,60	0,50	,60	,70
2018	,8	,80	2,10	6,90	7,80	2,90	0,00	3,70	2,90	6,00	1,40	,90	,50
2019	,8	,90	,30	3,30	5,60	6,80	8,50	7,10	2,10	7,20	0,20	,20	,00
2020	,6	,60	0,11	5,00	1,10	3,60	6,70	8,10	1,40	6,10	2,60	,00	,60
2021	,7	0,00	,90	5,50	1,40	8,00	9,70	9,30	5,20	6,00	1,60	,80	,90
2022	,5	,20	0,40	4,10									
moyenne	,72	,71	0,93	4,37	9,21	4,31	7,80	6,98	2,36	7,84	1,87	,96	,76
Ecart- type	,83	,74	,70	,55	,69	,59	,12	,32	,18	,82	,22	,08	15

**Annexe 2 : Données mensuelles des précipitations (mm) de Tébessa (2000-2022)**

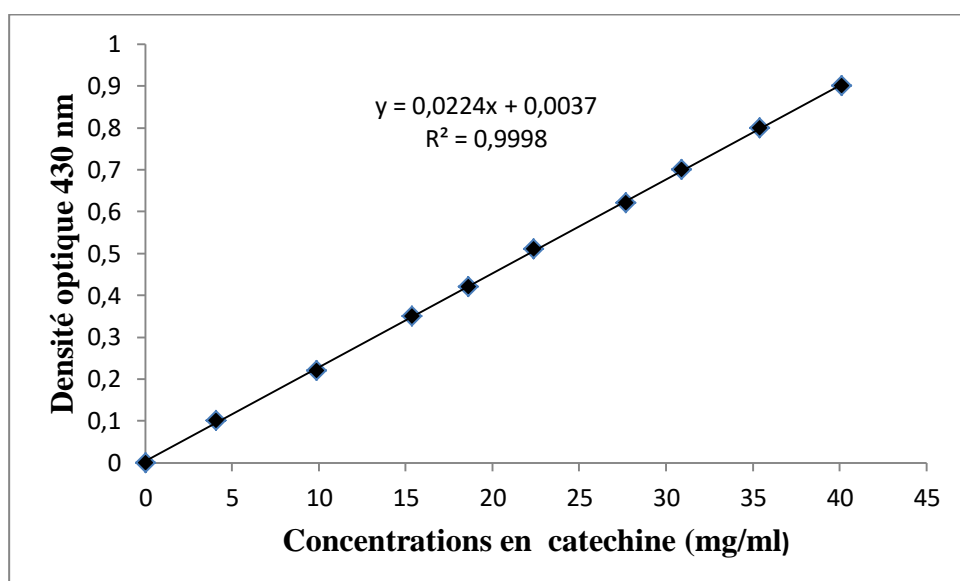
Année	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	V	D	Total
2000	,70	,10	0,00	4,70	6,50	6,40	1,60	8,80	1,00	8,30	7,00	3,70	35,80
2001	7,10	5,80	5,10	,70	9,30	,40	,60	,40	5,00	0,70	3,30	,10	17,50
2002	7,00	1,80	,20	9,00	0,60	3,30	8,00	4,70	6,50	8,00	6,40	0,30	40,80
2003	00,40	8,90	8,00	7,80	9,20	,50	,80	2,10	0,20	5,60	7,50	68,40	10,30
2004	0,60	,20	2,60	9,40	9,40	1,60	6,40	4,00	9,00	6,00	17,00	6,90	46,10
2005	9,20	4,00	4,00	0,40	,20	1,30	,40	6,60	3,30	4,10	1,60	7,30	24,60
2006	4,90	4,40	,50	3,60	7,60	6,90	,40	6,00	,40	2,00	,70	3,20	68,10
2007	,20	1,00	1,00	9,10	3,80	8,80	0,20	4,40	9,70	5,40	,30	8,70	75,60
2008	,10	,00	6,40	8,00	7,40	2,90	,30	8,70	4,50	2,00	2,80	7,10	76,20
2009	6,90	1,60	6,70	11,90	5,90	,00	3,06	2,70	6,70	,00	,00	,00	36,40
2010	8,70	,10	3,10	9,30	5,00	5,90	0,20	,40	7,00	7,00	5,10	,50	72,30
2011	6,50	6,70	0,60	3,40	7,20	8,40	4,20	0,20	,00	6,10	,40	,90	38,60
2012	6,40	7,20	9,40	4,10	7,80	,10	,50	5,50	1,00	1,90	3,20	,60	44,70
2013	0,10	,60	5,00	3,40	,00	,70	4,80	6,50	6,80	8,70	0,00	8,40	92,00
2014	8,70	8,40	7,90	,30	9,90	9,00	2,50	,70	9,30	,10	3,20	9,50	46,50
2015	,00	4,00	9,00	,00	0,00	6,00	9,00	0,00	8,00	0,00	5,00	0,00	57,00
2016	8,70	8,40	7,90	,30	9,90	9,00	2,50	,70	9,30	,10	3,20	9,50	46,50
2017	2,35	1,18	1,68	8,26	0,99	8,29	7,27	,91	1,14	9,53	4,37	7,03	02,00
2018	,51	0,21	0,31	6,92	7,02	2,95	,80	3,41	3,96	1,40	,89	3,20	91,36
2019	1,35	9,05	6,62	5,36	5,90	,25	,06	1,80	4,98	4,89	9,71	5,81	78,78
2020	1,93	,00	3,14	3,17	0,92	2,07	,85	,00	8,48	0,07	6,66	7,50	70,79
2021	,06	2,45	6,50	2,34	9,06	,85	,27	8,25	,30	3,95	,09	,90	92,90
2022	8,55	4,99	5,44	9,31									
Moy	7,06	3,69	2,53	7,66	7,44	6,07	7,40	0,67	7,21	1,90	9,79	6,25	84,77
Ecart-type	4,26	1,151	3,71	0,06	4,98	5,53	6,21	6,14	8,05	4,52	7,80	6,81	4,9

## Annexe 3 : Courbes d'étalonnage

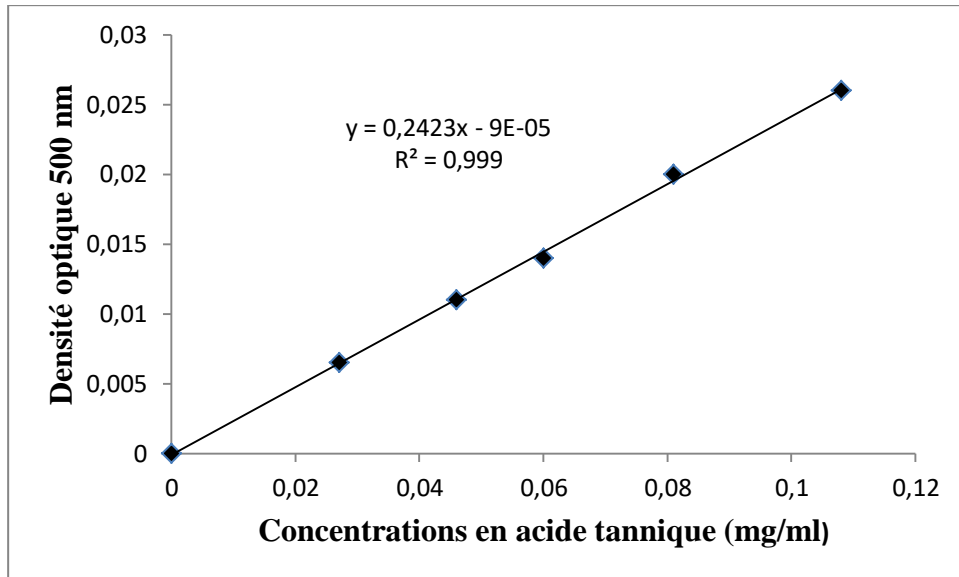
### 3.1. Polyphénols



### 3.2. Flavonoïdes



### 3.3. Tanins condensés



#### Annexe 4 : Normes utilisés pour les paramètres pédologiques mesurés

##### 4.1. Classification des sols selon les sels solubles: Conductivité électrique (mmS/cm)

- 0,6 Non salé
- 1 Légèrement salé
- 2 Salé
- 3 Très salé
- 4 Extrêmement salé

##### 4.2. Classification des sols selon le pH

- < 3,3 Hyperacide
- 3,5-4,2 Très acide
- 4,2-5 Acide
- 5 -6,5 fortement calcaire
- 6,5-7,5 Neutre
- 7,5-8,7 Basique
- >8,7 Très basique

### 4.3. Classification du sol selon le pourcentage du calcaire total

- < 1% horizon non calcaire
- 1 à 5 horizon peu calcaire
- 5 à 25% modérément calcaire
- 25-50% fortement calcaire
- 50 à 80% très fortement calcaire
- > 80% excessivement calcaire.

## Annexe 5 : Analyses statistiques des données pédologiques

### 5.1. Conductivité électrique

ANOVA CE					
	SC	Degr. de	MC	F	p
Sites	6,67885	7	0,95412	1440,18	0,00
Erreur	0,01060	16	0,00066		

Test HSD de Tukey ; CE , Groupes Homogènes, alpha = ,05000 Erreur : MC Inter = ,00066, dl = 16,000

Sites	Conductivité électrique	1	2	3	4	5
6	0,246667	e				
2	0,26333	e				
1	0,410000		d			
5	0,423333		d			
3	0,516667		d			
7	0,643333			c		
8	1,370000				b	
4	1,76667					a

### 5.2. pH

ANOVA pH					
	SC	Degr. de	MC	F	p
Sites	0,709	7	0,101	179	0,000000
Erreur	0,009	16	0,001		

Test HSD de Tukey ; pH, Groupes Homogènes, alpha = ,05000 Erreur : MC Inter = ,00057, dl = 16,000

	Sites	pH	1	2	3	4	5
	4	7,650000	e				
	8	7,750000		d			
	7	7,770000		d			
	3	7,866667			c		
	5	8,026667				b	
	6	8,066667				b	
	1	8,073333				b	
	2	8,150000					a

### 5.3. Carbonates

ANOVA Carbonates					
	SC	Degr. De	MC	F	p
Sites	2765,912	7	395,130	58,2619	0,000000
Erreur	108,511	16	6,782		

Test HSD de Tukey ; Carbonates, Groupes Homogènes, alpha = ,05000 Erreur : MC Inter = 6,7820, dl = 16,000

	Sites	Carbonates	1	2	3
	8	1,86000	c		
	6	6,11333	c		
	1	6,44000	c		
	7	6,65000	c		
	3	7,82333	c		
	5	7,97333	c		
	2	24,31000		b	
	4	35,23333			a

### 5.4. Carbone organique

ANOVA Carbone					
	SC	Degr. de	MC	F	p
Sites	1,17817	7	0,16831	6,227	0,001216
Erreur	0,43244	16	0,02703		

Test HSD de Tukey ; Carbone organique Groupes Homogènes, alpha = ,05000 Erreur : MC Inter = ,02703, dl = 16,000

	Sites	Carbone organique	1	2	3
	2	1,732250	c		
	8	1,763000	c		
	6	1,886000	c	b	
	1	1,968000	c	b	a
	4	2,050000	c	b	a
	3	2,050000	c	b	a
	7	2,337000		b	a
	5	2,367750			a

### 5.5. Azote total

ANOVA Azote total					
	SC	Degr. De	MC	F	p
Sites	0,119663	7	0,017095	0,80969	0,591966
Erreur	0,337800	16	0,021113		NS

Non significatif

### 5.6. Phosphore assimilable

ANOVA Phosphore assimilable					
	SC	Degr. de	MC	F	p
Sites	8050,83	7	314,18	1199,68	0,000000
Erreur	4,19	16	0,26		



Test HSD de Tukey ; Phosphore assimilable, Groupes Homogènes, alpha = ,05000 Erreur : MC Inter = 4,5809, dl = 16,000

Sites	Phosphore assimilable	1	2	3	4	5	6	7
2	12,0000	g						
8	16,0200		f					
4	16,2000		f					
1	19,9633			e				
6	30,0000				d			
3	33,2000					c		
5	35,0000						b	
7	39,2267							a

### 5.7. C/N

ANOVA C/N					
	SC	Degr. de	MC	F	p
Sites	492,605	7	70,372	82,822	0,000000
Erreur	13,595	16	0,850		

Test HSD de Tukey ; C/N , Groupes Homogènes, alpha = ,05000 Erreur : MC Inter = ,84968, dl = 16,000

Sites	C/N	1	2	3	4	5
2	10,88333	e				
7	12,61333	e				
1	13,12000	e	d			
3	15,38000		d	C		
5	16,34333			C		
8	17,63000			C		
6	20,97333				b	
4	25,64333					a

## Annexe 6 : Analyses statistiques des données des principes actifs

### 6.1. Polyphenols totaux

ANOVA polyphenols totaux extraits aqueux					
	SC	Degr. de	MC	F	p
Sites	6897,5	7	985,4	8,574	0,000000
Erreur	7355,1	64	114,9		

Très hautement significatif P >0,001

Test HSD de Tukey ; variable Polyphenols totaux: Extraits aqueux  
Groupes Homogènes, alpha = ,05000. Erreur : MC Inter = 114,92, dl = 64,000

Sites	Polyphenols totaux	1	2	3
4	24,32417	c		
1	35,54339	c	b	
8	37,35849	c	b	
3	40,68771		b	
5	44,76631		b	a
6	45,24849		b	a
7	49,83999		b	a
2	59,59423			a

ANOVA polyphenols totaux extraits éthanoliques					
	SC	Degr. de	MC	F	p
Sites	910,18	7	130,03	7,217	0,000002
Erreur	1152,99	64	18,02		

Très hautement significatif P >0,001

Test HSD de Tukey ; Polyphenols totaux: Extraits éthanoliques  
Groupes Homogènes, alpha = ,05000. Erreur: MC Inter = 18,016, dl = 64,000

Sites	éthanoliques	1	2	3	4
5	22,94519	c			
4	23,39359	c	c		
8	25,95500	c	c	b	
2	29,29036		c	b	a
6	30,05817			b	a
7	30,66934			b	a
3	31,24367			b	a
1	33,25532				a

ANOVA polyphenols totaux extraits éthanoliques et aqueux					
	SC	Degr. de	MC	F	p
Sites	4697,4	7	671,1	10,095	0,000000
Extraits	6914,1	1	6914,1	104,014	0,000000
Sites*Extraits	3094,5	7	442,1	6,650	0,000001
Erreur	8508,5	128	66,5		

Très hautement significatif P > 0,001

Test HSD de Tukey ; variable Polyphenols totaux

Groupes Homogènes, alpha = ,05000

Erreur : MC Inter = 66,473, dl = 128,00

Sites	Extraits	Polyphenols totaux	1	2	3	4	5	6
5	2	22,94519	e					
4	2	23,39359	e					
4	1	24,32417	e	e				
8	2	25,95500	e	e				
2	2	29,29036	e	e	d			
6	2	30,05817	e	e	d			
7	2	30,66934	e	e	d			
3	2	30,92771	e	e	d			
1	2	33,25532	e	e	d	c		
1	1	35,54339	e	e	d	c		
8	1	37,35849		e	d	c	b	
3	1	40,68771			d	c	b	
5	1	44,76631				c	b	
6	1	45,24849				c	b	
7	1	49,83999					b	a
2	1	59,59423						a

## 6.2. Flavonoïdes

ANOVA Flavonoïdes extraits aqueux					
	SC	Degr. de	MC	F	P
Sites	217,82	7	31,12	7,813	0,000001
Erreur	254,88	64	3,98		

Très hautement significatif P > 0,001

Test HSD de Tukey ; Flavonoides extraits aqueux Groupes Homogènes,  
alpha = ,05000 Erreur : MC Inter = 3,9825, dl = 64,000

Sites	Extraits aqueux	1	2
5	10,76228	b	
8	11,24591	b	
6	11,28435	b	
4	11,42820	b	
7	12,12512	b	
2	12,81585	b	
1	12,85925	b	
3	16,58817		a

ANOVA Flavonoïdes extraits éthanolique

	SC	Degr. de	MC	F	P
Sites	338,589	7	48,370	10,535	0,000000
Erreur	293,845	64	4,591		

Très hautement significatif P > 0,001

Test HSD de Tukey ; Flavonoides extraits éthanoliques Groupes Homogènes, alpha = ,05000 Erreur : MC  
Inter = 3,9825, dl = 64,000

Sites	Extraits éthanoliques	1	2	3	4
3	4,68341	d			
8	6,67001	d	c		
5	7,40414	d	c	b	
4	8,83519		c	b	
7	9,22582		c	b	a
2	9,37463		c	b	a
6	10,31585			b	a
1	12,22433				a

ANOVA Flavonoides Extraits aqueux et éthanoliques

	SC	Degr. de	MC	F	P
Sites	165,29	7	23,61	5,508	0,000015
Extraits	519,01	1	519,01	121,069	0,000000
Sites*Extraits	391,12	7	55,87	13,034	0,000000
Erreur	548,72	128	4,29		

Très hautement significatif P > 0,001

Test HSD de Tukey Flavonoïdes Groupes Homogènes, alpha = ,05000										
Erreur : MC Inter = 4,2869, dl = 128,00										
	Sites	Extraits	Flavonoïdes	1	2	3	4	5	6	7
	3	2	4,68341	g						
	8	2	6,67001	g	f					
	5	2	7,40414	g	f	e				
	4	2	8,83519		f	e	d			
	7	2	9,22582		f	e	d	c		
	2	2	9,37463		f	e	d	c		
	6	2	10,31585			e	d	c	B	
	5	1	10,76228				d	c	B	
	8	1	11,24591				d	c	B	
	6	1	11,28435				d	c	B	
	4	1	11,42820				d	c	B	
	7	1	12,12512				d	c	B	
	1	2	12,22433					c	B	
	2	1	12,81585						B	
	1	1	12,85925						B	
	3	1	16,58817							a

### 6.3. Tanins condensés

ANOVA Tanins condensés Extraits aqueux

	SC	Degr. de	MC	F	p
Sites	2099,30	7	299,90	11,4139	0,000000
Erreur	1681,60	64	26,28		

Très hautement significatif P > 0,001

Test HSD de Tukey ; Tanins condensés Extraits aqueux Groupes Homogènes, alpha = ,05000  
Erreur : MC Inter = 26,275, dl = 64,000

	Sites	Extraits aqueux	1	2	3	4
	4	3,85213	d			
	5	6,25530	d	c		
	6	11,42682		c	B	
	1	13,19386		c	B	a
	8	16,22137			B	a
	3	17,28159			B	a
	2	18,10621			B	a
	7	19,88502				a

ANOVA Tanins condensés Extraits éthanoliques

	SC	Degr. de	MC	F	p
Sites	3673,23	7	524,75	14,4388	0,000000

<b>Erreur</b>	2325,95	64	36,34		
---------------	---------	----	-------	--	--

**Très hautement significatif P >0,001**

Test HSD de Tukey ; Tanins condensés Extraits éthanologiques Groupes Homogènes, alpha = ,05000  
 Erreur : MC Inter = 36,343, dl = 64,000

Sites	Extraits éthanologiques	1	2	3
5	10,53152	C		
4	11,41504	C		
2	15,77373	C	b	
8	15,82085	C	b	
7	21,03949		b	
6	22,07615		b	
1	24,09057		b	
3	33,82103			a

	SC	Degr. de	MC	F	p
<b>Sites</b>	4440,76	7	634,39	20,262	0,000000
<b>Extraits</b>	1314,75	1	1314,75	41,993	0,000000
<b>Sites*Extraits</b>	1331,77	7	190,25	6,077	0,000004
<b>Erreur</b>	4007,55	128	31,31		

**Très hautement significatif P >0,001**

Test HSD de Tukey ; Tanins condensés Groupes Homogènes alpha = ,05000  
 Erreur : MC Inter = 31,309, dl = 128,00

Sites	Extraits	Tanins condensés	1	2	3	4	5	6	7
4	1	3,85213	g						
5	1	6,25530	g	f					
5	2	10,53152	g	f	e				
4	2	11,41504	g	f	e	d			
6	1	11,42682	g	f	e	d			
1	1	13,19386		f	e	d	c		
2	2	15,77373			e	d	c	b	
8	2	15,82085			e	d	c	b	
8	1	16,22137			e	d	c	b	
3	1	17,28159			e	d	c	b	
2	1	18,10621			e	d	c	b	
7	1	19,88502				d	c	b	
7	2	21,03949					c	b	
6	2	22,07615					c	b	
1	2	24,09057						b	
3	2	33,82103							a