



RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE



**UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID TLEMCEEN**

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre et de l'Univers

**Département d'Écologie et Environnement**

Laboratoire d'Ecologie et Gestion des Ecosystèmes Naturels

***Mémoire***

*En vue de l'obtention du Diplôme de*  
***MASTER EN ECOLOGIE***

*Présenté par*

***RADJA Fatima-Zohra***

---

**Morpho-Histo-Mètrie et Phytochimie d'*Ephedra fragilis*  
dans la région de Ain Témouchent**

---

Soutenu le 27/09/2023

Devant le jury composé de :

Mr <b>MAHI Abdelhakim</b>	MCA	Université de Tlemcen	Président
Mr <b>HASSANI Faïçal</b>	Professeur	Université de Tlemcen	Encadrant
Mme <b>ABDELLI Imane</b>	Professeur	ESSA Tlemcen	Co-encadrante
Mlle <b>BENSOUNA Amel</b>	MCB	Université de Tlemcen	Examineur

Année Universitaire  
2022 – 2023

## Remerciement

Toutes les louanges sont dues à **Dieu**, et tous mes remerciements à Lui pour m’ avoir accordé le succès et m’ avoir inspiré avec patience face aux difficultés que j’ avais rencontrées dans l’ accomplissement de cet humble travail.

Mes remerciements les plus vifs s’ adressent à mon encadrant Monsieur **HASSANI Faïçal**, Professeur à l’ université de Tlemcen, et chef de département d’ Ecologie et Environnement, de m’ avoir intégré au sein de son équipe de recherche, et de m’ avoir donné ensuite l’ opportunité de réaliser mon travail dans le cadre de cet memoire. Ses encouragements et son soutien continus ainsi que ses conseils précieux m’ ont aidé à aller au bout de ce travail. Qu’ il veuille trouver ici l’ expression de mon profond respect et ma haute considération.

J’ aimerais également exprimer ma profonde reconnaissance à ma co-encadrante Madame **ABDELLI Imane**, Professeur à l’ École Supérieure en sciences Appliquées de Tlemcen, qui m’ a accordé l’ honneur de diriger ce travail, sa précieuse aide, ses encouragements, ses conseils et remarques pertinentes et sa disponibilité. Je vous suis éternellement reconnaissante.

Je suis sensible à l’ honneur que me fait Monsieur le Professeur **MAHI Abdelhakim**, d’ avoir accepté de présider ce jury, Je remercie également Mlle **BENSOUNA Amel**, de m’ avoir fait l’ honneur d’ examiner ce travail et de l’ enrichir par leurs critiques constructives.

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude pour l’ ingénieure de laboratoire Madame **BERRAYAH Nassima**, de m’ avoir accueilli dans laboratoire de département d’ Ecologie et Environnement. Et pour ses précieux conseils qui ont été pour moi un solide repère. Ainsi, que Mlle **Houas Yamina** pour son aide précieuse et ses efforts inlassables au laboratoire. Son dévouement et sa collaboration.

Je remercie également Mlle **BELHADJI Amina** et Monsieur **BEKKAL BRIKCI Sohayb**, pour leur aide dans la partie de la modélisation moléculaire. Et leurs disponibilités. Et **ALI Sidi Mohamed** pour son aide dans l’ étude bioclimatique.

J’ adresse une fois de plus mes sincères remerciements à mes parents pour leur soutien moral et leurs encouragements tout au long de cette étude. À tous ceux qui m’ ont apporté leur soutien pour la réalisation de ce projet, je vous exprime ma plus profonde gratitude et mon respect sincère.

## Dédicace

*“It is the brain, the little gray cells on which one must rely.”*

*Agatha Christie*

Je dédie ce travail ...

**À MES CHERS PARENTS...**

Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour éternel et ma considération pour les sacrifices que vous avez consenti pour mon instruction et mon bien être. Je vous remercie pour tout le soutien et l’amour que vous me portez et j’espère que votre bénédiction m’accompagnera pour toujours.

**Chaleureusement A MA MERE**

Une amie et une confidente, la lumière de mes yeux, l’ombre de mes pas et le bonheur de ma vie, la plus généreuse et la plus proche de mon cœur qui a toujours cru en moi, qui m’a fait confiance, qui m’a soutenu dans mes choix et a su toujours m’encourager quelques que soient les difficultés que j’ai pu rencontrer dans mon travail.

**A MON PERE**

Pour tout ce qu’il a fait pour soutenir ce long chemin d’études, ses sacrifices, sa disponibilité, son soutien financier, et sa patience.

A mon petit frère.

A mes grands-mères pour leurs prières

A ma chère tante **BOUCHEKIF Fatima** pour sa présence et son soutien. Pour la gentillesse et la sincérité dont elle fait preuve.

A l’une des plus proche **BOUGUETTAYA KHADIDJA** pour sa précieuse présence,sa disponibilité et ses encouragements.

A ma deuxième mère **MIMOUNI Wahiba** Je veux te remercier du fond du cœur pour tout ce que tu as fait pour moi.

A mes amies, surtout qui m’ont aidé à réaliser ce travail et à tous ceux que je porte dans mon cœur **.Rosa, Ferial, Feryel, Chaimaa.**

## Résumé

Ce travail de mémoire a été réalisé au sein des laboratoires du département d'Ecologie et environnement à l'université Abou Bekr Belkaid Tlemcen. Il s'articule autour l'étude histologique et phytochimique de la plante *Ephedra fragilis*, qui appartient à la famille des Ephedraceae récoltée de la région d'Ain Temouchent, station d'étude Rachgoun.

L'étude histologique d'*Ephedra fragilis* a mis en évidence une importante diversité dans la forme et le nombre des différents tissus au niveau des rameaux et des tiges. Par suit l'étude histométrique de cette espèce à travers une comparaison des mesures a montré des différences dans la présence et l'épaisseur des tissus qui composent les deux parties étudiées.

On a été menée ce travail pour faire une évaluation phytochimique à travers une étude *in silico* pour évaluer l'activité insecticide de six composants chimiques extraits de la plante (Rutine, acide Caféique, acide Férulique, acide Gallique, Quercétine, acide Vanillique), qui ont montré une activité inhibitrice intéressante sur l'enzyme cytochrome p450, où la Rutine a été considérée comme meilleur inhibiteur avec un score de -9.9 que montre une activité très élevé.

Par conséquence, les résultats de cette étude révèlent que les composants chimiques extraits de l'*Ephedra fragilis* peuvent être utilisés comme des bioinsecticides fonctionnels contre l'insecte ravageur *Tropinota hirta*.

Mots clés : *Ephedra fragilis*, Equisetopsida, Rachgoun, Etude histologique, *In silico*, Docking moléculaire, *Tropinota hirta*.

## Abstract

This thesis work has been carried out in the laboratories of the Department of Ecology and Environment at the University Abou Bekr Belkaid Tlemcen. It revolves around the histological and phytochemical study of the plant *Ephedra fragilis*. Which belongs to the family of Ephedraceae harvested from the region of Ain Temouchent, study station Rachgoun.

The histological examination of *Ephedra fragilis* revealed a significant variety in the shape and number of different tissues in the branches and stems. Subsequently, the histometric study of this species through a comparison of measurements showed differences in the presence and thickness of the tissues that compose the two parts studied.

This work was conducted to make a phytochemical evaluation through an *in silico* study to evaluate the insecticidal activity of six chemical components extracted from the plant (Rutin, Caffeic acid, Ferulic acid, Galic acid, Quercetin acid, Vanillic acid), which showed interesting inhibitory activity on the cytochrome p450 enzyme. Where Rutin was considered as best inhibitor with a score of -9.9 that shows very high activity.

Therefore, the results of this study reveal that the chemical components extracted from *Ephedra fragilis* can be used as functional bioinsecticides against the insect pest *Tropinota hirta*.

**Keywords:** *Ephedra fragilis*, Equisetopsida, Rachgoun, Histological study, *In silico*, Molecular Docking, *Tropinota hirta*.

## ملخص

تم تنفيذ هذه الأطروحة في مختبرات قسم البيئة والمحيط بجامعة أبو بكر بلقايد تلمسان. حيث تدور حول الدراسة النسيجية والكيميائية لنبات العلندى *Ephedra fragilis* التي تصنف ضمن عائلة العلنديات Ephedraceae التي تم جمعها من ولاية عين تموشنت محطة الدراسة رشقون

كشفت الدراسة النسيجية لنبات العلندى عن تنوع كبير في شكل وعدد الأنسجة المختلفة في الفروع والسيقان. من خلال متابعة الدراسة النسيجية لهذا النوع من خلال مقارنة القياسات أظهرت اختلافات في وجود وسمك الأنسجة التي تشكل الجزأين المدروسين تم إجراء هذا العمل لإجراء تقييم كيميائي نباتي من خلال دراسة *in silico* لتقييم نشاط ستة مكونات كيميائية مستخرجة من النبات (Rutin، Caffeic acid، Ferulic acid، Galic acid، Quercetin acid، Vanillic acid) كمبيدات حشرية، والتي أظهرت نشاطاً مثبطاً مثيراً للاهتمام على cytochrome p450 حيث تم اعتبار Rutin أفضل مثبط بدرجة -9.9 التي تظهر نشاطاً عالياً جداً.

لذلك، تكشف نتائج هذه الدراسة أن المكونات الكيميائية المستخرجة من *Ephedra fragilis* يمكن استخدامها كمبيدات حيوية وظيفية ضد آفة الحشرات *Tropinota hirta*.

كلمات مفتاحية: علندى، Equisetopsida، رشقون، دراسة نسيجية، في السيليكون، التحام جزيئي، خنفساء جعل الأزهار

# Table des Matières

Remerciement.....	ii
Dédicace.....	iii
Résumé .....	iv
Abstract.....	v
ملخص.....	vi
Table des Matières.....	I
Liste des Figures.....	V
Liste des Tableaux.....	IX
<i>INTRODUCTION GENERALE</i> .....	2
<i>CHAPITRE I : ANALYSE BIBLIOGRAPHIQUE</i> .....	6
I. Généralités sur la classe Equisetopsida .....	7
II . Généralités sur la famille des Ephedracées .....	12
II .1. Caractéristiques principales.....	12
II .2. Description botanique .....	12
II .3. Importance économique.....	14
III. Généralités sur le genre <i>Ephedra L</i> .....	14
III.1. Etymologie .....	14
III.2. Description Botanique du Genre <i>Ephedra L</i> .....	15
III.3. Morphologie Végétative .....	15
III.4. Distribution et Ecologie.....	16
III.5. Répartition géographique .....	16
III.6. Liste des genres/ Espèces de la famille des Ephedracées.....	17
IV. Espèce <i>Ephedra fragilis</i> Desf.....	21
IV.1. Classification systématique .....	21
IV.2. Description botanique de l'Espèce <i>Ephedra fragilis</i> Desf.....	22
IV.3. Distribution Géographique .....	23
IV.4. Intérêt de l'espèce .....	24

IV.5. Phytochimie .....	24
IV.6. Importance Economique .....	24
I. Etude du milieu physique.....	26
I.1. Situation géographique.....	26
I.2. Choix et localisation des stations d'étude sur Tlemcen.....	27
I.3. Description De La Station.....	27
I.4. Relief .....	29
I.5. Géologie .....	29
I.6. Géomorphologie .....	30
I.6.1. Les Monts de Tlemcen .....	30
I.6.2 Le bassin de Tlemcen .....	31
I.6.3. Le littoral .....	31
I.7. Hydrographie .....	31
II . Etude Bioclimatique .....	34
II.1. Méthodologie.....	34
II.1.1. Choix des stations météorologiques.....	34
II.1. 2. Choix de la durée d'observation .....	35
II.2. Facteurs climatiques .....	35
II.2.1. Précipitations .....	35
II.2.2. Température .....	38
III. Quotient pluviothermique d'EMBERGER.....	43
III.1. Diagrammes ombrothermiques de (BAGNOULS et GAUSSEN, 1953).....	45
I. Etude histologique .....	49
I.1. Généralités .....	49
I.2. Classification des Tissus végétaux.....	50
1.2.1. Tissus protecteurs .....	50
1.2.2. Tissus fondamentaux .....	50
1.2.3. Tissus de soutien.....	50
1.2.4. Tissus conducteurs.....	51
I.3. Matériels et méthodes.....	51
I.3.1. Matériel utilisé .....	51
I.3.2. Méthodes d'étude .....	52
A. Préparation des coupes .....	53

B. Montage des coupes et observation au microscope.....	53
I.4. Travail à faire.....	54
I.5. Résultats et interprétation.....	57
I.5.1. Rameaux.....	57
I.5.2. Tiges .....	63
II . Etude Histométrique.....	66
II .1. Mesures des rameaux d' <i>Ephedra fragilis</i> .....	66
II .2. Mesures des coupes des tiges d' <i>Ephedra fragilis</i> .....	69
Discussion.....	72
Conclusion.....	72
CHAPITRE IV : ETUDE PHYTOCHIMIQUE .....	74
INTRODUCTION.....	75
I. <i>Ephedra fragilis</i> .....	75
II . Insecte.....	76
II .1. <i>Tropinota hirta</i> .....	77
II .1.1. Classification systématique.....	77
II .1.2. Aire de répartition.....	77
II .1.3. Dégâts causés par <i>Tropinota hirta</i> .....	77
III. Insecticides.....	80
III.1. Deltaméthrine .....	80
III.1.1. Données générales relatives à la Deltaméthrine.....	80
III.1.2. Effets toxiques et écotoxiques de la Deltaméthrine.....	81
III.1. 3. Neurotoxicité de Deltaméthrine .....	81
III.2. Malathion.....	81
III.2.1 Données générales relatives au Malathion .....	82
III.2.2. Effets toxiques et écotoxiques du Malathion .....	82
III.2.3. Neurotoxicité du Malathion.....	82
IV. Docking moléculaire .....	84
IV.1. Généralité sur les enzymes et les inhibiteurs .....	86
IV.2. Présentation de la protéine .....	88
IV.2.1 Cytochromes P450 (CYP) .....	88
IV.3. Présentation des ligands (inhibiteurs) .....	90

IV.4. Présentation de Matériels informatiques.....	94
IV.4.1. L'ordinateur portable (PC) .....	94
IV.4.2. Banques des données .....	95
IV.4.3. Les logiciels .....	96
IV.5. Méthode de Travail.....	100
V. Résultats .....	102
V.1. Comparaison entre les différents complexes (4y8w/ligands) .....	102
V.2. Analyse des résultats .....	104
V.2.1 Interactions Enzyme-Ligand.....	105
Conclusion.....	109
<i>CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES</i> .....	110
<i>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES</i> .....	114
Résumé .....	124

## Liste des Figures

Figure 1 Phylogénie des trachéophytes, des plantes vasculaires, modifié d'après (PRYER et al., 2001, 2004A).	8
Figure 2 Calamites, un équisétophyte éteint de la taille d'un arbre. A. Impression fossile, montrant les nœuds et les crêtes de la tige. B. Moulage fossile de tige. C. Impression fossile montrant des feuilles de branche verticillées.	9
Figure 3 Equisetales. Equisetum, le seul genre existant des equisetophytes. A,B. Equisetum hyemale. A. Tige végétative. Notez la tige striée et les microphylls verticillées. B. Coupe longitudinale de la tige, montrant la moelle creuse centrale et le septum aux nœuds. C. Coupe transversale de la tige d'Equisetum sp., montrant la moelle centrale creuse et les canaux périphériques valliculaires. D,E. <i>Equisetum laevigatum</i> , un jonc à récurer, ayant des tiges aériennes photosynthétiques, généralement non ramifiées. F. Sporangioaphore, avec plusieurs sporanges pendants. G,H. Spores avec chacune quatre élaters. G. Elaters s'enroula. H. Elaters déroulé. I-L. <i>Equisetum arvense</i> , une prêle, aux tiges aériennes dimorphes. I,J. Tiges stériles photosynthétiques avec verticilles de branches latérales. K. Tige aérienne reproductrice, non photosynthétique, dépourvue de verticilles de branches et se terminant par un strobilus. L. Strobilus en gros plan, montrant un sporangioaphore	11
Figure 4 Ephedracées. <i>Ephedra gerardiana</i> . A : Tirer avec strobili ; B : Strobilus mâle ; C : Pollen grain ; D : surface du grain de pollen avec des crêtes parallèles sur exine ; E : Strobilus femelle avec bractées et deux ovules ; F : Même avec les graines.	13
Figure 5 <i>Ephedra</i> . A : Une petite portion de plante avec des feuilles opposées en forme d'écailles. B : Strobili mâle sur une branche. C : Un strobilus mâle avec une série de bractées opposées, une bractée apicale sous-tendant la tige mâle avec plusieurs microsp	15
Figure 6 Répartition géographique de l' <i>Ephedra</i> dans le monde (CAVENEY et al., 2001).	17
Figure 7 <i>Ephedra fragilis</i>	22
Figure 8 Aire distribution d' <i>Ephedra fragilis</i> (BOTANICAL MUSEUM, 2018)	23
Figure 9 Situation géographique de la région de Tlemcen	26
Figure 10 Géolocalisation de notre station d'étude sur image satellitaire (2023)	27
Figure 11 Carte topographique Rachgoun, altitude, relief.	28
Figure 12 Géolocalisation de Béni Saf sur image satellitaire (2023)	29

Figure 13 Carte du réseau hydrographique de la wilaya de TLEMCEM .....	32
Figure 14 Photos d' <i>Ephedra fragilis</i> prises de la station de Rachgoun ( <b>RADJA, 2023</b> ).....	33
Figure 15 Précipitations moyennes mensuelles et annuelles (2012-2022) .....	37
Figure 16 Régime pluviométrique saisonnier (2012-2022) .....	38
Figure 17 Les températures moyennes maximales et minimales durant (2012-2022) .....	39
Figure 18 Indice d'aridité de DE MARTONNE.....	43
Figure 19 Climagramme pluviothermique D'EMBERGER .....	45
Figure 20 Diagrammes ombrothermiques de la station météorologique Durant la période (2012-2022) .....	46
Figure 21 photographies de protocole à suivre pour la préparation des coupes histologiques.....	55
Figure 22 : photographies de l'observation microscopique d' <i>Ephedra fragilis</i> (Gx10).....	56
Figure 23 Observation microscopique d'une coupe histologique du rameau d' <i>Ephedra fragilis</i> (Gx10) ( <b>RADJA, 2023</b> ).....	56
Figure 24 Observation microscopique d'une coupe transversale du rameau d' <i>Ephedra fragilis</i> (Gx10) ( <b>RADJA, 2023</b> ).....	58
Figure 25 O.M d' <i>Ephedra fragilis</i> - Rameau (Gx40) ( <b>RADJA, 2023</b> ).....	58
Figure 26 O.M d' <i>Ephedra fragilis</i> partie extérieure- Rameau (Gx100) ( <b>RADJA, 2023</b> ).....	59
Figure 27 O.M d' <i>Ephedra fragilis</i> partie extérieure (Gx100) ( <b>RADJA, 2023</b> ) .....	59
Figure 28 O.M d' <i>Ephedra fragilis</i> parenchyme- Rameau (Gx100) ( <b>RADJA, 2023</b> ) .....	59
Figure 29 O.M d' <i>Ephedra fragilis</i> ensemble Phloème- Xylème tissu ancien (Gx100) ( <b>RADJA, 2023</b> ) .....	60
Figure 30 O.M d' <i>Ephedra fragilis</i> ensemble Phloème- Xylème nouveau tissu (Gx100) ( <b>RADJA, 2023</b> ) .....	60
Figure 31 O.M d' <i>Ephedra fragilis</i> ensemble Phloème- Xylème Microscope optique – Microbleu (Gx100) ( <b>RADJA, 2023</b> ).....	61
Figure 32 O.M d' <i>Ephedra fragilis</i> Parenchyme médullaire (Gx10) ( <b>RADJA, 2023</b> ) .....	61
Figure 33 O.M d' <i>Ephedra fragilis</i> Parenchyme médullaire (Gx100) ( <b>RADJA, 2023</b> ) .....	62
Figure 34 O.M d' <i>Ephedra fragilis</i> Moelle- bulle d'air (Gx100) ( <b>RADJA, 2023</b> ).....	62
Figure 35 O.M d'une coupe transversale de tige d' <i>Ephedra fragilis</i> (Gx40) ( <b>RADJA, 2023</b> )....	64
Figure 36 O.M d' <i>Ephedra fragilis</i> ensemble des tissus protecteur (Gx100) ( <b>RADJA, 2023</b> ).....	65
Figure 37 O.M d' <i>Ephedra fragilis</i> ensemble Phloème- Xylème (Gx100) ( <b>RADJA, 2023</b> ) .....	65

Figure 38 mesure histométrique de tige d' <i>Ephedra fragilis</i> .....	68
Figure 39 Mesure histométrique de tige d' <i>Ephedra fragilis</i> .....	71
Figure 40 Apple Blossom Beetle ( <i>Tropinota hirta</i> ).....	76
Figure 41 Blossom feeder ( <i>Tropinota hirta</i> Poda) in Blueberry/ Apple/ Strawberry flowers.....	78
Figure 42 Blueberry/ Apple/ Strawberry flowers damaged by <i>Tropinota hirta</i> .....	78
Figure 43 le docking moléculaire .....	85
Figure 44 schéma de l'amarrage moléculaire .....	86
Figure 45 structure de la protéine .....	87
Figure 46 Site actif de l'enzyme .....	87
Figure 47 Structure 3D du Crystal Structure of Human Cytochrome P450 21A2 Progesterone Complex.....	89
Figure 48 interface de la banque des données PubChem.....	95
Figure 49 Interface de banque des données RCSB.....	96
Figure 50 interface de logiciel Open Babel GUI .....	97
Figure 51 Interface de logiciel Biovia Discovery studio.....	98
Figure 52 interface de logiciel AutoDock Tools-1.5.7 .....	99
Figure 53 protocole simplifié de Docking avec AutoDock Vina ( <b>RADJA, 2023</b> ) .....	101
Figure 54 Représentations 2D et 3D des interactions entre la meilleure pose du ligand <b>RUTIN</b> et son récepteur .....	105
Figure 55 Représentations 2D et 3D des interactions entre la meilleure pose du ligand <b>QUERCETIN</b> et son récepteur .....	105
Figure 56 Représentations 2D et 3D des interactions entre la meilleure pose du ligand <b>GALIC ACID</b> et son récepteur .....	106
Figure 57 Représentations 2D et 3D des interactions entre la meilleure pose du ligand <b>FERULIC ACID</b> et son récepteur .....	106
Figure 58 Représentations 2D et 3D des interactions entre la meilleure pose du ligand <b>CAFFEIC ACID</b> et son récepteur .....	107
Figure 59 Représentations 2D et 3D des interactions entre la meilleure pose du <b>VANILLIC ACID</b> et son récepteur .....	107
Figure 60 Représentations 3D des interactions entre la meilleure pose du <b>DELTAMETHRIN</b> et son récepteur .....	108

Figure 61 Représentations 3D des interactions entre la meilleure pose du **MALATHION** et son récepteur..... 108

## Liste des Tableaux

Tableau 1 Précipitations moyennes mensuelles et annuelles (2012-2022) ( <b>info climat</b> ).....	36
Tableau 2 Régime pluviométrique saisonnier (2012-2022).....	38
Tableau 3 Les températures moyennes maximales et minimales durant (2012-2022).....	39
Tableau 4 : indice de continentalité de DEBRACH .....	41
Tableau 5 étage de végétation 2012- 2022 .....	41
Tableau 6 Classification des climats en fonction des valeurs de l'indice de De Martonne.....	42
Tableau 7 l'indice d'aridité de De Martonne.....	42
Tableau 8 Quotient pluviothermique d'Emberger durant la période (2012-2022).....	44
Tableau 9 : mesures histométrique des rameaux d' <i>Ephedra fragilis</i> .....	66
Tableau 10 Moyennes des mesures histométrique des rameaux d' <i>Ephedra fragilis</i> .....	67
Tableau 11 mesure histométrique des tiges d' <i>Ephedra fragilis</i> .....	69
Tableau 12 Moyennes des mesure histométrique des tiges d' <i>Ephedra fragilis</i> .....	70
Tableau 13 Structure et informations sur les composés identifiés dans l' <i>Ephedra fragilis</i> . Les structures de ligands ont été extraites du serveur PubChem ( <a href="http://www.pubchem.ncbi.nlm.nih.gov">www.pubchem.ncbi.nlm.nih.gov</a> ). 90	
Tableau 14 Résultats obtenus après le Docking .....	102

## Liste des Abréviations

<b>Kcal/mol</b>	Kilocalorie par mol
<b>PDB</b>	Protein data bank
<b>PubChem</b>	Banque de données américaine de molécules chimiques
<b>RCSB</b>	Research Collaboratory for Structural Bioinformatics
<b>Q<sub>2</sub></b>	Quotient pluviométrique d'Emberger
<b>A.N.A.T.</b>	Agence Nationale de l'Aménagement du Territoire
<b>O.M</b>	Observation Microscopique
<b>MTC</b>	Médecine Traditionnelle Chinoise

***INTRODUCTION  
GENERALE***

Depuis l'antiquité, les produits naturels, notamment, ceux d'origine végétale constituent une source d'intérêt primordial pour l'homme qui a utilisé diverses plantes trouvées dans son environnement (**JUSTUS, 2018**).

L'exceptionnelle richesse biologique des écosystèmes méditerranéens a été soulignée depuis une quinzaine d'années, grâce à la démarche mondiale basée sur le concept de point-chaud de biodiversité\* (hotspot) terrestre. Tel est le cas des plantes à fleurs et fougères, puisqu'environ 10 % des végétaux supérieurs du globe se rencontrent en région méditerranéenne, sur une surface seulement égale à 1,6 % de la superficie terrestre (**MEDAIL & QUEZEL, 1997**).

L'Algérie par sa position biogéographique offre une très grande diversité écologique et floristique, estimé à plus de 3000 espèces appartenant à plusieurs familles botaniques, dont 15% sont endémiques et restent très peu explorés, autant d'un point de vue phytochimique que d'un point de vue pharmacologique (**HANAFI, 1991**).

La végétation de Tlemcen présente un bon exemple d'étude de la diversité végétale et surtout une intéressante synthèse de la dynamique naturelle des écosystèmes, depuis le littoral jusqu'à la steppe (**STAMBOULI et al., 2009**).

À ce jour, les plantes jouent un rôle important dans les arts de la guérison dans le monde entier, car elles constituent une ressource précieuse pour diverses thérapies et représentent toujours une base importante pour de nouveaux produits naturels biologiquement actifs ou leurs dérivés (**BADIAGA, 2011**).

Le règne végétal représente une source importante d'une immense variété de molécules bioactives dotées de multiples intérêts mis à profit dans l'industrie alimentaire, en cosmétologie et en pharmacie. Parmi ces composés on retrouve, les coumarines, les alcaloïdes, les acides phénoliques, les tannins, les terpènes et les flavonoïdes (**BAHORUN, 1996**).

L'intérêt pour les produits naturels connaît depuis quelques années une importance grandissante. Cet intérêt se manifeste par une demande croissante de produits naturels bios-actifs dénués de tout effet nocif, et par le souci de protéger l'environnement (**AL-ZIRA'AH, 1996**).

Le genre *Ephedra* est riche en alcaloïdes, à savoir l'éphédrine, pseudoéphédrine, noréphédrine, norpseudoéphédrine, méthyléphédrine et méthyle pseudoéphédrine (**AL-SNAFI,**

**2017)** La teneur en éphédrine dans l'éphédra est généralement de 0,05 à 0,19 %, tandis que la teneur en pseudoéphédrine est supérieure à 0,5 %. L'analyse phytochimique de l'éphédra indique la présence d'autres substances telles que les glycosides cardiaques, les sucres réducteurs, les flavonoïdes, les composés phénoliques. **(HADJAJ k. et al., 2020).**

*Tropinota (Epicometis) hirta* (Poda), parfois appelé coléoptère de la fleur du pommier ou coléoptère velu, est un ravageur important qui attaque les arbres fruitiers et les plantes ornementales en Europe et dans la région méditerranéenne **(AYDIN, 2011)**. La lutte contre *T. hirta* est difficile, car les ravageurs attaquent pendant la floraison, lorsque les pollinisateurs sont les plus actifs. **ÖZBEK et al., (1998)** ont signalé que des pesticides peuvent être utilisés si la population devient excessive.

Les pesticides sont des composés chimiques dotés de propriétés toxicologiques, utilisés par les agriculteurs pour lutter contre les animaux ou les plantes jugés nuisibles aux plantations, ces substances sont considérés comme la troisième cause de pollution dans le monde **(MULTINGR, 2005)**. L'usage des pesticides a considérablement augmenté au cours des dernières décennies créant un danger croissant pour la santé des populations, puisque même une exposition de faible intensité a un risque à long terme qui est plus difficiles à apprécier, ceux-ci sans parler des effets à court terme qui sont de mieux en mieux connus (effets neurologiques, cancers, malformations congénitales, système immunitaire affaibli et troubles de la reproduction) **(BALDI et al., 1996 ; TRON et al., 2001)**.

Dans la recherche de méthode alternative de lutte, le règne végétal offre beaucoup de possibilités. Les techniques traditionnelles et les extraits de plantes pour la protection contre les infestations multiples sont utilisées depuis des siècle **(PHILOGENE et al., 2008)**. De nombreuses études se développent actuellement pour isoler ou identifier des substances secondaires, extraites de plantes, dotées d'activité insecticide, répulsive ou antiappétante vis-à-vis des insectes.

Les recherches récentes ont montré que les extraits végétaux présentaient plusieurs propriétés leur permettent de s'inscrire dans les stratégies alternatives visant à limiter l'emploi des pesticides organiques de synthèse dans l'agriculture **(REGNAULT-ROGER, 2011)**. Les biopesticides sont considérés comme des produits à faible répercussion écologique et ils sont entièrement biodégradables. **(GLITHO, 2008)**.

Ce travail contribue à révéler les caractéristiques botaniques et histologiques de la plante *Ephedra fragilis* et ainsi à déterminer les caractéristiques phytochimiques.

Par conséquent, ce manuscrit vise à réaliser un essai *in silico* pour évaluer l'activité insecticide des composés chimiques extraits de l'*Ephedra fragilis*.

Notre travail est subdivisé en deux parties :

- ❖ Une partie théorique : dans laquelle nous allons traiter des Généralités sur la classe EQUISETOPSIDA, sur la famille des Ephedraceae et l'espèce *Ephedra fragilis* ;
- ❖ Une partie expérimentale : dans laquelle nous allons traiter les points suivants :
  - Etude du milieu physique.
  - Etude histologique de l'*Ephedra fragilis*.
  - Etude phytochimique.

***CHAPITRE I : ANALYSE  
BIBLIOGRAPHIQUE***

### I. Généralités sur la classe Equisetopsida

EQUISETOPSIDA - Prêles Equisetum – Equisetaceae. Observez les feuilles d'herbier et le matériel vivant d'*Equisetum*, le seul genre existant de ce groupe. Les équisétophytes sont reconnus par les crêtes longitudinales sur la tige photosynthétique externe ; les nœuds septés articulés (articulés) ; et les verticilles des feuilles (microphylles) présentes à ces nœuds. Les espèces d'*Equisetum* dépourvues de nombreuses branches latérales sont appelées « joncs à récurer **(G.SIMPSON 2013)**.

EQUISETALES — Prêles Les Equisetales, également appelés équisétophytes, sphénophytes ou sphénopsides, sont un groupe monophylétique qui a divergé tôt dans l'évolution des plantes vasculaires. Comme pour les Lycophytes, certains équisétophytes du Carbonifère, il y a environ 300 millions d'années, étaient de grands arbres ligneux. Parmi celles-ci figuraient les calamites (figure 02), un autre facteur contribuant aux gisements de charbon. Les études systématiques moléculaires actuelles (Figure 01) placent les équisétophytes près des Marattiales et dans un groupe contenant les Polypodiales (fougères leptosporangiées ; voir discussion plus loin). Cependant, cela peut contredire les interprétations fossiles, de sorte que la position de ce groupe doit faire l'objet d'une enquête plus approfondie **(G.SIMPSON, 2010)**

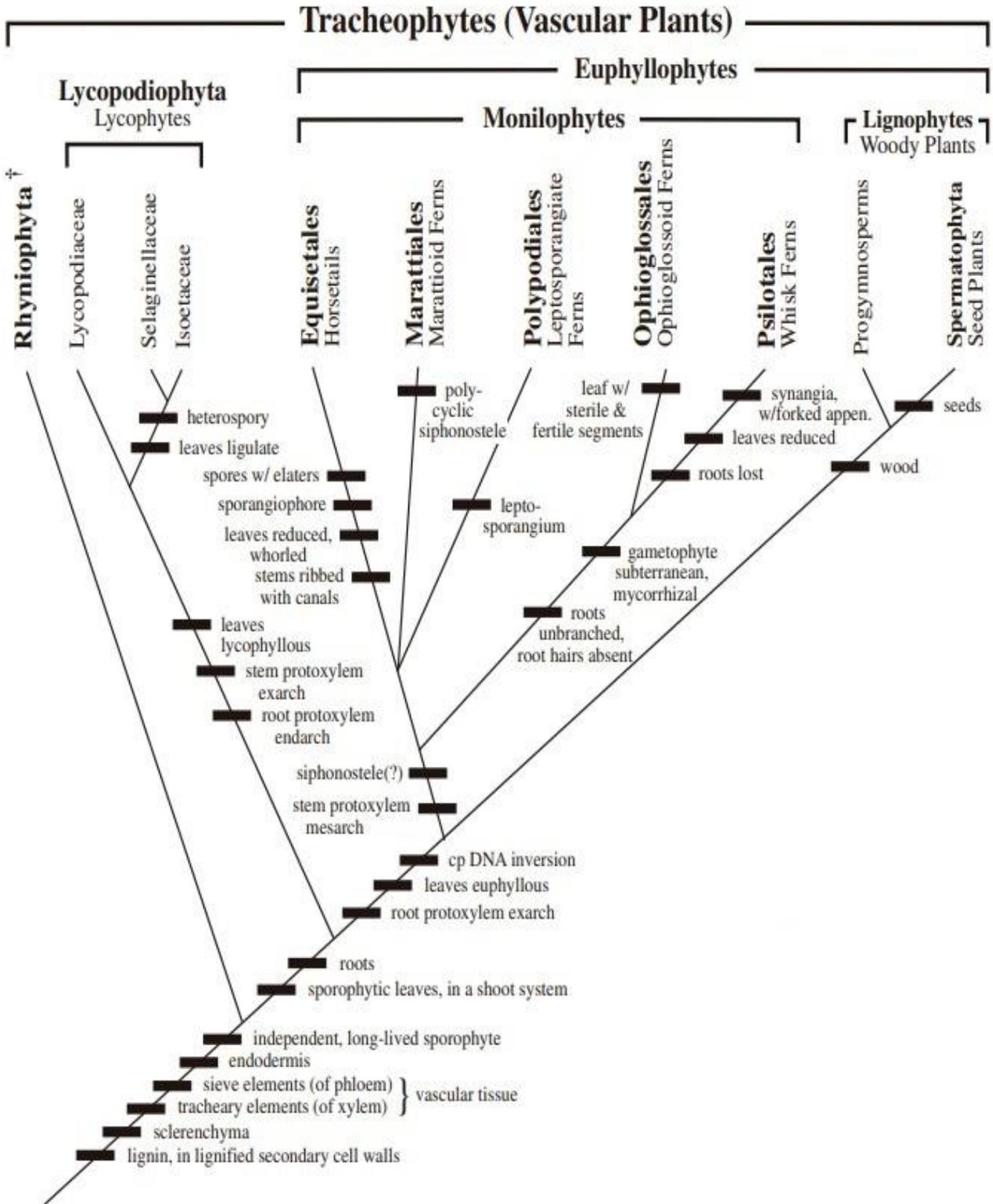


Figure 1 Phylogénie des trachéophytes, des plantes vasculaires, modifié d'après (PRYER *et al.*, 2001, 2004A).

Les équisétales sont unis par plusieurs apomorphies, d (Figure 03 A,J), souvent associées à des canaux creux internes (Figure 03 C) ; (2) feuilles réduites et verticillées qui sont habituellement légèrement fusionnées (figure 03 A,J); (3) sporangiophores, chacun constitué d'un axe pelté portant des sporanges longitudinalement déhiscent figure 03 F,L); et (4) les spores photosynthétiques avec des elaters (Figure 03G,H;voirla discussion ultérieure).

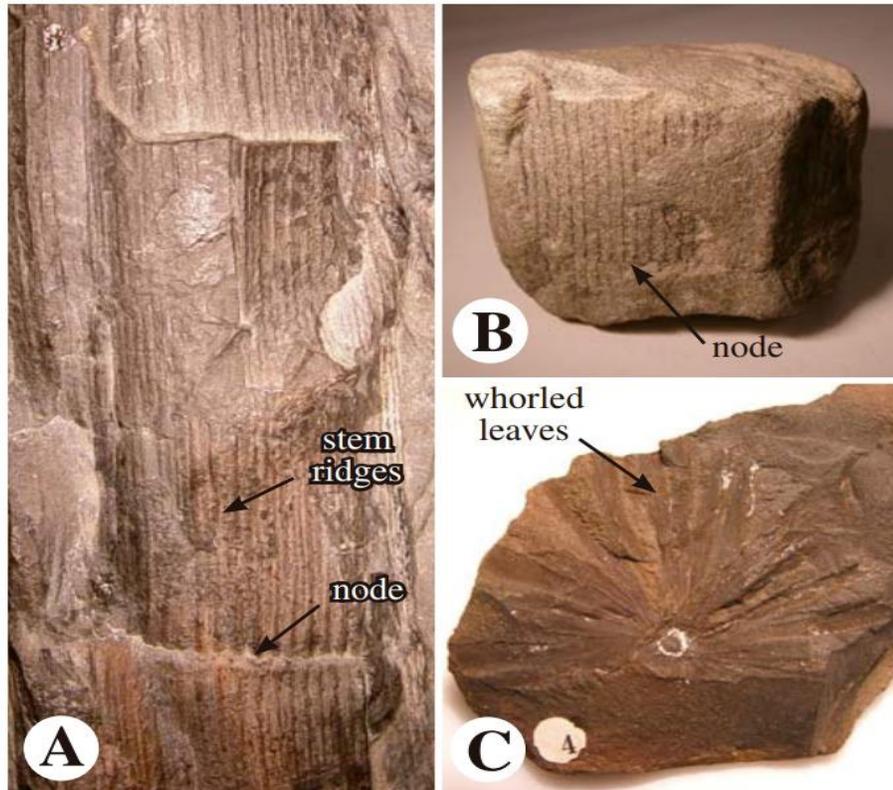


Figure 2 Calamites, un équisétophyte éteint de la taille d'un arbre. A. Impression fossile, montrant les nœuds et les crêtes de la tige. B. Moulage fossile de tige. C. Impression fossile montrant des feuilles de branche verticillées.

Aujourd'hui, les seuls équisétophytes restants sont des espèces du genre *Equisetum*. Les espèces d'*Equisetum* ont généralement un vaste système de rhizomes souterrains avec des racines adventives ; le rhizome donne lieu à des pousses aériennes dressées. Les tiges côtelées contiennent des cellules épidermiques imprégnées de silice. Ainsi, les tiges sont plutôt dures, prétendant avoir été utilisées dans le passé pour nettoyer les ustensiles de cuisine, d'où le nom commun de jonc à récurer. Les tiges sont creuses (ont une moelle creuse), avec des parois transversales appelées septa à chaque nœud (Figure 03 B) et des canaux périphériques (appelés canaux valliculaires ; Figure

03 C). Les feuilles sont verticillées et fusionnées latéralement, formant une structure en forme de gaine aux nœuds (Figure 03 A, B, J) (G.SIMPSON, 2010)

Les espèces d'*Equisetum* sont classées en partie en fonction de leur modèle de ramification aérienne. Chez certaines espèces, des verticilles de branches latérales apparaissent au nœud à partir des aisselles des feuilles, pénétrant en fait les feuilles légèrement fusionnées ; en raison de leur apparence, ces espèces sont appelées prêles (Figure 03 I, J) et sont classées dans le sous-genre *Equisetum*. Les autres espèces, qui n'ont pas de ramification importante aux nœuds, sont classées dans le sous-genre *Hippochaete* (Figure 03 A, D). Les deux sous-genres diffèrent également par l'anatomie du stomate, ceux du sous-genre *Hippochaete* étant coulés, et ceux du sous-genre *Equisetum* apparaissant à la surface (tige) (G.SIMPSON, 2010)

À l'extrémité de certaines tiges aériennes se trouvent des strobili ou des cônes (figure 03 E, L) contenant les sporanges, qui sont enchaînés par une structure peltée pédonculée appelée sporangiophore (figure 03 F, L). On pense que le sporangiophore représente un produit de fusion évolutif d'un agrégat de sporanges recourbés distincts et ancestralement. Certaines espèces d'*Equisetum*, par exemple *E. arvense*, ont la particularité d'avoir deux types de tiges aériennes : les tiges végétatives photosynthétiques (figure 03 I, J) et les tiges reproductrices non photosynthétiques qui se terminent par strobili (figure 03 K, L). Les spores des équisétomes sont uniques parmi les plantes vasculaires en ce qu'ils contiennent des chloroplastes et uniques parmi les plantes terrestres en ayant quatre appendices inhabituels ou plus appelés élatés (Figure 03 G, H).

Les élatés des spores d'*Equisetum* (qui ne sont pas homologues aux élatés dans les sporanges des hépatiques) sont hygroscopiques et se déploient du corps des spores lors du séchage, facilitant la dispersion des spores. (G.SIMPSON, 2010)

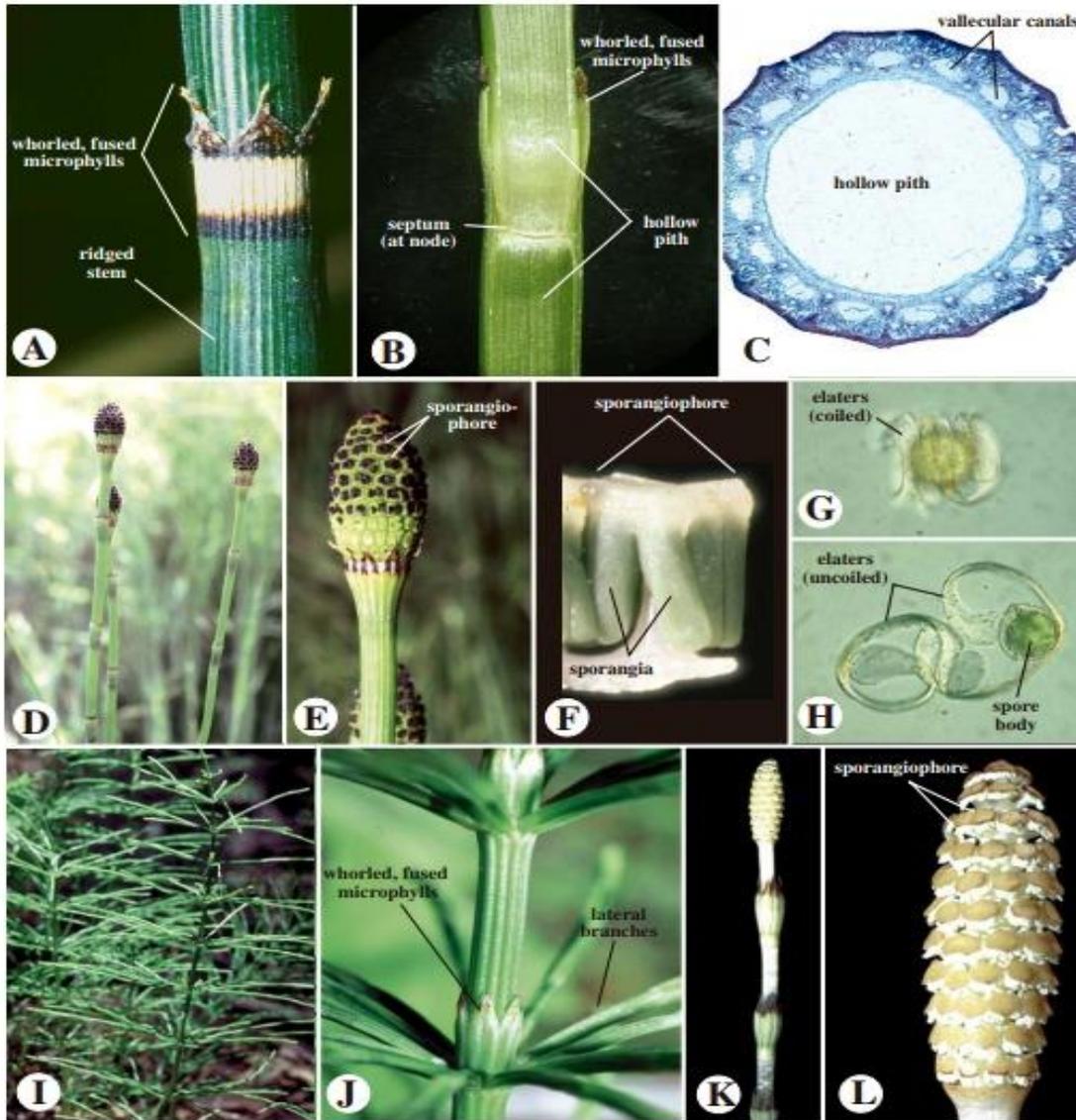


Figure 3 Equisetales. *Equisetum*, le seul genre existant des equisetophytes. A,B. *Equisetum hyemale*. A. Tige végétative. Notez la tige striée et les microphylls verticillées. B. Coupe longitudinale de la tige, montrant la moelle creuse centrale et le septum aux nœuds. C. Coupe transversale de la tige d'*Equisetum* sp., montrant la moelle centrale creuse et les canaux périphériques valliculaires. D,E. *Equisetum laevigatum*, un jonc à récurer, ayant des tiges aériennes photosynthétiques, généralement non ramifiées. F. Sporangio-phore, avec plusieurs sporanges pendants. G,H. Spores avec chacune quatre élaters. G. Elaters s'enroula. H. Elaters déroulé. I-L. *Equisetum arvense*, une prêle, aux tiges aériennes dimorphes. I,J. Tiges stériles photosynthétiques avec verticilles de branches latérales. K. Tige aérienne reproductrice, non photosynthétique, dépourvue de verticilles de branches et se terminant par un strobilus. L. Strobilus en gros plan, montrant un sporangiophore (G.SIMPSON, 2010)

### II. Généralités sur la famille des Ephedracées

Dans le monde entier, dans les régions tempérées à l'exception de l'Australie, adapté aux conditions extrêmement arides jusqu'à 4000 m dans les Andes et l'Himalaya. 1 genre, 60 espèces. (SINGH, 2010).

#### II.1. Caractéristiques principales

Arbustes à tiges articulées avec des branches en grappes ou enroulées, des vaisseaux présents, feuilles écaillées, fondues en gaine, microsporophylles pédonculées, pollen plissé, nonsaccate, chaque ovule entouré d'une paire de bractées soudées, ensemencées.

**Genre :** *Ephedra* (60 espèces).

#### II.2. Description botanique

Petits arbustes, souvent traînants, rarement grimpant (*E. foliata*), très rarement presque arborescent atteignant 30 cm de diamètre et hauteur de plusieurs mètres (*E. triandra*). Enraciner une racine de robinet dans le semis, en persistant longtemps temps, mais progressivement remplacé par adventive racines. Tige très ramifiée, tiges aériennes provenant du rhizome étalé ; branches nombreux, enroulés ou en grappes, rainurés longitudinalement, joints distinctement avec de longues entre-nœuds, habituellement verts et photosynthétiques, en forme de prêle, bois avec des vaisseaux. Feuilles en écailles, opposées ou en verticilles de 3-4 feuilles, fusionné à la base dans une gaine à chaque nœud, souvent en excrétion précoce, chaque feuille avec deux veines parallèles ; avec des bourgeons axillaires ; canaux de résine Absent. Plantes habituellement dioïques, rarement monoïques. Strobili mâle (inflorescence) dans verticilles de 1 à 10 aux nœuds dans l'aisselle de la feuille d'écaille (SINGH, 2010).

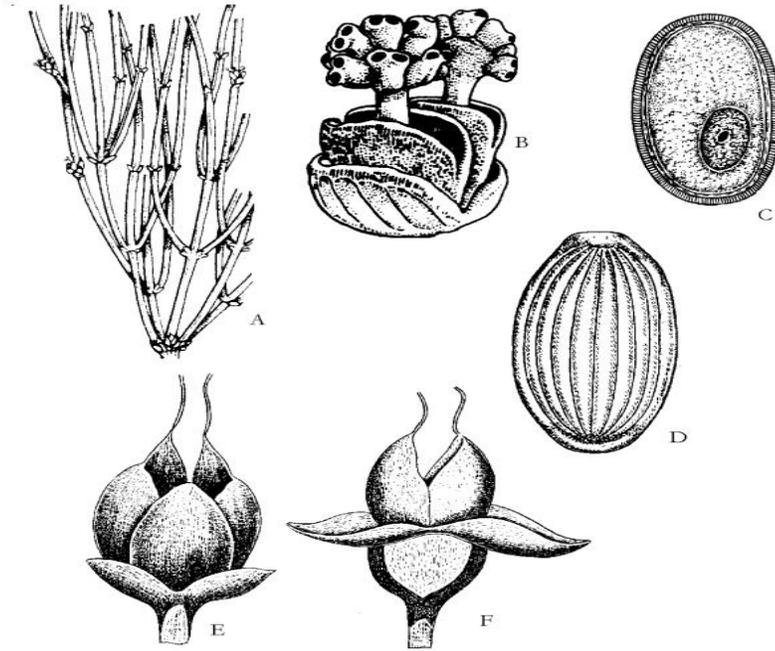


Figure 4 Ephedracées. *Ephedra gerardiana*. A : Tirer avec strobili ; B : Strobilus mâle ; C : Pollen grain ; D : surface du grain de pollen avec des crêtes parallèles sur exine ; E : Strobilus femelle avec bractées et deux ovules ; F : Même avec les graines.

Chacune avec 2 à 8 paires successives de bractées en coupe, une ou deux paires inférieures de bractées stériles portant des pousses solitaires de microsporanges (microsporophylles, fleurs), chacune sur un axe secondaire court (microsporangiophore) apparaissant entre chaque paire de bractées fertiles et portant deux écailles opposées (périanthe) et en 2 à 10 microsporanges (étamines à anthères filamenteuses ou sessiles), déhiscence par pores terminaux ; pollen sillonné, non saccate, inperturé, exigé lors de la germination, pollen devenant nu. Strobili femelle opposée ou en verticilles de 3-4 aux nœuds des branches, chacune avec 2-10 paires successives de bractées, la plus haute fusionnée pour former une coupe charnue autour de l'ovule porté sur une tige (la tige et l'ovule constituent la fleur femelle) ; ovule simple ou par paires, avec 2 téguments ; graines 1-2 par strobilus, entourées d'une coupe coriace jaune à brun foncé ; Cotylédons 2 (SINGH, 2010).

### II.3. Importance économique

Plusieurs espèces d'*Ephedra* ont été utilisées comme boisson par les premiers colons mormons, d'où le nom de thé mormon pour le genre. L'éphédrine, un alcaloïde utilisé comme décongestionnant, traitement de la toux et des problèmes circulatoires, est obtenu à partir de plusieurs espèces, en particulier *E. sinica* (ma huang), qui a été utilisé en Chine avant 2500 av. J.-C..(GURCHARAN SINGH, 2010).

### III. Généralités sur le genre *Ephedra* L

#### III.1. Etymologie

Le nom *Ephedra* vient du mot grec éphédros qui désigne une plante ressemblant aux prèles (BONNIER, 1934).

Découvert en 1859 par **FRIEDRICH WELWITSCH**, est originaire d'une petite région sur la côte sud-ouest aride de l'Afrique. Les plantes peuvent vivre plus de 2 000 ans. Sa tige ligneuse (j) dépasse légèrement du sol sablonneux et n'a que 2 feuilles en forme de lanière (k) produites à partir de méristèmes intercalaires à longue durée de vie (GLIMN-LACY et KAUFMAN, 2006)

III.2. Description Botanique du Genre *Ephedra* L

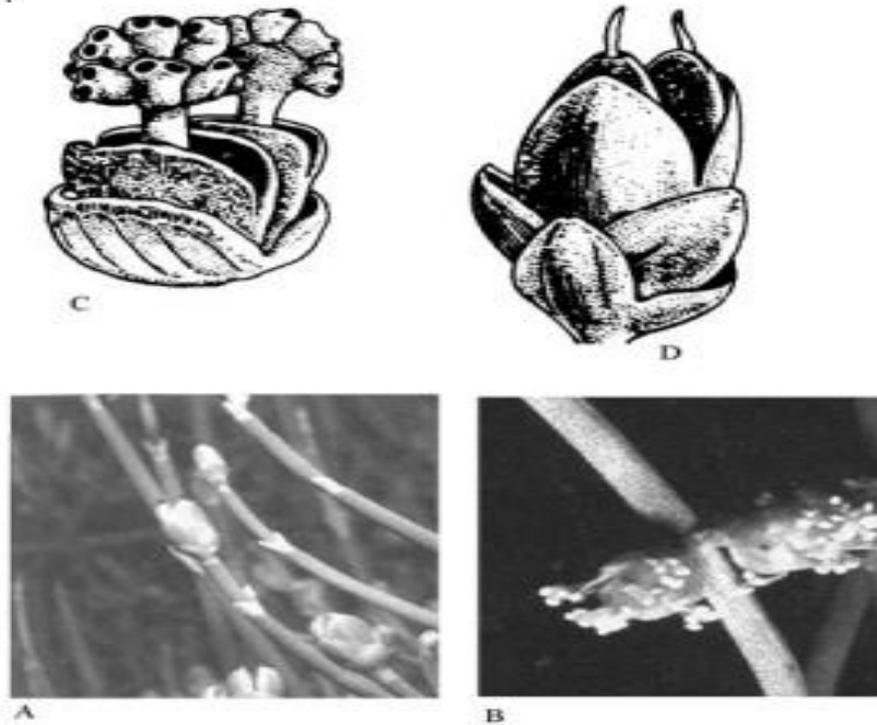


Figure 5 *Ephedra*. A : Une petite portion de plante avec des feuilles opposées en forme d'écailles. B : Strobili mâle sur une branche. C : Un strobilus mâle avec une série de bractées opposées, une bractée apicale sous-tendant la tige mâle avec plusieurs microsp

Arbustes ou lianes dioïques ou monoïques. Feuilles opposées, réduites, soudées en gaine à la base. Chatons mâles axillaires, comportant 2-6 anthères sur un filet commun. Fleurs femelles solitaires ou groupées 2-5, terminales, entourées par 2-4 paires de bractées imbriquées. Faux fruit (galbule), cons ; titué par des bractées accrescentes (QUEZEL et SANTA, 1962).

L'*Ephedra* des Ephedracées est un arbuste du désert assez commun et peut être reconnu par les tiges photosynthétiques striées et les feuilles très réduites en forme d'écailles, seulement deux ou trois par nœud. Des cônes mâles ou femelles peuvent être trouvés à l'aisselle des feuilles (G.SIMPSON, 2013).

III.3. Morphologie Végétative

Toutes les espèces d'*Ephedra* ont des pousses équisétoïdes en forme de jonc ; la plupart sont des arbustes, certains suspendus ou scandent, et une espèce peut devenir un petit arbre.

Beaucoup se propagent au moyen de rhizomes, qui poussent à partir de bourgeons souterrains. Chez la plupart des espèces, les feuilles sont opposées et décussées, mais chez certaines, elles sont en verticilles de 3 ou 4. La ramification est basitonique, et les verticilles condensés des branches latérales qui en découlent conduisent à l'habit arbustif des plantes. Les feuilles sont des écailles minuscules et sont souvent rapidement perdues. La photosynthèse se produit dans les jeunes tiges vertes et côtelées, jusqu'à ce que le périderme de la deuxième ou de la troisième année soit produit. Une partie des pousses de 1 an est régulièrement perdue ( **KRAMER et GREEN, 1990**).

### III.4. Distribution et Ecologie

Les espèces d'*Ephedra* sont xérophytes, héliophiles et en partie résistantes au froid. Leur répartition eurasiennne forme une large ceinture allant des îles Canaries et de la Méditerranée à travers les régions subtropicales arides de l'Asie intérieure jusqu'aux fleuves Amour et Lena, avec des valeurs aberrantes sur le golfe Persique et dans les monts Tibesti. Dans le Nouveau Monde, l'*Ephedra* se trouve dans deux régions : dans l'ouest des États-Unis et le nord du Mexique, et en Amérique du Sud le long des Andes de l'Équateur à la Patagonie et couvrant la majeure partie des basses terres argentines. Il existe environ 40 espèces en Eurasie, environ 14 en Amérique du Nord et 13 en Amérique du Sud (**KRAMER et GREEN, 1990**).

**Musaev (1978)** a suggéré que le genre était originaire des habitats littoraux et montagneux de la Méditerranée au Trias ou au Jurassique et avait son centre principal dans la région allant des Balkans à l'Iran. Dans sa distribution actuelle, Musaev trouve remarquable que jamais plus de 5 à 7 espèces ne coexistent dans la même région, un phénomène qui est supposé être dû à la « saturation des espèces ». Des études analytiques sur le pollen ont montré que le genre formait un élément important des steppes froides périglaciaires eurasiennes du Pléistocène. (**KRAMER et GREEN, 1990**).

### III.5. Répartition géographique

Les espèces du genre *Ephedra* poussent principalement dans les régions les plus sèches de l'Asie centrale et de l'ouest, en Europe méditerranéenne, en Amérique, au Moyen Orient, en Afrique du Nord, y compris les îles canaries (**FREITAG et MAIER-STOLTE, 1989**).

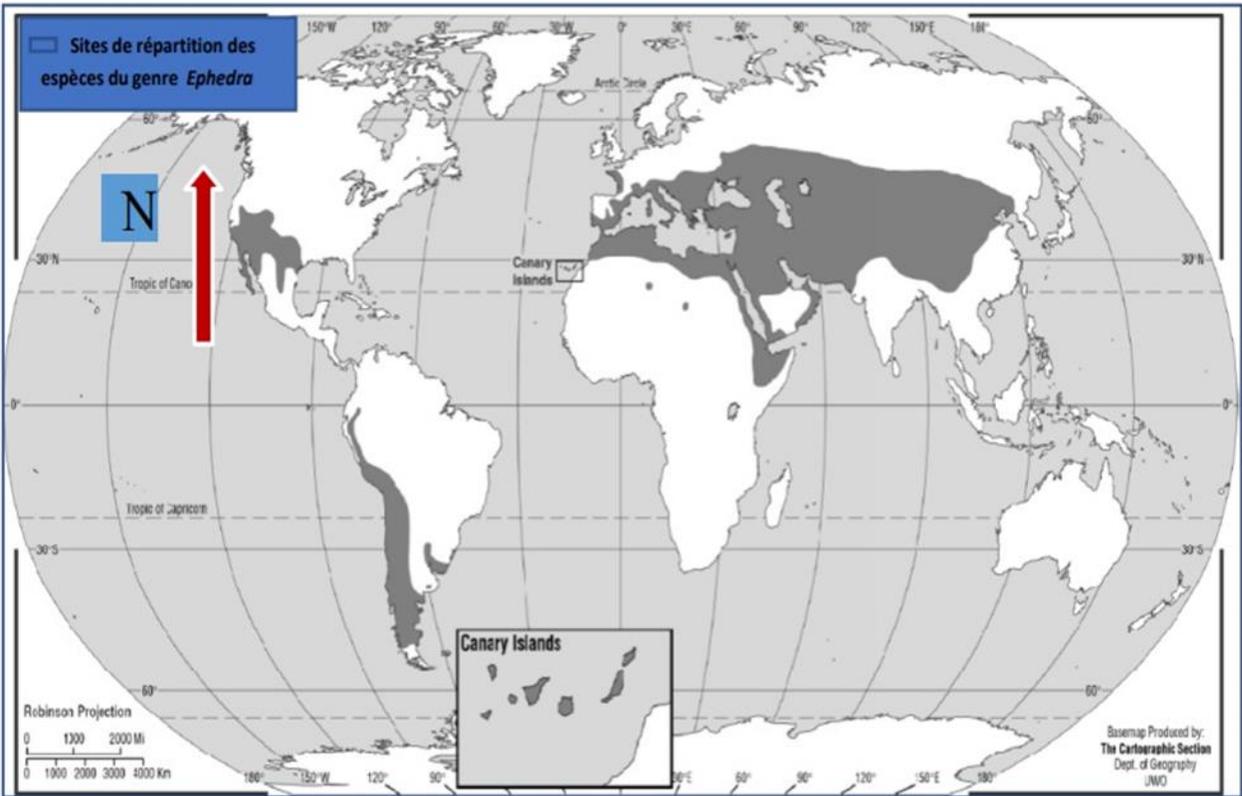


Figure 6 Répartition géographique de l'*Ephedra* dans le monde (CAVENEY et al., 2001).

Utilisation en médecine traditionnelle plusieurs espèces du genre *Ephedra* sont utilisées en médecine traditionnelle pour le traitement de diverses maladies : les tiges des espèces *Ephedra sinica* et *E. equisitina* sont employées comme tisane pour traiter l'asthme, l'hypertension, la congestion du nez et des poumons et le rhume des foins. La plante *Ephedra alata* qui pousse en Palestine est utilisée en médecine traditionnelle pour le traitement des maladies allergiques, l'asthme bronchique, les frissons, le rhume, la toux, l'œdème, la fièvre, la grippe et les maux de tête (O'DOWD et al., 1998).

### III.6. Liste des genres/ Espèces de la famille des Ephedracées

Selon the Plant List (1 janvier 2020)10:

- *Ephedra alata* Decne.
- *Ephedra altissima* Desf.

- *Ephedra americana* Humb. & Bonpl. Ex Willd.
- *Ephedra antisiphilitica* Berland. Ex C.A.Mey.
- *Ephedra aphylla* Forssk.
- *Ephedra arenicola* H.C.Cutler
- *Ephedra aspera* Engelm. Ex S.Watson
- *Ephedra aurantiaca* Takht. & Pachom.
- *Ephedra boelckei* F.A.Roig
- *Ephedra botschantzevii* Pachom.
- *Ephedra breana* Phil.
- *Ephedra brevifoliata* Ghahr.
- *Ephedra californica* S.Watson
- *Ephedra chilensis* C.Presl
- *Ephedra compacta* Rose
- *Ephedra coryi* E.L.Reed
- *Ephedra cutleri* Peebles
- *Ephedra dahurica* Turcz.
- *Ephedra dawuensis* Y.Yang
- *Ephedra distachya* L. (Raisin de mer)
- *Ephedra distachya* subsp. helvetica
- *Ephedra eleutherolepis* V.A.Nikitin
- *Ephedra equisetina* Bunge
- *Ephedra fasciculata* A.Nelson
- *Ephedra fedtschenkoae* Paulsen

- *Ephedra foeminea* Forssk.
- *Ephedra foliata* Boiss. Ex C.A.Mey.
- *Ephedra frustillata* Miers
- *Ephedra funerea* Coville & C.V.Morton
- *Ephedra gerardiana* Wall. Ex Stapf
- *Ephedra glauca* Regel
- *Ephedra holoptera* Riedl
- *Ephedra intermedia* Schrenk & C.A.Mey.
- *Ephedra intermixta* H.C.Cutler
- *Ephedra kardangensis* P.Sharma & P.L.Uniyal
- *Ephedra khurikensis* P.Sharma & P.L.Uniyal
- *Ephedra laristanica* Assadi
- *Ephedra likiangensis* Florin
- *Ephedra lomatolepis* Schrenk
- *Ephedra major* Host (Grand Éphédra ou Grande Uvette)
- *Ephedra major* subsp. major
- *Ephedra major* subsp. procera
- *Ephedra milleri* Freitag & Maier-St.
- *Ephedra minuta* Florin
- *Ephedra monosperma* J.G.Gmel. ex C.A.Mey.
- *Ephedra multiflora* Phil. ex Stapf
- *Ephedra nevadensis* S.Watson
- *Ephedra ochreatea* Miers

- *Ephedra oxyphylla* Riedl
- *Ephedra pachyclada* Boiss.
- *Ephedra pedunculata* Engelm. ex S.Watson
- *Ephedra pentandra* Pachom.
- *Ephedra przewalskii* Stapf
- *Ephedra pseudodistachya* Pachom.
- *Ephedra regeliana* Florin
- *Ephedra rhytidosperma* Pachom.
- *Ephedra rituensis* Y.Yang, D.Z.Fu & G.H.Zhu
- *Ephedra rupestris* Benth.
- *Ephedra sarcocarpa* Aitch. & Hemsl.
- *Ephedra sinica* Stapf (Éphédra chinois ou mahuang)
- *Ephedra sinica* var. *pumila*
- *Ephedra somalensis* Freitag & Maier-St.
- *Ephedra strobilacea* Bunge
- *Ephedra sumlingensis* P.Sharma & P.L.Uniyal
- *Ephedra tilhoana* Maire
- *Ephedra torreyana* S.Watson
- *Ephedra transitoria* Riedl
- *Ephedra triandra* Tul.
- *Ephedra trifurca* Torr. Ex S.Watson
- *Ephedra trifurcata* Zöllner
- *Ephedra tweedieana* C.A.Mey.

- *Ephedra viridis* Coville
- *Ephedra fragilis* Desf.

#### IV. Espèce *Ephedra fragilis* Desf

*Ephedra* est un genre de plantes gnétophytes (gymnospermes, classe des Equisetopsida) de la famille des Ephedracées, à très vaste répartition dans l'Ancien et le Nouveau Monde, qui comprend environ 70 espèces acceptées. Ce sont de petits arbustes presque toujours dioïques, très ramifiés, aux tiges articulées. Les fleurs sont petites, jaune verdâtre, les ovules sont enfermés dans une enveloppe assimilable à un ovaire imparfait.

##### IV.1. Classification systématique

Les botanistes ont classé l'espèce *Ephedra fragilis* Desf. comme suit (OZENDA, 1989) :

Règne : Plantae

Embranchement : Tracheophyta

Sous embranchement : Gymnospermes

Division : Gnetophyta

Classe : Gnetopsida

Ordre : Ephedrales

Famille : Ephedracées

Genre : *Ephedra* L.

Espèce : *Ephedra fragilis* Desf

: *Ephedra fragilis* subsp. *desfontainii* Asch. & Graebn.

Descendants directs

Sous-espèces : *Ephedra fragilis* subsp. *cossonii* (Stapf) Maire

: *Ephedra fragilis* subsp. *Fragilis*

➤ **Nom commun**

- Anglais : Joint Pine
- Arab : علندی هش
- Espagnol : Canadillo
- Italien : Ephédra fragilis



Figure 7 *Ephedra fragilis*

**IV.2. Description botanique de l'Espèce *Ephedra fragilis* Desf**

Arbuste atteignant plusieurs mètres buissonnant ou grimpant rameaux peu denses ; chatons males a 2-6 anthères portes par une colonne nettement marquée. Fruit mur de 8-9 mm toujours à 2 graines. Graines noirâtres, non cernés sur les faces – dunes littorales, broussailles, forêts roches-AC : Littoral, tell, Atlas saharien Macar-Med (**QUEZEL et SANTA, 1962-1963**).

Feuillage : Longues tiges articulées gris-vert, plus ou moins tortueuses, formant une masse persistante souple, prostrée ou retombante.

Floraison : Inflorescences parfumées jaune verdâtre, peu visibles, d'avril à juin, suivies par des fructifications rouges en automne.

Hauteur : 40 à 60 cm.

Largeur : 1 m à 2 m, parfois plus.

Rusticité : -12 à -15 °C.

Code de sécheresse : 6.

Sol : pauvre, caillouteux, bien drainé. Supporte bien le calcaire

Exposition : soleil.

Origine : Est du Bassin méditerranéen.

Utilisation : massif de vivaces et d'arbustes

### IV.3. Distribution Géographique

Afrique subtropicale (Afrique du nord), Europe méridionale (du Portugal jusqu'en Sicile).

Garrigues, broussailles, pentes rocheuses.

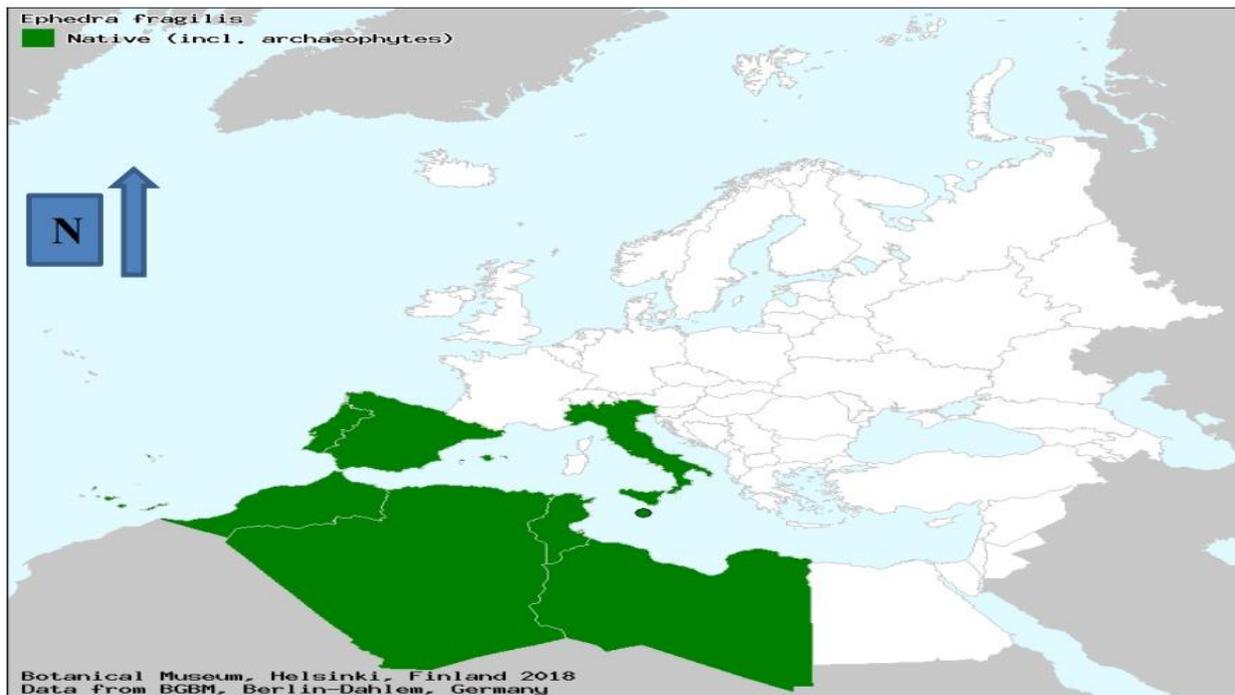


Figure 8 Aire distribution d'*Ephedra fragilis* (BOTANICAL MUSEUM, 2018)

### IV.4. Intérêt de l'espèce

L'espèce *Ephedra fragilis* est un antioxydant, anti-inflammatoire and anticancer utilisée comme remède contre l'hypertension vasculaire, le traitement des maladies respiratoires, l'asthme, les bronchites et le diabète.

### IV.5. Phytochimie

Dans le genre *Ephedra*, un large éventail de flavones et d'anthocyanidines et d'alcaloïdes dérivés de phénylalanin (éphédrines et éphédradines) a été signalé. La composition de lignine avec une le rapport guaiaya-cyl-syringyle de 1: 3 est angiosperme, tout comme l'apparition non confirmée de « l'acide gallotannique » (**GOTTLIEB et KUBITZKI, 1984**).

### IV.6. Importance Economique

Plusieurs espèces ont été utilisées comme source de médicaments depuis l'Antiquité. L'empereur chinois Chen-nung aurait introduit le médicament comme antipyrétique et médicament contre la toux et pour traiter la faiblesse circulatoire. La drogue a également été utilisée comme stimulant pour augmenter la production de main-d'œuvre esclave. Sa première mention en médecine européenne se trouve dans la plante de *Lonicerus* de 1557. Aujourd'hui, il est principalement utilisé comme réceptif constricteur. Seules certaines espèces, telles que *E. helvetica*, *E. sinica* et *E. major*, contiennent des éphédrines. (**KRAMER et GREEN, 1990**).

*CHAPITRE II : MILIEU  
PHYSIQUE*

## I. Etude du milieu physique

### I.1. Situation géographique

L'étude porte sur la région de Tlemcen qui est située à l'extrême Nord-Ouest Algérien entre 34° et 40' et 2°30' de longitude Ouest, elle s'étend sur une superficie de 9017,69km<sup>2</sup>, limitée géographiquement par :

- Au Nord, la mer méditerranée
- Au Nord Est par la Wilaya d'Ain-Temouchent
- A l'Est par la Wilaya de Sidi Belabbes
- A l'Ouest par le Maroc
- Au Sud par la Wilaya de Naama

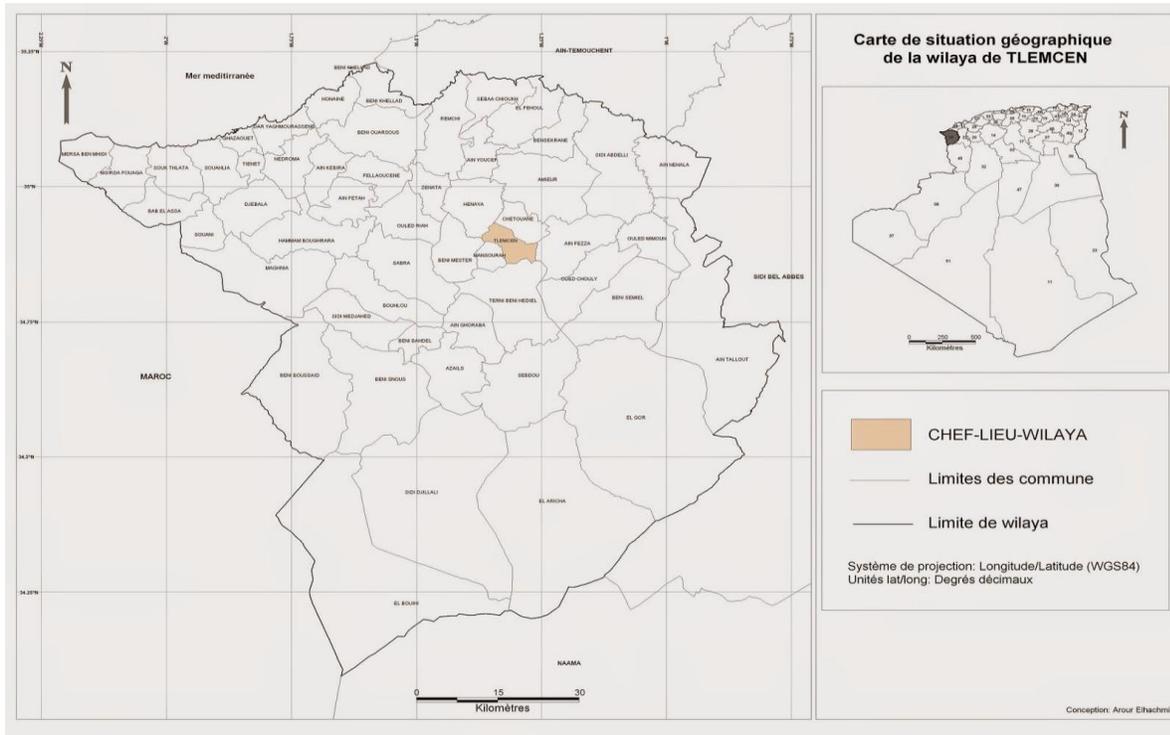


Figure 9 Situation géographique de la région de Tlemcen

### I.2. Choix et localisation des stations d'étude sur Tlemcen

Notre région d'étude couvre une partie de l'ouest oranais qui correspond administrativement aux wilayas (départements) de Tlemcen et Ain Témouchent. Le choix de notre station est orienté par la présence des peuplements à *Ephedra*. La consultation des travaux précédents, ainsi que les sorties sur le terrain nous ont montré que les peuplements à *Ephedra* occupent quelques espaces en Oranie, dans les zones littorales (Rachgoun en particulier).

### I.3. Description De La Station

La station de Rachgoun est une station littorale de la mer méditerranéenne faisant partie de la Wilaya d'Ain Témouchent, c'est une petite agglomération côtière à l'embouchure de l'oued Tafna, à 7 km à l'ouest du chef-lieu de la commune Béni Saf et à 60 km de Tlemcen, elle se limite au nord par la mer méditerranée ; au sud par le village de l'Emir Abdelkader ; à l'ouest par la commune d'Oulhaça et à l'Est par le village d Sidi Safi.



Figure 10 Géolocalisation de notre station d'étude sur image satellitaire (2023)

**Données géographique de la station de Rachgoun :**

Latitude N : 35°16'59,02"

Longitude W : 001°27'16,63"

Altitude : 87 m

Exposition : Nord

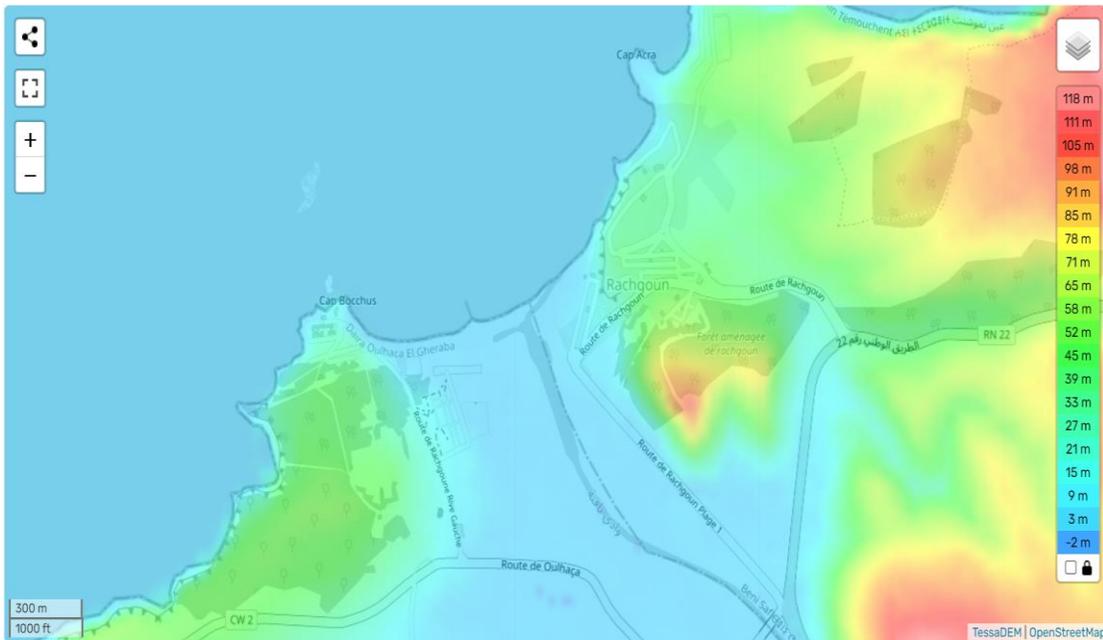


Figure 11 Carte topographique Rachgoun, altitude, relief.

**Lieu : [Rachgoun, Beni Saf, Daira Beni Saf, Algérie \(35.27862 -1.48666 35.31862 -1.44666\)](#)**

**Altitude moyenne : 25 m**

**Altitude minimum : -2 m**

**Altitude maximum: 144 m**



Figure 12 Géolocalisation de Béni Saf sur image satellitaire (2023)

### **I.4. Relief**

La région de Béni Saf est caractérisée par deux types de reliefs :

- Le massif de Béni Saf qui culmine dans sa partie centrale à 409m au djebel Skhouna.
- La vallée de la Tafna, sur sa rive droite, qui s'étend sur l'extrémité occidentale de la commune de Beni saf ; avec une altitude inférieure à 30 m, sa topographie est relativement plane. Elle est constituée de sols fertiles d'apport alluvial et ne présente pas de problèmes d'érosion en dehors du sapement des berges de l'oued Tafna (A.N.A.T, 1994).

### **I.5. Géologie**

Pour la région de Beni Saf, le soubassement géologique est constitué d'ardoise primaire et des calcaires jurassiques trouvés dans la plaine de la chaîne de Skhouna au sud de l'agglomération de Béni SAF.

Par ailleurs, la vallée de la Tafna constitue la zone agricole la plus fertile de la région en raison de la présence de roches volcaniques (Basaltes) qui permettent la constitution d'un excellent sol poreux, qui a le pouvoir d'emmagasiner une grande quantité d'eau (A.N.A.T, 1994).

### I.6. Géomorphologie

Des variables importantes, servant à la description phytoécologique régionale et sectorielle, les formes du relief sont, à juste titre, considérées comme l'expression synthétique de l'action du climat sur le relief structural par l'intermédiaire de la végétation (TRICART et CAILLEUX, 1969).

Le milieu physique dans la Wilaya de Tlemcen, est représenté par plusieurs Djebels comprenant de nombreux Talwegs à orientations diverses, détermine une multitude d'expositions (KERZABI, 2017).

La variabilité des formes du modèle du Tell Oranais, où alternent des montagnes érodées, des plateaux structuraux et des plaines d'alluvionnement, le plus souvent articulées de cuvettes d'effondrement de toutes dimensions, est ce qui le rend unique.

#### I.6.1. Les Monts de Tlemcen

Les Monts de Tlemcen sont entourés dans leur ensemble par la dépression miocène, qui comprend la plaine de Maghnia, la plaine des Ghossels et la plaine de Sidi Bel Abbès au Nord, les Hautes Plaines oranaises au Sud, les Monts de Daïa à l'Est et la plaine des Angad d'Oujda, le plateau de Djorf Ouazzène et la plaine de Missiouine à l'Ouest.

Les Monts de Tlemcen sont formés de reliefs accidentés et ils sont garnis par un tapis végétal plus au moins dense qui les protège dans lesquels ; ces Monts sont caractérisés par une érosion plus au moins intense à l'exception de quelques îlots tels que la zone de Benisenous où la roche mère affleure (TRICART, 1996).

Avec une superficie de 178000 ha, sont situés, entre les latitudes nord 34° et 35° et les longitudes ouest 0°30' et 2°. Coupée par une chaîne qui apparaît à partir de 600 m et qui culmine à certains points à plus de 1800 m. D'une disposition générale Sud- Ouest et Nord- Est. (ZAOUI, 2014). Les Monts de Tlemcen sont formés de reliefs accidentés et ils sont garnis par un tapis

végétal plus au moins dense qui les protège ; Les Monts de Tlemcen ont des pentes de plus de 20% (BABALI, 2010).

### I.6.2 Le bassin de Tlemcen

De l'Ouest à l'Est une succession de plaines et de plateaux drainés par des cours d'eaux importants prenant naissance pour la plupart dans les Monts de Tlemcen. À l'Ouest, la plaine de Maghnia est bordée au Nord par Oued Mouilah. À l'Est de cette plaine forme une série de plateaux bordée au Nord-Ouest par la vallée de Tafna et au Nord par la vallée d'Isser (SIBA, 2016).

A l'Ouest, les plaines de Maghnia sont bordées au Nord par Oued Mouilah, qui atteint une altitude de 400 m ; à l'Est de cette plaine une série de plateaux s'étageant entre 400 et 800 m d'altitude bordés au Nord-Ouest par la vallée de Tafna et au Nord par la vallée d'Isser. (BOUAYAD, 2017).

### I.6.3. Le littoral

Fait partie des Monts des Traras qui renferment toute la partie littorale de la région de Tlemcen de Marsat Ben Mhidi jusqu'à l'embouchure de la Tafna (Rachgoun) à l'Est. (ZAOUI, 2014). Il est formé de côtes sableuses et rocheuses et du massif montagneux des Traras où on rencontre surtout des collines marneuses sensibles à l'érosion (BABALI, 2010).

Le littoral, regroupe les Monts des Traras (Rachgoun) et Beni Saf dans la partie Ouest occidentale de l'Algérie. Faisant partie de la chaîne tellienne, le massif des Traras n'est autre qu'un prolongement de cette chaîne, elle s'étend de l'Ouest (le rif et les Beni Znassen au Maroc) vers l'Est, renfermant ainsi toute la partie littorale de la région de Tlemcen (de Marsat Ben Mhidi jusqu'à l'embouchure de la Tafna «Rachgoun») et sont ainsi limité par la wilaya de Ain Temouchent dont Beni-Saf fait partie.

#### • Les plaines telliennes

Entre le littoral et les monts de Tlemcen, s'étendent de l'est à l'ouest de la wilaya, elles comprennent le grand cours de la Tafna (MEKKAOUI, 1989).

### I.7. Hydrographie

La disposition du relief, ainsi que l'abondance des roches imperméables tendres argilo-marneux, ont combiné leurs effets et ont permis la naissance d'un réseau hydrographique

important. Ce dernier est lié en grande partie à l'évolution des phénomènes structuraux qui ont affecté la région aux cours des ères géologiques (MOSTEFAL, 2017). Cependant l'influence du relief sur l'écoulement est important car de nombreux paramètres hydrométéorologiques (précipitations, températures, etc. ....) varient avec l'altitude et la morphologie du bassin versant (KORTI, 2004).

Les réseaux hydrographiques sont caractérisés par la densité et la présence d'oueds qui sont d'origine pluviale ou souterraine, arrivant directement ou par voie maritime parutions.

Le bassin de la Tafna est l'un des grands bassins versants du Nord-Ouest Algérien, s'étend sur une superficie de 7.245 km<sup>2</sup> , couvrant la totalité de la wilaya de Tlemcen. Il est situé entre les latitudes (34°47' et 35°15') Nord et les longitudes (2°15' et 0°15') Ouest.

Le bassin versant de la Tafna à l'instar des bassins de la rive méditerranéenne sud est caractérisé par un climat semi-aride méditerranéen (BOUANANI et al., 1999)

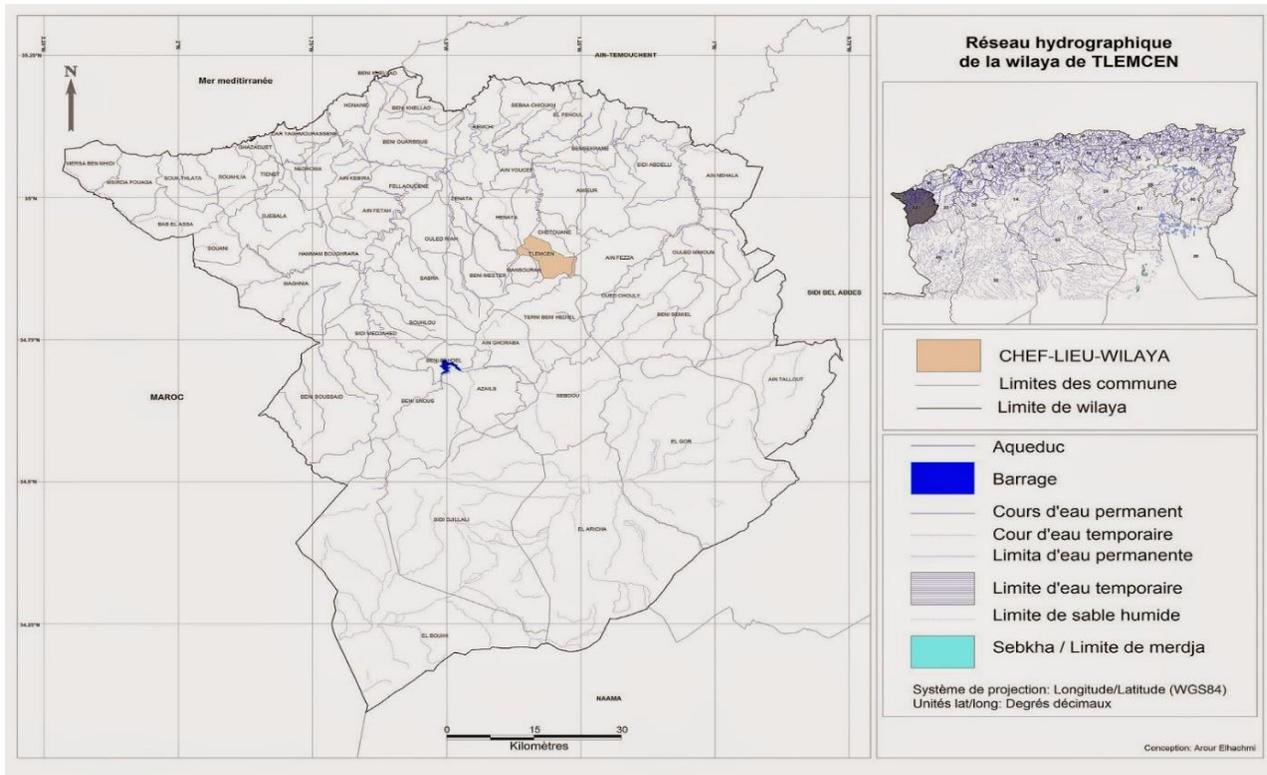


Figure 13 Carte du réseau hydrographique de la wilaya de TLEMCCEN



Figure 14 Photos d'*Ephedra fragilis* prises de la station de Rachgoun (**RADJA, 2023**)

## II. Etude Bioclimatique

La climatologie est la science qui étudie l'atmosphère, d'une part, elle se situe au niveau du sol, c'est-à-dire au niveau des processus morphologiques, hydrologiques et pédologiques qui font du climat l'un des facteurs premiers de toute réalité géographique ; mais aussi au niveau de la végétation ou des organismes supérieurs d'autre part. C'est bien souvent dans des perspectives biologiques que la climatologie devra placer ses spéculations (**PEGUY IN KADIK, 1983**).

Le climat est l'ensemble des phénomènes météorologiques (température, précipitations, pression atmosphérique, vents...) qui caractérisent l'état moyen de l'atmosphère et son évolution en un lieu donné (**THINTHON, 1948**).

Selon **BOUAZZA** et **BENABADJI, 2010**, la région de l'Ouest algérien se caractérise par de faibles précipitations avec une grande variabilité inter-mensuelle et interannuelle. Le climat de la région de Tlemcen est du type méditerranéen influencé par une sécheresse estivale marquée et une période hivernale pluvieuse.

D'après **SELTZER (1946)** et **THINTHOIN (1948)** le climat de l'Algérie relève du régime méditerranéen avec deux saisons bien tranchées, une très sèche, l'autre relativement humide. Ce climat tend vers une aridité de plus en plus accentuée, elle est concrétisée non seulement par le régime pluviométrique mais aussi par les fortes températures estivales entraînant une intense évaporation.

La zone de Tlemcen est l'influencé de climat méditerranéen défini selon ( **BENABDJI & BOUAZZA, 2000** ) comme un climat de transition entre la zone tempérée et la zone tropicale avec un été très chaud et très sec, tempéré seulement en bordure de la mer, l'hiver est très frais et plus humide. Ce climat est qualifié de xérothermique.

### II.1. Méthodologie

#### II.1.1. Choix des stations météorologiques

La région de Rachgoun étant dépourvue de station météorologique, on a eu recours aux données climatiques de la station météorologique la plus avoisinante, celle de Béni-saf.

### Caractéristique de la station météorologique : station Béni-saf

Latitudes : 35°18' N.

Altitudes : 68 m

Longitudes : 1°21' W.

Wilaya : Ain Temouchent.

#### II.1. 2. Choix de la durée d'observation

Pour avoir des résultats fiables, il faut une durée d'observations d'au moins 10 ans, surtout que Algérie occidentale, les précipitations sont particulièrement irrégulières d'une année à une autre.

#### II.2. Facteurs climatiques

##### II.2.1. Précipitations

On appelle précipitations, toutes les eaux météoriques, ou hydrométéores, qui tombent à la surface de la terre, tant sous forme liquide (pluie) que solide (neige, grêle, grésil) (**L'HOTE, 1993**).

Les précipitations dans une région sont étroitement liées au climat. La quantité de précipitations varie du temps et de l'espace. Les régions sont plus humides que d'autres et les mois sont plus humides plus pluvieux que les autres.

Les précipitations sont le principal facteur qui détermine le type de climat. En effet, il conditionne le maintien et la répartition du couvert végétal. La pluviosité affecte directement le sol et la végétation. Elle varie avec l'altitude, la longitude et la latitude (**DJEBAILI, 1978**).

Les précipitations représentent les seules sources hydriques pour la végétation naturelle et terrestre. Elles exercent une action prépondérante par la définition globale du climat (**LE HOUEROU et al., 1977**).

D'après **BENABADJI et BOUAZZA (2000)**, l'origine des pluies dans les zones est due aux vents humides du secteur nord durant la saison froide, dont l'influence diminue au fur et à mesure que l'on s'éloigne de la mer selon **SELTZER (1946)**, d'autre part, les pluies orageuses liées aux perturbations atmosphériques engendrées par les dépressions en provenance des régions sahariennes (**DUBIEF, 1959, 1963**).

L'altitude, la longitude et la latitude, sont les principaux gradients définissant la variation de la pluviosité. En effet, la quantité de pluie diminue du Nord au Sud, de l'Est à l'Ouest ; et devient importante au niveau des montagnes. Ceci a été confirmé par **CHAABANE (1993)**, qui précise le gradient des précipitations diminue d'est en ouest. C'est à cause du cloud L'eau de pluie de l'Atlantique est bloquée ou détournée vers l'est par les Sierras Barrière de montagnes au Nevada, en Espagne et au Maroc, Seuls les nuages les plus hauts sont autorisés à passer.

La région de l'Ouest algérien se caractérise par de faibles précipitations avec une grande variabilité inter mensuelle et interannuelle signalés par plusieurs auteurs comme **MERZOUK (2010)**, **BOUZZA** et **BENABADJI (2010)** et **BENABDELMOUMEN (2018)**.

Les zones recevant plus de 400 mm sont considérées comme semi-arides, subhumides ou humides, selon l'importance des précipitations (**EMBERGER, 1930**). **DJEBAILI(1978)** définit la pluviosité comme étant le facteur primordial qui permet de déterminer le type de climat. En effet, celle-ci conditionne le maintien et la répartition du tapis végétal d'une part, et la dégradation du milieu naturel par le phénomène d'érosion d'autre part notamment au début du printemps.

• **Le régime mensuel**

le gradient pluviométrique est décroissant d'Est en Ouest. Cela est dû au fait que les nuages chargés de pluie qui viennent de l'atlantique sont arrêtés ou déviés vers l'Est par la sierra Nevadas en Espagne et aussi par la barrière constituée par les hautes montagnes du Maroc qui ne laissent passer que les nuages les plus hauts.

Tableau 1 Précipitations moyennes mensuelles et annuelles (2012-2022) (**info climat**)

	Janv.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Annuelle
<b>Beni Saf (2012-2022)</b>	76,3	22,9	49,9	72	19,7	34,1	1,1	2,2	17,7	32,6	39,2	37,7	405,4

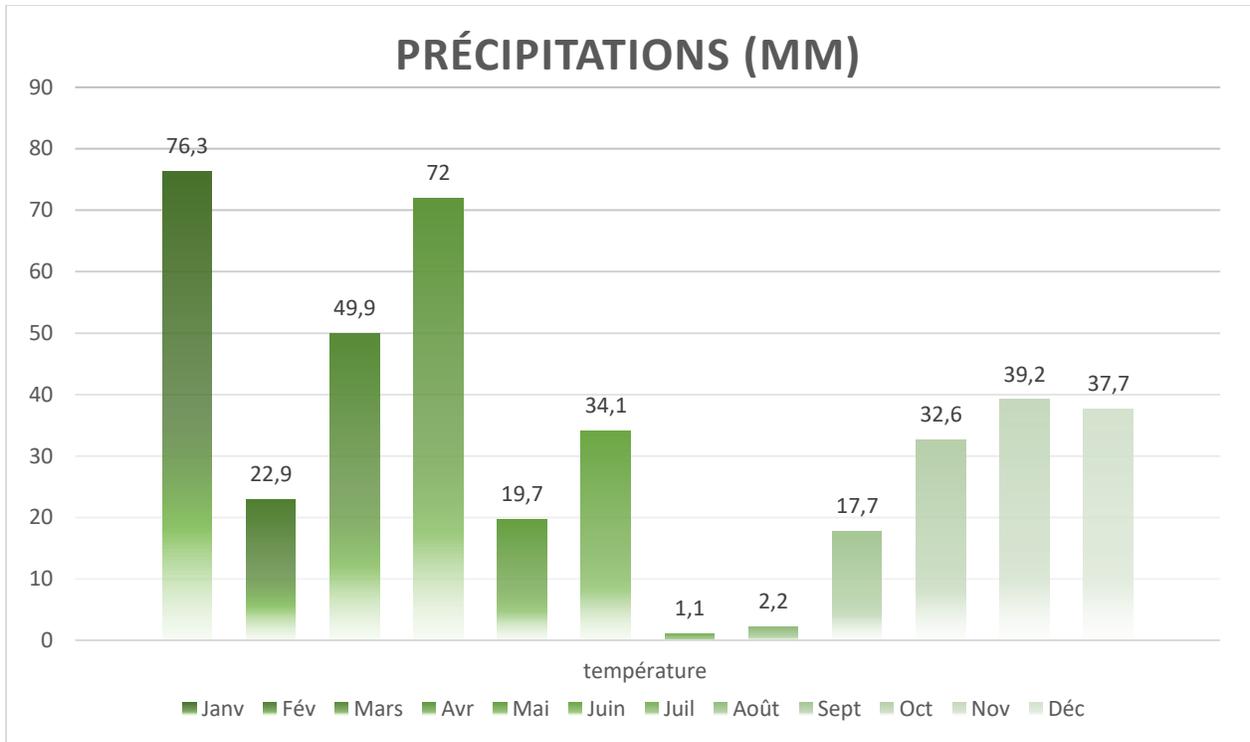


Figure 15 Précipitations moyennes mensuelles et annuelles (2012-2022)

- **Le régime Saisonnier**

MUSSET et CHAABANE (1993), ont défini la notion du régime saisonnier. Elle consiste à calculer la somme des précipitations par saison et à effectuer le classement des saisons par ordre de pluviosité décroissante. En désignant chaque saison par son initial : P H E A (P : Printemps ; H : Hiver ; E : Été ; A : Automne).

Ps : Précipitations saisonnières.

Pa : Précipitations annuelles.

$$\text{Crs} = \text{Ps} \times 4 / \text{Pa}$$

Crs : Coefficient relatif saisonnier de MUSSET.

- Régime saisonnier des pluies de la station de Beni saf

Le régime saisonnier des pluies au niveau de la station Béni Saf est présenté dans le tableau ci-dessus :

Tableau 2 Régime pluviométrique saisonnier (2012-2022)

Station	Période	Régimes Saisonniers				Type
		Hiver	Printemps	Eté	Automne	
Béni Saf	2012-2022	136,9	141,6	52,9	89,5	HAPE



Figure 16 Régime pluviométrique saisonnier (2012-2022)

### II.2.2. Température

L'élément température est utilisé en phytoclimatologie pour rendre compte de l'apport d'énergie à la végétation à défaut des observations du rayonnement (**HALIMI, 1980**). Elle intervient dans le déroulement de tous les processus, la croissance, la reproduction, la survie et par conséquent la répartition géographique générant les paysages les plus divers (**SOLTNER, 1992**).

Le Tableau n°03 résume des températures moyennes maximales et minimales pour les périodes (2012-2022)

Tableau 3 Les températures moyennes maximales et minimales durant (2012-2022)

	Janv.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	m.Ann (mm)
<b>Tempé. Maxi moyennes</b>	16,6	17,3	18,7	20,4	23,7	26,9	29,6	30,3	28,2	21,4	18,6	17,6	22,4
<b>Tempé. Moy moyennes</b>	12,8	13,5	14,7	16,3	19	22,2	24,8	25,6	23,5	19,9	15,7	14,1	18,5
<b>Tempé. Mini moyennes</b>	10,6	11,3	12,4	14,1	16,6	19,8	22,7	23,6	21,4	18,5	14,5	12,2	16,5

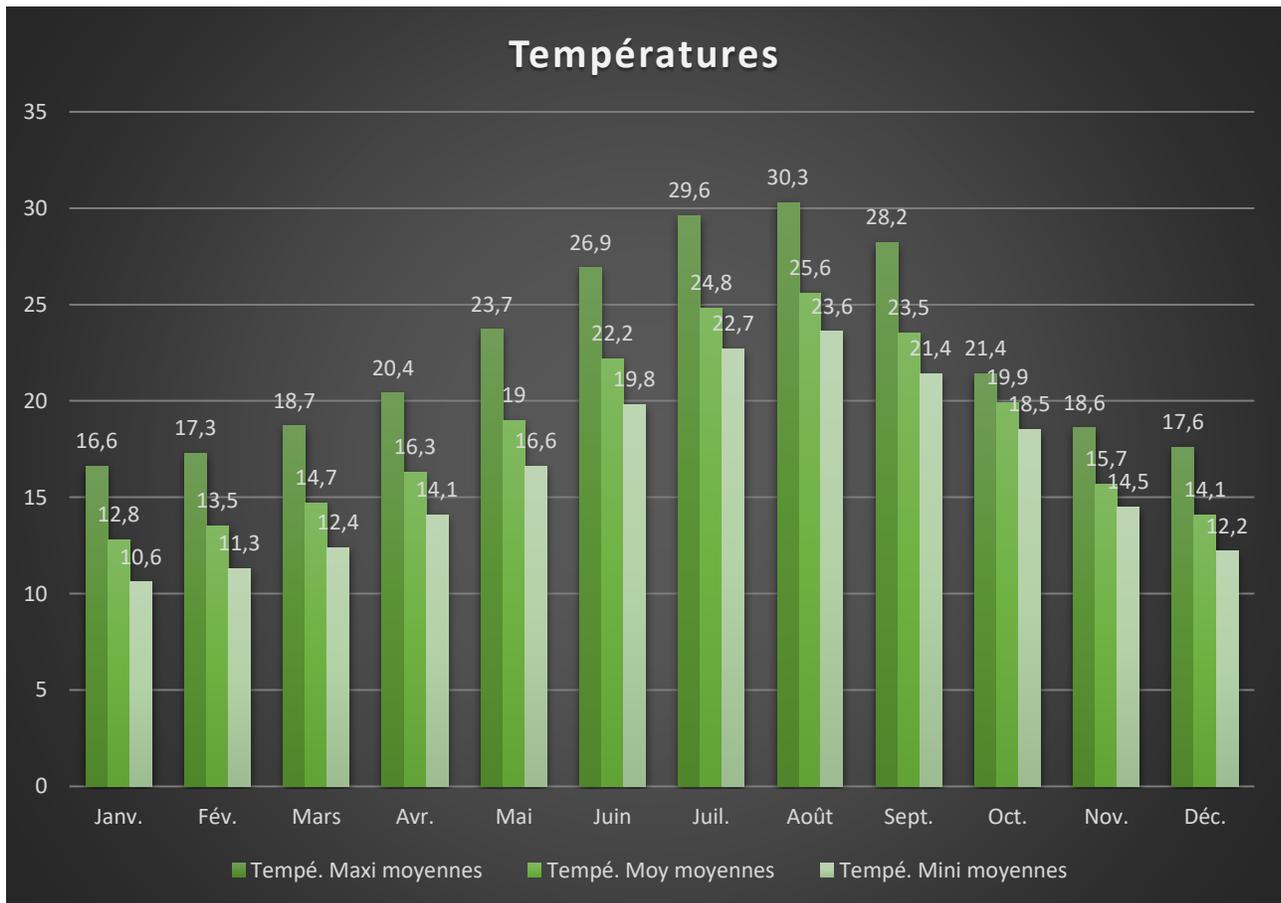


Figure 17 Les températures moyennes maximales et minimales durant (2012-2022)

La température est un facteur écologique très important pour son influence sur l'installation des formations végétales, et son action écologique sur les êtres vivants.

➤ Les moyennes mensuelles des températures confirment que le mois le plus froid est **Janvier** avec 10,6°C.

➤ Les températures moyennes les plus élevés sont de 30,3°C durant **Août**.

Les valeurs prises en considération sont celles ayant une signification biologique (**EMBERGER, 1955**), et sont :

- La moyenne des « minima » du mois le plus froid « m »
- La moyenne des « maxima » du mois le plus chaud « M », Ils ont été considérés comme les paramètres les plus importants pour la vie végétale.

Températures Moyennes des « Maxima » du Mois le plus Chaud « M »

Selon **SELTZER (1946)**, l'amplitude annuelle de la température de l'air est définie par la différence entre les températures moyennes du mois le plus chaud et du mois le plus froid ; elle caractérise le degré de continentalité d'un climat. Sa valeur est écologiquement importante à connaître, car elle présente la limite thermique extrême à laquelle chaque année les végétaux doivent résister. L'amplitude thermique a une influence certaine sur la végétation, elle a une action directe sur le cycle biologique du couvert végétal. Sa valeur est écologiquement importante à connaître car elle présente la limite thermique extrême à laquelle chaque année les végétaux doivent résister (**DJEBAILI, 1984**). D'après la classification thermique des climats proposés par Debrach (**ALCARAZ, 1983**), on distingue ;

- $M - m < 15^{\circ}\text{C}$  : climat insulaire
- $15^{\circ}\text{C} < M - m < 25^{\circ}\text{C}$  : climat littoral
- $25^{\circ}\text{C} < M - m < 35^{\circ}\text{C}$  : climat semi continental
- $M - m > 35^{\circ}\text{C}$  : climat continental

Tableau 4 : indice de continentalité de DEBRACH

Station	Période	M	m	Amplitudes thermiques	Types de climat
Béni Saf	2012-2022	30,3	10,6	19,7	Climat littoral

D’après la classification de Debrach pour la période de (2012-2022), on note un climat littoral pour la station Béni-saf ces dernières sont caractérisées par un hiver froid (m) et un été chaud (M).

- Classification des ambiances bioclimatiques en fonction de "T" et "m" : **RIVAS MARTINEZ (1981)** utilise la température moyenne annuelle "T" avec la température moyenne des minima (m) comme critère de définition des étages de végétation.

Thermo-méditerranéen :  $T > 16^{\circ}\text{C}$  et  $m > +3^{\circ}\text{C}$

Méso-méditerranéen :  $12^{\circ}\text{C} < T < 16^{\circ}\text{C}$  et  $0^{\circ}\text{C} < m < +3^{\circ}\text{C}$

Supra-méditerranéen :  $8^{\circ}\text{C} < T < 12^{\circ}\text{C}$  et  $-32^{\circ}\text{C} < m < 0^{\circ}\text{C}$

A partir de cette échelle, nous avons affecté à la station de Beni saf son étage de végétation correspondant durant la période 2012-2022 :

Tableau 5 étage de végétation 2012- 2022

Station	Période	T (°C)	m (°C)	Etages de végétation
Béni Saf	2012-2022	18,5	10,6	Thermo-méditerranéen

Pour notre cas, l’étage de végétation pour la période (2012-2022) est le Thermo-méditerranéen avec (m) supérieur à 3°C.

• Indice d'aridité de **De Martonne** :

**De Martonne** (1926) a défini un indice d'aridité pour évaluer l'intensité de la sécheresse. Cet indice associe les précipitations moyennes annuelles aux températures moyennes annuelles. Plus cet indice est faible, plus le climat est aride.

L'indice est calculé avec la formule suivante :

$$I = P / (T + 10)$$

I : Indice d'aridité de De Martonne

P : Pluviométrie moyenne annuelle (mm)

T : Température moyenne annuelle (°C)

Tableau 6 Classification des climats en fonction des valeurs de l'indice de De Martonne

Valeur de l'indice d'aridité	Type de climat
$I < 5$	Climat hyper-aride
$5 < I < 7,5$	Climat désertique
$7,5 < I < 10$	Climat steppique
$10 < I < 20$	Climat semi-aride
$20 < I < 30$	Climat tempéré

Tableau 7 l'indice d'aridité de De Martonne

Indice d'aridité de DE.MARTONNE				
Station	P annuelle (mm)	T moyennes annuelles (°C)	I (mm/°C)	Type de climat
<b>Béni-saf</b>	405,4	18,5	14,22	Climat semi-aride

Selon les tableaux 06, 07 , la station renferme un climat de type semi-aride à écoulement temporaire, ce régime induit la présence des formations arbustives réduites et prédominance des formations herbacées annuelle et/ou vivace.

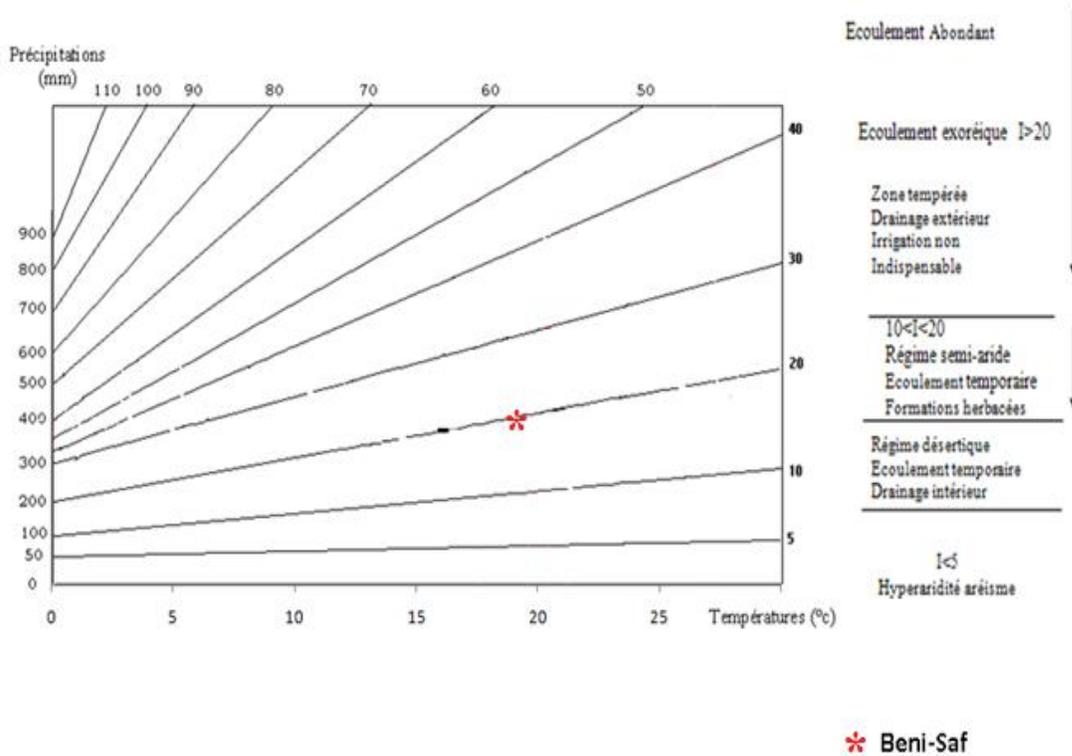


Figure 18 Indice d'aridité de DE MARTONNE

### III. Quotient pluviothermique d'EMBERGER

Les différents étages bioclimatiques ont des limites de séparation qui sont encore imprécises. Sachant qu'il ne s'agit guère de lignes au sens propre et géométrique du mot, mais plutôt de bandes de transitions de végétation mixte. Les limites ont été instaurées là où le changement de la végétation a été remarqué. Ce quotient est spécifique du climat méditerranéen, il est plus souvent utilisé en Afrique du Nord. Le quotient ( $Q_2$ ) a été formulé de la manière suivante :

$$Q_2 = P/M^2 - m^2$$

M : la moyenne des températures maximales du mois le plus chaud en Kelvin.

m : la moyenne des températures minimales du mois le plus froid en Kelvin.

P : la moyenne des précipitations annuelles en millimètres.

Ce quotient permet de visualiser la position d'une station météorologique et il est possible de délimiter l'aire bioclimatique d'une espèce voire un groupement végétal (Ayache, 2007). Emberger (1955) a proposé un quotient pluviométrique ( $Q_2$ ) spécifique du climat méditerranéen, suite aux travaux de Sauvage (1961), le  $Q_2$  a été formulé de la façon suivante :

- L'étage saharien < 100mm.
- L'étage aride 100mm - 400mm.
- L'étage semi-aride 400mm-600mm.
- L'étage Sub-Humide 600mm-800mm.
- L'étage Humide > 800mm.

Souvent, les zones bioclimatiques sahariennes, arides, semi-arides, sub-humides et humides sont distinguées. Les étages sont divisés verticalement en trois parties : supérieure, moyen et inférieur, en fonction des précipitations.

On a calculé le  $Q_2$  de station considérée pour la période (2012-2022), ensuite on a porté la station sur le climagramme pluviothermique d'Emberger.

Tableau 8 Quotient pluviothermique d'Emberger durant la période (2012-2022)

Indice d'EMBERGER					
Station	P (mm)	M (°K)	m (°K)	Q2	Etage bioclimatique
Béni-saf	405,4	303,3	283,6	70,12	Semi-aride supérieur à hiver très chaud

Nous remarquons que la station météorologique Béni-Saf est positionné dans l'étage semi-aride supérieur à hiver très chaud.

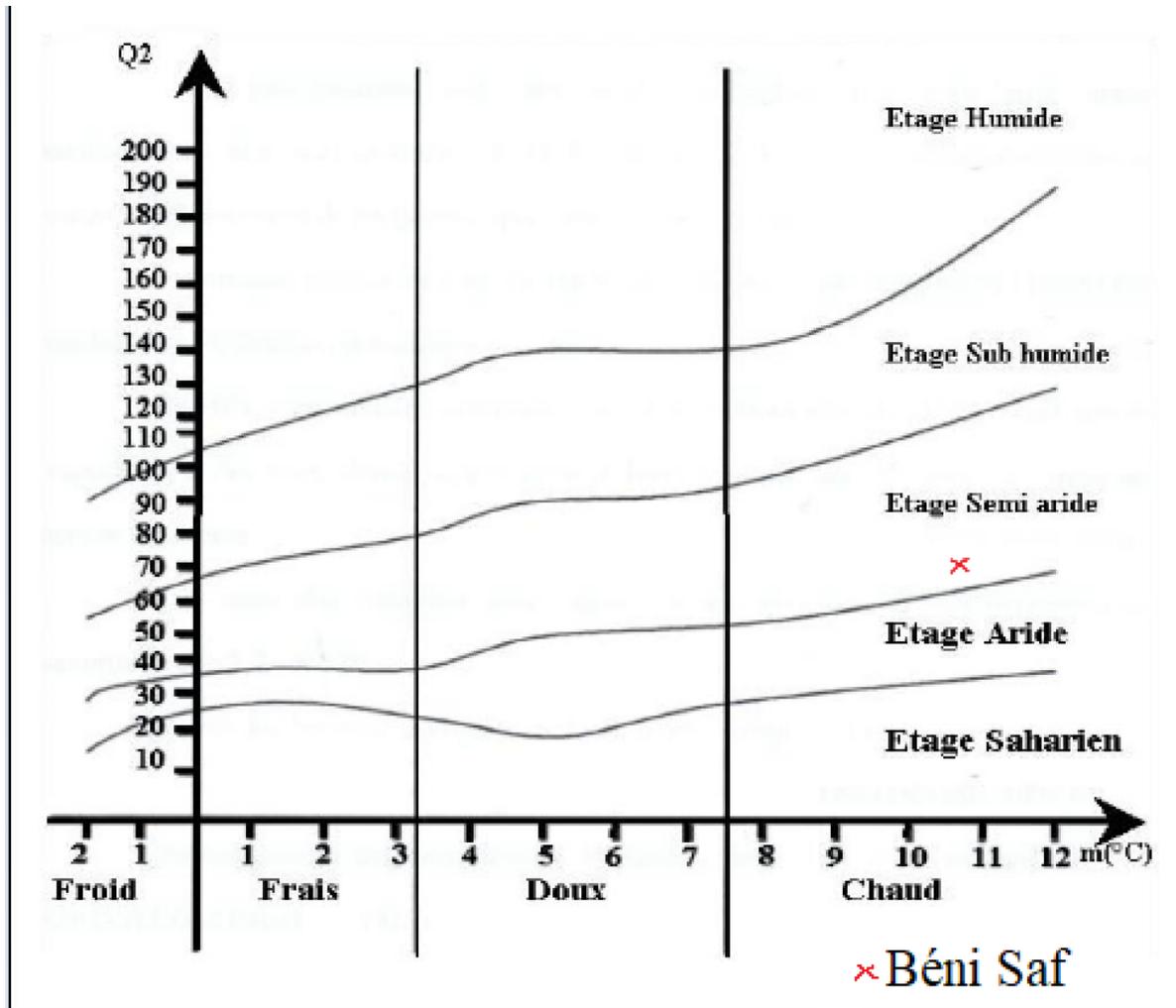


Figure 19 Climagramme pluviothermique D'EMBERGER

### III.1. Diagrammes ombrothermiques de (BAGNOULS et GAUSSEN, 1953)

Le quotient d'EMBERGER(1955) est spécifique du climat méditerranéen, il est le plus fréquemment utilisé en Afrique du Nord. Ce quotient reflète l'aridité du climat, en effet une région est d'autant plus sèche que  $M-m$  est plus élevée (HALIMI, 1980 ; BOUDY, 1948). BAGNOUL et GAUSSEN (1953) définissent un mois biologiquement sec comme le mois où le total mensuel des précipitations exprimé en millimètres est égal ou inférieur au double de la température moyenne exprimée en degré Celsius «  $P \leq 2T$  ». Cette formule permet de construire

des diagrammes ombrothermique traduisant l'intensité et la durée de la saison sèche tout au long de l'année d'après les intersections des deux courbes.

L'analyse des différents diagrammes permet de montrer en générale deux périodes bien marquées:

- Une période pluvieuse : qui s'étend du mois d'Octobre à la fin d'Avril.
- Une période sèche : à partir du début de Mai jusqu'à la moitié d'Octobre. Mai, Juin, Juillet et Aout sont les mois les plus secs de la période.

Ces dernières années, il y a une accentuation de la période de sécheresse qui impose à la végétation une forte évapotranspiration et des perturbations sur le plan physiologique et morphologique. Cette évolution progressive de la durée de la période sèche traduit des modifications importantes d'une part de la composition floristique dans les stations d'étude et d'autre part favorise l'installation des espèces xérophiles et annuelles. **STAMBOULI (2010)** signale que «l'évolution progressive de la période de sécheresse impose à la végétation une forte évapotranspiration, ce qui lui permet de développer des systèmes d'adaptation, modifiant ainsi le paysage en imposant une végétation xérophile».

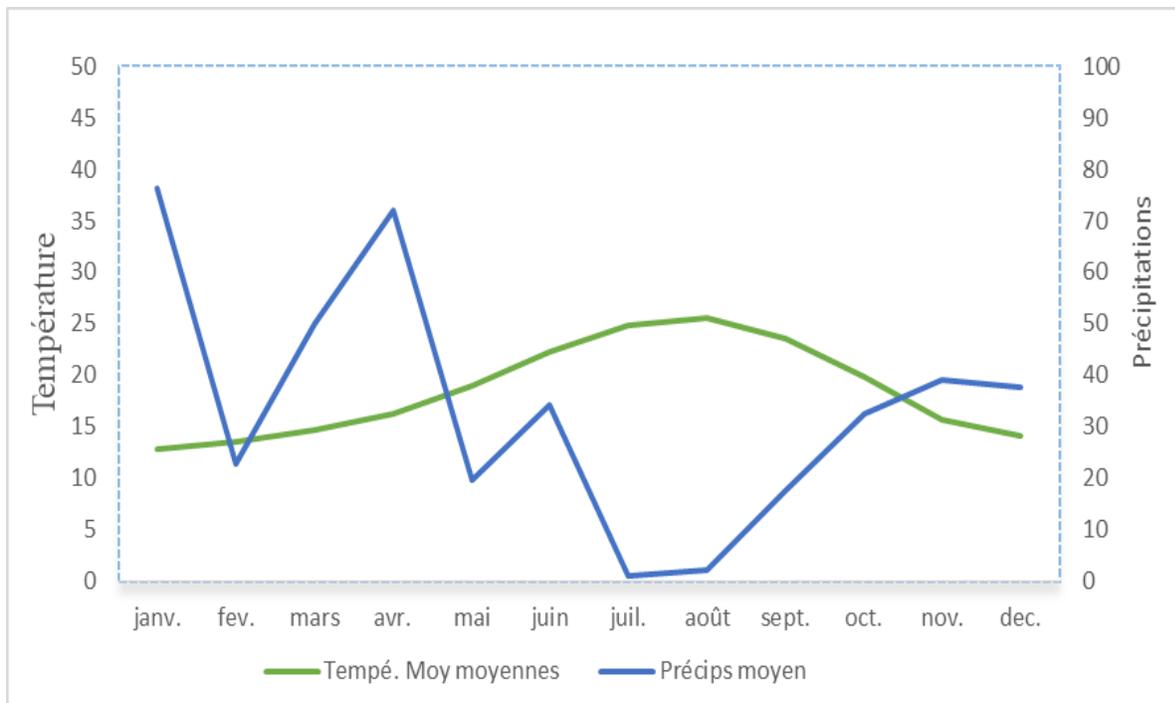


Figure 20 Diagrammes ombrothermiques de la station météorologique Durant la période (2012-2022)

### Conclusion

À partir de cette étude bioclimatique ont déduit que le climat de la région de Tlemcen est de type méditerranéen, y compris notre région d'étude où se trouve l'étage bioclimatique semi-aride.

Les résultats obtenus permettent de dégager les points suivants :

- Le climat de la station météorologique de Beni saf est de type méditerranéen, avec un étage bioclimatique bien distinct qui est le semi-aride supérieur, caractérisé par deux périodes :
  - Une période pluvieuse du mois d'Octobre à la fin Avril.
  - Une période sèche du mois d'avril jusqu'à la moitié d'Octobre. Ce qui se traduit par l'extension d'une végétation annuelle constituée actuellement des matorrals dégradés avec la dominance des espèces thérophytes qui se développent avec l'aridité du climat ;
- La station d'étude est caractérisée par un régime saisonnier du type HAPE ;
- Le mois le plus froid est généralement **Janvier** avec un minima de 10,6°C et un maxima de 30,3°C en **Août** ;
- Le Climagramme d'Emberger montre que la station météorologique choisie se situe sous bioclimat semi-aride supérieur.
- Ces conditions bioclimatiques auront un impact significatif sur le développement des peuplements.

D'après les résultats exposés dans ce chapitre, qui se base sur la station d'étude Rachgoun- Béni Saf nous autorisent à dire que le climat reflète le type de végétation, ce qui nous amène à conclure que la station appartient à l'étage thermo méditerranéen.

*CHAPITRE III : ETUDE  
HISTOLOGIQUE ET  
HISTOMETRIQUE*

### I. Etude histologique

#### I.1. Généralités

Dans l'histoire de la médecine et de la biologie, le concept de tissu a précédé celui de cellule. Le premier, dû à Bichat, dans les toutes premières années du XIX<sup>e</sup> siècle, a été élaboré à partir de dissection anatomiques réalisées à l'œil nu, sans recours au microscope. Dans un deuxième temps, en 1838, **SCHLEIDEN** et **SCHWANN**, utilisant le microscope photonique, ont édifié la théorie cellulaire postulant que l'organisme était fait de cellules et de produits élaborés par celles-ci. Vingt ans plus tard, Virchow a complété la théorie cellulaire en affirmant que toute cellule provient d'une cellule préexistante. Ainsi, alors que Bichat considérait que les tissus étaient les constituants élémentaires de l'organisme, avec la théorie cellulaire, la cellule est devenue l'unité élémentaire de la vie et le tissu est devenu le premier niveau d'organisation supracellulaire.

On reconnaît, dans l'organisme, différents niveaux d'organisation structurale qui correspondent, en allant du plus complexe vers le plus élémentaire, aux appareils ou systèmes (appareil circulatoire), aux organes (cœur), aux tissus (tissu musculaire strié myocardique), aux cellules (fibre musculaire striée myocardique), aux organites (mitochondries). Il faut distinguer l'avènement du microscope qui a permis la naissance de l'anatomie microscopique avec **MALPIGHI (1628-1694)**, de l'introduction du terme « histologie », de la notion même de tissu et de sa biologie que l'on doit à **BICHAT (1771-1802)**. L'histologie est une discipline de base des sciences biologiques qui a pour objet l'étude des tissus. Ces derniers constituent un ensemble coopératif de cellules différenciées qui forment une triple association, territoriale, fonctionnelle et biologique. L'histologie a pour but d'explorer la structure. Elle demeure une science vivante et utile pour tout étudiant en médecine, en chirurgie dentaire et en biologie. En effet, la connaissance des tissus normaux, sur le plan structural et ultra-structural, permet d'assurer le lien entre structure et fonction. Cela facilite l'approche des différentes pathologies à différents niveaux.

Le terme histologie vient du grec "Histos", qui veut dire "organisation" et "logs", c'est "science". L'étude de la microstructure cellulaires des tissus végétaux est appelée « histologie végétale » (**LESSON, 1980**) et (**CRETE, 1965**).

Chez les plantes vasculaires, les tissus fondamentaux en fonction de leur continuité dans toute la plante ils sont combinés en unités plus grandes. Ils peuvent être identifiés à l'œil nu. Les tissus présents dans les tiges, les racines, et les feuilles sont de trois types (**KERZAZI, 2016**).

L'étude microscopique des organes permet de connaître l'organisation et les structures internes des plantes primaires et secondaires, des différents organes, ainsi que leurs modifications ou adaptations. On appelle plan ligneux d'une essence, le groupement et la nature des différents éléments constitutifs de son bois ; vaisseaux, rayons ligneux, fibres, parenchymes dont l'agencement reste constant pour une espèce donnée, permettant de caractériser les espèces ligneuses.

### **1.2. Classification des Tissus végétaux**

Selon **RAVEN et al (2007)** les tissus végétaux sont classés en 4 types :

#### **1.2.1. Tissus protecteurs**

Ce sont des tissus de surface et de recouvrement qui permettent la protection de la plante contre les agressions extérieures.

- L'épiderme : c'est une couche superficielle des feuilles et des tiges jeunes, formés par des cellules de méristème, il présente des ouvertures appelées (stomates).
- Le périderme : c'est un tissu secondaire, Les cellules mortes de cette zone forment du liège (écorce du tronc) (**BENKOU, 2012**)

#### **1.2.2. Tissus fondamentaux**

- Le parenchyme : c'est le tissu le plus abondant, constitué par des cellules vivantes de forme globulaire à paroi mince, il joue un rôle de remplissage et de stockage.

#### **1.2.3. Tissus de soutien**

Les tissus de soutien sont constitués de cellules à paroi épaisse lui donnant une certaine rigidité, en particulier chez les plantes herbacées, ce sont le collenchyme et le sclérenchyme.

- Le collenchyme : situé généralement sous l'épiderme des tiges et des pétioles, formé de cellule vivante à paroi épaisse riche en cellulose.

➤ Le sclérenchyme : formé de cellules allongées, mortes à paroi très épaisse chargé en lignine.

### 1.2.4. Tissus conducteurs

Toutes les plantes vasculaires (des fougères aux Angiospermes) possèdent des tissus conducteurs, ils permettent le transport de l'eau et des autres éléments absorbés ainsi que les différents produits de la photosynthèse vers toutes les parties de la plante.

Les cellules du tissu conducteur sont de longues cellules mises bout à bout formant ainsi de longues colonnes. Ces cellules permettent le passage de la sève dans tout l'organisme végétal. Il existe 2 types de vaisseaux conducteurs : le phloème et le xylème.

➤ Le xylème : vers l'intérieure, conduit la sève brute (montante).

➤ Le phloème : conduit la sève élaborée (éléments organique issus de la photosynthèse vers toutes les parties de la plante. (Descendante).

### I.3. Matériels et méthodes

Ces études histologiques menées pour comprendre le comportement morphologie que et physiologie que des organismes dans les communautés naturelles.

L'étude histologique a été faite sur des rameaux et des tiges de la plante *Ephedra fragilis* vas nous permettre de connaitre les structures tissulaires de ces parties de la plante, ainsi que de mesurer d'une manière précise tous les tissus observés. En même temps nous avons pris des photos pour représenter notre travail.

#### I.3.1. Matériel utilisé

La récolte de matériel végétal (*Ephedra fragilis*) de notre station d'étude ainsi que l'étude histologique et l'obtention des coupes anatomiques nécessitent les matériaux suivants :

#### MATERIELS ET SOLUTIONS

- ✓ Rameaux, tiges : Échantillons végétaux à étudier ;
- ✓ Lames de rasoir neuves ;
- ✓ Boites de pétri, verrerie et quelques petits verres de montre vides ou capsules propres (quatre au minimum) ;

- ✓ Une bande de papier filtre ou une bande de tissu filtre ;
- ✓ Un tamis pour filtrer les coupes fines ;
- ✓ Eau de javel ;
- ✓ Une pince fine et un chiffon ;
- ✓ Eau distillée (Rinçage) ;
- ✓ Acide acétique à 1% (Fixateur) ;
- ✓ Vert d'iode, carmin aluné ou vert de Méthyle et rouge Congo (Colorants) ;
- ✓ Lames (porte-objets) ;
- ✓ Lames (couvre-objets) ou lamelles ;
- ✓ Un microscope optique à grossissement multiple, photo-microscope et appareil photo numérique ;
- ✓ Le vernis à ongles ou la glycérine pour la conservation des coupes fines obtenues ;
- ✓ Microscope optique à grossissement multiple ;
- ✓ Micromètre pour effectuer les mesures histométriques et appareil photo numérique ;
- ✓ Toutes les activités histologiques ont en commun l'action d'observer et d'interpréter ce qui est vu.

### I.3.2. Méthodes d'étude

#### • Sur le terrain :

Nous avons récolté la plante *Ephedra fragilis* dans le mois de mars où le matériel végétale frais a été amenés au laboratoire dans un bocal remplie d'eau pour garder les sujet frais et humide afin de faciliter les coupes histologique et préserver les tissus de la plante.

### • Au laboratoire :

#### A. Préparation des coupes

- Nous avons préparé des coupes transversales fine à l'aide d'une lame de rasoir. Les coupes ont été faites au niveau de rameaux, et de tige ainsi qu'on a prélevé des échantillons d'une partie de l'épiderme de la tige. Les prélèvements, doivent être effectués avec le plus grand soin, car la bonne observation au microscope à la suite dépend des coupes de meilleure qualité.
- Les coupes sont à la suite placée dans des verres de montre contenant de l'eau distillée pour ne pas se dessécher.
- Enfin les coupes les plus fines sont sélectionnées pour passer à l'étape de la coloration.

Un grand nombre de méthodes ont été mises au point, lesquelles permettent de connaître les tissus végétaux. Le problème reste au niveau de la confection des coupes transversales de différentes parties de la plante et le contrôle de la qualité des coupes concernant leur épaisseur ainsi que leur déformation lors de la coupe. La qualité de l'observation microscopique dépend de leur nature. Plus la coupe est mince, plus elle est bonne pour la coloration.

Dans toute démarche d'ordre histologique, quatre étapes se succèdent :

- ✓ Le choix du matériel à étudier ;
- ✓ La technique permettant de visualiser les structures ou les phénomènes que l'on veut étudier ;
- ✓ La production d'images de ces structures ou de ces phénomènes, par des moyens optiques et l'interprétation de ces images ;
- ✓ Les méthodes utilisées en histologie varient selon l'échantillon à étudier et les objectifs de l'examen. (BARKA, 2016)

#### B. Montage des coupes et observation au microscope

Les coupes ont été placées entre lame et lamelle à l'aide d'un pince en l'immergent dans une goutte d'eau, ensuite nous avons passé à l'observation sous un microscope optique à différents grossissements, puis la sélection des meilleures coupes pour but de faire des mesures à l'aide d'un micromètre et pour prendre des photos.

### DOUBLE COLORATION

Parmi les techniques de coloration, une seule reste plus utilisée. Elle permet de réaliser la différenciation de certains tissus qui est la technique dite de double coloration au Vert d'iode - rouge Carmin. Elle comprend les différentes étapes et les temps suivants :

Nous trempions les coupes dans un verre de montre, contenant de l'eau de Javel, et ce durant 10 à 20 minutes pour détruire le contenu cellulaire et blanchir les membranes. Nous rinçons les coupes à l'eau distillée pour éliminer l'eau de Javel. Acide acétique à 1 % pendant 5 à 10 minutes pour éliminer les traces d'eau de Javel et fixer les autres colorants. Vert d'Iode pendant une minute au maximum pour les tissus lignifiés.

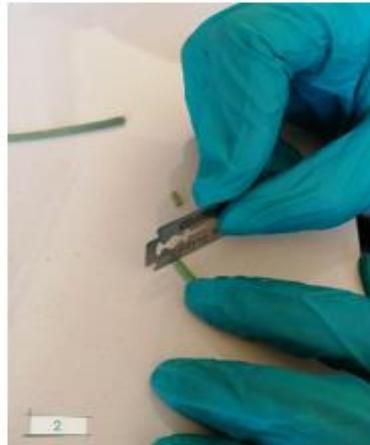
Nous rinçons les coupes avec de l'eau distillée pour éliminer l'excès de colorant. Carmin aluné pendant 10 à 15 minutes puis rincer à l'eau distillée. Pour le montage, on utilise la technique du montage entre lame et lamelle dans une goutte d'eau distillée en raison de sa simplicité et la disponibilité des produits et l'observation au microscope les meilleures coupes obtenues pour la fixation avec la résine synthétique.

#### **I.4. Travail à faire**

- Réalisation des coupes histologiques des organes fraîches (Racine, Tige et feuille) d'une espèce choisie.
- La coloration de ces coupes ;
- Observation microscopique des différents tissus de ces organes ;
- Fixation et conservation ;



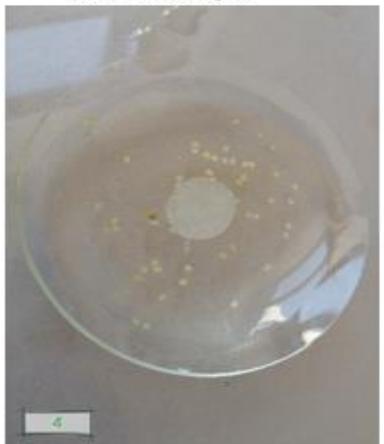
Choix d'une partie de plante pour faire des coupes



Préparation des coupes transversales



Placement des coupes dans l'eau distillée



Blanchissement avec l'eau de Javel



Rinçage après 10 minutes



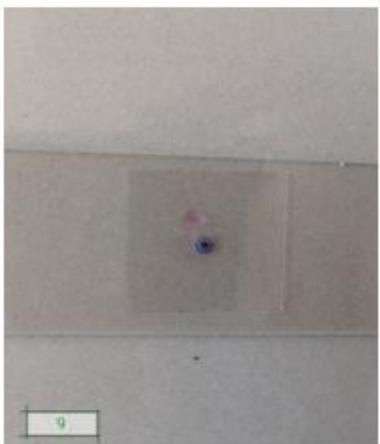
Fixation avec l'acide acétique



Coloration avec le bleu de Méthylène, puis rinçage



Coloration avec Carmin aluné



Montage entre lame et lamelle

Figure 21 photographies de protocole à suivre pour la préparation des coupes histologiques

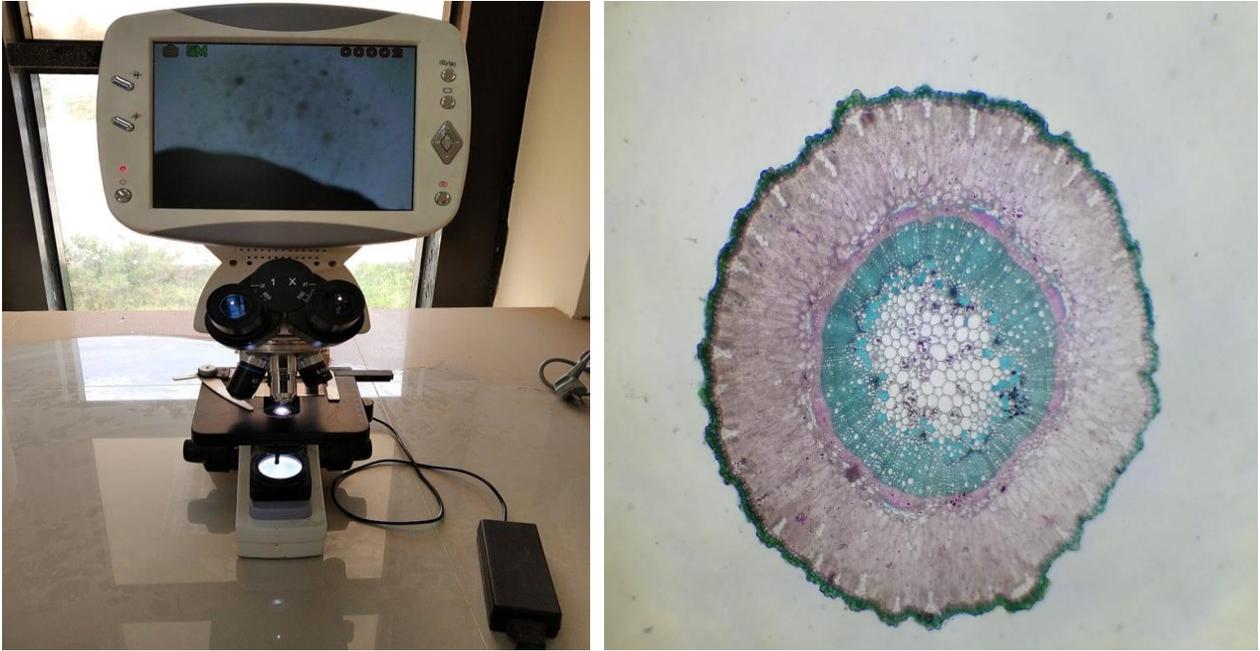


Figure 22 : photographies de l'observation microscopique d'*Ephedra fragilis* (Gx10)

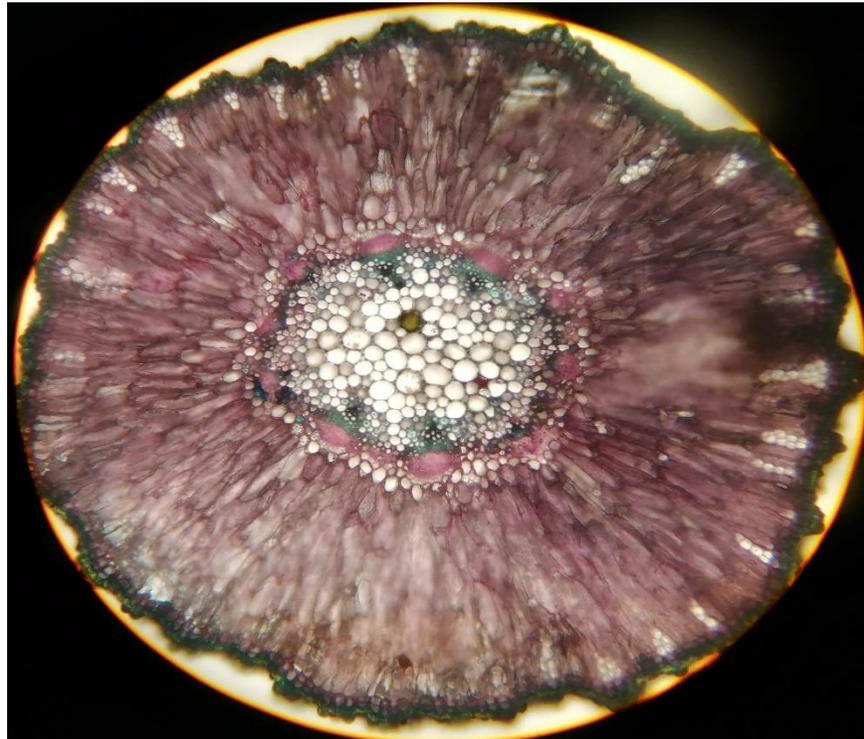


Figure 23 Observation microscopique d'une coupe histologique du rameau d'*Ephedra fragilis* (Gx10) (RADJA, 2023)

### I.5. Résultats et interprétation

Les résultats de cette étude histologique représentent le fruit et l'essentiel de cette étude. Les photographies et les tableaux des mesures histométriques sont représenté ci-dessous.

#### ➤ Observations

##### I.5.1. Rameaux

L'observation au microscope des coupes transversales des rameaux d'*Ephedra fragilis* nous a permis de remarquer, en allant de l'extérieure vers l'intérieure les tissus suivants :

**1-L'épiderme** formé d'une couche superficielle constitué par une seule assise cellulaire plus ou moins épaisses qui sépare la tige du milieu extérieur.

**2- Liège** Le liège est un matériel cellulaire comprenant de petites cellules fermées et vides avec une forme de prismes hexagonaux assemble dans une structure compacte sans vides intercellulaires.

**3-Fibres non lignifiées** Les matériaux non ligneux contiennent moins de lignine que le bois et sont généralement plus faciles à délignifier en raison de leur énergie d'activation plus faible (BOBALEK et CHATURVEDI, 1989).

**4-Parenchyme** Les cellules parenchymateuses sont volumineuses, isodiamétriques ou allongées. Leurs vacuoles sont très développées mais leurs parois pectocellulosiques sont minces et flexible à cause de l'absence de paroi secondaire.

**5- fibres de péricycle lignifiées**, il s'agit d'une unique couche de cellules entourée de l'endoderme.

**6-Phloème** coloré en rose, qui assure la circulation de la sève élaborée de haut en bas.

**7-Xylème** coloré en vert, qui conduit la sève brute de bas vers les feuilles

➤ **MetaXylème** : vert foncé

➤ **ProtoXylème** : vert claire

**8- Parenchyme médullaire (moelle)** au niveau de centre de rameau qui joue un rôle de stockage et un rôle de remplissage.

### CHAPITRE III : ETUDE HISTOLOGIQUE ET HISTOMETRIQUE

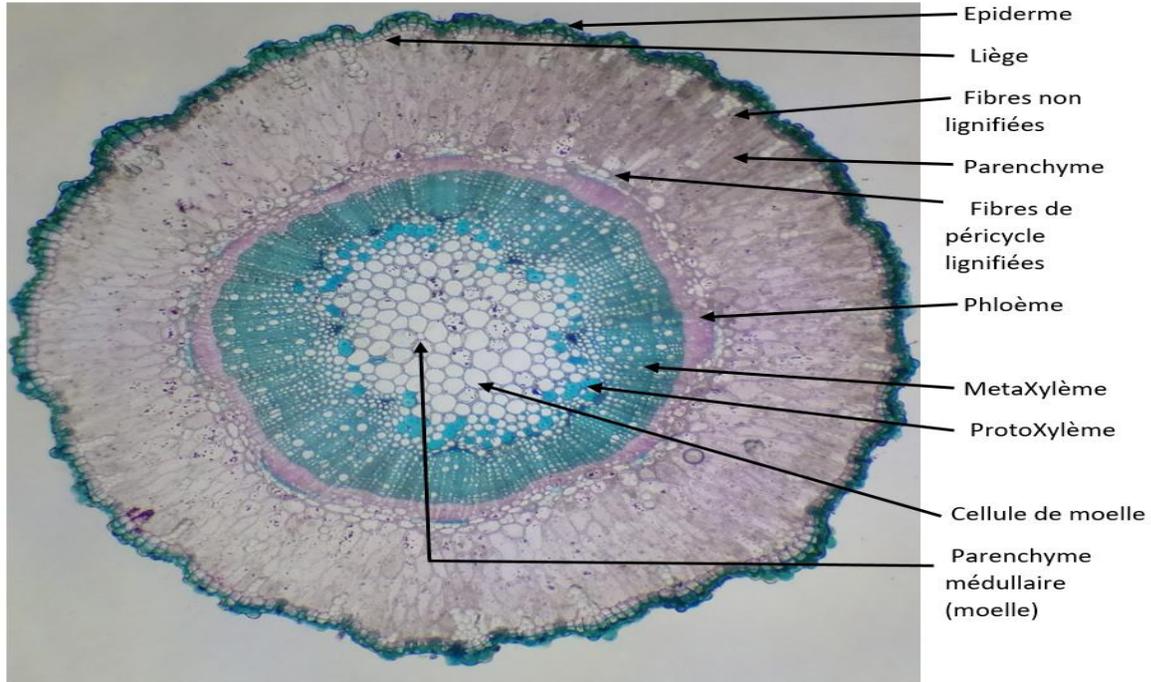


Figure 24 Observation microscopique d'une coupe transversale du rameau d'*Ephedra fragilis* (Gx10) (RADJA, 2023)

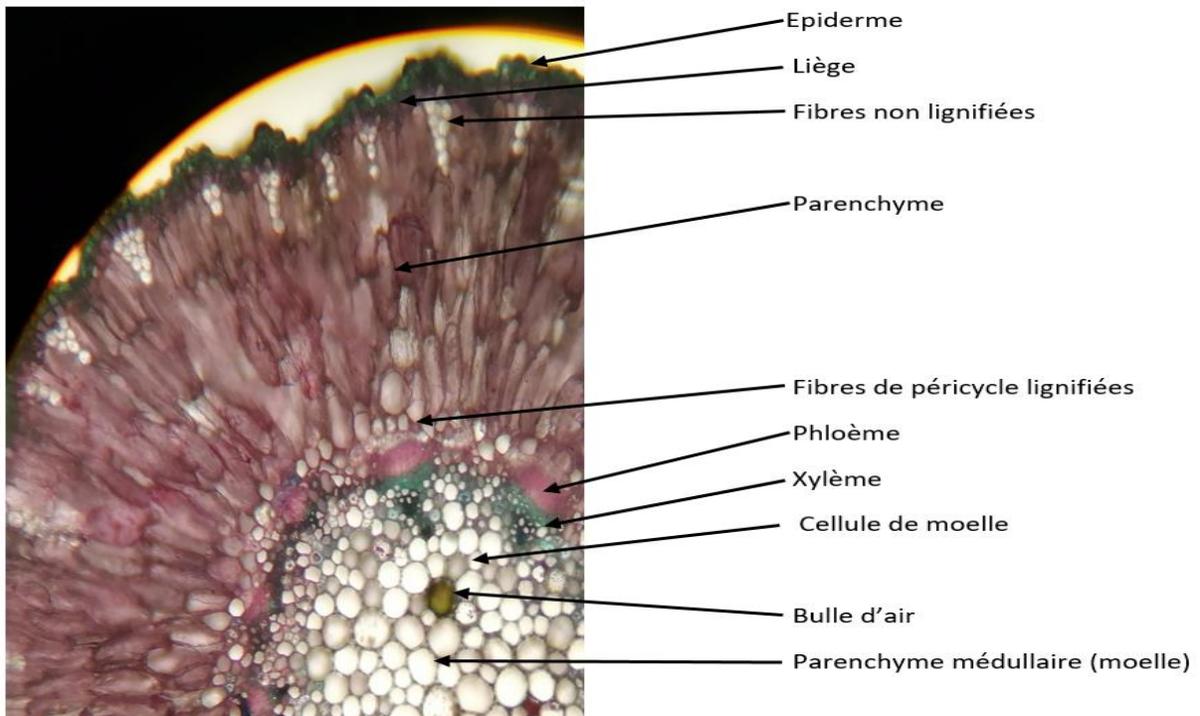


Figure 25 O.M d'*Ephedra fragilis*- Rameau (Gx40) (RADJA, 2023)

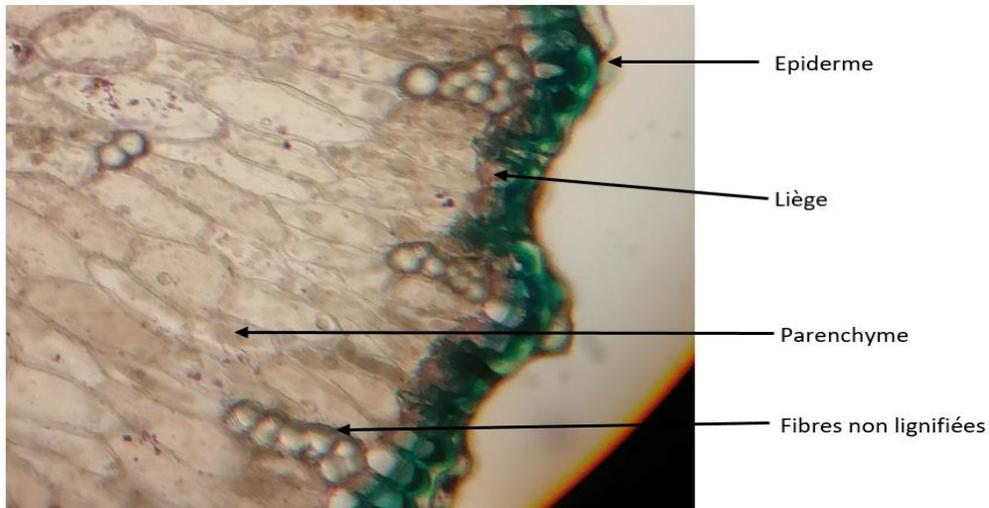


Figure 26 O.M d'*Ephedra fragilis* partie extérieure- Rameau (Gx100) (RADJA, 2023)

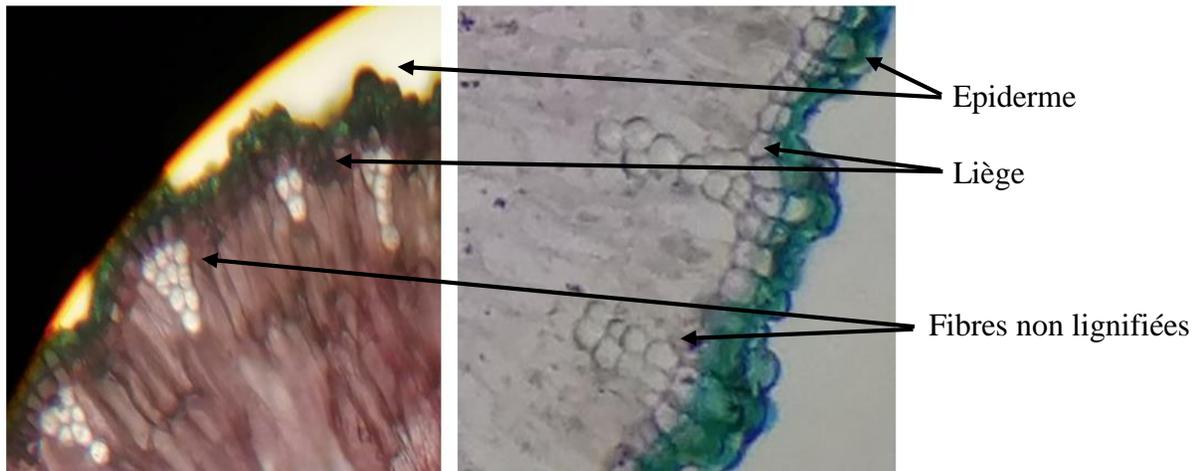


Figure 27 O.M d'*Ephedra fragilis* partie extérieure (Gx100) (RADJA, 2023)

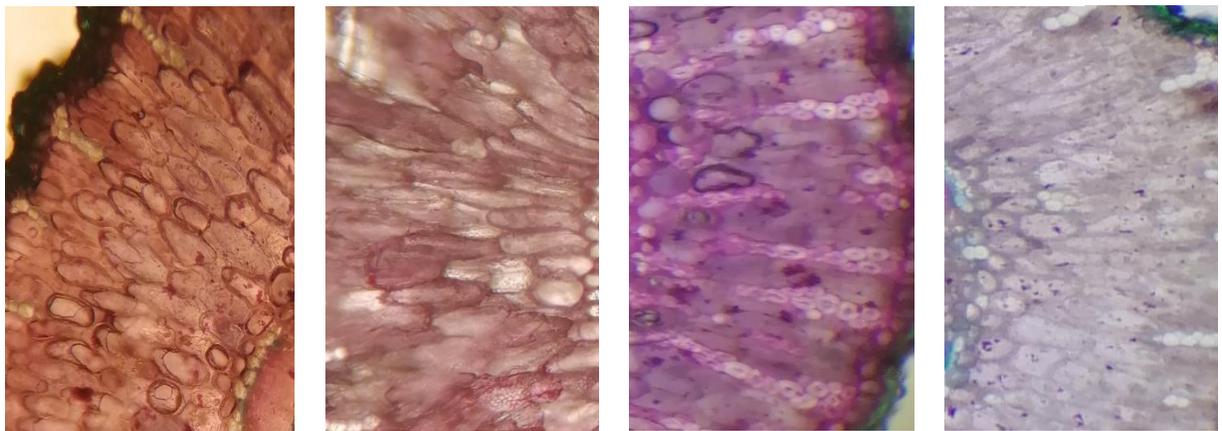


Figure 28 O.M d'*Ephedra fragilis* parenchyme- Rameau (Gx100) (RADJA, 2023)

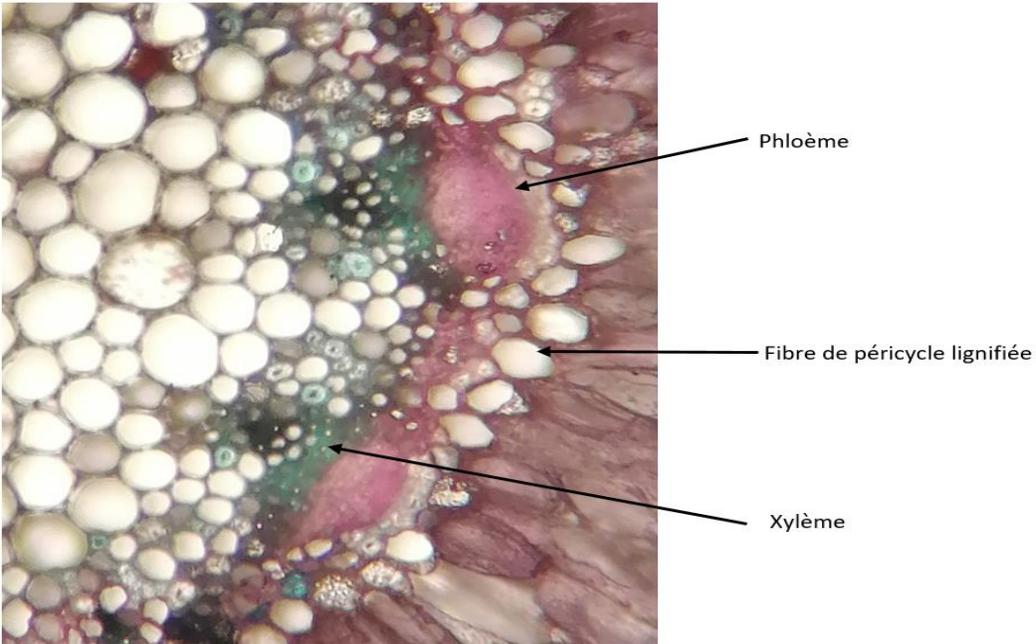


Figure 29 O.M d'*Ephedra fragilis* ensemble Phloème- Xylème tissu ancien (Gx100)  
(RADJA, 2023)

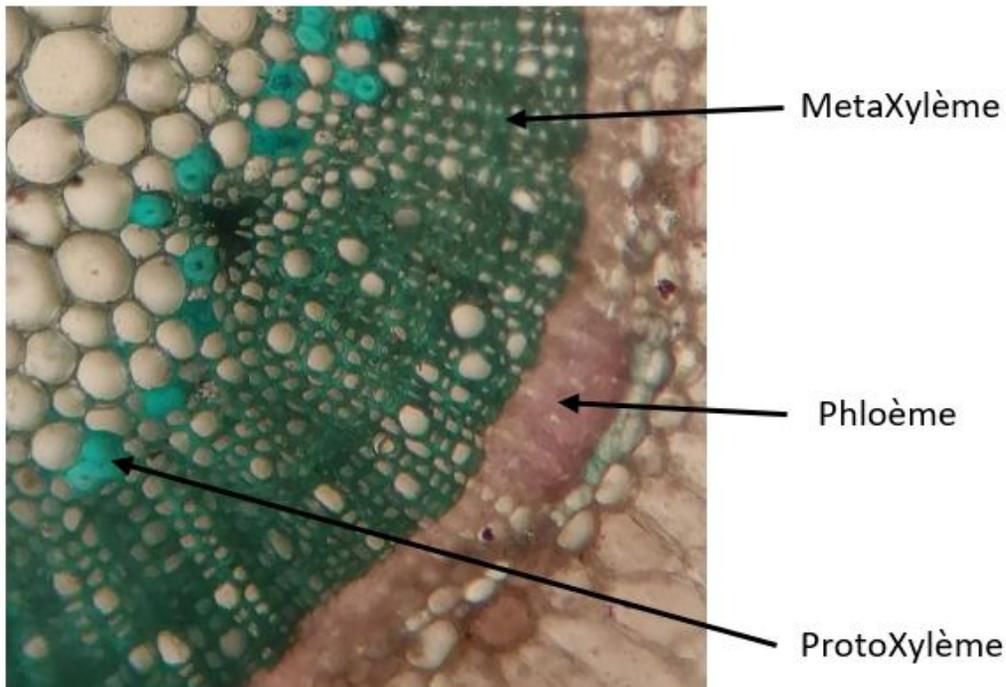


Figure 30 O.M d'*Ephedra fragilis* ensemble Phloème- Xylème nouveau tissu (Gx100)  
(RADJA, 2023)

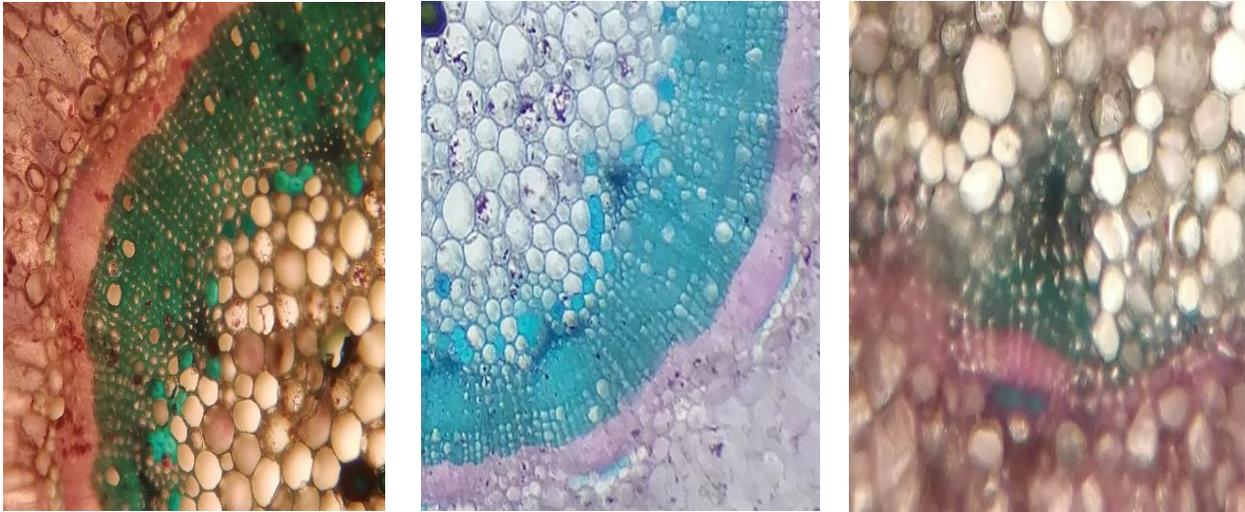


Figure 31 O.M d'*Ephedra fragilis* ensemble Phloème- Xylèm Microscope optique – Microbleu (Gx100) (RADJA, 2023)

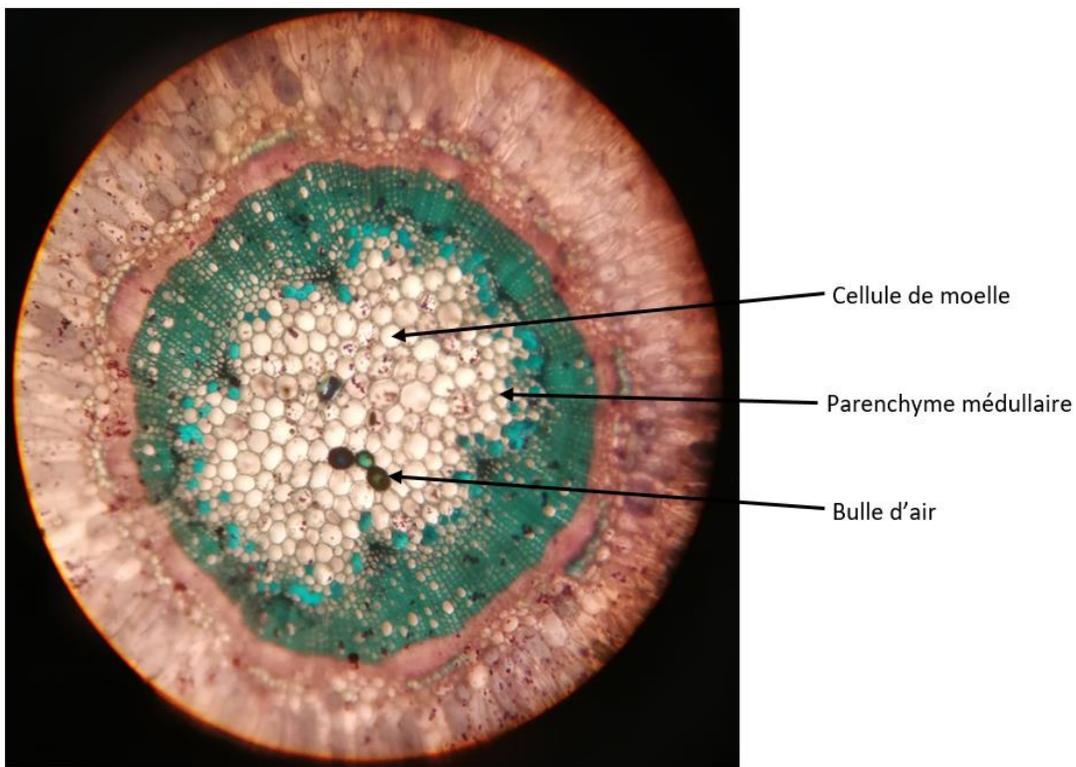


Figure 32 O.M d'*Ephedra fragilis* Parenchyme médullaire (Gx10) (RADJA, 2023)

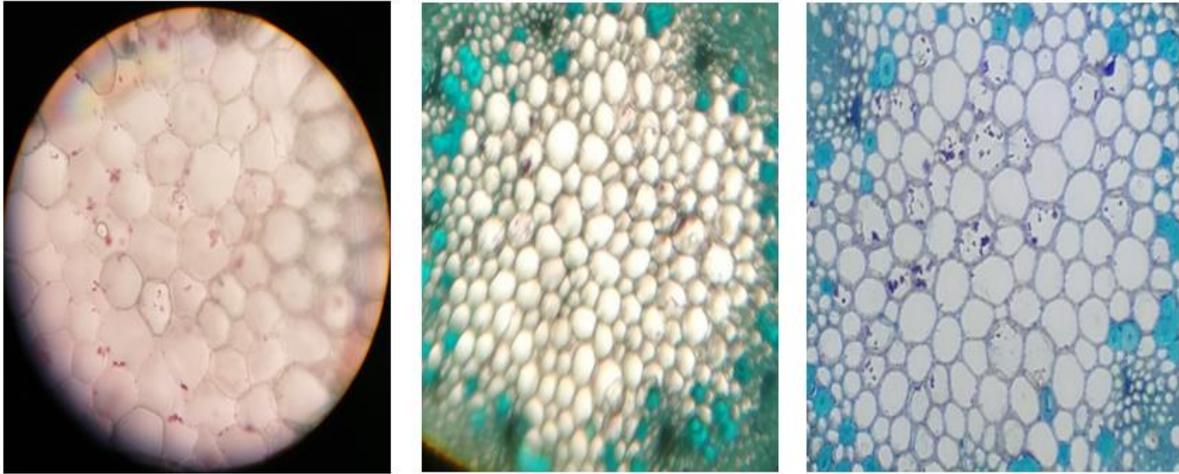


Figure 33 O.M d'*Ephedra fragilis* Parenchyme médullaire (Gx100) (RADJA, 2023)

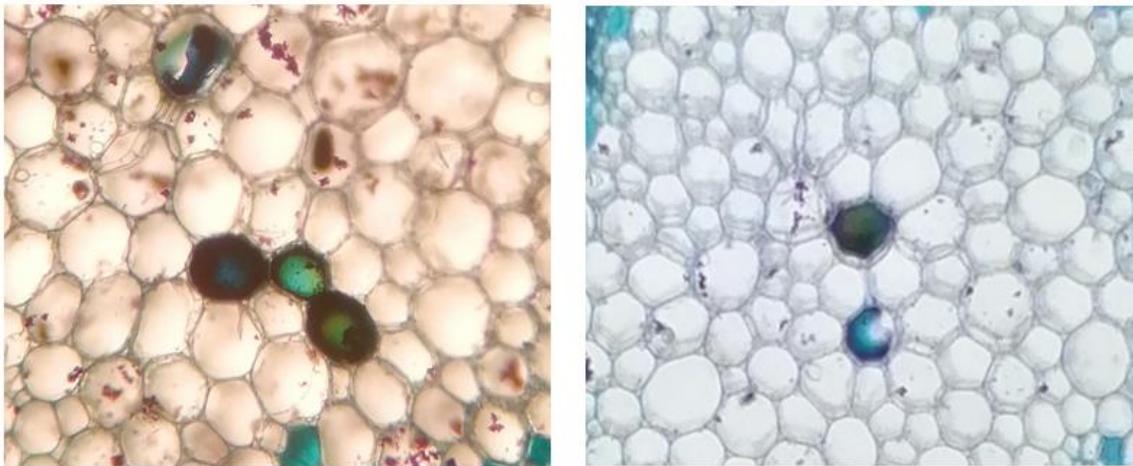


Figure 34 O.M d'*Ephedra fragilis* Moelle- bulle d'air (Gx100) (RADJA, 2023)

### I.5.2. Tiges

L'observation au microscope des coupes transversales de tige d'*Ephedra fragilis* nous a permis de remarquer, en allant de l'extérieure vers l'intérieure les tissus suivants :

**1-L'épiderme** formé d'une couche superficielle constitué par une seule assise cellulaire plus ou moins épaisses qui sépare la tige du milieu extérieur.

**2- Liège** Le liège est un matériel cellulaire comprenant de petites cellules fermées et vides avec une forme de prismes hexagonaux assemble dans une structure compacte sans vides intercellulaires.

**3-Fibres non lignifiées** Les matériaux non ligneux contiennent moins de lignine que le bois et sont généralement plus faciles à délignifier en raison de leur énergie d'activation plus faible (BOBALEK et CHATURVEDI, 1989).

**4-Parenchyme** Les cellules parenchymateuses sont volumineuses, isodiamétriques ou allongées. Leurs vacuoles sont très développées mais leurs parois pectocellulosiques sont minces et flexible à cause de l'absence de paroi secondaire.

**5- Fibre de péricycle lignifiée**, il s'agit d'une unique couche de cellules entourée de l'endoderme.

**6- Cambium** une fine couche de cellules méristématiques secondaires qui sont des cellules indifférenciées pouvant toutes se diviser.

**7-Xylème secondaire** est caractérisé par un alignement radial de ses cellules du fait des caractéristiques de fonctionnement du cambium libéro-ligneux

**8-Phloème** coloré en rose, qui assure la circulation de la sève élaborée de haut en bas.

**9- Xylème primaire** coloré en vert, qui conduit la sève brute de bas vers les feuilles

- **MetaXylème**
- **ProtoXylème**

**10- Parenchyme médullaire (moelle)** au niveau de centre de rameau qui joue un rôle de stockage et un rôle de remplissage.

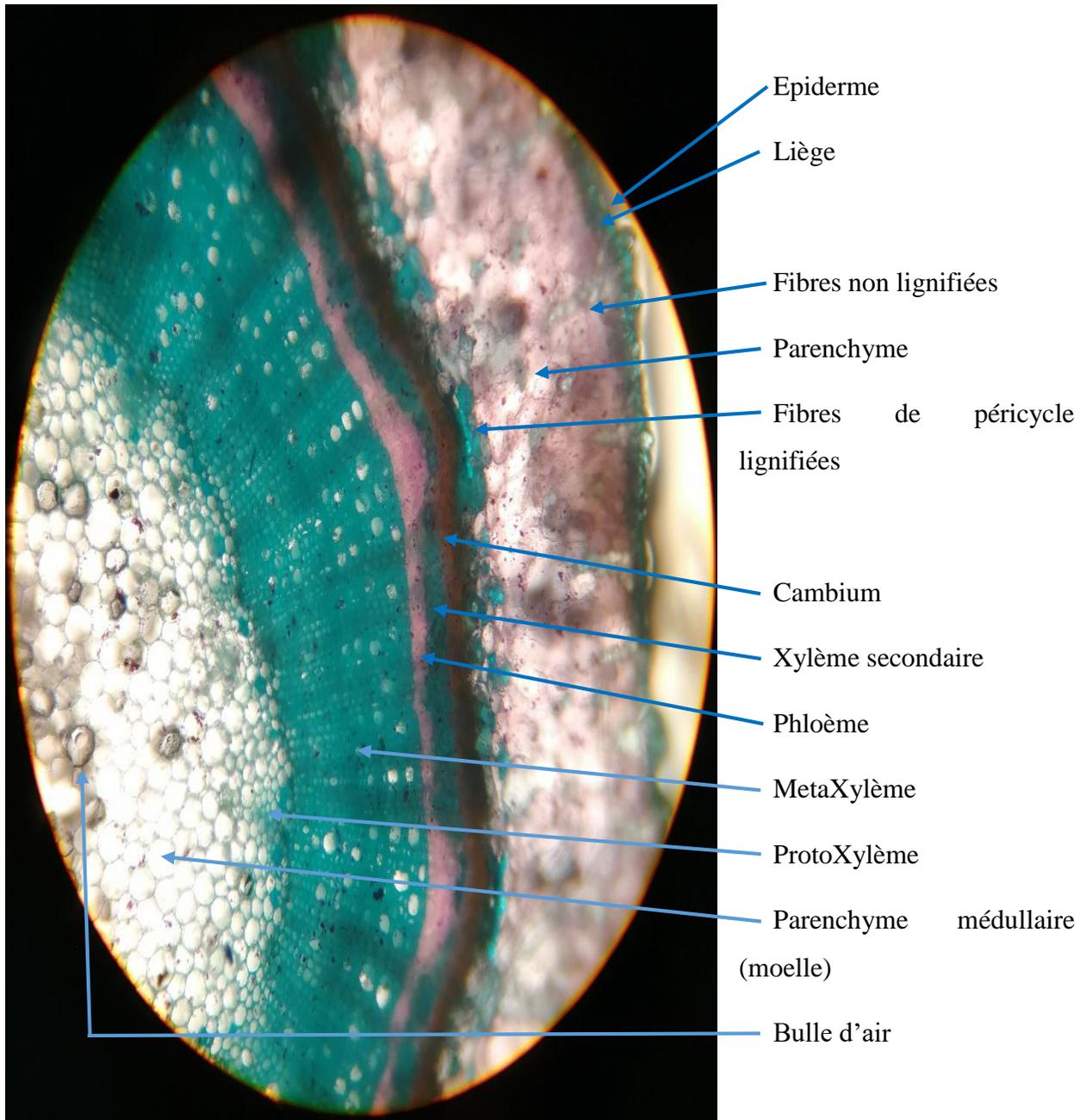


Figure 35 O.M d'une coupe transversale de tige d'*Ephedra fragilis* (Gx40) (RADJA, 2023)

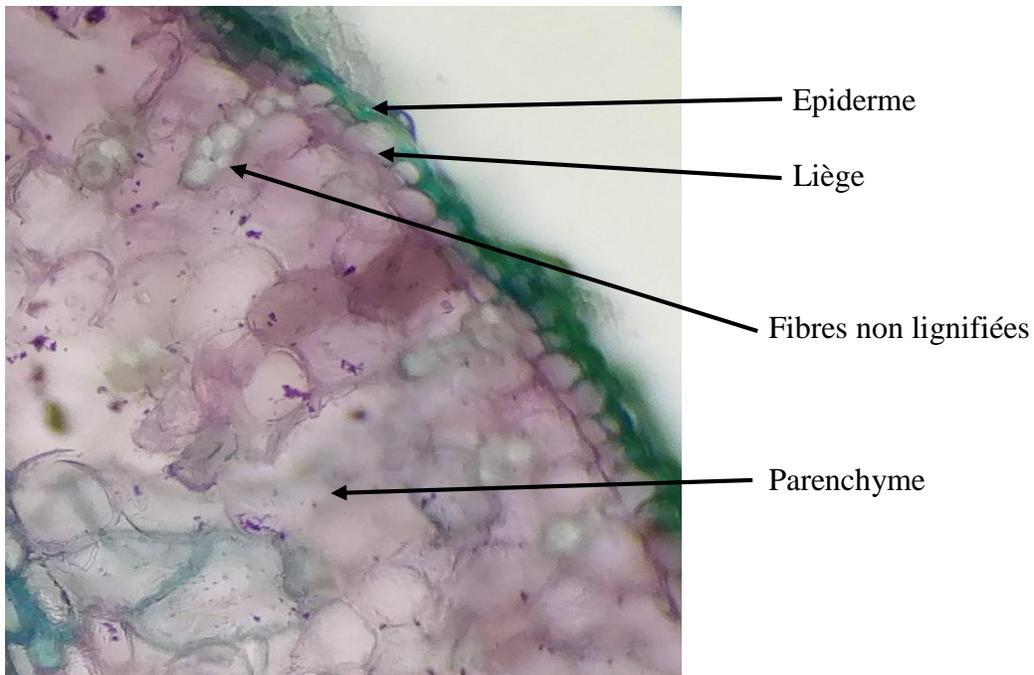


Figure 36 O.M d'*Ephedra fragilis* ensemble des tissus protecteur (Gx100) (RADJA, 2023)

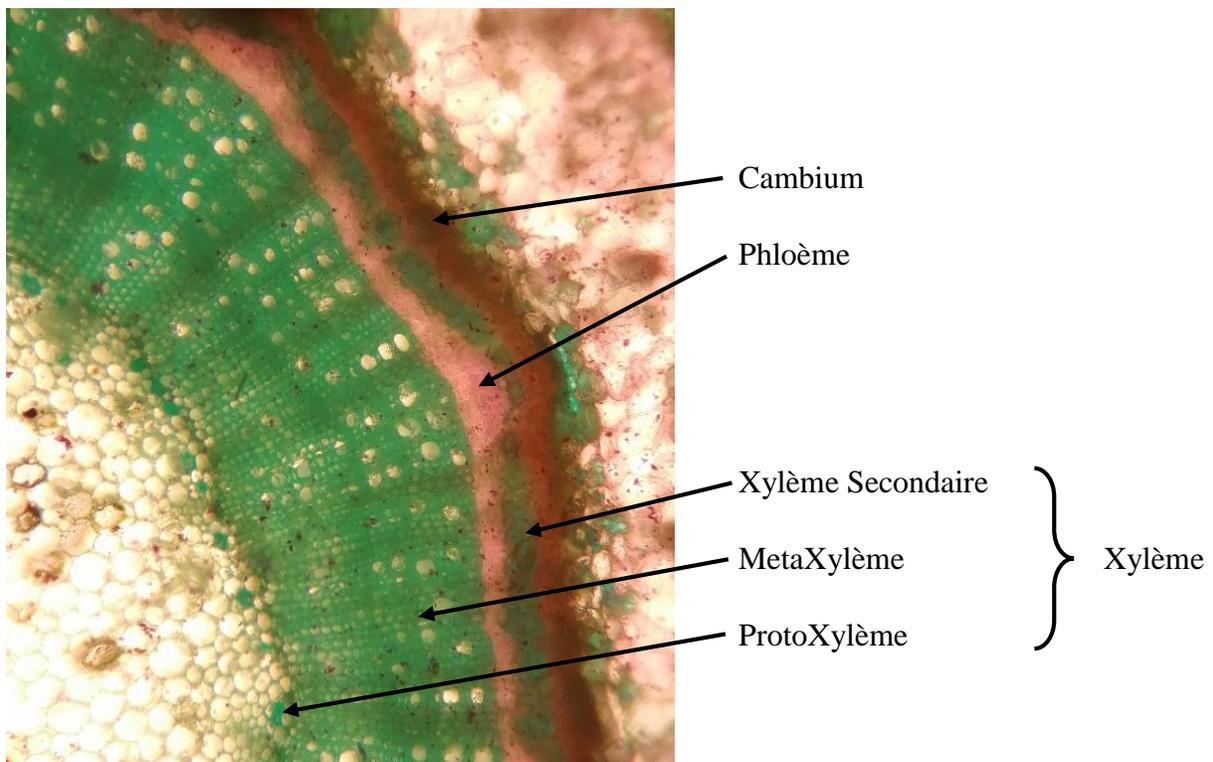


Figure 37 O.M d'*Ephedra fragilis* ensemble Phloème- Xylème (Gx100) (RADJA, 2023)

## II. Etude Histométrique

Lors de cette étude les mesures des tissus ont été effectuées sur 30 coupes transversales de chaque organe (rameaux, tige) à l'aide d'un micromètre, les résultats sont présentés sous les tableaux dessus

### II.1. Mesures des rameaux d'*Ephedra fragilis*

Tableau 9 : mesures histométrique des rameaux d'*Ephedra fragilis*

Tissus	épiderme	Liège	Fibres non lignifiées	Parenchyme	Fibres de péricycle lignifiées	Phloème	MetaXylème	ProtoXylème	Moelle
Coupes									
01	01	0.5	03	10	01	1.5	05	03	08
02	01	0.5	03	08	01	1.5	04	01	07
03	01	0.5	02	09	0.5	01	05	02	08
04	01	0.5	02	08	0.5	1.5	05	1.5	07
05	1.5	0.5	03	10	0.5	1.5	05	03	08
06	01	1	2.5	11	0.5	01	04	03	08
07	1.5	0.5	03	12	0.5	1.5	06	03	06
08	1.5	0.5	03	13	0.5	1.5	04	2.5	06
09	02	1	02	07	0.5	01	07	02	05
10	01	0.5	02	08	01	1.5	05	01	06
11	01	0.5	03	09	0.5	01	06	02	06
12	01	0.5	03	10	0.5	01	04	1.5	06
13	1.5	0.5	02	10	0.5	03	06	06	05
14	01	0.5	02	13	0.5	02	05	05	07
15	01	0.5	01	12	0.5	03	08	02	12

**CHAPITRE III : ETUDE HISTOLOGIQUE ET HISTOMETRIQUE**

16	0.5	0.5	01	15	1	03	05	02	15
17	01	0.5	02	08	0.5	02	07	01	04
18	01	0.5	02	06	0.5	02	06	01	04
19	01	0.5	03	07	0.5	02	05	03	07
20	01	0.5	02	08	0.5	02	06	02	08
21	01	0.5	04	07	01	02	06	03	04
22	01	0.5	03	09	0.5	02	07	03	05
23	01	0.5	03	10	/	02	04	02	07
24	0.5	0.5	03	10	/	02	05	02	08
25	1.5	1	04	10	01	02	04	02	08
26	01	0.5	04	13	0.5	02	03	02	07
27	01	0.5	02	06	0.5	1.5	03	01	10
28	01	0.5	02	08	0.5	1.5	03	01	10
29	01	0.5	03	10	0.5	02	07	02	07
30	0.5	0.5	2.5	11	0.5	1.5	05	03	06

Tableau 10 Moyennes des mesures histométrique des rameaux d'*Ephedra fragilis*

Tissus coupes	épiderme	Liège	Fibres non lignifiées	Parenchyme	Fibres de péricycle lignifiées	Phloème	MetaXylème	ProtoXylème	Moelle
Moyenne des mesures	1.4	1.6	2.6	9.6	0.6	1.7	5.2	2.3	7.2

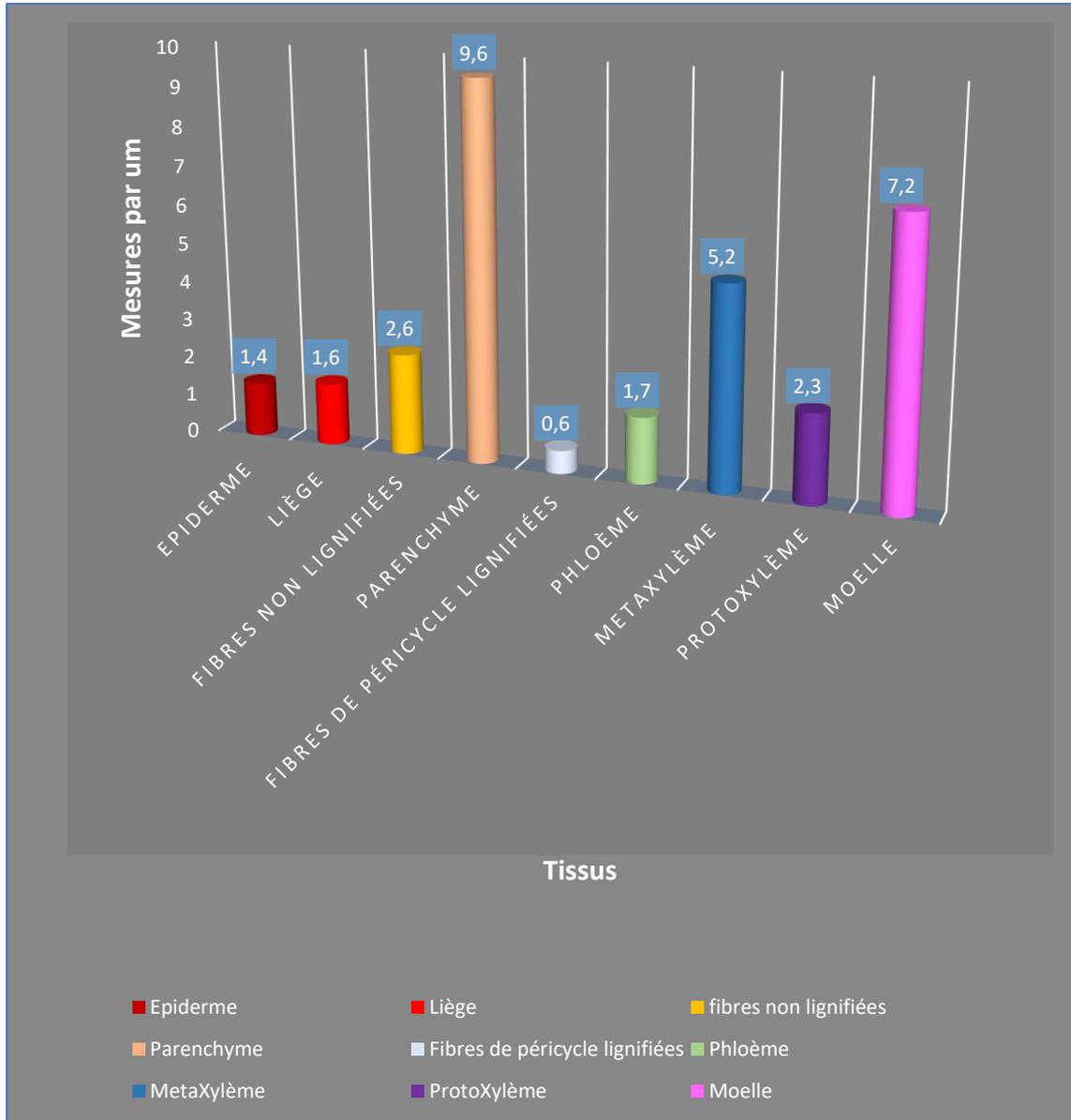


Figure 38 mesure histométrique de tige d'*Ephedra fragilis*

L'Histogramme (figure38) montre une comparaison entre les moyennes des mesures histométriques des rameaux d'*Ephedra fragilis*, dont on remarque que le parenchyme est le tissu le plus abondant, vient en seconde position la moelle (parenchyme médullaire), après le MetaXylème, ensuite les fibres non lignifiées suivies par le ProtoXylème, le Phloème ensuite l'ensemble de liège et épiderme, au dernier une couche très fine des fibres de péricycle lignifiées

## CHAPITRE III : ETUDE HISTOLOGIQUE ET HISTOMETRIQUE

### II.2. Mesures des coupes des tiges d'Ephedra fragilis

Tableau 11 mesure histométrique des tiges d'Ephedra fragilis

Tissus coupes	Épiderme	Liège	Fibres non lignifiées	Parenchyme	Fibres de péricycle lignifiées	Cambium	Xylème 	Phloème	Meta Xylème	Proto Xylème	Moelle
01	01	0.5	04	08	02	02	1.5	1.5	09	03	25
02	01	0.5	04	08	1.5	02	02	02	08	02	30
03	01	0.5	03	05	02	02	1.5	02	10	02	22
04	01	0.5	04	05	03	02	02	02	15	03	23
05	01	01	04	06	01	01	02	03	07	2.5	20
06	02	01	03	06	01	01	1.5	03	10	02	17
07	01	0.5	05	08	04	01	01	2.5	04	02	20
08	01	01	04	06	04	01	01	03	05	02	25
09	1.5	0.5	04	07	05	01	01	04	07	2.5	20
10	1.5	0.5	03	10	04	1.5	01	03	05	1.5	15
11	01	0.5	04	05	05	01	01	02	07	1.5	20
12	1.5	0.5	05	03	03	1.5	01	03	05	02	21
13	01	02	2.5	04	01	1.5	1.5	02	10	03	15
14	01	01	03	03	1.5	02	02	1.5	10	03	11
15	01	03	03	04	02	01	02	1.5	15	2.5	15
16	01	03	03	04	02	1.5	02	03	10	03	17
17	01	02	2.5	05	1.5	02	1.5	02	09	03	12
18	01	01	03	06	02	01	02	02	12	02	14
19	01	01	03	07	02	02	1.5	02	07	02	20

### CHAPITRE III : ETUDE HISTOLOGIQUE ET HISTOMETRIQUE

20	01	01	03	05	02	1.5	1.5	02	10	02	15
21	01	0.5	02	06	2.5	01	1.5	03	06	02	15
22	01	01	03	06	02	01	01	02	08	02	10
23	01	0.5	03	06	02	01	01	3.5	15	1.5	15
24	01	0.5	04	05	1.5	01	01	3.5	10	02	20
25	1.5	01	2.5	07	02	01	01	02	10	02	10
26	1.5	01	04	09	03	01	1.5	02	10	2.5	15
27	01	01	04	06	02	01	01	02	09	2.5	15
28	1.5	01	03	08	03	01	1.5	1.5	10	02	10
29	01	01	03	05	2.5	0.5	1.5	02	09	02	17
30	1.5	01	03	05	02	0.5	1.5	01	10	03	20

Tableau 12 Moyennes des mesure histométrique des tiges d'*Ephedra fragilis*

Tissus coupes	Épiderme	Liège	Fibres non lignifiées	Parenchyme	Fibres de péricycle lignifiées	Cambium	Xylème I	Phloème	Meta Xylème	Proto Xylème	Moelle
Moyenne des mesures	1,2	1	3,4	6	2,4	1,3	1,4	2,3	9	2,3	17,5

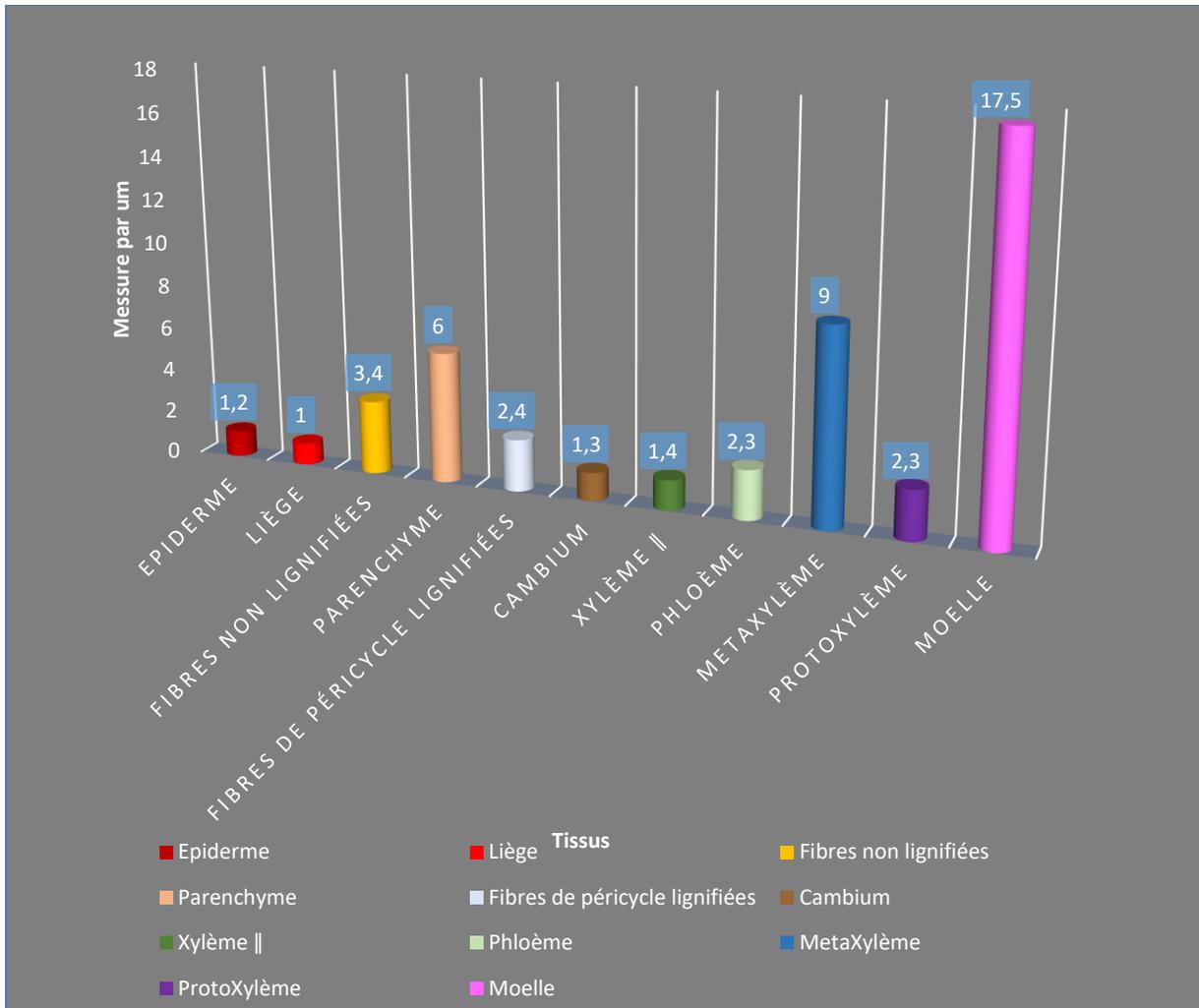


Figure 39 Mesure histométrique de tige d’*Ephedra fragilis*

L’Histogramme (figure38) montre une comparaison entre les moyennes des mesures histométriques de la tige d’*Ephedra fragilis*, dont on remarque que la moelle (parenchyme médullaire) est important par rapport aux autres tissus, vient en seconde position le MetaXylème ensuite le Parenchyme, après les fibres non lignifiées suivies par les fibres de péricycle lignifiées ensuite l’ensemble de phloème ProtoXylème, ensuite le xylème secondaire, le cambium, l’épiderme au dernier une couche très fine de Liège

### Discussion

D'après l'étude histologique effectuée, les résultats obtenus de l'analyse des différents tissus montre qu'il s'agit presque des même tissus au niveau des deux organes (rameau et tige).

Pour les rameaux l'ensemble (xylème et phloème) sont associés l'un à côté de l'autre vue que ce sont des tissus conducteurs et qu'ils assurent la même fonction, l'épiderme est représenté par une mince couche chez tous les organes vue leur rôle de protection, le parenchyme de remplissage occupe un espace très importante au niveau des rameaux.

C'est tous pareilles au niveau de tige, l'ensemble de xylème-phloème devient plus important par rapport aux autres tissus parce qu'ils contribuent au développement de la plante et assurent sa résistance face aux actions anthropiques et au stress hydrique (**DOUZET, 2007**).

Pour la tige y a la présence du cambium qui est responsable de la formation du bois, Son activité présente une certaine plasticité : en modifiant en permanence les propriétés du bois qu'il forme, il permet à l'arbre durant sa vie de s'adapter à la plupart des contraintes et variations de son environnement immédiat, y compris aux contraintes mécaniques et hydrauliques liées à sa croissance et à son poids

### Conclusion

L'étude histologique effectuer sur *Ephedra fragilis* aux niveaux des rameaux et de tige, et nous a permet de déterminer les différents tissus constituant la plante, leurs rôles et importances.

Nous avons déterminé neuf tissus différents au niveau des rameaux. Les mêmes tissus sont présents au niveau de la tige, plus deux autres tissus l'un d'eux est le cambium qui est responsable de la formation du bois.

La présence de l'épiderme de liège sur la couche extérieure de ces organes assure leur protection. Le parenchyme médullaire (moelle) représente le tissu le plus abondant dans les rameaux et la tige à cause de leur rôle de stockage et d'assimilation, ainsi que la présence de l'ensemble xylème et phloème dans ces organe se justifié par leur importance de transport des nutriments pour la plante.

### **CHAPITRE III : ETUDE HISTOLOGIQUE ET HISTOMETRIQUE**

---

Puis, l'étude histométrique a révélé que l'épaisseur des tissus variait dans chaque organe, plus précisément selon chaque partie de l'organe. Nous avons défini neuf tissus différents au niveau des rameaux.

***CHAPITRE IV : ETUDE  
PHYTOCHIMIQUE***

### INTRODUCTION

L'utilisation de matériel végétal pour protéger les grandes cultures et les produits entreposés contre les attaques d'insectes a une longue histoire. De nombreuses espèces végétales concernées ont également été utilisées en médecine traditionnelle par les communautés locales et ont été récoltées sur le terrain ou cultivées spécifiquement à ces fins. Des feuilles, des racines, des brindilles et des fleurs ont été mélangées, en tant que protecteurs, avec diverses marchandises dans différentes parties du monde, en particulier en Inde, en Chine et en Afrique.

Les plantes ayant des propriétés insecticides sont l'une des plus importantes méthodes de lutte contre les insectes. Comme ils peuvent être multipliés en continu année après année ; localement disponibles, biodégradables, peu coûteux, et n'ont aucun impact négatif sur l'environnement tant que l'on prend soin d'éviter la propagation des plantes à partir d'écosystèmes étrangers.

Il existe de nombreuses études concernant les espèces végétales connues et encore à exploiter ayant des propriétés pesticides, antiparasitaires.

Les pesticides botaniques sont des dérivés de plantes qui repoussent, inhibent la croissance ou tuent les ravageurs. Les plantes qui sont des sources de pesticides botaniques sont facilement disponibles dans l'environnement et la plupart d'entre elles ont de multiples utilisations telles que les médicaments, les épices, les plantes ornementales, les aliments et les aliments pour animaux.

#### ***I. Ephedra fragilis***

Le genre *Ephedra* a été couramment utilisé dans la médecine traditionnelle chinoise (MTC) pour le traitement de plusieurs maladies ; plusieurs études ont rapporté leurs multiples avantages pour la santé tels que anti-inflammatoire, anti-invasif, anti-angiogène, antimicrobien, antiprolifératif, pro-apoptotique, neuroprotecteur, hépatoprotecteur et propriétés antioxydantes. Les flavonoïdes, les alcaloïdes, les acides phénoliques et d'autres composés des plantes *Ephedra* ont été considérés comme les principaux composants phytochimiques de ces propriétés pharmacologiques.

Des références ont affirmé que l'*Ephedra fragilis* (Gnetopsida, thé Mormon, Ma Huang) est d'origine asiatique et qu'elle possède plusieurs effets médicaux (ATTARD, et al., 2009). L'*E. fragilis* est un arbuste à feuilles persistantes dioïques de 4 mètres de hauteur. Ses fruits arrachés disponibles de juin à septembre ont des arilles rouges ou jaunes et portent une seule graine (RODRIGUES-PEREZ, et al., 2012).

**À ce jour, aucune étude n'est disponible dans la littérature sur l'utilisation du matériel végétal de l'*Ephedra fragilis* contre les insectes nuisibles. C'est ce que nous tentons de faire dans le cadre de notre étude.**

### II. Insecte

Les insectes nuisibles causent des dommages importants aux produits agricoles destinés à l'alimentation humaine et animale. En plus des pertes directes causées par les insectes aux systèmes végétaux, aux fruits et aux graines, ces agents biotiques causent des pertes indirectes parce qu'ils laissent d'importants contaminants tels que des parties du corps ou des exosquelettes, des œufs d'insectes et des mauvaises odeurs sur les produits (GARCIA-LARA et al., 2016)

*Tropinota* (Epicometis) *hirta* (Poda), parfois appelé coléoptère de la fleur du pommier ou coléoptère velu, est un ravageur important qui attaque les arbres fruitiers et les plantes ornementales en Europe et dans la région méditerranéenne (AYDIN, 2011). La lutte contre *T. hirta* est difficile et risque de nuire aux insectes utiles, car les ravageurs attaquent pendant la floraison, lorsque les pollinisateurs sont les plus actifs.



Figure 40 Apple Blossom Beetle (*Tropinota hirta*)

### II.1. *Tropinota hirta*

#### II.1.1. Classification systématique

Les botanistes ont classé l'espèce *Tropinota Hirta*. Comme suit (PODA, 1761) :

Règne : Animalia

Embranchement : arthropoda

Classe : Insecta

Sous-classe : Pterygota

Infra-ordre : Neoptera

Super-ordre : Endopterygota

Ordre : Coleoptera

Super-famille : Scarabaeidae

Genre : *Tropinota*

Espèce : *Tropinota hirta* (Poda, 1761)

#### II.1.2. Aire de répartition

L'aire de répartition de *Tropinota hirta* couvre l'Europe, le Nord de l'Asie et le bassin méditerranéen

#### II.1.3. Dégâts causés par *Tropinota hirta*

Mangeoire à fleurs (*Tropinota hirta* Poda, ancien *Epicometis Hirta* Poda) est classifié dans l'ordre : Coleopetera, famille : Cetoniidae, genre : *Epicometis*. C'est un insecte polyphage (VUTS J., et al., 2010), au stade adulte a 8-13 mm, la couleur du corps est noire avec des points gris, recouvert de petits poils jaune blanc. Il a une seule génération / année. En hiver, les adultes sont cachés dans le sol. Au printemps, elles s'activent et attaquent différentes fleurs jusqu'à la fin du mois de mai (fig. 41) lorsqu'elles déposent leurs œufs dans la couche superficielle du sol (SUBCHEV et al., 2011). Les larves commencent à croître lentement de juin à septembre. À la fin de juillet à la mi-août,

elles se transforment en stade nymphe. Les nouveaux adultes apparaissent dans la dernière décennie d'août, la première décennie de septembre. Ils restent dans le sol pendant l'hiver jusqu'au printemps suivant où ils sont devenus actifs à une température constante de 7 C et à une humidité relative de 55 à 60%.



Figure 41 Blossom feeder (*Tropinota hirta* Poda) in Blueberry/ Apple/ Strawberry flowers

*T. hirta* émerge au printemps et se nourrissent de mâles et les organes femelles des fleurs de certaines plantes comme les arbres fruitiers, les fraises, les roses et les grains. Les adultes sont également connus pour se nourrir occasionnellement de jeunes pousses, de feuilles et même de fruits. En raison de leurs capacités de vol élevées, ils atterrissent sur de nombreux types de plantes et continuent de nuire. Par conséquent, les fleurs endommagées ne peuvent pas produire de fruits (Anonymous, 2008; Özbek, 2008).

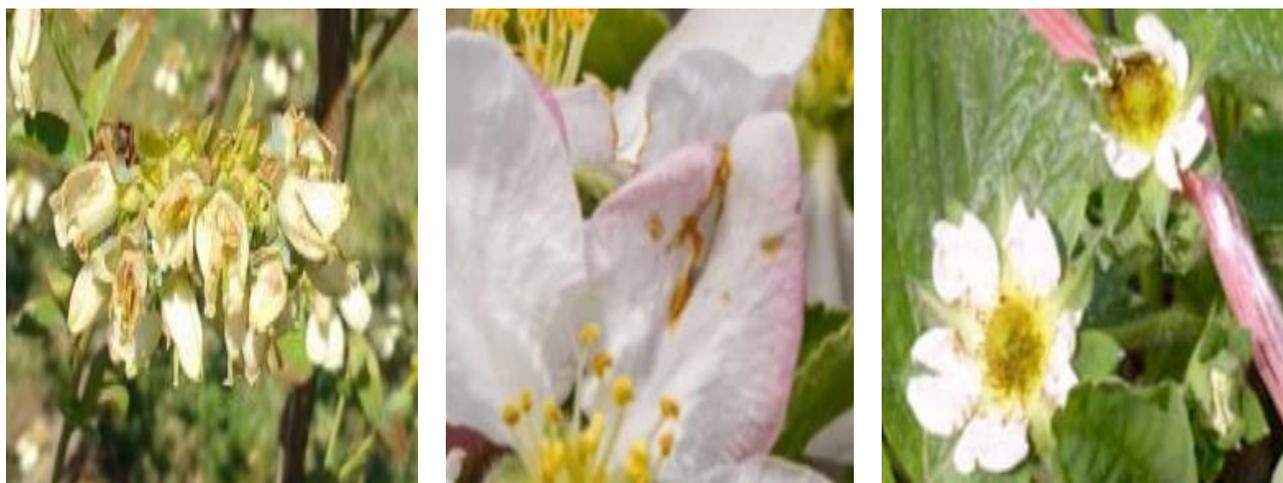


Figure 42 Blueberry/ Apple/ Strawberry flowers damaged by *Tropinota hirta*

*Epicometis (Tropinota) hirta* (Coleoptera : Scarabaeidae, Cetoniinae) endommage les parties reproductrices des fleurs de plusieurs arbres fruitiers et de nombreux arbustes ornementaux (**HURPIN, 1962**). Il est actif pendant la journée et se cache dans le sol pendant la nuit (**ENDRODI, 1956, Özbek et al. 1998**) ont signalé que des pesticides peuvent être utilisés si la population devient excessive. Cependant, le contrôle de *E. hirta* est difficile, car la plupart des insecticides ne peuvent pas être appliqués pendant la floraison sans affecter les abeilles domestiques ou d'autres bénéficiaires.

En Hongrie, *Epicometis (Tropinota) hirta* Poda (Coleoptera, Scarabaeidae, Cetoniinae) est la cétonine nuisible la plus importante en se nourrissant des parties reproductrices des fleurs de nombreuses plantes, qui sont des arbres fruitiers et ornementaux, des buissons et d'autres plantes d'importance agricole (**HOMONNAY et HOMONNAY -CSEHI, 1990**). Parfois, le ravageur peut même endommager les céréales (**HOMONNAY et HOMONNAY -CSEHI, 1990**). L'espèce est répandue dans de grandes parties de l'Eurasie, de la Méditerranée au Moyen-Orient et en Asie centrale (**HURPIN, 1962**).

Selon l'étude de **KUTINKOVA et ANDREEV (2004)**. En Roumanie. *T. hirta* est un ravageur très dangereux, qui peut endommager 70% des fleurs sur les jeunes cerisiers.

En Turquie, *T. hirta* Bursa, Çanakkale, Il a été signalé que les arbres fruitiers tels que les framboises, les pommes, les prunes, les abricots et les cerises ont été économiquement endommagés dans les provinces d'Erzurum, Karaman, Isparta, Izmir, Malatya, Manisa, Mersin et Tokat (**KARA, 1992**)

### III. Insecticides

Sont utilisés pour la protection des plantes contre les insectes. Ils interviennent en éliminant ou en empêchant leur reproduction. Différents types existent : les neurotoxiques, les régulateurs de croissances et ceux agissant sur la respiration cellulaire (MAIRIF, 2015).

#### III.1. Deltaméthrine

La deltaméthrine est un produit de synthèse de la famille des pyréthrinoïdes dont l'appellation commerciale la plus connue est le Decis®. C'est un insecticide non systémique de contact et d'ingestion avec une longue activité résiduelle contre un grand nombre d'espèces d'insectes. Il agit en paralysant le système nerveux des insectes.

Les pyréthrinoïdes constituent des insecticides encore très employés puisqu'en 2008 ; ils représentaient 15,1% du marché mondial des insecticides (BODEREAU-DUBOIS, 2011). Ils sont très utilisés en Afrique sub-saharienne pour lutter contre la malaria (ADAMOU et al., 2010). Cette large utilisation s'explique par leur grande et rapide efficacité pour les insectes avec une relative innocuité pour les mammifères et les oiseaux (SAYEED et al., 2003).

Les insecticides de la famille des pyréthrinoïdes agissent directement sur l'ouverture des canaux sodium ; les pyréthrinoïdes de type II, dont fait partie la deltaméthrine, laissant les canaux sodium ouverts plus longtemps que ceux du type I (SCHLEIER et PETERSON, 2012). Une autre cible de la deltaméthrine semble être les canaux chlorures de la membrane (BURRY et RAY, 2004). D'autres auteurs proposent le complexe  $G\beta\gamma$  comme cible potentielle des pyréthrinoïdes chez la paramécie (*Paramecium tetraurelia*) où ils agissent par modification de l'interaction entre la sous-unité  $\alpha 1$  des canaux calciques et  $G\beta\gamma$  (DE ONDARZA et al., 2005)

##### III.1.1. Données générales relatives à la Deltaméthrine

La deltaméthrine est très employée dans le secteur agricole et forestier et ce depuis qu'elle a prouvé son efficacité vis-à-vis de nombreux insectes (VILLARINI et al., 1998). En outre, cette molécule est utilisée pour lutter contre le doryphore de la pomme de terre, la cicadelle, le ver-gris, la mineuse, la légionnaire bertha, l'altise, la fausse-teigne des crucifères, la sauterelle et la punaise grise (Conseil canadien des ministres de l'environnement, 1999). La deltaméthrine est aussi

utilisée dans les programmes de contrôle de la malaria dans les pays concernés (YADAV et al., 2001). Elle y est aussi utilisée pour imprégner les moustiquaires (DARRIET et al., 1998).

### III.1.2. Effets toxiques et écotoxiques de la Deltaméthrine

La deltaméthrine s'avère nocive pour la santé humaine puisqu'elle altère le métabolisme cellulaire, provoque des dégâts à l'ADN et induit de micronoyaux dans des lymphocytes humains (SCASSELLATI et al., 1994). D'après He et al. (1989), une étude chinoise portant sur 325 personnes intoxiquées par la deltaméthrine a révélé divers effets (paresthésie, vertiges, maux de tête, nausées, anorexie, fatigue, troubles de la vision, transpiration accrue, etc...). La cancérogénicité de la deltaméthrine a été évaluée par le Centre International de Recherche sur le Cancer (IARC, 1991) et l'a classée dans le groupe 3 (non classable quant à sa cancérogénicité pour l'homme) alors qu'elle est classée dangereuse pour l'environnement et toxique par l'INRS (2007).

En outre, SHUKLA et al., (2001) ont montré que la deltaméthrine agit comme un initiateur de tumeur à long terme sur la peau de souris.

### III.1. 3. Neurotoxicité de Deltaméthrine

L'exposition au deltaméthrine (DM) même à des doses très faibles induit l'augmentation des radicaux libres au niveau du réticulum endoplasmique donnant un stress oxydatif préapoptotique chez les neurones via l'augmentation des produits de la peroxydation lipidique et la diminution de l'activité des enzymes anti oxydantes (LI et al., 2016).

### III.2. Malathion

Les organophosphorés (OP) forment un vaste groupe de produits chimiques utilisés au cours des 60 dernières années (ELERSEK et FILIPIC, 2011). Les tous premiers organophosphorés ont été synthétisés au 19ème siècle, mais leur usage ne s'est développé qu'au XXème siècle, plus exactement au début de la seconde guerre mondiale. Ce n'est qu'ensuite que l'étude des organophosphorés a été orientée vers le développement de composés moins toxiques (GUPTA, 2006). Néanmoins, l'emploi excessif de ces pesticides a augmenté rapidement durant les années 70, à la suite de l'interdiction des pesticides organochlorés (e.g. le DDT) en raison de la persistance à long terme de ces composés dans l'environnement (ELERSEK et FILIPIC., 2011).

### III.2.1 Données générales relatives au Malathion

Le malathion est un pesticide organophosphoré largement utilisé dans le monde, il est employé comme insecticide en agriculture et en usage vétérinaire (FLESSEL et al., 1993), et appliqué pour l'extermination des poux chez l'homme (ROBERTS, 2002). En tant qu'insecticide, le malathion est utilisé pour contrôler les pucerons, les mouches, les sauterelles, les poux, les fourmis, les araignées et les moustiques. Il est appliqué sur la luzerne, le trèfle, les pâturages, les récoltes céréalières, le coton, le soja, les betteraves à sucre, le maïs, les haricots, les myrtilles et les grains stockés à l'intérieur des maisons.

### III.2.2. Effets toxiques et écotoxiques du Malathion

Le malathion présente des effets néfastes sur la faune, les animaux et la santé humaine. En ce qui concerne la santé humaine, bien que le malathion ait été employé auparavant pour l'élimination des poux chez l'homme ainsi qu'en usage domestique, il présente un danger certain. Plusieurs effets toxiques aigus ont été enregistrés suite à des traitements avec du malathion. Le principal mode d'action concerne l'inhibition de l'AChE dans les tissus nerveux, ce qui se traduit par une accumulation du neurotransmetteur, l'acétylcholine (NIGG et KNAAK, 2000). Par ailleurs, PLUTH et al., (1998) et BLASIAK et STANKOWSKA, (2001) ont montré que le malathion, son produit dégradé « malaaxon » ainsi que son contaminant « isomalathion » étaient à l'origine de dommages génétiques sur des cellules lymphocytaires humaines. Les travaux de MEULENBERG (2002) réalisés avec du sérum humain, montrent que le malathion a une affinité pour le SHBG (Sex Hormone Binding Protein) et pourrait donc avoir une activité estrogénique.

### III.2.3. Neurotoxicité du Malathion

Lors de l'évaluation de la neurotoxicité du malathion sur les poules, une étude de neuropathie retardée n'a pas démontré d'effet lié au traitement. Dans des études aiguës et subchronique effectuées sur le rat, des effets neurotoxiques incluant des signes cliniques, l'inhibition des cholinestérases érythrocytaires, des pseudo-cholinestérases et des cholinestérases du cerveau ont été observés (US EPA, 2000b).

La présente étude vise à contribuer à la valorisation de l'espèce *Ephedra fragilis*, pour atteindre notre objectif nous nous sommes basés sur :

- L'étude phytochimique des extraits à *Ephedra fragilis* pour connaître les composants chimiques de cette espèce contre l'espèce ravageuse *Tropinota Hirta*.
- Dans ce travail, nous nous sommes intéressés à l'étude théorique par modélisation et simulation moléculaire des interactions protéine-ligand entre une protéine

Dans l'objectif de conserver le temps et l'argent excessive que les méthodes *in vitro* nécessitent, les techniques de docking *in silico* ont été développées. Il s'agit des approches théoriques permettant de prédire l'affinité d'un ligand au sein de son récepteur **BOUCHERIT , CHIKHI , BENSEGUENI , MERZOUG , HIOUAL , MOKRANI (2013)**. Le docking s'est développé pour devenir de nos jours un outil incontournable dans la recherche de nouvelles molécules bioactives (**MOKRANI, 2012**) et (**CHIKHI, 2007**).

Le criblage *in vitro* à haut débit consiste à tester *in vivo* l'activité d'un très grand nombre de ligand avec une certaine cible thérapeutique afin d'identifier des composés promoteurs. Cependant, cette approche s'est rapidement trouvée confrontée à de nombreux problèmes scientifiques, techniques, méthodologiques et financiers en particulier. Cependant les méthodes Analytique basées sur de l'informatique d'où le nom "BIO-INFORMATIQUE" sont devenue une alternative qui permet à la recherche de nouvelles molécules biologiques thérapeutiques de gagner assez de temps, moins couteuses et permet de prédire les propriétés souhaitées.

Avec le développement des outils informatiques, la modélisation moléculaire et plus précisément le docking moléculaire (assemblage ou arrimage moléculaire) a rapidement investi le domaine de la recherche en biologie. Celui-ci peut être défini comme la recherche du meilleur appariement entre deux molécules. Le docking moléculaire a pour objectif essentiel de prédire la conformation (position et orientation relative) la plus favorable du ligand au sein de son récepteur (**DUHOVNY et al., 2002**). Comme il peut servir à l'optimisation de molécules et au criblage de bases de données. En pharmacie, la découverte et la mise au point de nouvelles substances médicamenteuses peuvent passer par le criblage de bases de données avec des millions de composés pour une même protéine cible, ce qui ne serait pas réalisable en biologie classique. En général, la cible est une protéine et le ligand peut être une petite molécule organique (**DE OLIVEIRA, 2009**).

Actuellement, il existe un méritoire nombre de logiciel de docking moléculaire comme le programme AutoDock qui a déjà appui à la composition de nouveaux médicaments. Effectivement, AutoDock a été utilisé de manière intensive et pertinente dans le développement préclinique de la molécule « Raltegravir » (inhibiteur de l'intégrase du VIH), dont la distribution sur le marché américain a été autorisée fin 2007 par la FDA (SAYEH, 2019).

C'est au docking moléculaire par AutoDock vina que nous s'adresserons dans ce travail.

### IV. Docking moléculaire

Le Docking moléculaire (ancrage, amarrage ou arrimage moléculaire en français), *in silico* vise à prédire la structure et l'ensemble des mécanismes et interactions intervenant lors de la formation d'un complexe moléculaire « ligand-protéine » ou « protéine-protéine », à partir des molécules isolées, ce qui est considérablement plus facile à mettre en œuvre, moins cher et plus rapide que l'utilisation des méthodes expérimentales *in vitro*. Le Docking moléculaire permet soit de découvrir de nouvelles molécules (par assemblage de deux ou plusieurs molécules), soit de comprendre la nature d'un complexe de molécules obtenu par cristallographie (BEAUTRAIT A, 2008)

La plupart des programmes utilisent une approche semblable : une molécule est fixe dans l'espace tandis que la seconde est déplacée par un ensemble de translations et de rotations. Chaque configuration est alors évaluée par une fonction de score en termes de complémentarité de surface, d'interaction électrostatique, de répulsion DE VAN DER WAALS... De manière générale, le protocole de docking peut être décomposé de la façon suivante :

- représentation du système
- procédure de recherche (searching)
- Le docking : est l'étape de sélection, qui consiste à placer le ligand dans le site actif de la protéine et à échantillonner les conformations, positions et orientations (poses) possibles.
- criblage par fonction de score (scoring) : est l'étape de classement, permettant d'évaluer l'affinité entre le ligand et la protéine, et de donner un score aux poses obtenues lors de la phase de docking. Ce score nous ramène à retenir la meilleure pose parmi toutes celles proposées (BOUCHERIT, 2012).

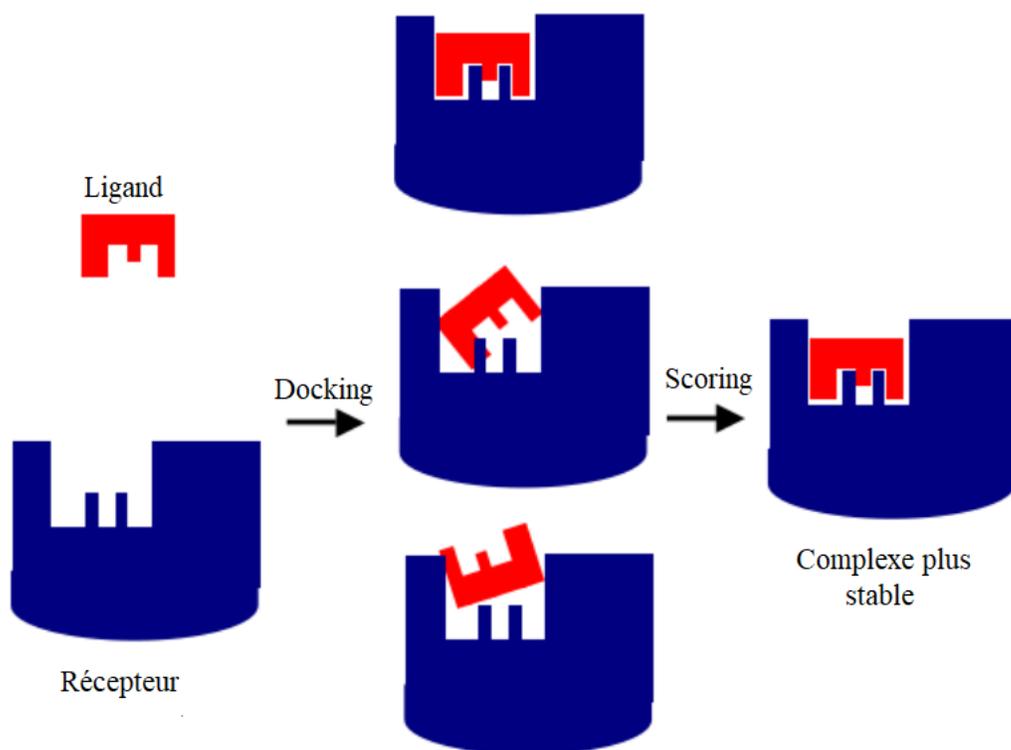


Figure 43 le docking moléculaire

➤ Le Docking est une méthode qui prédit l'orientation la plus favorable d'une molécule par rapport à une autre. Pour le but d'avoir le complexe le plus stable. Elle permettant de prédire l'affinité de ces molécules. Exécuté par le logiciel AutoDock.

Donc le but du Docking moléculaire est de déterminer le mode d'interaction d'un complexe composé de deux ou de plusieurs molécules, en cherchant des orientations dans l'espace et des conformations favorables pour la fixation d'un ligand à un récepteur (MEKELLECHE, 2001).

Dans notre travail le Docking moléculaire a été réalisé à l'aide de logiciel « AutoDock » en suivant le protocole dessous :

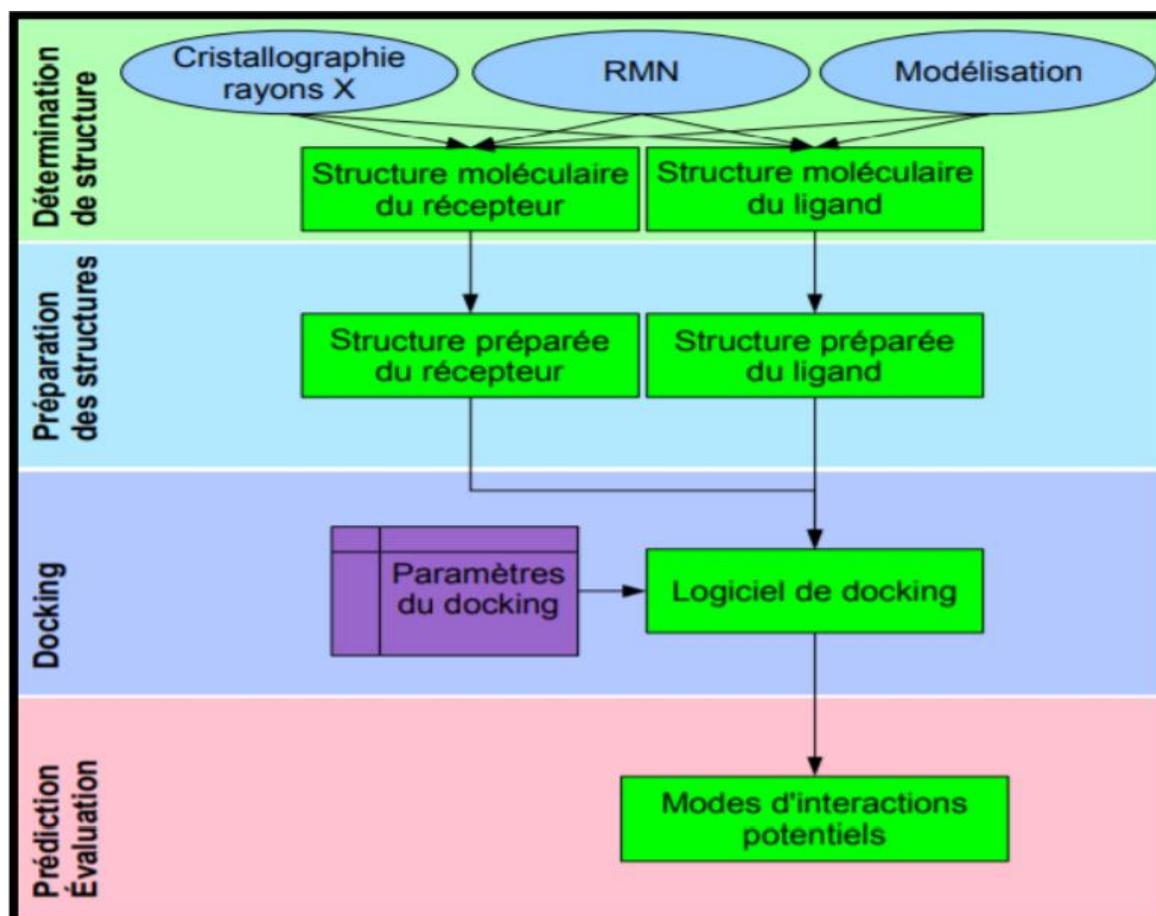


Figure 44 schéma de l'amarrage moléculaire

#### IV.1. Généralité sur les enzymes et les inhibiteurs

Les enzymes sont des catalyseurs biologiques de nature protéique produit par le métabolisme des êtres vivants, ils augmentent la vitesse d'une réaction chimique ou biologique sans subir aucune transformation au niveau de leurs structures initiales. (MAAMRA & MAISSA, 2018).

L'enzyme développe un site actif sous forme d'une cavité où se fixe le substrat et se transforme en produit sous l'action de l'enzyme.

L'inhibiteur est une molécule qui provoque la réduction de l'activité de l'enzyme en formant un complexe avec ce dernier (inhibiteur-enzyme). En général la forme d'une cavité, que se fixe le substrat pouvant être soumis à l'action de l'enzyme pour le transformer en produit (Figure 41-42).

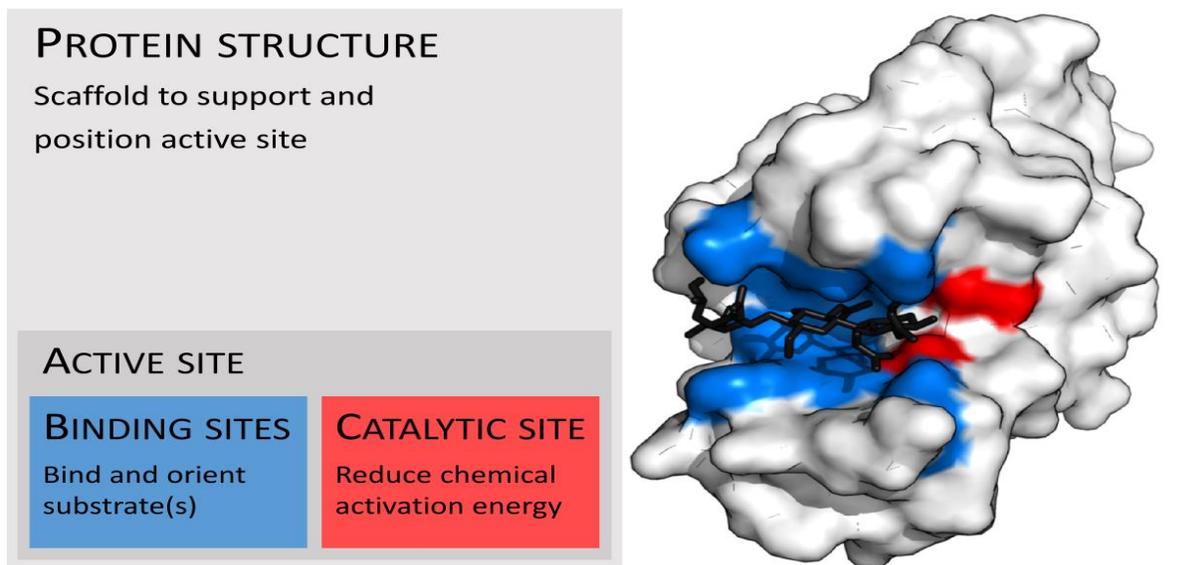


Figure 45 structure de la protéine

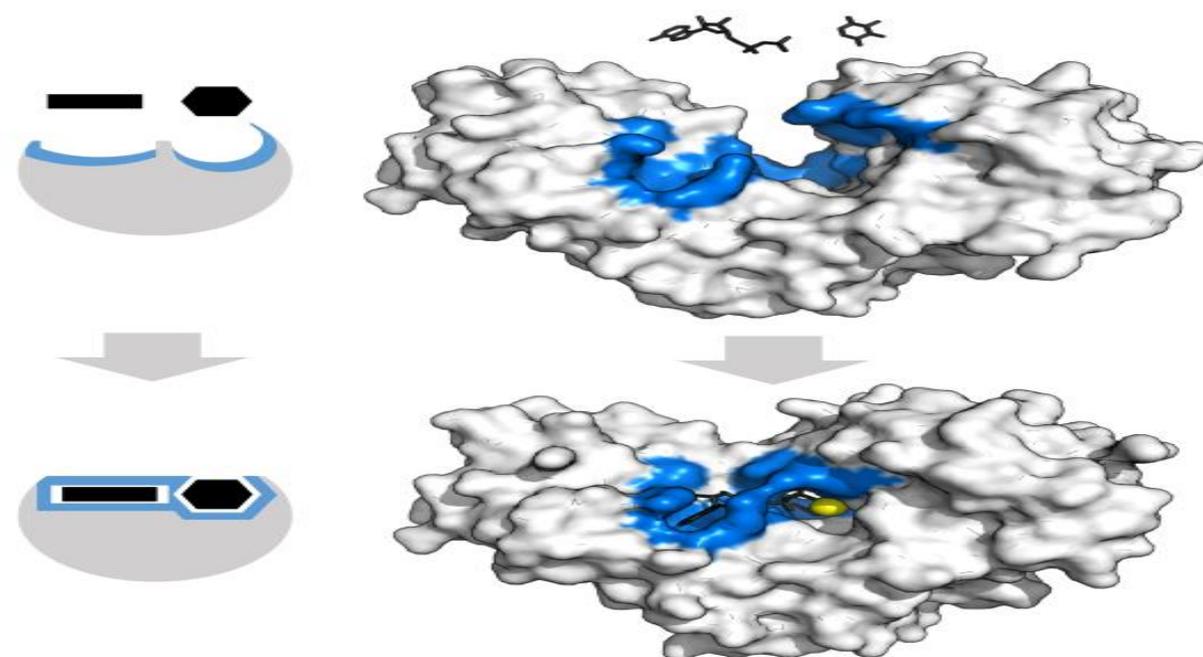


Figure 46 Site actif de l'enzyme

### IV.2. Présentation de la protéine

Les CYP sont des hémoprotéines qui catalysent une réaction de monooxygénation à partir du dioxygène O<sub>2</sub>. Un atome d'oxygène est transféré au substrat et l'autre est réduit en eau. Cette réaction d'oxydoréduction est possible grâce au transfert d'électrons de la FAD/FMN NADPH réductase. La localisation des CYP est variées, ces protéines sont localisées au niveau de la membrane, du réticulum endoplasmique, de la mitochondrie et sont également sécrétées dans le cytosol (**INGELMAN-SUNDBERG 2008**).

#### IV.2.1 Cytochromes P450 (CYP)

Les CYP forment l'une des principales familles d'enzymes impliquées dans la fonctionnalisation des xénobiotiques. Cette large famille d'hémoprotéines catalyse l'oxydation d'un grand nombre de composés endogènes et exogènes. Ces enzymes catalysent des réactions d'oxydoréduction dont la plus importante est l'hydroxylation en utilisant un cofacteur NADPH. Pour catalyser ces réactions, les CYP incorporent un atome d'oxygène dans le substrat à partir de l'oxygène moléculaire (O<sub>2</sub>). Les réactions d'oxydoréduction nécessitent une source d'électrons apportée par la NADPHcytochrome-réductase. Cette dernière est une flavoprotéine présente dans la membrane du réticulum endoplasmique qui assure le transfert de deux électrons du nicotinamide adénine dinucléotide phosphate (NADPH) jusqu'au CYP. Bien que les réactions de monooxygénations au niveau des carbones soit les plus fréquentes, les CYP peuvent catalyser de nombreuses autres réactions telles que des N, S ou O-oxydations (**FEYEREISEN 1999, GUENGERICH 2003**).

Chez les insectes, les CYP sont principalement connus pour leur rôle dans le métabolisme des xénobiotiques et dans la résistance aux insecticides (**BHASKARA et al., 2008**) Toutefois, ils interviennent également dans des processus physiologiques essentiels à l'insecte allant du développement à la reproduction (**CHUNG et al., 2009**).

Dans cette étude, nous avons utilisé Crystal Structure of Human Cytochrome P450 21A2 Progesterone Complex.

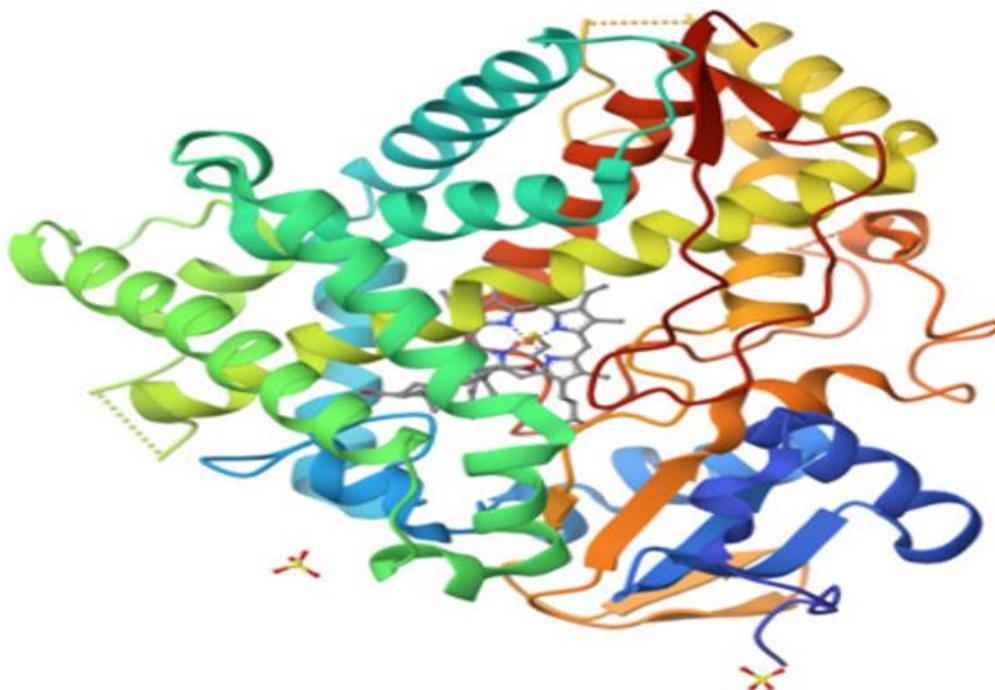


Figure 47 Structure 3D du Crystal Structure of Human Cytochrome P450 21A2 Progesterone Complex.

Le cytochrome P450 21A2 est le stéroïde majeur 21-hydroxylase, qui catalyse la 21-hydroxylation de la progestérone et de la  $17\alpha$ -hydroxyprogestérone ( $17\alpha$ -OH-progestérone) pour former respectivement la 11-désoxycorticostérone et la 11-désoxycortisol. principalement dans le cortex surrénalien. Bien que les P450 de certaines autres familles de gènes puissent catalyser cette hydroxylation, P450 21A2 est clairement le plus important chez l'homme, et > 100 variantes différentes d'acides aminés ont été identifiées en milieu clinique.

Protein data bank (PDB) est une ressource alimentée par les archives de la banque de données sur les protéines.

En règle générale, la structure d'une protéine avec une résolution entre [1.5-3] Å a une très bonne qualité pour les études. Dans notre étude, nous avons téléchargé Structure cristalline du complexe de progestérone 21A2 du cytochrome humain P450 Sous Le Code D'accès 4Y8W à partir de la banque de données Protein data bank avec une résolution de 2.64 Å qui fait partie de l'intervalle [1.5-3] Å.

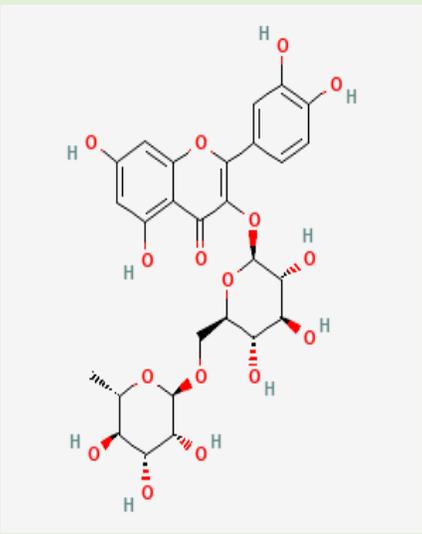
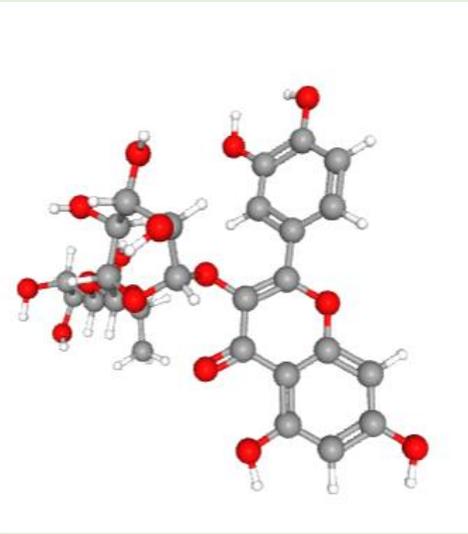
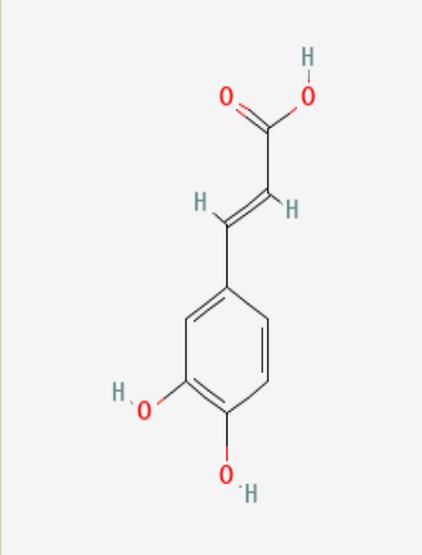
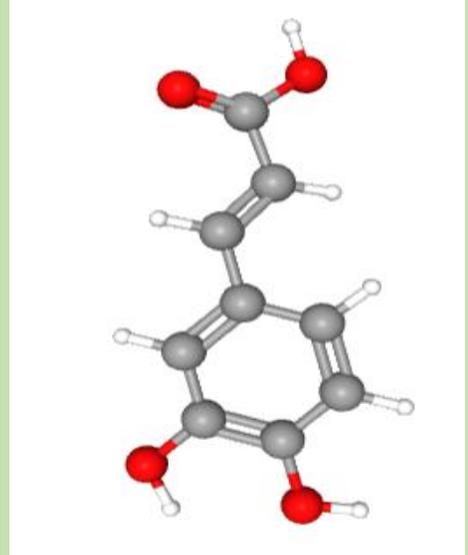
### IV.3. Présentation des ligands (inhibiteurs)

Les inhibiteurs sont toutes molécules qui diminuent voir arrêté la réaction enzymatique (LOUSSER, 1989). Notre travail consiste à étudier l'interaction de la protéine cytochrome p450 21A2 avec une série de molécules extraites à partir des huiles essentielles de l'*Ephedra fragilis*. Selon une étude de (GUENAOU et al.), rutine, quercétine, acide férulique, acide gallique ont été identifiés comme présents dans les parties aériennes de l'*Ephedra fragilis*.

Nous avons donc utilisé 6 ligands différents qui sont extraits de la plante pour réaliser cette étude.

Tableau 13 Structure et informations sur les composés identifiés dans l'*Ephedra fragilis*. Les structures de ligands ont été extraites du serveur PubChem ([www.pubchem.ncbi.nlm.nih.gov](http://www.pubchem.ncbi.nlm.nih.gov)).

## CHAPITRE IV : ETUDE PHYTOCHIMIQUE

COMPOUND NAME	INFORMATIONS	CHEMICAL STRUCTURE	
		2D	3D
RUTIN	MW: 610.5 g/mol MF: C <sub>27</sub> H <sub>30</sub> O <sub>16</sub> H-bound donor: 10 H-bound acceptor: 16 PubChem ID: CID 5280805		
CAFFEIC ACID	MW: 180.16 g/mol MF: C <sub>9</sub> H <sub>8</sub> O <sub>4</sub> H-bound donor: 3 H-bound acceptor: 4 PubChem ID: CID 689043		

## CHAPITRE IV : ETUDE PHYTOCHIMIQUE

### FERULIC ACID

MW: 194.18 g/mol

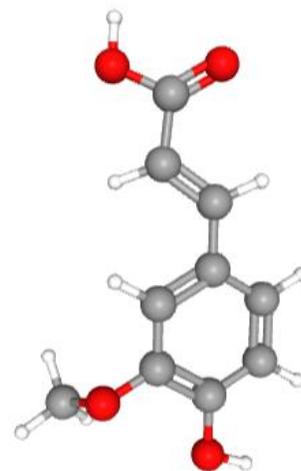
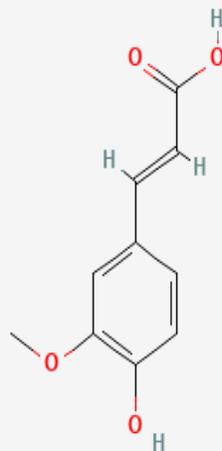
MF: C<sub>10</sub>H<sub>10</sub>O<sub>4</sub>

H-bound donor: 2

H-bound acceptor: 4

PubChem ID: CID

445858



### GALIC ACID

MW: 170.12 g/mol

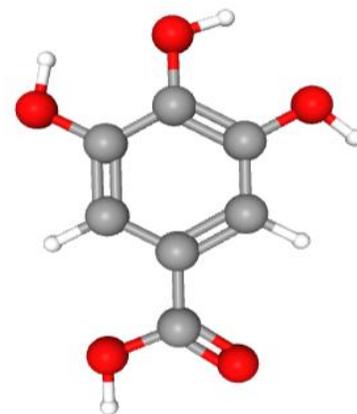
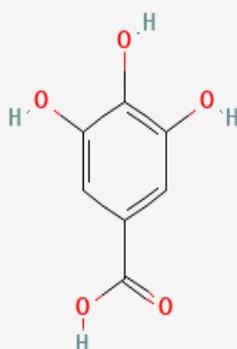
MF: C<sub>7</sub>H<sub>6</sub>O<sub>5</sub>

H-bound donor: 4

H-bound acceptor: 5

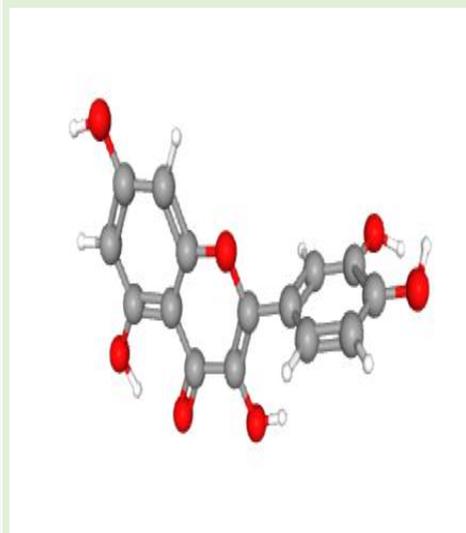
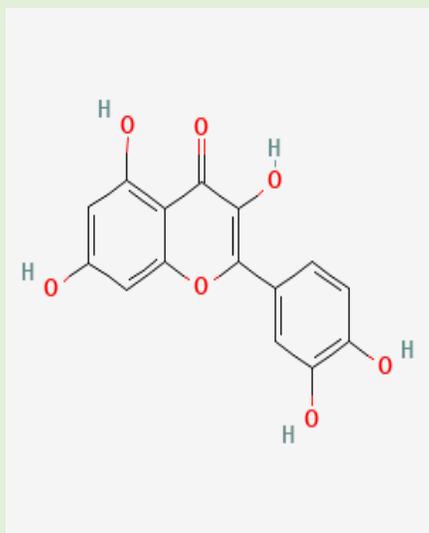
PubChem ID: CID

811292



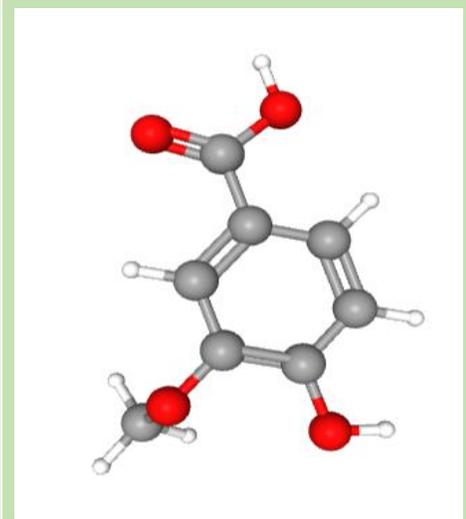
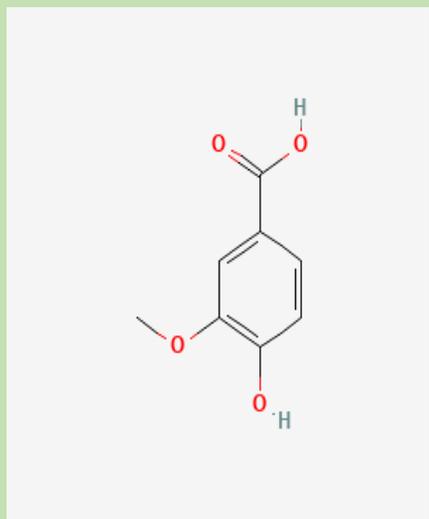
QUERCETIN

MW: 302.23 g/mol  
 MF: C<sub>15</sub>H<sub>10</sub>O<sub>7</sub>  
 H-bound donor: 5  
 H-bound acceptor: 7  
 PubChem ID: CID 5280343



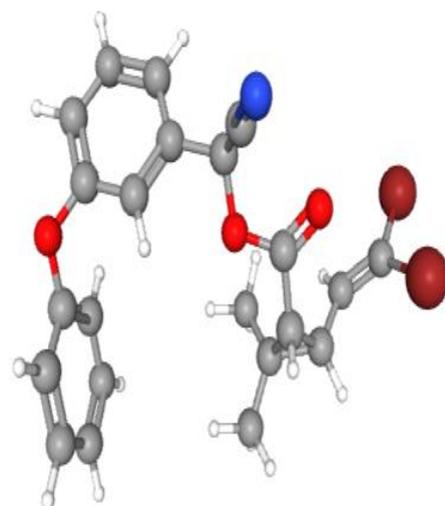
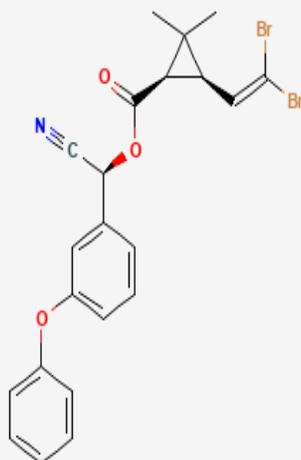
VANILLIC ACID

MW: 168.15 g/mol  
 MF: C<sub>8</sub>H<sub>8</sub>O<sub>4</sub>  
 H-bound donor: 2  
 H-bound acceptor: 4  
 PubChem ID: CID 8468



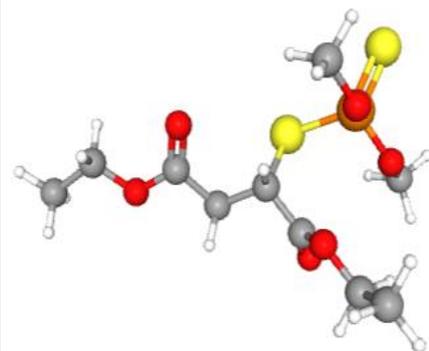
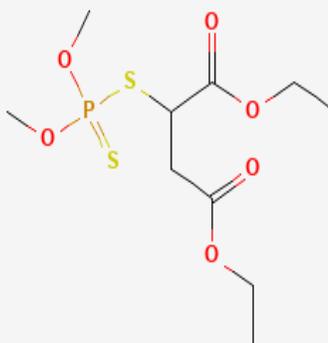
DELTAMETHRIN

MW:505,2 g/mol  
 MF:C<sub>22</sub>H<sub>19</sub>Br<sub>2</sub>NO<sub>3</sub>  
 H-bound donor: 0  
 H-bound acceptor:4  
 PubChem ID: CID 40585



MALATHION

MW: 330.4 g/mol  
 MF: C<sub>10</sub>H<sub>19</sub>O<sub>6</sub>PS<sub>2</sub>  
 H-bound donor: 0  
 H-bound acceptor:8  
 PubChem ID: CID 4004



**IV.4. Présentation de Matériels informatiques**

Le matériel nécessaire à la réalisation de cette étude était :

**IV.4.1. L'ordinateur portable (PC)**

L'ordinateur utilisé est un laptop, qui a été développé et conçu par la société Lenovo, le model YOGA 9 avec ces capacités :

- Mémoire RAM : 16Go
- Processeur : 11th Gen Intel(R) Core(TM) i7-1185G7 @ 3.00GHz

- Carte graphique : Intel Iris Xe Graphics
- Système D'exploitation : WINDOWS 10 professionnel 64 bits

### IV.4.2. Banques des données

#### ➤ PubChem :

PubChem est une base de données ouverte par **National Institutes of Health (NIH)**, qui peut rechercher des substances chimiques par nom, formule moléculaire, structure et autres identifiants. Elle contient essentiellement de petites molécules, mais aussi des molécules plus grosses telles que des nucléotides, des glucides, des lipides, des peptides et des macromolécules chimiquement modifiées. Il recueille des informations sur les structures chimiques, les identifiants, les propriétés chimiques et physiques, l'activité biologique, les brevets, la santé, la sécurité, les données de toxicité, etc. Depuis sa création en 2004. Site web : [<https://pubchemdocs.ncbi.nlm.nih.gov/about>]

Cette banque de donnée nous a permis le téléchargement en extension « SDF 3D » les structures des ligands de l'espèce *Ephedra fragilis*.



Figure 48 interface de la banque des données PubChem

#### ➤ RCSB PDB (PROTEIN DATA BANK):

**RCSB** (Research Collaboratory for Structural Bioinformatics) ou **PDB** (Protein Data Bank) Fondé en 1971 comme la 1<sup>ère</sup> ressource de données numériques d'accès ouvert dans toute la biologie et de la médecine Chronologie historique. C'est aujourd'hui une ressource mondiale de premier plan pour les données expérimentales au cœur de la découverte scientifique. Grâce à un portail d'information sur Internet et à des archives de données téléchargeables, le PDB permet d'accéder aux données de structure 3D de grandes molécules biologiques (protéines, ADN et

ARN). Ce sont les molécules de la vie, présentes dans tous les organismes de la planète. Site web: [https://www.rcsb.org/]

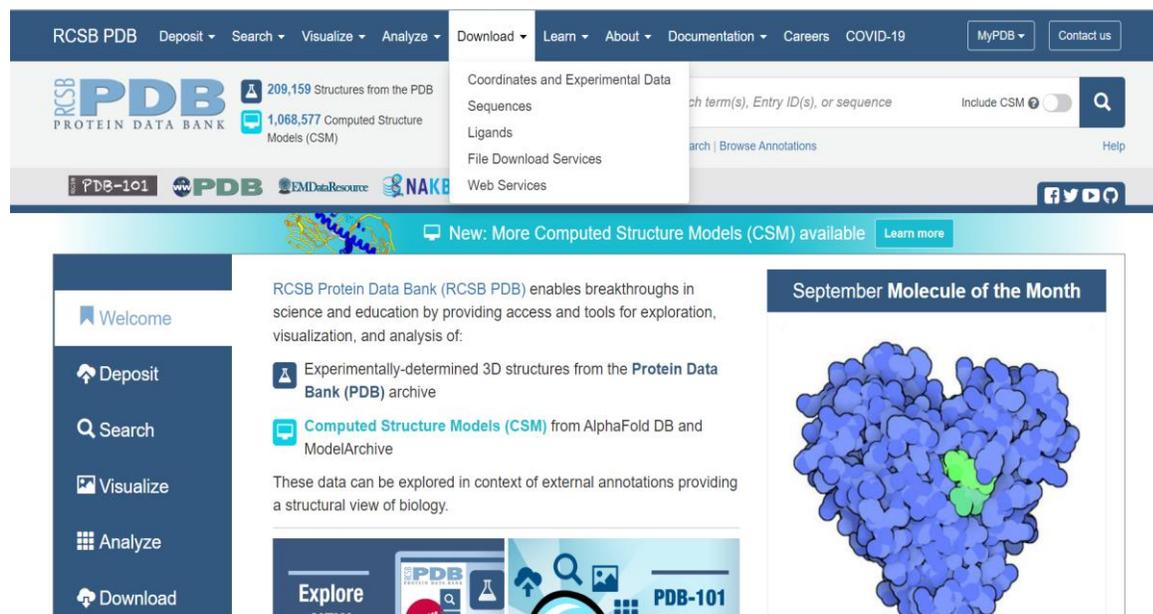


Figure 49 Interface de banque des données RCSB

### IV.4.3. Les logiciels

#### ➤ Open Babel GUI :

Open Babel est une boîte à outils chimique conçue pour parler les nombreux langages des données chimiques. Il s'agit d'un projet ouvert et collaboratif permettant à quiconque de rechercher, convertir, analyser ou stocker des données issues de la modélisation moléculaire, de la chimie, des matériaux solides, de la biochimie ou de domaines connexes. Ce programme nous permet de convertir les objets chimiques (actuellement des molécules ou des réactions) d'un format de fichier à un autre. L'interface utilisateur graphique (GUI) Open Babel est une alternative à l'utilisation de la ligne de commande et possède les mêmes capacités. Site web: [https://openbabel.org/docs/current/GUI/GUI.html]

Open Babel GUI nous a permis de convertir la structure de ligand qui a été téléchargé de la base des données PubChem sous format (SDF) 3D, en mode de fichier (pdb).

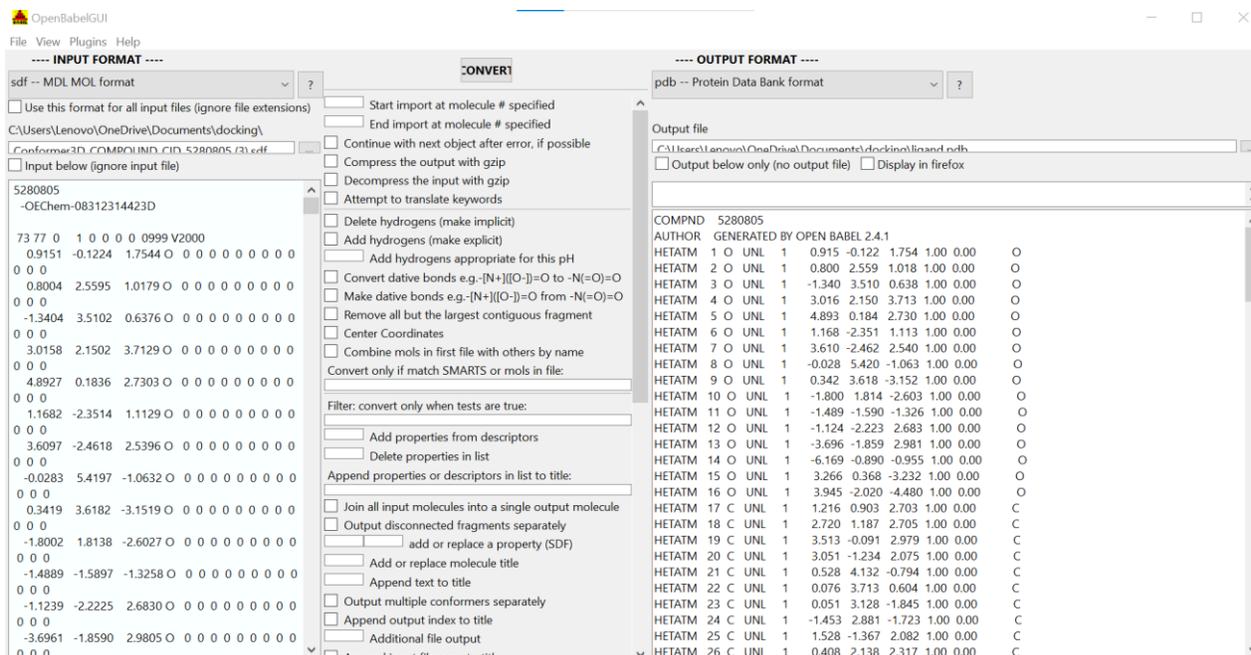


Figure 50 interface de logiciel Open Babel GUI

## ➤ Biovia Discovery studio 2021 :

BIOVIA Discovery Studio rassemble plus de 30 ans de recherche évaluée par des pairs et de techniques *in silico* de classe mondiale telles que la mécanique moléculaire, les calculs d'énergie libre, la développabilité des biothérapeutiques et bien plus encore dans un environnement commun. Il fournit aux chercheurs un ensemble d'outils complet pour explorer les nuances de la chimie des protéines et catalyser la découverte de thérapies à petites et grandes molécules, de l'identification de la cible à l'optimisation des pistes. Site web: [https://discover.3ds.com/discovery-studio-visualizer-download]

Nous avons utilisé du Biovia pour préparer la protéine pour le Docking., puis nous l'avons utilisé après le docking pour analyser les résultats.

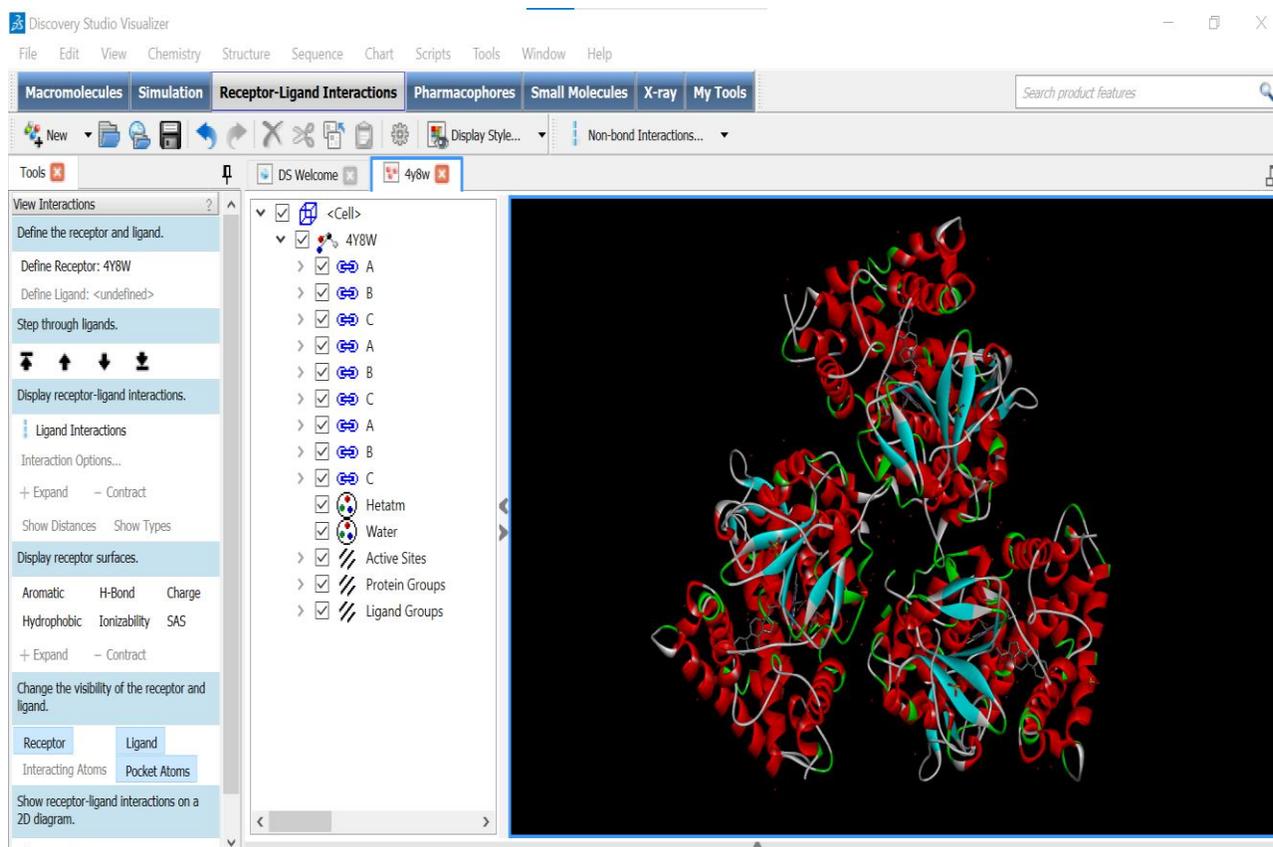


Figure 5 Interface de logiciel Biovia Discovery studio

### ➤ **AutoDock Tools-1.5.7 :**

Un package fait partie de l'ensemble mglttools de bibliothèques Python qui fournissent une infrastructure pour l'analyse des structures protéiques et leur arrimage aux composés chimiques.

AutoDock est un package bien établi pour le criblage automatisé de bibliothèques de représentation formelle de composés chimiques qui se lient putativement à une protéine particulière. Ce package fournit une interface utilisateur graphique qui facilite la préparation de la protéine pour de telles analyses.

C'est l'interface utilisateur graphique dont avons besoin pour préparer la protéine et les ligands en format pdbqt pour lancer le Docking.

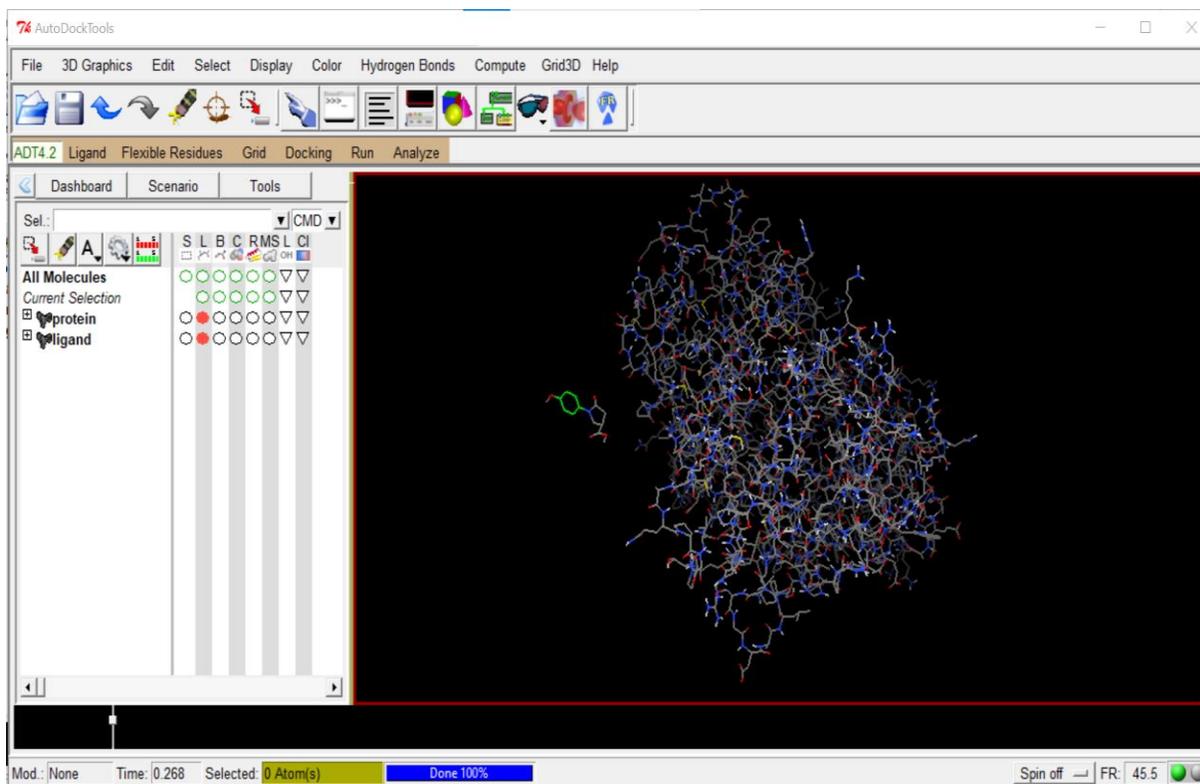


Figure 52 interface de logiciel AutoDock Tools-1.5.7

### ➤ **AutoDock Vina :**

**AutoDock Vina** est l'un des moteurs d'accueil **open source les plus rapides et les plus utilisés**. Il s'agit d'un programme d'accueil informatique clé en main basé sur une fonction de notation simple et une recherche conformationnelle rapide par optimisation de gradient. Il a été initialement conçu et mis en œuvre par le Dr Oleg Trott au laboratoire de graphisme moléculaire, et il est désormais maintenu et développé par le laboratoire Forli du Scripps Research Institute.

AutoDock a un successeur, AutoDock Vina, qui dispose d'une routine de recherche locale améliorée et utilise des configurations informatiques multicœurs/multi-CPU.

Site web: [<https://vina.scripps.edu/>]

### IV.5. Méthode de Travail

Actuellement, la recherche de nouveaux composés chimiques est liée à une étude *In silico* (en simulation informatique établie par modélisation moléculaire, pour objectif d'évaluer les propriétés chimiques et la formation des modèles en 2 ou 3 dimensions. De plus, la modélisation est basé sur l'application des méthodes de calculs et des méthodes théorique qui permettent de gagner le temps, l'argent et avoir un résultat aussi efficace avec le même effet **(FAYET & GUILLAUME, 2010)** ; **(LOITTA & DENNIS, 1988)**).

#### DOCKING MOLECULAIRE

Pour l'amarrage, nous commençons par télécharger les logiciels nécessaires. AutoDock Tools, Biovia Discovery, Open Babel gui. Puis nous créons un dossier avec les fichiers nécessaires pour lancer l'amarrage. autogrid4, autodock 4, vina,vina\_lisence, vina\_split. Ensuite nous avons téléchargé le récepteur qui est l'enzyme et les ligands. Nous avons converti le ligand du format sdf en format pdb en utilisant Open Babel GUI. Et nous avons préparé notre enzyme avec Biovia Discovery Studio. Après cela nous utilisons AutoDock Tools pour obtenir l'enzyme et le ligand au format pdbqt. Puis nous avons lancé le docking en utilisant AutoDock vina. Enfin nous avons analysé les résultats avec Biovia Discovery Studio.

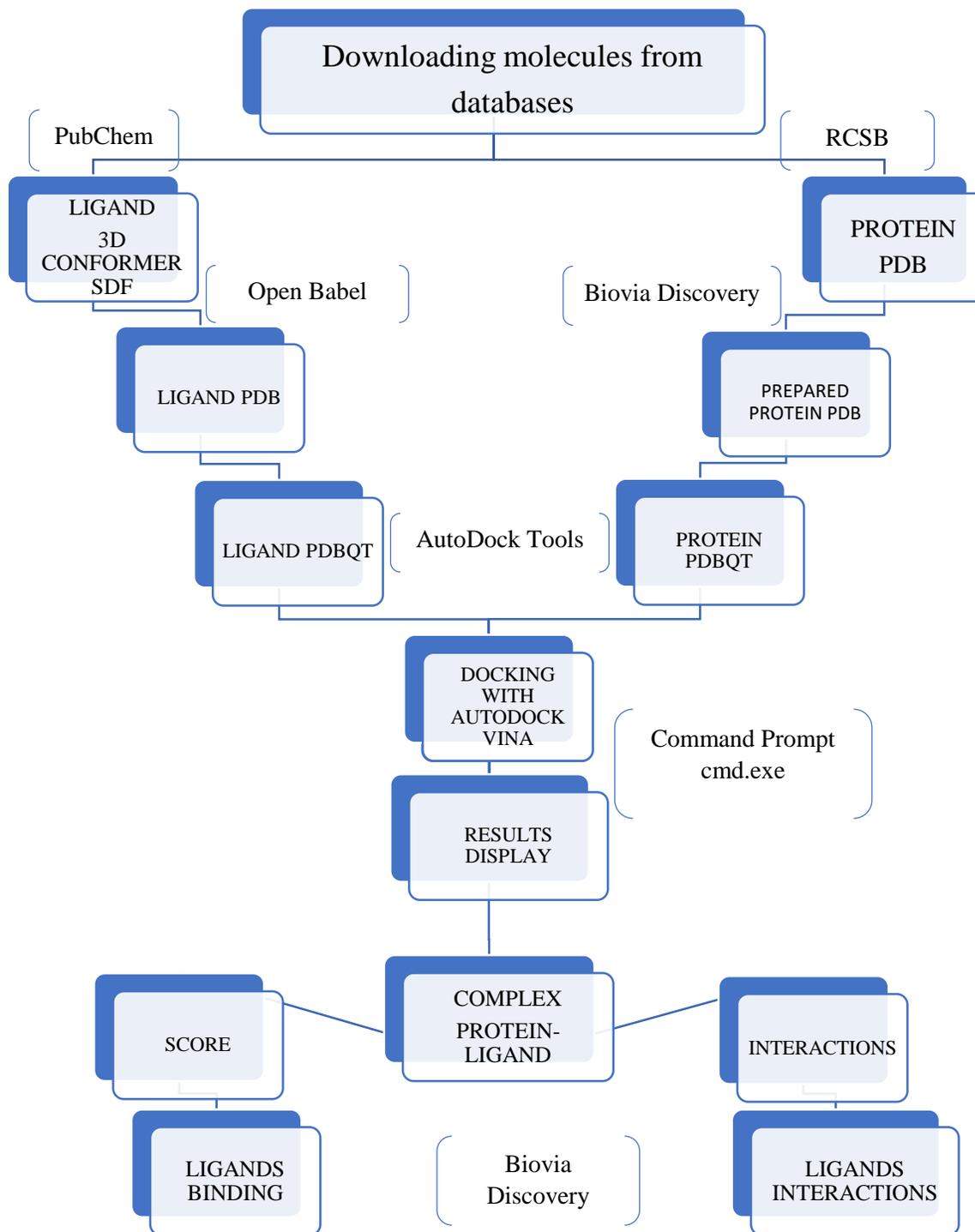


Figure 53 protocole simplifié de Docking avec AutoDock Vina (RADJA, 2023)

## V. Résultats

### V.1. Comparaison entre les différents complexes (4y8w/ligands)

Dans le but de comparer la stabilité des ligands étudiés dans le site actif du 4y8w, nous avons réalisé un Docking moléculaire entre notre enzyme et les Six ligands. Les résultats obtenus pour chaque ligand sont classés et regroupés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 14 Résultats obtenus après le Docking

## CHAPITRE IV : ETUDE PHYTOCHIMIQUE

Names of ligands	Docking Score (Binding Energy) (Kcal/mol)	Interacting residues of the target	Types of bonds	Distance (Å)
RUTIN	-9.9	A:ARG92:HH12 - :UNL1:O A:HIS366:HE2 - :UNL1:O :UNL1:H - A:CYS429:SG :UNL1:H - A:ASP288:OD1 :UNL1:H - :UNL1:O :UNL1:H - A:LEU364:O A:SER109:CB - :UNL1:O	H-Donor H-Donor H-Donor H-Donor H-Donor H-Donor H-Donor	2,55625 1,94841 2,85772 2,67415 2,16717 2,9349 3,24163
DELTAMETHRIN	-9.2	:UNL1 - A:LEU364 :UNL1 - A:VAL101 :UNL1 - A:ILE291	Pi-Orbitals Pi-Orbitals Pi-Orbitals	4,53521 4,82248 5,16651
QUERCETIN	-8.4	A:HIS366:HE2 - :UNL1:O :UNL1:H - A:LEU364:O :UNL1:H - A:GLY292:O A:LEU430:HN - :UNL1	H-Donor H-Donor H-Donor H-Donor	2,24939 2,5056 2,67633 3,04828
GALIC ACID	-7.0	A:CYS429:CA - :UNL1:O	H-Donor	3,20512
FERULIC ACID	-6.6	:UNL1:H - A:ALA421:O :UNL1:H - A:THR300:OG1	H-Donor H-Donor	2,11095 2,42858
CAFFEIC ACID	-6.5	:UNL1:H - A:ALA421:O :UNL1:H - A:THR296:O :UNL1:H - A:THR300:OG1	H-Donor H-Donor H-Donor	2,64764 2,81001 2,01417
VANILLIC ACID	-5.8	A:HIS366:HE2 - :UNL1:O	H-Donor	2,21882
MALATHION	-5.3	:UNL1:C - A:ASP288:O	H-Donor	3,41435

### V.2. Analyse des résultats

Les ligands sont classés en ordre croissant, dont le score le plus faible présente un meilleur inhibiteur.

**RUTIN < DELTAMETHRIN < QUERCETIN < GALIC ACID < FERULIC ACID < CAFFEIC ACID < VANILLIC ACID < MALATHION.**

Le Tableau ci-dessus nous permet de conclure que le meilleur score obtenu après le docking est celui du **RUTIN** avec une estimation de **-9.9** Kcal/mol, ce qui représente un très bon résultat. Cela signifie que le complexe est très stable. Suivi par **DELTAMETHRIN** avec une affinité de **-9.2** Kcal/mol. Cependant, Les valeurs des autres scores montrent que les scores du **QUERCETIN** est de **-8.4**. **GALIC ACID** est de **-7.0** Kcal/mol, **FERULIC ACID** est de **-6.6** Kcal/mol, **CAFFEIC ACID** est de **-6.5** Kcal/mol, **VANILLIC ACID** est de **-5.8** Kcal/mol.

D'après les résultats de cette étude réalisée comme un premier essai entre l'enzyme Cytochrome P450 21A2 et les ligands de l'Ephedra fragilis, et les 2 différents insecticide. Le **RUTIN** le meilleur inhibiteur de l'enzyme selon le score obtenu après le Docking moléculaire qui a été effectué en utilisant AutoDock Vina, en comparant avec les insecticides **DELTAMETHRIN** et **MALATHION**.

### V.2.1 Interactions Enzyme-Ligand

Cette partie est la représentation des différentes interactions des meilleures poses enzyme-ligand :

#### ✚ Cytochrome P450 21A2-RUTIN :

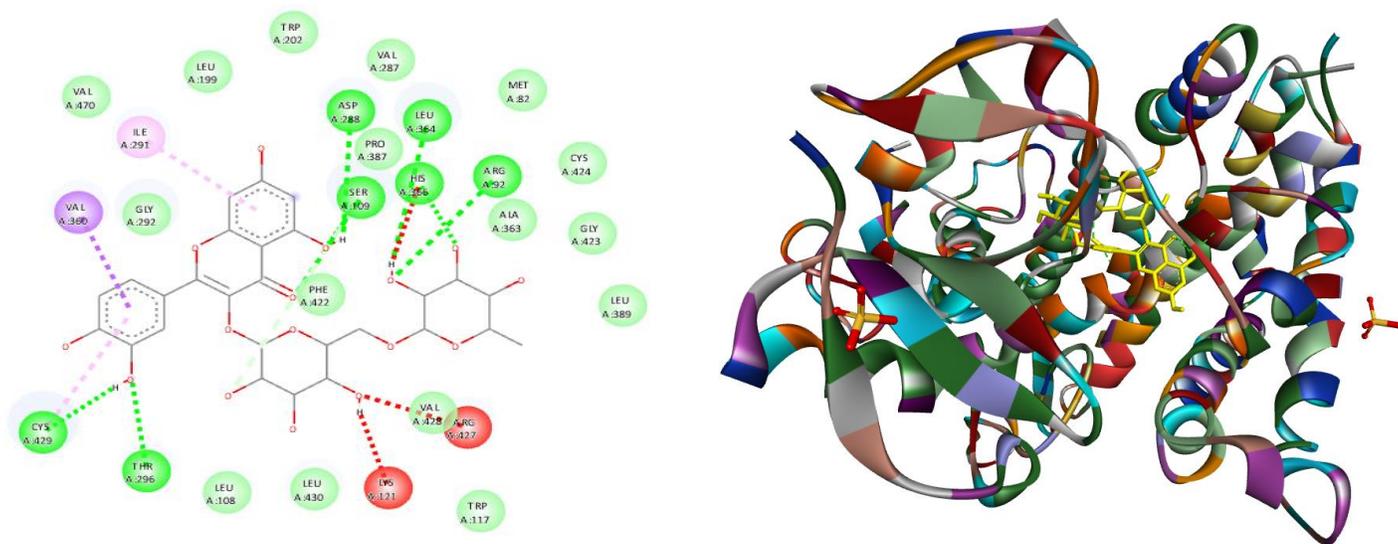


Figure 54 Représentations 2D et 3D des interactions entre la meilleure pose du ligand **RUTIN** et son récepteur

#### ✚ Cytochrome P450 21A2-QUERCETIN :

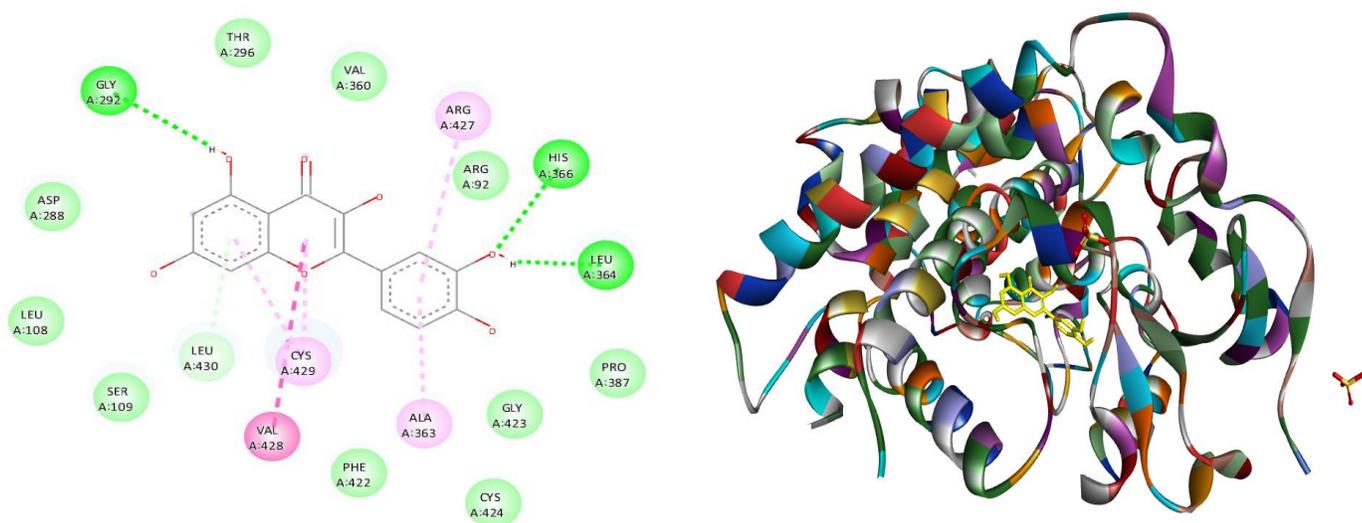


Figure 55 Représentations 2D et 3D des interactions entre la meilleure pose du ligand **QUERCETIN** et son récepteur

🚩 **Cytochrome P450 21A2-GALIC ACID:**

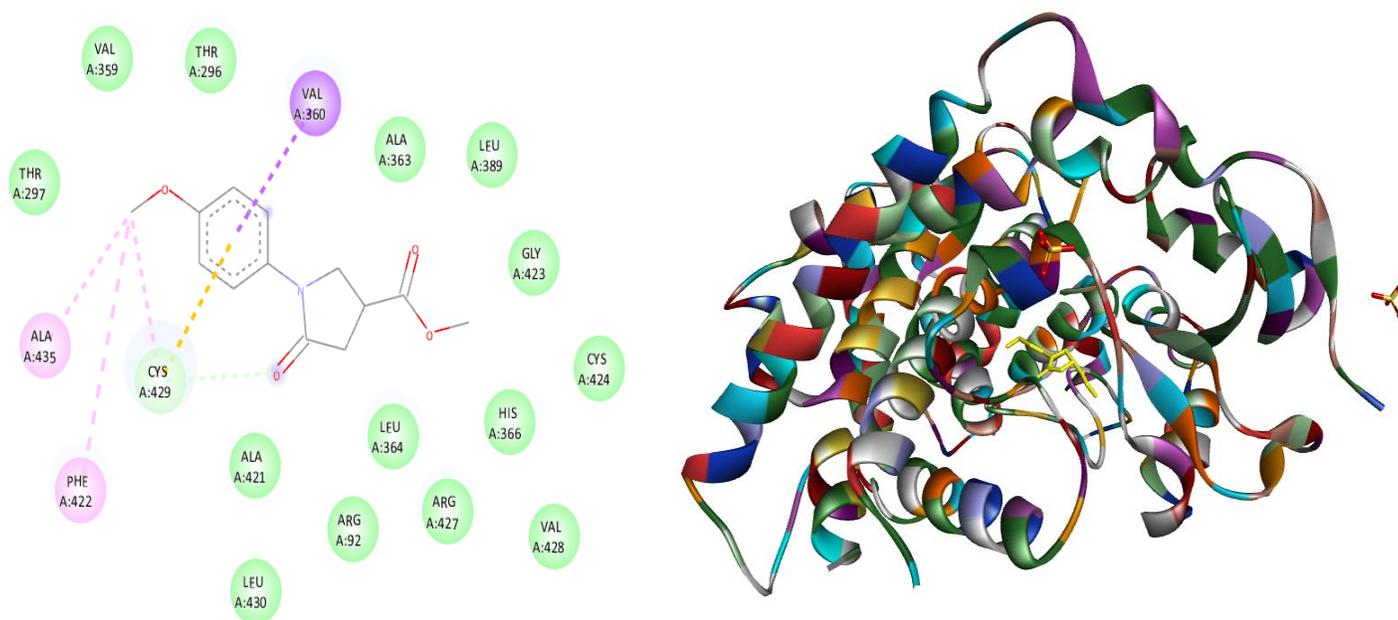


Figure 56 Représentations 2D et 3D des interactions entre la meilleure pose du ligand **GALIC ACID** et son récepteur

🚩 **Cytochrome P450 21A2-FERULIC ACID :**

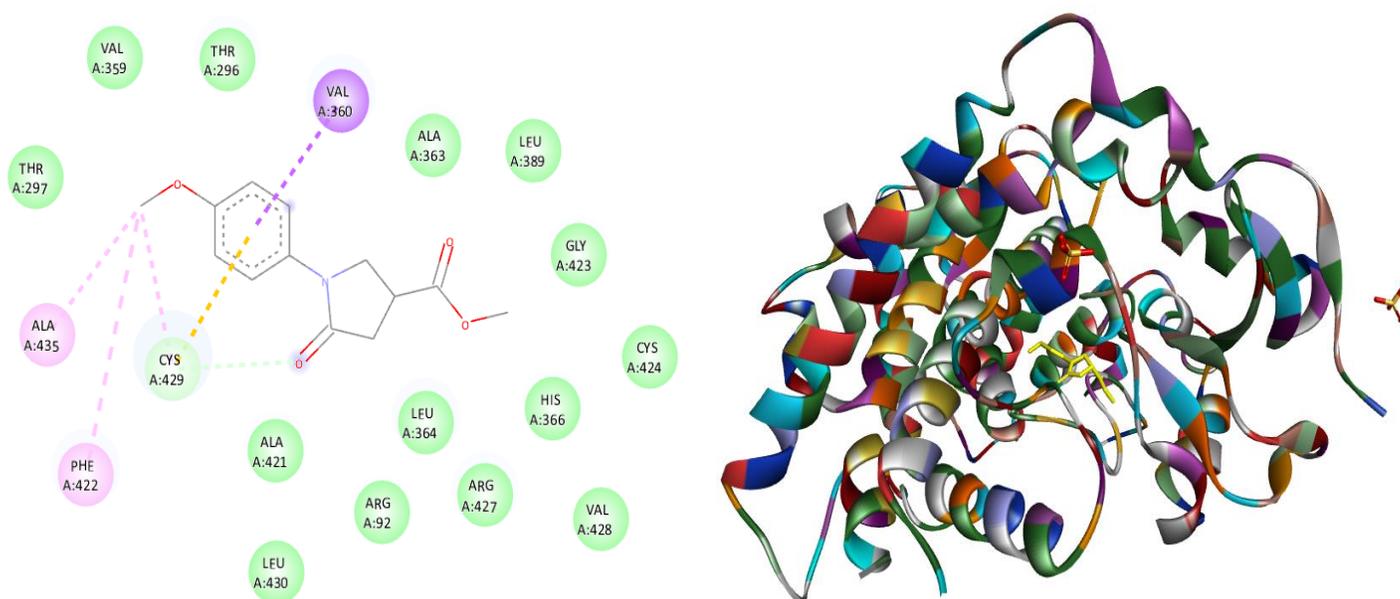


Figure 57 Représentations 2D et 3D des interactions entre la meilleure pose du ligand **FERULIC ACID** et son récepteur

🚩 **Cytochrome P450 21A2-CAFFEIC ACID:**

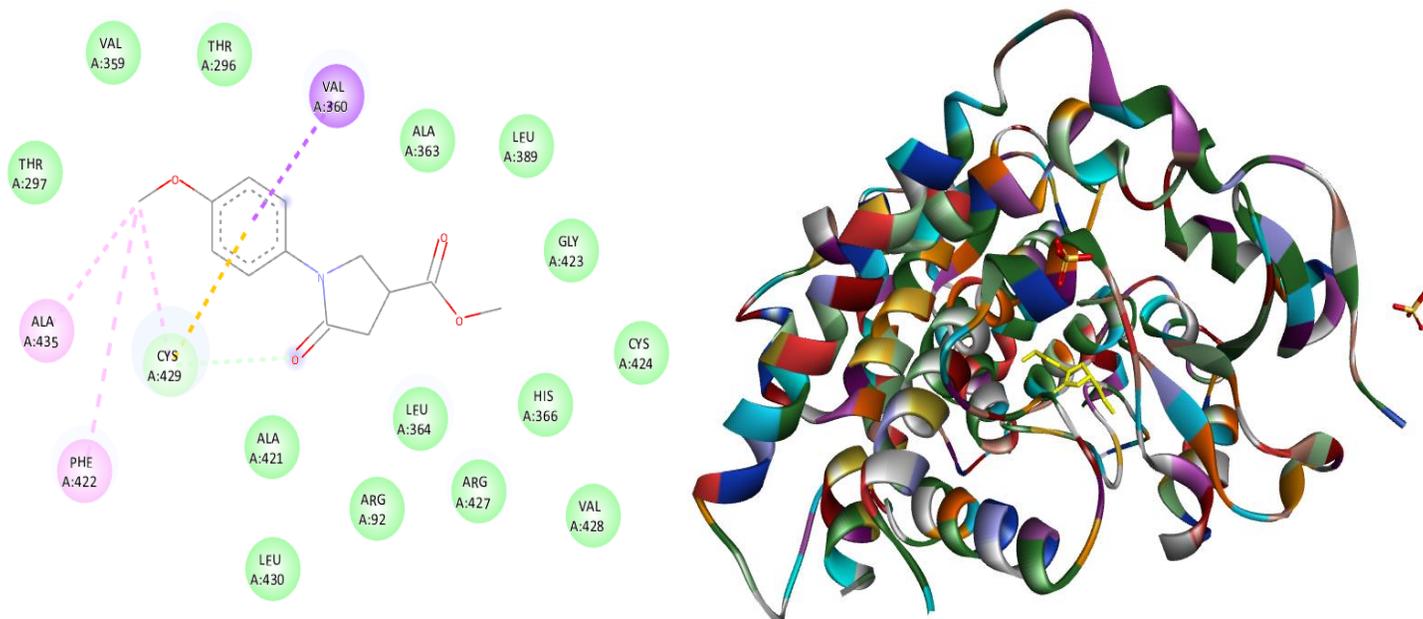


Figure 58 Représentations 2D et 3D des interactions entre la meilleure pose du ligand **CAFFEIC ACID** et son récepteur

🚩 **Cytochrome P450 21A2-VANILLIC ACID:**

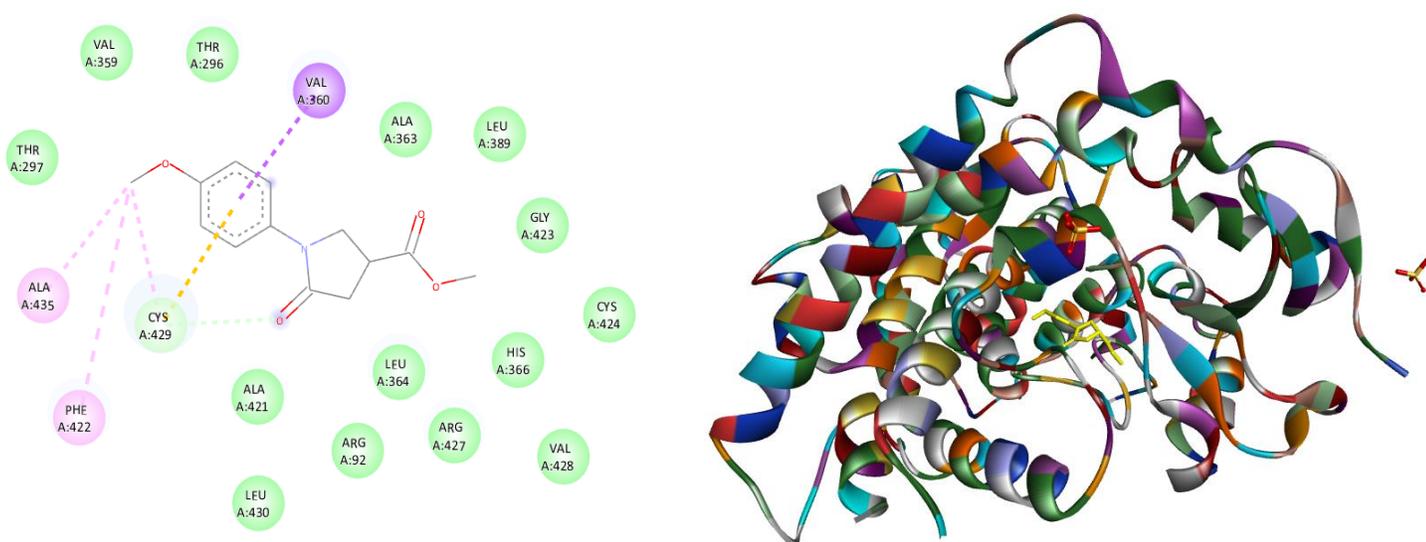


Figure 59 Représentations 2D et 3D des interactions entre la meilleure pose du **VANILLIC ACID** et son récepteur

✚ Cytochrome P450 21A2-DELTAMETHRIN :

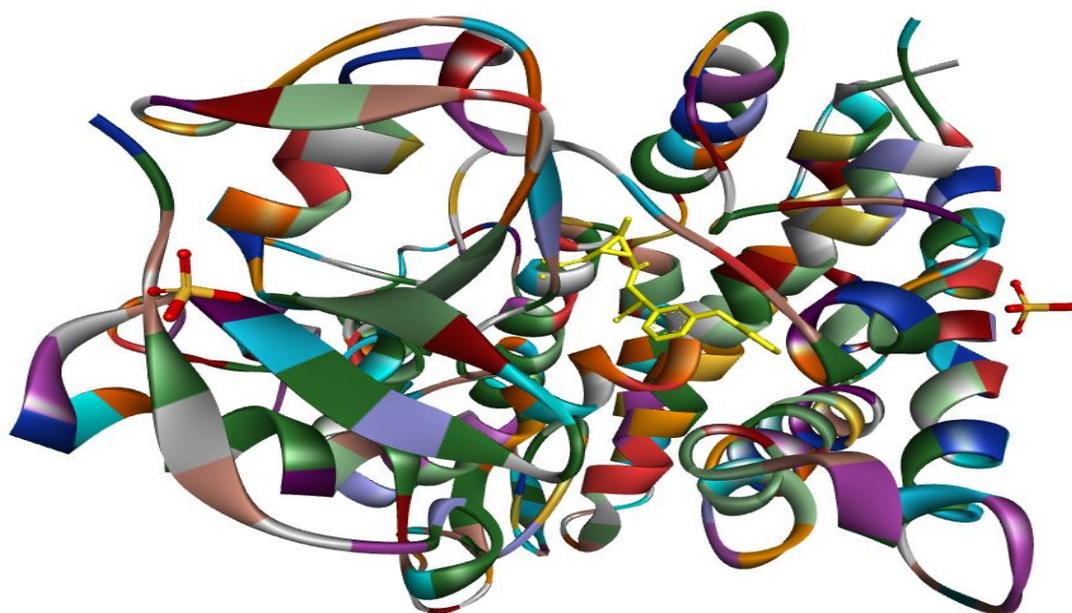


Figure 60 Représentations 3D des interactions entre la meilleure pose du **DELTAMETHRIN** et son récepteur

✚ Cytochrome P450 21A2-MALATHION

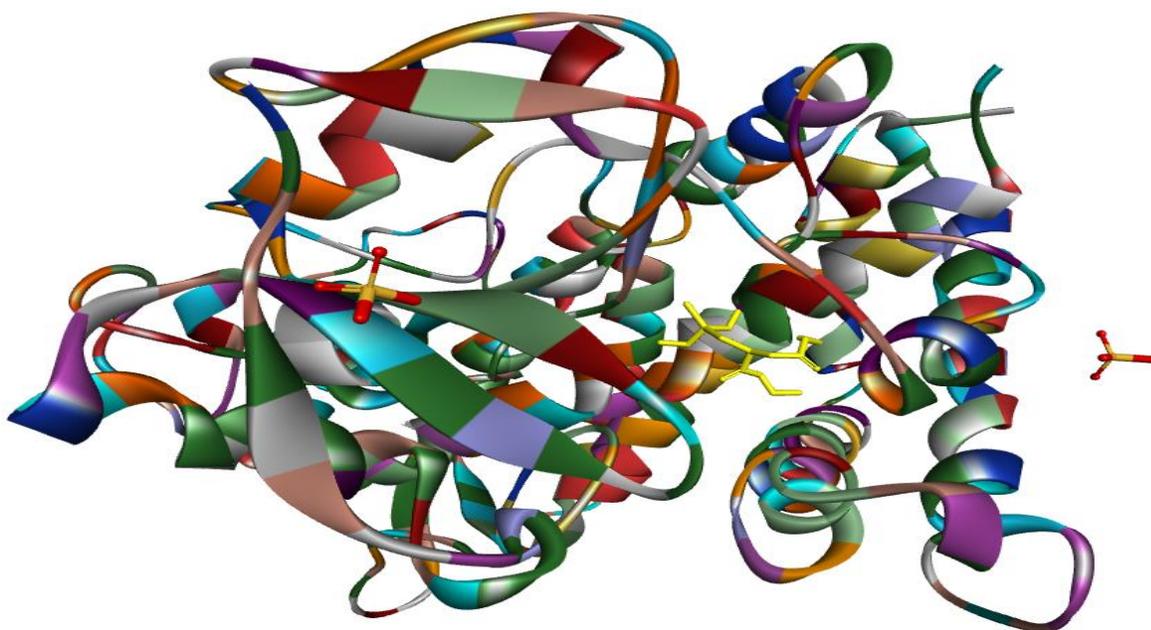


Figure 61 Représentations 3D des interactions entre la meilleure pose du **MALATHION** et son récepteur

### Conclusion

Notre étude a pour but de tester théoriquement par les méthodes de modélisation moléculaire l'activité insecticide de six molécules extraites de la partie aérienne de la plante *Ephedra fragilis* selon leur rendement le plus élevé avec la protéine **Cytochrome P450**.

Selon l'étude réalisée dans ce chapitre, où nous avons utilisé la modélisation moléculaire et le docking moléculaire en formant huit complexes « Enzyme-Ligand ».

Les résultats ont montré que le ligand le plus favorisé pour l'inhibition du **4y8w** est le **RUTIN**, en comparant avec les insecticides et les autres ligands qui possèdent des scores plus élevés, prenant en considération les interactions formées entre les résidus de la cavité enzymatique et le ligand. Car le complexe formé possède un Score (énergie) plus faible (-9.9 Kcal/mol). Ce qui nous a donné le complexe le plus stable **4y8w-RUTIN**.

Cette étude *in silico* a prouvé que les molécules extraites d'*Ephedra fragilis* ont un pouvoir inhibiteur élevé sur l'enzyme **4y8w**. Donc ils peuvent être utilisés comme des bioinsecticides efficace contre l'espèce *Tropinota hirta*.

Le point le plus important est que ces insecticides sont des produits chimiques très dangereux tant pour l'environnement que pour le bien-être de tous les organismes vivants et pour la santé des êtres humains, et qui représentent un taux de toxicité très élevé. Tandis que les composés bioactifs extraits de la plante sont des substances naturelles qui pourraient être utilisées comme bioinsecticides, cela ne cause aucun dommage aux champs agricoles, à l'environnement ni aux êtres vivants. Bien que le score attribué ait montré que la rutine représente de meilleurs résultats que la deltaméthrine, ce qui signifie qu'elle serait plus efficace. Alors que tous les autres ligands ont donné de meilleurs résultats que la malathion. Donc les composés bioactifs attribuent une activité plus élevée qu'elle est également sans risque et sans dommage.

***CONCLUSION GENERALE  
ET PERSPECTIVES***

Cette recherche, apporte sur l'étude de la plante *Ephedra fragilis* dans la région de Ain Témouchent, (Rachgoun). Elle cible un travail de recherche aussi bien sur le terrain qu'au laboratoire. Elle a été réalisée au laboratoire d'Ecologie, Faculté de Science de la Nature et de la Vie, Université Abou Bekr Belkaid, Tlemcen, pour la partie «histologique». La partie « Phytochimie » a été effectuée au sein de l'équipe de l'écologie végétale.

Ce travail a été divisé en quatre chapitres, qui sont les suivants : Analyse bibliographique, Milieu physique, Etude histologique et histométrique, Etude phytochimique.

Nous avons initié notre travail par une synthèse bibliographique que nous a permis de connaître des généralités sur la classe equisetopsida et de la famille des éphedracées, qui comprend ce genre, la position ainsi que les caractères généraux les caractéristiques botanique, la systématique...etc. de l'espèce *Ephedra fragilis*, et leurs répartitions géographiques dans le Monde notamment en Oranie (Algérie occidentale), ainsi que ses diverses utilisations.

Le deuxième chapitre a été consacré à l'étude du milieu physique, que nous a permis d'avoir des connaissances sur les différents constituants du milieu physique de la région de Tlemcen et la station d'étude Rachgoun – Béni Saf, qui abrite les peuplements à *Ephedra fragilis*. Il donne une caractérisation générale de la géologie de Tlemcen situé sur un arc géologique du Jurassique supérieur, plus une structure des sols diversifiée selon les caractères du substrat des grands quatre secteurs du littorale jusqu'à la steppe, un réseau hydrobiologique très important, le bassin de la Tafna couvre la totalité de la wilaya de Tlemcen.

L'étude bioclimatique, nous a montré que la station météorologique choisie appartient au climat méditerranéen, et qu'elle est situé dans l'étage bioclimatique Semi-aride supérieur à hiver très chaud, caractérisé par deux périodes : une période pluvieuse qui s'étend de moi d'Octobre jusqu'au mois d'Avril, et une période sèche du début de Mai jusqu'à la moitié d'Octobre. La station d'étude est caractérisée par un régime saisonnier HAPE. Le mois le plus froid est généralement Janvier et le plus chaud Aout. Selon le Climagramme d'Emberger la station météorologique choisies se situe sous bioclimat semi-aride supérieur. Ces conditions bioclimatiques ont un impact important sur la végétation en générale et les peuplements de l'*Ephedra* précisément.

La troisième partie de notre travail a été consacrée à l'étude histologique et histométrique de l'*Ephedra fragilis*, cette étude était au niveau des rameaux et des tiges. Ce qui nous a amené à

définir les différents tissus qui composent la plante, précisant la fonction et l'importance de chaque tissu. Le parenchyme médullaire (moelle) représente le tissu le plus abondant et le plus volumineux dans les rameaux et les tiges à cause de leur rôle de stockage et d'assimilation, dont son rôle d'accumulation de réserves. D'après l'étude histométrique, la présence et l'épaisseur des tissus histologiques variaient selon les différents organes.

L'objectif global de ce travail est l'évaluation *in silico* des propriétés phytochimiques des composants chimiques de l'*Ephedra fragilis* pour voir si ces composants pourraient être des candidats bioinsecticides. L'insecte *Tropinota hirta* a été pris comme cas principal. Pour cela nous avons utilisé la modélisation moléculaire, et les résultats ont été comparés avec des insecticides.

L'amarrage moléculaire a été effectué par la suite à l'aide du logiciel AutoDock Vina sur l'enzyme Cytochrome P450 21A2 pour mettre en évidence la relation structure- activité des molécules (Rutin, Caffeic acid, Ferulic acid, Galic acid, Quercetin, vanillic acid), et qui se sont relevés d'être des puissants inhibiteurs de l'enzyme.

Après le docking moléculaire avec le l'enzyme Cytochrome P450 21A2 et six ligands différents qui sont extraits de l'*Ephedra fragilis*, et deux insecticides (Deltaméthrine, Malathion). En formant huit complexes (Enzyme-Ligand). On a trouvé que le ligand Rutin et l'inhibiteur le plus favorisé pour l'enzyme qui a donné le plus faible score (-9,9), ce qui donne le complexe le plus stable. En comparant avec les insecticides et les autres ligands qui possèdent des scores plus élevés, prenant en considération les interactions formées entre les résidus de la cavité enzymatique et le ligand.

En conclusion, l'étude histologique montre une grande diversité de tissus dans les organes étudiés. La plante contient également une grande diversité de composants chimiques, qui peuvent être utilisés comme des bioinsecticides efficace contre l'espèce *Tropinota hirta*, très difficile à contrôler. La seule solution pour lutter contre les dégâts causés par l'insecte est d'utiliser des insecticides. Toutefois, ces insecticides sont des produits chimiques très dangereux tant pour l'environnement et tous les organismes vivants que pour la santé humaine et ont un niveau de toxicité très élevé. Bien que les composés bioactifs extraits de l'*Ephedra fragilis* soient des substances naturelles pouvant être utilisées comme bioinsecticides, ils ne nuisent pas aux champs agricoles, à l'environnement ou aux organismes. Cependant, les scores donnés ont montré que la rutine donnait de meilleurs résultats que la deltaméthrine, ce qui signifie qu'elle serait plus efficace.

Alors que tous les autres ligands ont eu de meilleurs résultats que le malathion. Par conséquent, les composés bioactifs ont une activité plus élevée, il n'y a donc aucun risque ni aucun danger.

### **Perspectives**

L'ensemble des résultats obtenus au fil de cette étude ne présente qu'une étape préliminaire dans la recherche. De ce fait, il est souhaitable d'enrichir et d'accomplir ce travail, par des études approfondies concernant plusieurs points, à savoir :

- Dans une étude histologique, nous devons nous rapprocher du reste des organes de la plante.
- Suite aux résultats positifs de la modélisation moléculaire, nous encourageons une étude *in vitro* de l'*Ephedra fragilis*. dans le but de vérification du pouvoir insecticide de la plante.

***REFERENCES***  
***BIBLIOGRAPHIQUES***

**ADAMOU A., ABDOULAYE A., SOUMAILA M., MOUSSA I., COLY A., TINE A. & IKHIRI K., 2010.** Dégradation abiotique de la Deltaméthrine et de l'Etopenprox dans les eaux naturelles du Niger = Abiotic degradation of Deltamethrin and Etopenprox in Niger natural waters. *J. Soc. Ouest-Afr. Chim.*, 29, 45–54.

**ALCARAZ C., 1982.** La Végétation De l'Ouest Algérien .Thèse D'état. Univ. Perpignan. 415p.  
Algérien.Thèse D.E.S Dep.Bio.Fac.Sci.Uni.Tlemcen. 111p.

**AL-SANAFI A.E., 2017.** Therapeutic importance of Ephedra alata and Ephedra folita-A review. *Indo Am. J. P. Sci*; four (02), p399-406.

**AL-ZIRA'AH., 1996.** L.W., P.d.N.U.p. l'environnement, and P. GF/-92-72, Etude de la diversité biologique du Liban: Liste des espèces., Ministère de l'Agriculture.

**Anonymous, 2008.** Zirai Mücadele Teknik Talimatları. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü. Başak Matbaacılık, Ankara.

**AYACHE F., 2007.** Les résineux dans la région de Tlemcen. Aspect écologique et cartographie. Thèse. Magis. univ. Tlemcen. 222 p.

**BABALI B., 2010.**Inventaire De Tapis Végétal De La Région De Tlemcen :Aspect Botanique Et

**BABALI B., 2014.** Contribution à une étude phytoécologique des monts de Moutas (Tlemcen-Algérie occidentale) : Aspects syntaxonomique biogéographique et dynamique. Thèse Doctorat : Univ. de Tlemcen.32-35-197 p.

**BAGNOULS F & GAUSSEN H, 1953.** Saison Sèche Et Indice Xéothermique. *Bull. Soc. Hist. Nat.Toulouse* (88). Pp. 3-4 Et 193-239.

**BAHORUN T., GRESSIER B., TROTIN F., BRUNET C., DINE T., LUYCKS M., VASSEUR J., CAZIN M., CAZIN J. C. & PINKAS M, 1996.** Oxygen species scavenging activity of phenolic extracts from hawthorn fresh plant organs and pharmaceutical preparations. *Arznei. Forschung*, 46 : 1086-1089.

**BARKA F., 2016.** Double coloration. Science alimentaire et écologie. Université Abou Bekr Belkaid. Tlemcen. Algérie.

**BEAUTRAIT A, 2008.** Développement et validation de la plateforme de criblage virtuel. Thèse de Doctorat : chimie informatique et théorique. Nancy : Université de Nancy. France. 2008. 122p.

Belkaid.Tlemcen.126p..

**BENABADJI N & BOUAZZA M, 2000.** Contribution à une étude bioclimatique de la steppe à *Artemisia herba-alba*.Asso. Dans l'Oranie :Algérie occidentale. Rev. Sécheresse 11 (2) : 117-123.

**BENABDELMOUMENE F., 2018.** Contribution à une étude phytoécologique des peuplements situés dans la région de Hammam Bouhrara (Oranie). Thèse. Doct. Univ. Tlemcen, 190 p.

Biogéographique. Mémoire De Master En Écologie Et Environnement. Université Abou Bekr

Biogéographique. Mémoire De Master En Écologie Et Environnement. Université Abou Bekr  
Belkaid.Tlemcen.126p.

**BLASIAK J. & STANKOWSKA D., 2001.** Genotoxicity of malaoxon: Induction of oxidized and methylated bases and protective effect of a-tocopherol. Pest. Biochem. Physiol., 71, 88–96.

**BORDEREAU-DUBOIS B., 2011.** Récepteurs nicotiniques neuronaux d'insectes et insecticides : caractérisation de facteurs cellulaires impliqués dans la modulation de l'efficacité des néonicotinoïdes. Thèse de Doctorat, spécialité : Biologie des Organismes. Université Angers. p195.

**BOUANANI A., TERFOUS A., et MEFNOUNIF A, 1999.** Evaluation du transport solide dans le bassin de l'Isser (Nord ouest algérien). 2e Sem. Maghrébin, Tizi - Ouzou. 5 p., 4 fig.

**BOUAYAD I., 2018.** Etude des groupements à *Withania frutescens* (Panquy, 1825) (Solanacées) dans la région de Tlemcen, Algérie Occidentale.39-40-51-68-71-134-136- 301-314p.

**BOUCHERIT A., CHIKHI A., BENSEGUENI., A MERZOUG., KS HIOUAL., EL MOKRANI., 2013.** l'amarrage moléculaire : une nouvelle approche pour lutter contre le développement de la tuberculose

**BOUCHERIT H, 2012.** Etude Théorique Des Interactions Intervenant Dans L'inhibition De La Méthionine Aminopeptidase De *Mycobacterium Tuberculosis* Par Diverse Molécules.Thèse De Magister En Biochimie.Constantine. Université Mentouri. Constantine.Algérie. 71p.

**BOUDY P, 1951.** Économie forestière de la Nord-africaine, description forestière de l'Algérie. Ed Larousse. Tom IV. Paris

**BOUDY P., 1948.** Economie forestière Nord-Africaine. 4 vol. larose Ed. paris. T1 : Milieu physique et Humain. Paris. 688 p.

**CHIKHI A, 2007.** Calculs et modélisations des interactions peptide deformylase substances antibactériennes à l'aide de techniques de "docking" (arrimage) moléculaire. Thèse de doctorat d'université: microbiologie. Constantine: Université Frères Mentouri. Algérie, 126 p.

**CHIKHI A, 2007.** Calculs et modélisations des interactions Peptide Deformylase–substances antibactériennes à l'aide de techniques de « docking » (arrimage) moléculaire. Thèse de Doctorat d'État en Microbiologie. 126 p.

**D. DUHOVNY R. NUSSINOV, H.J. WOLFSON, 2002.** Efficient unbound docking of rigid molecules.

**DARRIET F., GUILLET P., N'GUESSAN R., DOANNIO J.M.C., KOFFI A., KONAN L.Y. & CARNEVALE P., 1998.** Impact de la résistance d'*Anopheles gambiae* S.S. à la perméthrine et à la deltaméthrine sur l'efficacité des moustiquaires imprégnées. *Médecine Tropicale*, 58, 349-354. Also issued in French, pp. 17 and English, pp. 20 as document WHONBC/99.1002 and WHO/MAL/99.1088. World. Health Organization, Geneva.

**DE OLIVEIRA E. B, 2009.** Simulation moléculaire appliquée à l'acétylation de flavonoïdes catalysés par des lipases : influence des structures de la lipase et des flavonoïdes sur la régiosélectivité de la bioconversion. Thèse de doctorat d'université : Procédés biotechnologiques et alimentaires. Nancy Institut National Polytechnique de Lorraine. France, 187 p.

**DE ONDARZA J., SYMINGTON S.B., VAN HOUTEN J.L. & MARSHALL CLARK J., 2005.** G-protein modulators alter the swimming behavior and calcium influx of *Paramecium tetraurelia*. *J. Euk. Microbiol.*, 50, 349–355.

**DJBAILI S, 1978.** Recherches Phytoécologiques Et Phytosociologiques Sur La Végétation Des Hautes Plaines Steppiques Et De l'Atlas Saharien Algérien. Thèse De Doctorat. Univ. Languedoc. Montpellier. 229p.

**DOUZET R, 2007.** Petit lexique de botanique L'usage Du Débutant.

**ELERSEK T. & FILIPIC M., 2011.** Organophosphorous Pesticides - Mechanisms of Their Toxicity, Pesticides - The Impacts of Pesticides Exposure, Prof. Margarita Stoytcheva (Ed.), ISBN: 978-953-307-531-0, InTech, Available from: <http://www.intechopen.com/books/pesticides-the-impacts-of-pesticidesexposure/organophosphorous-pesticides-mechanisms-of-their-toxicity>

**EMBERGER L, 1930.** Sur La Formule Climatique Applicable En Géographie Botanique

**EMBERGER L, 1930.** Sur La Formule Climatique Applicable En Géographie Botanique

**ENDROIDI S, (1956),** Lemezescsa'pu' bogarak Lamellicor-nia. In: Fauna Hungariae IX/4 (Sze'kessy V., ed.). Aka-de'miai Kiado', Budapest, p. 188.

**FAYET & GUILLAUME, 2010.** Developement De Models Qspr Pour Prediction Des Propriété.

**FLESSEL P., QUINTANA P.J. & HOOPER K., 1993.** Genetic toxicity of malathion: a review. Environ. Mol. Mutagen., 22, 7–17.

**FREITAG, H., & MAIER –STOLTE, M, 1989.** The Ephedra-species of P. Forss-Kal: identity and typification, Taxon, 38(4), 545-556. Doi: 10.2307/1222629.

**GLITHO L.A., KETOH K.G NUTO P.Y., AMEVOIN S.K.et HUIGNARD J., 2008.** Apporches non toxiques et non polluantes pour le contrôle des populatins d'insectes nuisibles en Afrique du centre et de l'Ouest. 207-217. In Regnault-Roger, C,Philogène, B.JR. Et Vincent, C (éds). Biopesticides d'origine végétale. 2ème éd. Lavoisier, TEC & DOC, Paris, 550p.

**GUPTA R.C., 2006.** Toxicology of Organophosphate & Carbamate Compound. Elsevier Academic Press.

**GURCHARAN SINGH., 2010.** Plant Systematics An Integrated Approach Third Edition. University of Delhi, Delhi India, 385-399p.

**HADJADJ K, DAOUDI B B , GUERINE L, 2020.** Importance thérapeutique de la plante Ephedra alata subsp. alenda Dans la médecine traditionnelle pour la population de la région de guettara (DJELFA, ALGÉRIE). Lejeunia revue de botanique, N° 201.p2-3-4. 18 pages.

**HALIMI A., 1980.** L'Atlas Blidéen : climat et étages végétaux. O.P.U. Alger. 484 p.

**HANIFI N., 1991.** Importance des ressources phytogénétiques et leur utilisation en Algérie. In conservation des ressources végétales. Publication d'Actes éditions : 47-49.

**HOMONNAY F and HOMONNAY ´-CSEHI, 1990.** Csere- bogarak  Melolonthidae. In: A nve´nyve´delmi a´llat- tan ke´ziknyve III/A (Jermy T., and Bala´zs K., eds.). Akade´miai Kiado´, Budapest, pp. 156215.

**HOSSAIN MM, SUZUKI T, JASON R, RICHARDSON RJ, KOBAYASHI H, 2015.** Acute effects of pyrethroids on serotonin release in the striatum of awake rats: an in vivo microdialysis study. *Biochem Mol Toxicol* 27(2): 150-156.

**JANICE GLIMN- LACY and PETER B. KAUFMAN., 2006.** Department of Molecular, Cellular, and Developmental Biology University of Michigan Ann Arbor, MI 48109-1048 USA.,

**K. U. KARMER and P. S. GREEN., 1990.** The Families and Genera of Vascular Plants., Springer-Verlag Berlin Heidelberg., 380p.

**KERZABI R., 2017.** L’effet anthropique sur la végétation halophyte en milieu semi-aride et aride de l’Oranie ; Dynamique de la végétation en relation avec les facteurs édaphiques.1- 7-13-16-51-165-200p.

**KORTI F., 2004.** Influence de la couverture végétale sur le ruissellement et l’érosion dans le bassin versant de la Tafna. (Tlemcen). Mém.Magist.Forest.Tlemcen, 110o. +Annexes.

**KUTINKOVA, H., ANDERRV, R, 2004.** Integrated pest management in sweet cherry (*Prunus avium* L.) orchards in Bulgaria. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*, 12: 41-47.

**KWONG T.C., 2002.** Organophosphate pesticides: biochemistry and clinical toxicology. *Ther. drug moni.*, 24, 144–149.

**LE HOUEROU H. N; CLAUDIN J; et POUGET M., 1977.** Etude bioclimatique des steppes algériennes avec une carte bioclimatique au 1/1000.000. *Bull. Soc. Hist. Afr. Nord*, pp: 36- 40.

**L'HOTE Y., 1993.** Mesure et étude des précipitations en hydrologie .Ingénieur de recherche université de Montpellier II USTL ORSTOM, Laboratoire d'Hydrologie DEUST - génie hydro sanitaire et aquacole.

**LOITTA & DENNIS, 1988.** Advances In Molecular Modeling .Jai Pr Greenwich. D’explosibilité Des Composés Nitroaromatiques.Thèse De Doctorat.Chimie.Paris Tech

**LOUSSERT R, 1989.** Les agrumes : Arboriculture. Vol. 1. Ed. Lavoisier. Paris. France, 113p.

**MAAMRA & MAISSA, 2018** .Caractérisation des enzymes protéolytiques des souches fongiques isolées à partir du sol saharien

**MAAMRA F & MAISSA N, 2018**. Caractérisation Des Enzymes Protéolytiques Des Souches Fongiques Isolées A Partir Du Sol Saharien. Mémoire De Master En Biochimie Appliquée. Université Echahid Hamma Lakhdar. El Oued.105p.

**MAIRIF S., 2015**. Contribution à l'étude de l'effet toxique des pesticides à usage domestique utilisé en Algérie., thèse de doctorat., univesité 8 mai 1945 Guelma.,154p.

**MEKELLECHE, 2001**. Cours de post-graduation. Chimie théorique.

**MEKELLECHE. S.2001**. Cours de post-graduation. Chimie théorique. Méridionales. CNRS. Paris. 2 vols. p. 1170

**MEKKIOUI A, 1989**. Étude Bioclimatique Des Méditerranéennes Occidentales Et De L'ouest Mémoire De Master En Écologie Et Environnement. Université Abou Bekr Belkaid. Tlemcen.94p. Méridionales. Vol. 1-2. Ed.Cnrs : Paris France.

**MERZOUK A., 2010**. Contribution à l'étude phytoécologique et bio-morphologique des peuplements végétaux halophiles de la région occidentale de l'Oranie (Algérie). Thèse. Doc. Univ. Abou Bakr Belkaid-Tlemcen. Fac. Sci. Départ. Bio. Lab. Ges. Ecosys. Nat. 261 p + annexes.

**MEULENBERG E.P., 2002**. A new test to identify endocrine disruptors using sex-hormonebinding globulins from human serum. Eur. J. Lipid Sci. Technol., 104, 131–136.

**MICHEAL G .SIMPSON., 2010**. Plant Systematics. Amsterdam Boston Heidelberg London New York Oxford Paris San Diego San Francisco Singapore Sydney Tokyo. 98p., 5.5 fig.

**MICHEAL G .SIMPSON., 2010**. Plant Systematics. Amsterdam Boston Heidelberg London New York Oxford Paris San Diego San Francisco Singapore Sydney Tokyo. 85p., 4.19-4.20-4.21 fig.

**Mostefai A., 2017**. Les groupements à Rosmarinus officinalis dans le nord-ouest de Tlemcen (Algérie occidentale) aspects : phytoécologique, phytosociologique et cartographie.1-23p.

**NIGG H.N. & KNAAK J.B., 2000.** Blood cholinesterase as human biomarkers of organophosphorus pesticide exposure. *Rev. Environ. Contam. Toxicol.*, 163, 29–111.

Ouvrage publié avec le concours de C.N.R.S.Edit L. Fouque.639p.

**OZENDA P., 1982.** Les végétaux dans la biosphère. Doin Editeurs. Paris. 431p

**PHILOGENE B.J.R., REGNAULT-ROGER C et VINCENT C., 2008.** Biopesticides d'origine végétale: bilan et perspectives, In Regnault-roger, c., Philogène, B.JR., Vincent, C. (éds) Biopesticides d'origine végétale, 2ème éd., Lavoisier, Paris. P.I-24.

**PLUTH J.M., O'NEILL J.P., NICKLAS J.A. & ALBERTINI R.J., 1998.** Molecular bases of hprt mutations in malathion-treated human T-lymphocytes. *Mut. Res.* 397, 137–148.

**QUEZEL P & SANTA S, 1963.** Nouvelle Flore De L'Algérie Et Des Régions Désertiques

**QUEZEL P & SANTA S., 1962-1963.** Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques.

**RIVAS-MARTINEZ S, 1981.** Les Étages Bioclimatiques De La Péninsule Ibérique *Anal.Gard.Bot. Madrid*37(2). Pp :251-268.

**ROBERTS R.J., 2002.** Head lice. *New Engl. J. Med.*, 346, 1645–1650.

**RODRIGUEZ-PEREZ, J., LARRINAGA, A. R., et SANTAMARIA, L. 2012.** Effects of frugivore preferences and habitat heterogeneity on seed rain: a multi-scale analysis. *PLoS One*, 7(3): 33246- 33219.

**SAYYED I., PARVEZ S., PANDEY S., BIN-HAFEEZ B., HAQUE R. & RAISUDDIN S., 2003.** Oxidative stress biomarkers of exposure to deltamethrin in freshwater fish, *Channa punctatus* Bloch. *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, 56, 295–301.

**SCASSELLATI S.G., MORETTI M., VILLARINI M., ANGELI G., PASQUINI R., MONARCA S., SCARELLI R., CREA M.G. & LEONARDIS C., 1994.** An evaluation of toxic and genotoxic risk from work-related exposure to chemical compounds. *Prevenzione Oggi*, 6, 125–138.

**SCHLEIER J.J. & PETERSON R.K.D., 2012.** The joint toxicity of type I, II and non-ester pyrethroid insecticide. *J. Econ. Entomol.*, 105, 85–91.

**SELTZER P, 1946.** Le climat de l'Algérie. Inst. Météo. Univ. Alger : recueil des données. 219p.

**SELTZER P., 1946.** Le climat de l'Algérie. Inst. Météor. et de Phys. du Globe. Alger.219P.

**SHUKLA Y., ARORA A. & SINGH A., 2001.** Tumourigenic studies on deltamethrin in Swiss albino mice. Toxicology, 163, 1–9.

**SIBA A, 2016.** Contribution À L'étude Du Bilan Floristique Dans Les Matorrals Sud Et Nord De

**SOLTNER D., 1992.** les bases de la production végétal. Tom 2.Ed.Sci et Tech.Agr.49310.Saint Gén.Loire.France.

**SUBCHEV M.A., TOSHOVA T.B., ANDREEV R.A., PETROVA V.D., MANEVA V.D., SPASOVA T.S., MARINOVA N.T., Minkov P.M., VELCHEV D.I., 2011.** Employing Floral Baited Traps for Detection and Seasonal Monitoring of Tropinota (Epicometis) hirta (Poda) (Coleoptera: Cetoniidae) in Bulgaria; Acta Zoologica Bulgarica 63 (3), 2011: 269-276

**TINTHOIN R, 1948.** Les aspects physiques de tell Oranie, essai de morphologie de pays semi-aride.

**TRICART J. et CAILLEUX A., 1969.** Traité de géomorphologie IV, le modèle des régions sèches, SEDES, Paris, 472p.

**TRICART J. et Cailleux A., 1969.** traité de géomorphologie IV, le modèle des régions sèches, SEDES, Paris, 472p.

**TRICART J., 1996.** Géomorphologie et sols de l'Ouest du Nord de l'Afrique du Nord. Ed. Armand Colin. C.R.A.Cad.Sc ; 1991 :389-390 P.

Universite Abou bakr Belkaïd. Tlemcen.257p.

**VILLARINI M., MORETTI M., PASQUINI R., SCASSELLATI- SFORZOLINI G., FATIGONI C., SILVANO MONARCA M.M. & RODRIGUEZ A.V., 1998.** In vitro genotoxic effects of the insecticide deltamethrin in human peripheral blood leukocytes: DNA damage ('comet assay') in relation to the induction of sisterchromatid exchanges and micronuclei. Toxicology, 130,129–139.

**VUTS J., SZARUKAN I., SUBCHEV M., TOSHOVA T., TOTTH M., 2010;** Improving the floral attractant to lure *Epicometis hirta* Poda (Coleoptera:Scarabaeidae, Cetoniinae); *J Pest Sci* (2010) 83:15–20; DOI 10.1007/s10340-009-0263-z.

**YADAV R.S., SAMPATH R.R. & SHARMA V.P., 2001.** Deltamethrin treated bednets for control of malaria transmitted by *Anopheles culicifacies* (Diptera: Culicidae) in India. *J. Med. Entomol.*, 38, 613–622.

**ZAOUI A, 2014.** Contribution À L'étude Du Genre *Asphodelus* Dans La Région De Tlemcen.

## Résumé

Ce travail de mémoire a été réalisé au sein des laboratoires du département d'Ecologie et environnement à l'université Abou Bekr Belkaid Tlemcen. Il s'articule autour l'étude histologique et phytochimique de la plante *Ephedra fragilis*, qui appartient à la famille des Ephedraceae récoltée de la région d'Ain Temouchent, station d'étude Rachgoun.

L'étude histologique d'*Ephedra fragilis* a mis en évidence une importante diversité dans la forme et le nombre des différents tissus au niveau des rameaux et des tiges. Par suit l'étude histométrique de cette espèce à travers une comparaison des mesures a montré des différences dans la présence et l'épaisseur des tissus qui composent les deux parties étudiées.

On a été menée ce travail pour faire une évaluation phytochimique à travers une étude *in silico* pour évaluer l'activité insecticide de six composants chimiques extraits de la plante (Rutine, acide Caféique, acide Férulique, acide Gallique, Quercétine, acide Vanillique), qui ont montré une activité inhibitrice intéressante sur l'enzyme cytochrome p450, où la Rutine a été considérée comme meilleur inhibiteur avec un score de -9.9 que montre une activité très élevé.

Par conséquent, les résultats de cette étude révèlent que les composants chimiques extraits de l'*Ephedra fragilis* peuvent être utilisés comme des bioinsecticides fonctionnels contre l'insecte ravageur *Tropinota hirta*.

Mots clés : *Ephedra fragilis*, Equisetopsida, Rachgoun, Etude histologique, *In silico*, Docking moléculaire, *Tropinota hirta*.

## Abstract

This work has been carried out in the laboratories of the Department of Ecology and Environment at the University Abou Bekr Belkaid Tlemcen. It revolves around the histological and phytochemical study of the plant *Ephedra fragilis*. Which belongs to the family of Ephedraceae harvested from the region of Ain Temouchent, study station Rachgoun.

The histological examination of *Ephedra fragilis* revealed a significant variety in the shape and number of different tissues in the branches and stems. Subsequently, the histometric study of this species through a comparison of measurements showed differences in the presence and thickness of the tissues that compose the two parts studied.

This work was conducted to make a phytochemical evaluation through an *in silico* study to evaluate the insecticidal activity of six chemical components extracted from the plant (Rutin, Caffeic acid, Ferulic acid, Galic acid, Quercetin acid, Vanillic acid), which showed interesting inhibitory activity on the cytochrome p450 enzyme. Where Rutin was considered as best inhibitor with a score of -9.9 that shows very high activity.

Therefore, the results of this study reveal that the chemical components extracted from *Ephedra fragilis* can be used as functional bioinsecticides against the insect pest *Tropinota hirta*.

**Keywords:** *Ephedra fragilis*, Equisetopsida, Rachgoun, Histological study, *In silico*, Molecular Docking, *Tropinota hirta*.

## ملخص

تم تنفيذ هذه الأطروحة في مختبرات قسم البيئة والمحيط بجامعة أبو بكر بلقايد تلمسان. حيث تدور حول الدراسة النسيجية والكيميائية لنبات العلندي *Ephedra fragilis* التي تصنف ضمن عائلة العلنديات Ephedraceae التي تم جمعها من ولاية عين تموشنت محطة الدراسة رشقون.

كشفت الدراسة النسيجية لنبات العلندي عن تنوع كبير في شكل وعدد الأنسجة المختلفة في الفروع والسيقان. من خلال متابعة الدراسة النسيجية لهذا النوع من خلال مقارنة القياسات أظهرت اختلافات في وجود وسمك الأنسجة التي تشكل الجزأين المدروسين.

تم إجراء هذا العمل لإجراء تقييم كيميائي نباتي من خلال دراسة *in silico* لتقييم نشاط ستة مكونات كيميائية مستخرجة من النبات (Ferulic acid، Caffeic acid، Rutin، Vanillic acid، Quercetin acid، Galic acid، acid) كميبيدات حشرية، والتي أظهرت نشاطاً مثبطاً مثيراً للاهتمام على cytochrome p450 حيث تم اعتبار Rutin أفضل مثبط بدرجة -9.9 التي تظهر نشاطاً عالياً جداً.

لذلك، تكشف نتائج هذه الدراسة أن المكونات الكيميائية المستخرجة من *Ephedra fragilis* يمكن استخدامها كميبيدات حيوية وظيفية ضد آفة الحشرات *Tropinota hirta*.

كلمات مفتاحية: عُلندي، Equisetopsida، رشقون، دراسة نسيجية، في السيليكون، التحام جزئي، خنفساء جعل الأزهار.