

République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة أبو بكر بلقايد- تلمسان
Université ABOUBEKR BELKAID – TLEMEN
كلية علوم الطبيعة والحياة، وعلوم الأرض والكون
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, et Sciences de la Terre et de l'Univers
Département Ecologie et environnement
Laboratoire d'écologie et gestion des écosystèmes naturels



MÉMOIRE

Présenté par

DIB MOHAMMED EL AMINE

En vue de l'obtention du

Diplôme de MASTER

En Ecologie végétale et environnement

Thème

Etude Ecophytochimique d'une gnétophyte *Ephédra fragilis* Desf.
Dans une station localisée à Rachgoune

Soutenu le _____, devant le jury composé de :

Président	MERZOUK ABEDESSAMAD	PROFESSEUR	Université de Tlemcen
Encadrant	HASSANI FAÏÇAL	PROFESSEUR	Université de Tlemcen
Co-Encadrante	HASSANI ABDELLI IMENE	PROFESSEUR	Université de Tlemcen
Examinatrice	BENMANSOURE BOUCHRA	MCB	Université de Tlemcen

Année universitaire 2021/2022

Dédicaces

Je dédie cette thèse, à mes très chers parents qui m'ont soutenu depuis le tout début de mes travaux ; qui ont cru en moi, C'est difficile d'exprimer mes sentiments envers eux par de simples mots ; merci pour votre amour, votre affection, vos encouragements, Que dieu vous garde

Je dédie aussi cette thèse à ma sœur

Je la dédie aussi à mes camarades de promotion LMD écologie et environnement, mohammed , chawki, sihem, ikram, salima,

A ma famille et à toutes mes chères amies,

Remerciements

Tout d'abord, mes grands remerciements et gratitude sont pour notre Dieu Tout-Puissant pour ses bénédictions et sa grâce et qui m'a aidé et m'a donné le pouvoir, la patience et la volonté pour la réalisation de ce modeste travail.

Je tiens à remercier :

*Monsieur **HASSANI FAÏÇAL**, Professeur à l'Université de Tlemcen, département d'Ecologie et Environnement, d'avoir accepté de m'encadrer et de diriger ce travail. Son orientation éclairée, sa disponibilité et ses commentaires constructifs ont contribué à l'aboutissement de ce travail.*

*Madame **ABDELLI IMANE**, Professeur à l'Ecole Supérieure en Sciences Appliquées « ESSA », d'avoir accepté de m'encadrer et de diriger ce travail, pour la, pour tous les conseils et les encouragements qu'elle m'a envoyés.*

*Un grand remerciement à Madame **GHALEM SARRA**, pour son immense aide dans ce travail et aussi pour tous les conseils et les encouragements qu'elle m'a envoyés.*

*Je tiens à exprimer mes remerciements à **Mr BEKKAL BRIKCI Sohayb** pour son immense aide dans la partie de la modélisation moléculaire.*

*Ainsi je tiens à exprimer mes remerciements aux membres de jury, avec un grand plaisir et un grand respect à mon enseignant **Mr MERZOUK Abdessamad** Professeur à l'université de Tlemcen de l'honneur qu'il me fait d'avoir accepté de présider ce jury.*

*Madame **BENMANSOURE BOUCHRA**, maître de conférences b à l'Université de tlemcen d'avoir accepté d'examiner ce travail.*

Enfin, il m'est très agréable d'exprimer ma reconnaissance à tous ceux qui m'ont aidé à réaliser ce Travail.

INTRODUCTION GENERALE	01
CHAPITRE I : Analyse bibliographique.....	02
I- Généralités sur la famille des Ephedracées.....	02
I-1. Généralités sur le genre <i>Ephedra</i> L.....	02
I-2. Liste des genres/Espèces de la famille des Ephedracées	03
I-3. Répartition géographique	06
I-4. Utilisation en médecine	07
I-5. Espèces <i>Ephedra fragilis</i> Desf.....	08
I-6. Classification systématique	08
I-7. Description botanique.....	08
I-8. Intérêt de l'espèce.....	09
I-9. Cycle de développement.....	10
CHAPITRE II: Milieu physique.....	11
II-Etude du milieu physique	12
II-1. Situation géographique.....	12
II-2. Choix et localisation des stations d'étude sur Tlemcen	12
II-3. Description de la station.....	13
II-4. Etude bioclimatique.....	17
II-4.1. Méthodologie	17
II-4.2. Facteurs climatiques.....	17
II-4.3. Quotient pluviothermique d'Emberger.....	17
II-5. Conclusion.....	23
CHAPITRE III: Matériel et Méthodes.....	26
III- Introduction.....	27
III-1. Méthodologie d'étude de la diversité biologique et biogéographique.....	28
III-2. Echantillonnage et choix des stations	28
III-3. Caractérisation biologique.....	28
III-3. 1. Classification biologique	28
III-3. 2. Caractérisation morphologique	29
III-3.3. Spectres biogéographiques	29
III- 4. Méthodes de mesures au niveau de l'espèce.....	29
III- 5. Introduction de l'étude phytochimique	31
III-5.1. Généralités sur les enzymes et les inhibiteurs	31
III-5.2. Présentation de la protéine	31
III-5.3. Préparation de la protéine.....	32
III-5.4. Présentation des ligands.....	32
III-5.5. Présentation du matériel informatique.....	32
III-5.6. Méthodologie du travail.....	34
CHAPITRE IV: Résultats et discussion	36
IV- Introduction.....	37
IV-1 .Composition systématique	37
IV-2. Conclusion	47
CHAPITRE V: Etude phytochimique	48
V- Introduction.....	49
V-1. Généralités sur les enzymes.....	53
V-2. Résultats.....	57
Conclusion et perspectives	
Reference bibliographique	

LISTE DES FIGURES	Pages
Figure 1 : Répartition géographique de l'Ephédra dans le monde.	6
Figure 2 : Aire de répartition d' <i>Ephédra</i> .	6
Figure 3 : Aire de distribution d' <i>Ephedra fragilis</i> .	7
Figure 4 : Cycle de développement de l'espèce <i>Ephedra fragilis</i> .	10
Figure 5 : Situation géographique de la région de Tlemcen.	12
Figure 6 : Géolocalisation de notre station d'étude sur image satellitaire.	13
Figure 7 : Géolocalisation de la station sur image satellitaire.	14
Figure 8 : Station d'étude de Rechgoune.	14
Figure 9 : Dessin graphique des précipitations mensuelles.	19
Figure 10 : Dessin graphique des températures mensuelles.	21
Figure 11 : Climogramme pluviométrique d'Emberger.	24
Figure 12 : Diagramme ombrothermique de la station d'étude	25
Figure 13 : Répartition par familles dans la station de Rechgoun	43
Figure 14 : Types biologiques du cortège floristique de la station de Rechgoun	44
Figure 15 : Pourcentage des types morphologiques de la station de Rechgoun	44
Figure 16 : Pourcentage des types biogéographiques dans la station de Rechgoun	45
Figure 17 : <i>Ephedra fragilis</i>	49
Figure 18 : Protocole de la préparation des molécule (Docking moléculaire)	52
Figure 19 : Site actif des enzymes	53
Figure 20 : Structure 3D cristalline de la sous-unité D4 de l'holoenzyme de l'ADN polymérase du virus de la vaccine en complexe avec l'enzyme A20 (PDB ID : 4OD8)	54
Figure 21 : Structure moléculaire du técovirimat	58
Figure 22 : Représentations 2D et 3D des meilleures interactions de pose entre les ligands de la rutine et son récepteur	59

Figure 23 : Représentations 2D et 3D des meilleures interactions de pose entre Tecovirimat= ligands et son récepteur	60
Figure 24 : Représentations 2D et 3D des meilleures interactions de pose entre les ligands de la quercétine et son récepteur	60
Figure 25 : Représentations 2D&3D des meilleures interactions de pose entre les ligands caféiques et son récepteur	60
Figure 26 : Représentations 2D et 3D des meilleures interactions de pose entre les ligands de l'acide férulique et son récepteur.	61
Figure. 27 Représentations 2D et 3D des meilleures interactions de pose entre les ligands de l'acide galique et son récepteur.	61
Figure.28 Représentations 2D&3D des meilleures interactions de pose entre les ligands de l'acide vanillique et son récepteur.	61
Figure 29 : Représentations 2D&3D des meilleures interactions de pose entre les ligands caféiques et son récepteur	62

LISTE DES TABLEAUX	Pages
Tableau 1 : Caractéristiques de la zone d'étude : la station de Rachgoune	13
Tableau 2 : Caractéristique de la station météorologique : station Béni-saf	17
Tableau 3 : Précipitations moyennes mensuelles et annuelles	19
Tableau 4 : Régime pluviométrique saisonnier	20
Tableau 5 : Les températures moyennes maximales et minimales	20
Tableau 6 : Températures moyennes mensuelles et annuelles	21
Tableau 7 : indice de continentalité de DEBRACH	21
Tableau 8 : Étages de végétation	22
Tableau 9 : Classification des climats en fonction des valeurs de l'indice de De martonne	22
Tableau 10 : type de climat en fonction d'indice de Demartonne	23
Tableau 11 : Quotient pluviothermique d'Emberger	24
Tableau 12 : Inventaire floristique des espèces rencontrées dans les formations à <i>Ephédra fragilis</i> dans la station de Rechgoun	38
Tableau 13 : Résultat des indices biologiques	45
Tableau 14 : Structure et informations sur les composés identifiés dans l' <i>Ephédra fragilis</i> .	55
Tableau 15 : Résultats obtenus après le docking.	58

ABRÉVIATIONS

Q2 : Quotient pluviométrique d'Emberger
ONM : Office national de la météorologie
A.N.A.T. : Agence Nationale de l'Aménagement du Territoire
SIUC : Southern Illinois University Carbondale (SIUC)
% : Pourcentage
T.Bio : Types biologiques
T.Mor : Types morphologiques
T. Biogeo : Types biogéographiques
Types biologiques
Ph : Phanérophytes
Ch : Chamaephytes
Th : Thérophytes
He : Hémicryptophytes
Ge : Géophytes
Types biogéographiques
Atl. Méd. : Atlantique Méditerranéen
Canar.Méd. : Canarie Méditerranéen
Circumméd. : Circum-Méditerranéen
Circumbor : Circum boréale
Cosm. : Cosmopolite
End : Endémique
End-alg-Mar. : Endémique Algérie-Maroc
Eur. : Européen
Eur. Méd. : Européen Méditerranéen
Euras : Eurasiatique
End N.A. : Endémique Nord-Africain
Euryméd. : Eury Méditerranéen
Haloph-Méd Atl. : Haloph Méditerranéen Atlantique
Méd : Méditerranéen
Macar-Méd. : Macaronésien- Méditerranéen
Méd. Atl. : Méditerranéen Atlantique
Méd-Occiden. : Méditerranéen Occidental
Macar-Euras : Macaronésien Eurasiatique
Macar.-Méd.-Ethiopie. : Macaronésien- Méditerranéen- Ethiopie.
Madère, W. Méd. : Madère-Ouest Méditerranéen
Méd. As : Méditerranéen Asiatique
Naturalisé : Naturalisé
Paléo-Subtrop : Paléo subtropical
Paléo-Temp : Paléotempéré
Sicile A.N. : Sicilien Nord Africain
Sub-cosmop. : Sub cosmopolite
Sub.-Méd. : Sub Méditerranéen
Sud-Méd. : Sud Méditerranéen
S. Eur. : Sud Européen
Thermocosmo : Thermo cosmopolite

Introduction générale

La région méditerranéenne abrite une diversité biologique de première importance. En raison de sa situation particulière et de l'impressionnant gradient bioclimatique Nord-Sud qui la caractérise, l'Algérie offre des opportunités exceptionnelles pour l'évaluation et pour la compréhension des mécanismes impliqués dans la diversification et l'adaptation des plantes en relation avec l'évolution de leur environnement (**Amirouche et Misset, 2007**).

L'Algérie, présente une grande diversité climatique et taxonomique, ce qui lui donne une grande diversité végétale dont la flore algérienne est estimée à plus de 3152 espèces appartenant à plusieurs familles botaniques. Parmi ces espèces 15% sont des espèces endémiques (Quezel et santa, 1963). Dernièrement, les médicaments à base de plantes (phytomédicaments) commencent à occuper une place importante dans le marché pharmaceutique en Algérie (**Bouzabata, 2017**).

La biodiversité végétale méditerranéenne est le produit d'une paléogéographie complexe et mouvementée, mais aussi d'une utilisation traditionnelle et harmonieuse du milieu par l'homme (**Ibukassene, 2008**).

Selon **Stambouli et al., (2010)**, depuis le littoral jusqu'à la steppe, la végétation de Tlemcen est un bon exemple d'étude de la diversité végétale. Elle présente une intéressante synthèse de la dynamique naturelle des écosystèmes.

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**).

Selon une estimation, plus de 300 000 espèces sont décrites à travers le monde, et 15% d'entre elles ont été étudiées sur le plan phytochimique dont 6% pour leurs activités biologiques (**Negri et Tabach, 2013**), ce qui fait des plantes un réservoir de molécules bioactives encore peu exploré chimiquement et biologiquement.

Les plantes médicinales constituent aujourd'hui une alternative pour la recherche de nouvelles molécules thérapeutiques. Dans ce cadre *Ephedra fragilis* a attiré notre attention. L'éphédra est utilisée depuis plus de 5000 ans en médecine traditionnelle chinoise pour traiter les allergies, l'asthme bronchique, les frissons, le rhume, la toux, la fièvre, la grippe, les maux de tête, le rhume et la congestion nasale (**Bourmita, Belboukhari, Cheriti, Ould El Hadj, Hmamouchi, Rachidi, Abourazzak, Khazzani, Bennani, Bzami, Allali, F. (2012)**

L'inflammation a été définie par une réponse de l'organisme à une agression tissulaire, qui peut être d'origines diverses (infectieuse, tumorale, immunologique, chimique, physique...). Elle peut être au départ focalisée (brûlure, abcès ou nécrose ischémique) ou d'emblée systémique (infections virales, désordres immunologiques (**Lamblin, 2009**))

Actuellement, de nombreux pays au monde recensent des cas de variole du singe, maladie

virale infectant les primates et les rongeurs. Sa manifestation clinique chez l'homme est semblable à celle de la variole (fièvre, mal de tête, toux et éruption douloureuse). Elle est due au virus Monkeypox et est transmise à l'homme par morsure ou contact avec le sang d'un animal contaminé. La transmission interhumaine est relativement faible (significativement plus faible que celle de la variole). Des études pharmacologiques ont prouvé que l'éphédra possédait des effets antimicrobiens, antioxydants, antidiabétiques, hépatoprotecteurs et cardiovasculaires (**Hegazi, et El-Lamey, 2011**).

C'est dans ce contexte que nous nous sommes intéressés à l'évaluation des activités biologiques et à la caractérisation phytochimique de l'espèce végétale *Ephedra fragilis* de la famille Ephedraceae. Cette plante est connue pour son utilisation en médecine traditionnelle en tant que remède naturel contre l'hypertension vasculaire, pour le traitement des maladies respiratoires, pour le diabète et aussi contre la variole des singes.

Pour atteindre notre objectif, le travail est constitué des chapitres suivants :

- Analyse bibliographique
- Milieu physique
- Etude floristique
- Etude phytochimique
- Conclusion et perspectives

CHAPITRE I: ANALYSE BIBLIOGRAPHIQUE

I. Généralités sur la famille des Ephedracées

Les Ephedraceae sont des plantes phylogénétiquement très anciennes appartenant au groupe des gymnospermes « graines nues », qui ne renferment qu'un seul genre Ephédra. Ce sont des petits arbres à branches minces, anguleuses et striées dont les feuilles sont réduites à des écailles membraneuses. Les plantes de cette famille sont réparties principalement dans les régions désertiques d'Asie, d'Afrique du Nord, du sud de l'Europe, du nord de la Chine et d'Asie centrale. Dans les climats tempérés (Lee, 2011)

Les Ephedracées poussent sur les berges ou dans des sols sableux très exposés au soleil. Ces plantes ont souvent été utilisées en raison de leurs vertus médicinales, pouvant traiter l'asthme, le rhume des foins ou les refroidissements. Mais on peut aussi en extraire des alcaloïdes qui peuvent causer des accidents cardiovasculaires, comme par exemple des palpitations, de la tachycardie, de l'arythmie ou des infarctus du myocarde (conservation-nature, 2019)

1. Généralités sur le genre Ephedra L

➤ Etymologie

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

➤ Description botanique du genre Ephedra L

Ephedra est un genre de plantes gnétophytes de la famille des Ephedracées compte environ 70 espèces distribuées dans tous les biomes terrestres. Les plantes de ce genre sont des arbustes dioïques vivaces à rameaux articulés, dont la hauteur peut atteindre 1 à 3 mètres avec des tiges minces et dressées, à couleurs vertes jaunâtres intersectées et légèrement nervurées. Les canalicules de 1,5 mm de diamètre se terminent par une pointe souvent acérée au niveau des nœuds qui sont écartés de 4 à 6 cm. Les feuilles réduites en écailles apparaissent triangulaires. Elles se développent en paires opposées ou en verticilles de trois, donnant à la plante l'aspect d'un arbuste sans feuilles. Les fleurs se trouvent en petits cônes, les mâles et les femelles sont généralement sur des pieds différents et les cônes femelles à bractées s'accroissent pendant la maturation (Ozenda, 1991).

Les espèces du genre Ephédra partagent les caractéristiques communes suivantes : Ces plantes sont des arbustes, des arbrisseaux ou des plantes herbacées, généralement dioïques, rarement monoïques. Les tiges, dressées ou couchées, parfois grimpantes, sont très ramifiées, articulées, et assurent la photosynthèse, les feuilles étant très réduites. Les rameaux, opposés ou verticillés, sont verts, cylindriques, et rainurés longitudinalement. Les feuilles, opposées ou disposées en verticilles de 3, sont réduites à des écailles plus ou moins connées à la base et réduites à des gaines membraneuses, généralement éphémères, et pour la plupart non photosynthétiques. Les canaux résinifères sont absents.

Les Ephedra sont des buissons ou des lianes xérophytes se développant sur des plages ou dans des rocailles montagnardes des régions chaudes ou tropicales. Leur tige ligneuse, souvent enterrée, porte des rameaux aériens verts, grêles, souvent cassants aux nœuds où sont insérées deux, trois ou quatre feuilles réduites à des écailles engainantes : ce port évoque les prèles. Les stomates sont haplochéiles, c'est-à-dire constitués d'une seule paire de cellules, ce qui est un caractère primitif. Le bois comporte, en plus des trachéides aréolées typiques des

Gymnospermes, des vaisseaux, éléments constitutifs du bois des Angiospermes. Ces vaisseaux résultent de la présence, aux extrémités des trachéides, de perforations dont la structure est voisine de celle des aréoles (perforations bordées). Le liber est constitué uniquement de tubes criblés. La plante contient un alcaloïde particulier, l'éphédrine, utilisé en pharmacologie. Ils sont, en principe, unisexués ; mais certains pieds portent des inflorescences hermaphrodites, constituées de fleurs mâles unistaminées et de fleurs femelles uniovulées. Ces cas tératologiques peuvent être interprétés comme la manifestation atavique d'une bisexualité ancestrale.

Les fleurs femelles sont chacune à l'aisselle de bractées disposées généralement par paires. Chaque ovule est entouré par deux préfeuilles soudées acquérant une consistance cornée et occupant la place du tégument externe des Angiospermes ; il reçoit directement le pollen au sommet du micropyle tubuleux, ce qui n'a lieu que chez les Préspermaphytes et les Gymnospermes. Par ailleurs, le nucelle se creuse à son sommet et, comme cela advient chez les Préspermaphytes, la chambre pollinique ainsi formée atteint le gamétophyte femelle pluricellulaire. Les archégonies différenciées au pôle micropylaire ont un col multicellulaire et forment encore un noyau ventral du canal.

Les fleurs mâles sont groupées en bouquets ; chacune, à l'aisselle d'une bractée, comporte une étamine entourée de trois petites feuilles soudées entre elles. Les sacs polliniques libèrent un pollen non pulvérulent transporté par les insectes. La forme extérieure côtelée de chaque grain est très caractéristique et a permis de reconnaître l'existence du genre à l'Oligocène, en France, et peut-être même dès le Permien supérieur, en ex-U.R.S.S. Un grain de pollen comporte : deux cellules prothalliennes (comme chez les pins) ; à l'opposé, une cellule du tube, comme dans tout grain de pollen ; au centre, une cellule-socle et une cellule spermatogène. Cette dernière produira deux noyaux spermiques globuleux jouant le rôle de gamètes mâles. Après la fécondation débute une embryogenèse particulière : la cavité archégoniale contient huit noyaux d'abord libres dans le cytoplasme ; puis chacun s'isole dans une cellule sphérique à l'origine d'un pro-embryon tubuleux dont un seul parvient à maturité. Les graines mûres sont entourées des feuilles devenues charnues et rouges (Michel FAVRE-DUCHARTRE ,2022)

2. 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 fragilis* Desf.
- *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 tweediana* C.A.Mey.
- *Ephedra viridis* Coville

- *Ephedra vvedenskyi* Pachom.

3. Répartition géographique

Les espèces du genre Ephédra 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 1).

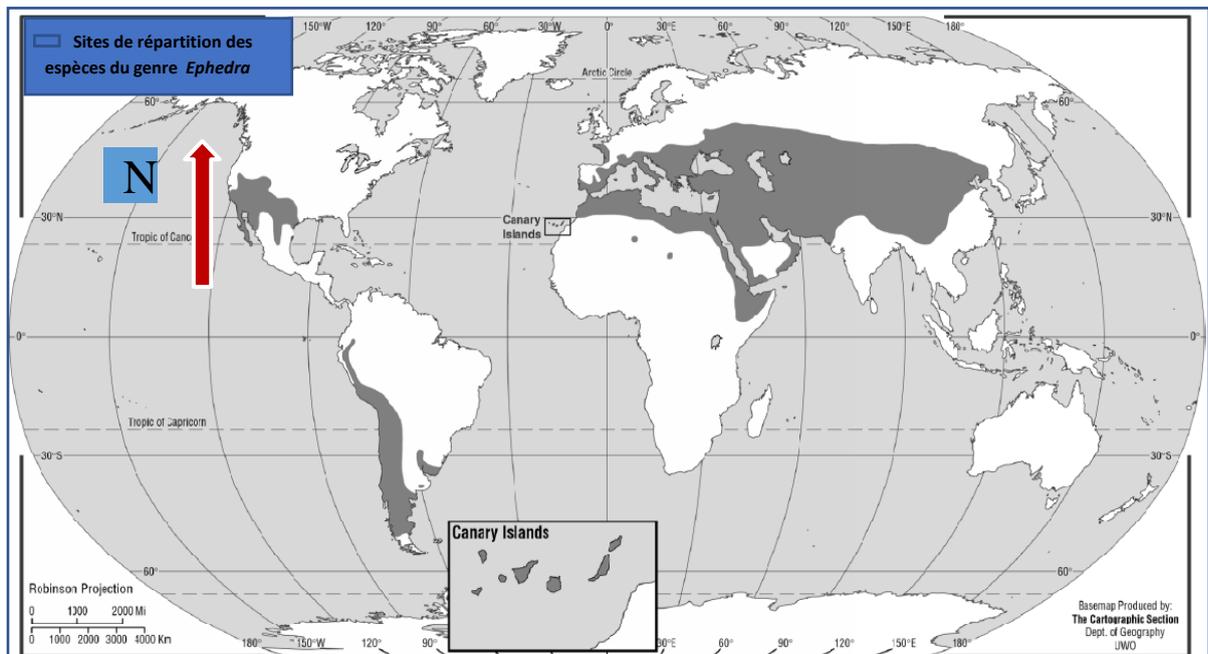


Fig.1. Répartition géographique de l'Ephedra dans le monde (**Caveney et al., 2001**).

Deux espèces sont présentes en Afrique du Nord, dont une également présente en Asie du Sud-Ouest (Arabie saoudite, Koweït, Israël) et à Chypre.

Douze espèces se trouvent aux États-Unis (Arizona, Californie, Colorado, Nevada, Nouveau-Mexique, Oklahoma, Oregon, Texas, Utah, Wyoming) dont 5 espèces sont également présentes au Mexique (Baja California Norte, Chihuahua, Coahuila, Nuevo León, San Luis Potosí, Sonora)

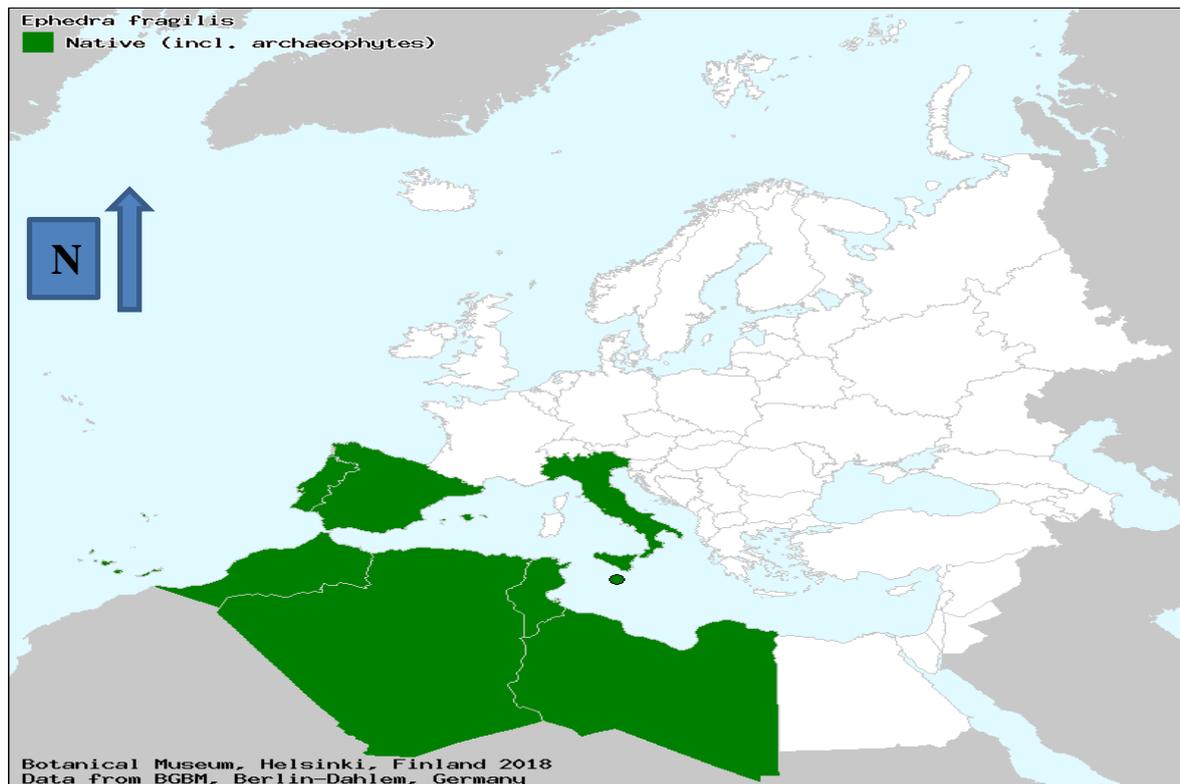


Fig 3. Aire distribution d'*Ephedra fragilis* (botanical museum ,2018)

4. Utilisation en médecine

Plusieurs espèces du genre *Ephedra* sont utilisées en médecine traditionnelle pour le traitement de diverses maladies :

* *Ephedra alata* subsp. *alenda* de la famille des Ephedraceae, est l'une des plantes médicinales les plus utilisées en médecine traditionnelle pour le traitement de diverses maladies. La présente recherche vise à déterminer les différents usages thérapeutiques d'*Ephedra alata* subsp. *alenda* pour la population de la région de Guettara, wilaya de Djelfa où l'espèce est largement répandue (**HADJDI, Belkacem & Lakhdar 2020**).

* L'espèce *Ephedra alata* est reconnue dans la population égyptienne pour ses effets dépuratifs, hypotenseurs, antiasthmatiques et astringents (**Nawwar et al., 1984**). En Arabie saoudite, cette plante est préconisée pour le pâturage des animaux à cause de son arôme acceptable (**Al-Qarawi et al., 2012**).

*Au Maroc, *Ephedra alata* est utilisée contre le diabète (**Ghourri et al., 2013**), mais en Algérie, elle est appliquée sous forme de tisane et par inhalation contre la grippe, la coqueluche, la faiblesse générale (**Ould El Hadj et al., 2003**) et pour le traitement du cancer (**Miara et al., 2019 ; Bouafia et al., 2021**).

*Les tiges des espèces *Ephedra sinica* et *Ephedra equisitina* sont employées comme tisane pour traiter l'asthme, l'hypertension, la congestion du nez et des poumons et le rhume des foins.

5. Espèce *Ephedra fragilis* Desf.

Ephedras fragilis occupe une place importante dans le paysage nord-africain et, essentiellement en raison de leur rusticité et de leur dynamisme. *Ephédra fragilis* est un arbuste. xérophyte à feuilles persistantes de la famille des Éphédracées. Comme tous les éphédras, dans une moindre mesure, la plante a été utilisée pour ses vertus médicinales ou cosmétologiques.

6. 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 هس
- Espagnol : Canadillo
- Italien : Ephédra fragilis

7. Description botanique

Arbuste atteignant plusieurs mètres buissonnant ou grimpant rameaux peu denses ; chatons mâles à 2-6 anthères portés 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

8. Intérêt de l'espèce

L'espèce *Ephédra 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

9. Cycle de développement



Figure 4 : Cycle de développement de l'espèce *Ephedra fragilis* (DIB Amine 2022)

***CHAPITRE II : MILIEU
PHYSIQUE***

Etude du milieu physique

I- 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 9017,69km², 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

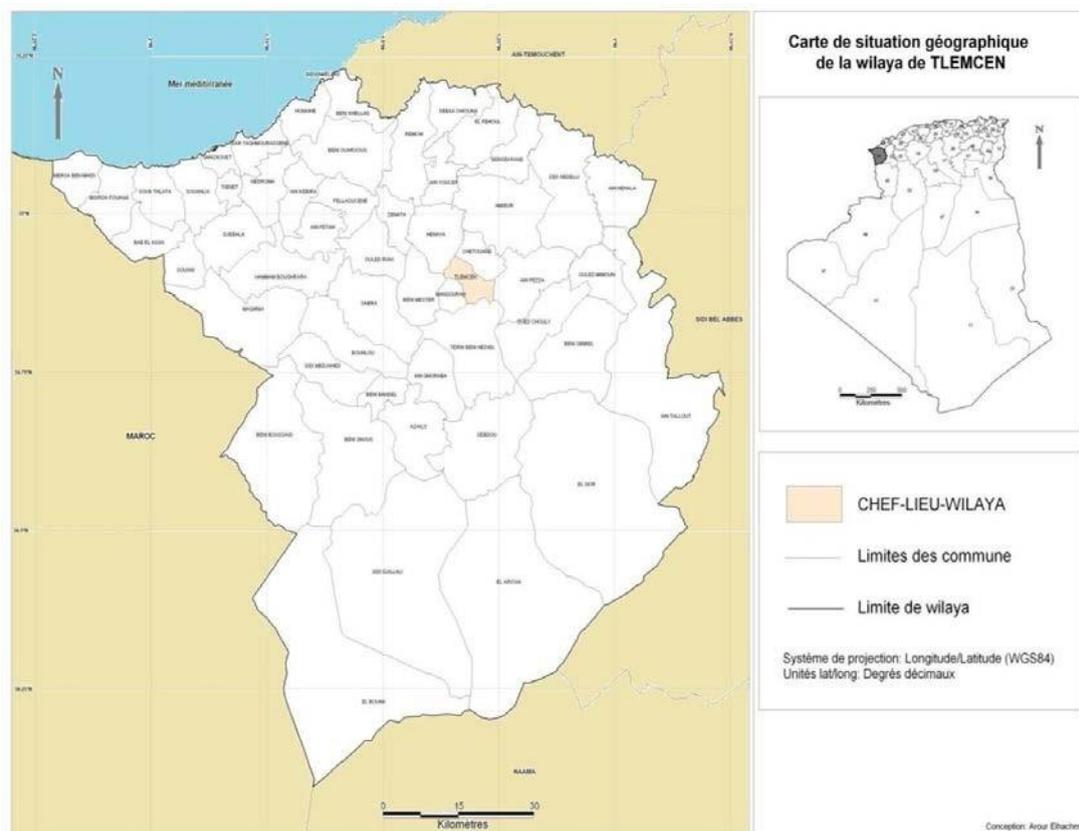


Figure 5. La situation géographique de la région de Tlemcen

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 Ephédra. 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 zones littorales (Rachgoun en particulier).

I-2 Description De La Station

La station de Rachgoune est une station littorale de la mer méditerranéenne faisant partie de la Wilaya d'Ain Témouchent, 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.

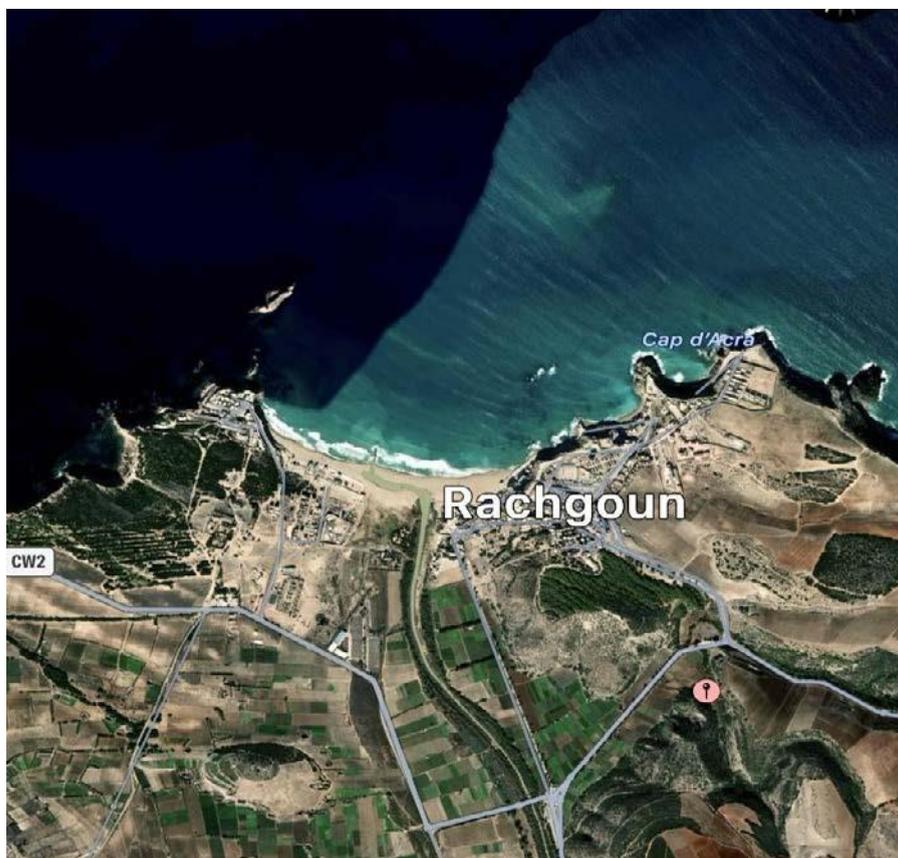


Figure 6. Géolocalisation de notre station d'étude sur imagesatellitaire (apple 2022)

Tableau 01. Données météorologiques de la station de Rachgoune

Stations	Latitude N	Longitude W	Altitude	Exposition
Rachgoune	35°16'59,02"	001°27'16,63"	87 m	Nord

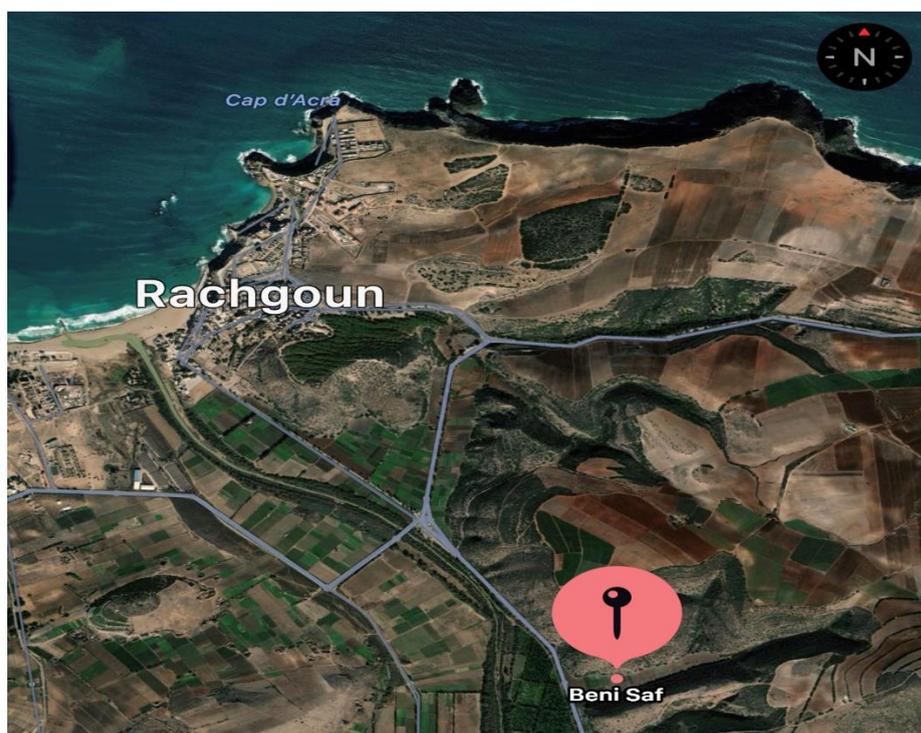


Figure 7. Géolocalisation de la station sur image satellitaire



Figure 8 : Station d'étude de Rachgoune (Dib Amine 2022).

a) 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 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).

b) Géologie :

Pour la région de Béni Saf, le substratum géologique est constitué par des schistes primaires et des calcaires jurassiques au niveau de la chaîne de Skhouna qui se trouve 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).

• 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).

L'originalité du Tell Oranais réside essentiellement dans la variabilité des formes du modèle où alternent des montagnes érodées, des plateaux structuraux et des plaines d'alluvionnement le plus souvent articulées de cuvettes d'effondrement de toutes dimensions.

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).

De par sa situation géographique et sa richesse floristique, Tlemcen présente une grande variété de paysages, on peut la subdiviser en zones suivantes :

- Les Monts de Tlemcen
- Le Bassin de Tlemcen
- Le littoral

1- Les Monts de Tlemcen

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 ilots tels que la zone de Benisenous où la roche mère affleure (Tricart, 1996).

2- Le bassin de Tlemcen

Il s'étend de l'Ouest à l'Est et il est constitué d'une succession de plaines et de plateaux drainés par des cours d'eaux importants prenant naissance pour la plupart dans les Monts de Tlemcen.

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).

3- Le littoral

En général, il occupe toute la limite Nord. Il est constitué de côtes sableuses et rocheuses et du massif montagneux des Traras où on rencontre surtout des collines marneuses très sensibles à l'érosion.

Le littoral, regroupe les Monts des Traras (Rechgoun) 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 Mersat Ben Mhidi jusqu'à l'embouchure de la Tafna «Rachgoune») et sont ainsi limités par la wilaya de Ain Temouchent dont Beni-Saf fait partie.

- **Hydrographie**

La disposition du relief, ainsi que l'abondance des roches imperméables tendres argilo-marneuses, 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. **(Mostefai, 2017)**.

Ce pendant l'influence du relief sur l'écoulement est importante 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 leur densité et par l'existence des Oueds qui sont d'origine pluviale ou souterraine qui proviennent soit directement, soit par ruissellement.

La disposition du relief ainsi que l'abondance des roches imperméables 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 au cours des ères géologiques. Le réseau hydrographique, est donc le résultat d'un surcreusement d'un matériel tendre sous l'effet du régime hydrique, de la forme et de la pente du versant. **(Berber, 2015)**.

I- 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 (**Péguy in Kadik, 1983**).

La diversité et la dynamique végétale, qui sont constamment modifiées, dépendent sévèrement des facteurs de l'environnement ; en particulier le climat et les actions de l'homme.

Le climat est un ensemble de phénomènes météorologiques (température, précipitations, pression atmosphérique et les vents) ; caractérisant l'état moyen de l'atmosphère et évolution en un lieu donné. Le climat est donc un élément principal pour toute étude sur l'environnement.

Le climat méditerranéen est caractérisé par un climat sec et long (d'environ 7 mois), il est défini comme un climat extratropical à photopériodisme saisonnier et quotidien, à pluviosité concentrée durant les saisons froides, et l'été qui est une saison plus chaude, tout en étant sèche (**Emberger, 1955**).

Selon **Bouazza et Benabadji, 2010**, la région de l'Ouest algérien se caractérise par de faibles précipitations avec une grande variabilité inter-mensuelle et inter-annuelle.

Le climat de la région de Tlemcen est du type méditerranéen influencé par une sécheresse estivale marquée et une période hivernale pluvieuse.

I-1 Méthodologie

-Choix des stations météorologiques

La région de Rachgoune étant dépourvu de station météorologique, on a eu recours aux données climatiques de la station météorologiques la plus avoisinantes, celle de Béni-saf

Tableau 2 : Caractéristique de la station météorologique : station Béni-saf

Station	Latitudes	Longitudes	Altitudes	Wilaya
Béni-saf	35°18' N	1°21' W	68 m	Aïn Temouchent

-Choix de la durée d'observation

Pour avoir des résultats fiables, il faut une durée d'observations d'au moins 20ans, surtout que Algérie occidentale, les précipitations sont particulièrement irrégulières d'une année à une autre.

III-3 Facteurs climatiques

III-3-1 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 d'une région sont intimement liées au climat. Les précipitations varient dans le temps et dans l'espace. Des régions sont plus arrosées que d'autres et des mois qui sont plus pluvieux que d'autres.

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 Houérou et al., 1977**).

Djebaili (1978) définit la pluviosité comme étant primordiale, elle permet de déterminer le type de climat. En effet, elle conditionne le maintien de la répartition du tapis végétal d'une part, et de la dégradation du naturel par le phénomène d'érosion d'autre part.

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 que 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 Nevada en Espagne et aussi par la barrière constituée par les hautes montagnes du Maroc et qui ne laissent passer que les nuages les plus hauts.

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.

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)**, **Bouazza et Benabadji (2010)** et **Benabdelmoumen (2018)**.

- **Le régime mensuel**

La latitude et l'altitude des stations ont une liaison directe avec l'importance et la fréquence des pluies. Ceci a été confirmé par Chaabane (1993). Ce dernier précise que 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 3 : Précipitations moyennes mensuelles et annuelles (1991-2020)

Stations	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	JuiT	AouT	Sep	Oct	Nov	Dec	Annuelle
BENI SAF (1991-2020)	55.7	41.6	41.6	46.7	24.7	19.7	15.7	3.8	21.2	42.5	64.6	40.5	418.30

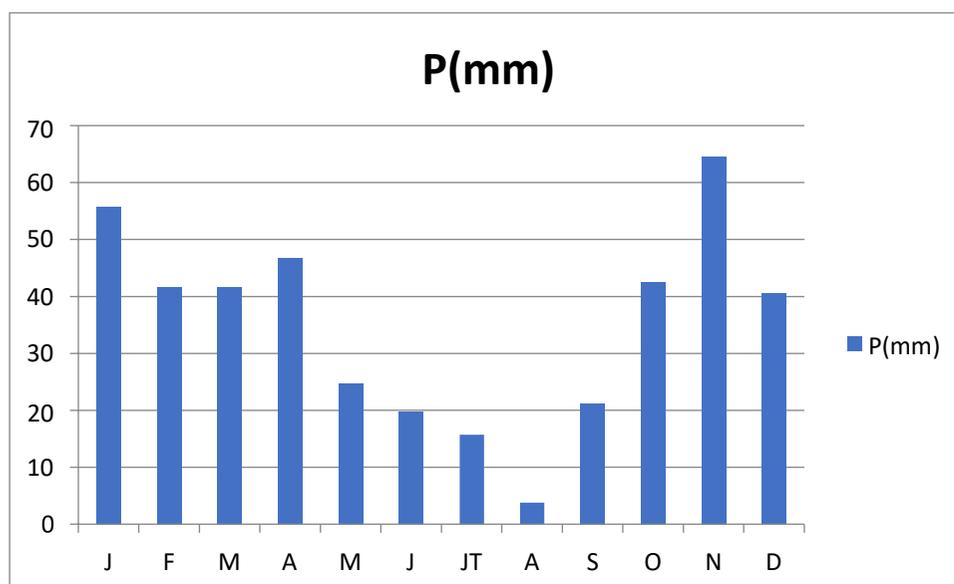


Figure 9 : Dessin graphique des précipitations mensuelles.

- **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 4 : Régime pluviométrique saisonnier (1991-2020)

Type de Régime	Printemps	Hiver	Automne	Été	Période
HAPE	113	137.8	60.2	72.9	1991-2020

III-3-2 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**). Selon **Emberger (1955)** pour connaître la variation des températures on ne doit prendre en considération que celles qui ont une signification biologique ce sont :

- La moyenne des "minima" (m) ;
- La moyenne des "maxima" (M) ;
- La température moyenne (T).

Le Tableau résume les températures moyennes maximales et minimales pour les périodes (1991-2020) :

Tableau 5 : Les températures moyennes maximales et minimales durant (1991-2020)

Station	Altitude (m)	M (°C)	m (°C)	Mois
Béni-saf	68 m	29.5	13,6	Juillet-Janvier

- **Températures moyennes mensuelles et annuelles :**

La température moyenne à l'échelle du bassin méditerranéen, demeure bien le facteur écologique déterminant les grandes successions altitudinales de la végétation avec cependant des variations d'ordre géographiques en particulier pour des massifs situés à des latitudes identiques, mais sous des longitudes différentes où des facteurs climatiques de deuxième ordre interviennent (**Barbéro et Quézel, 1984**).

L'analyse du Tableau montre que la température la plus basse durant l'année est dans le mois de Janvier et février et la température la plus élevée est dans le mois de juillet et Aout. Les températures moyennes mensuelles de La station de Béni-saf varient entre 13,3 et 25,4.

Tableau 6 : Températures moyennes mensuelles et annuelles durant la période (1991-2020)

Période	J	F	M	A	M	J	JT	AT	S	O	N	D	moy
1991-2020	13,3	13,8	15	16,6	19,3	22,4	25,1	25,4	23,6	20,2	16,4	14,2	18,77

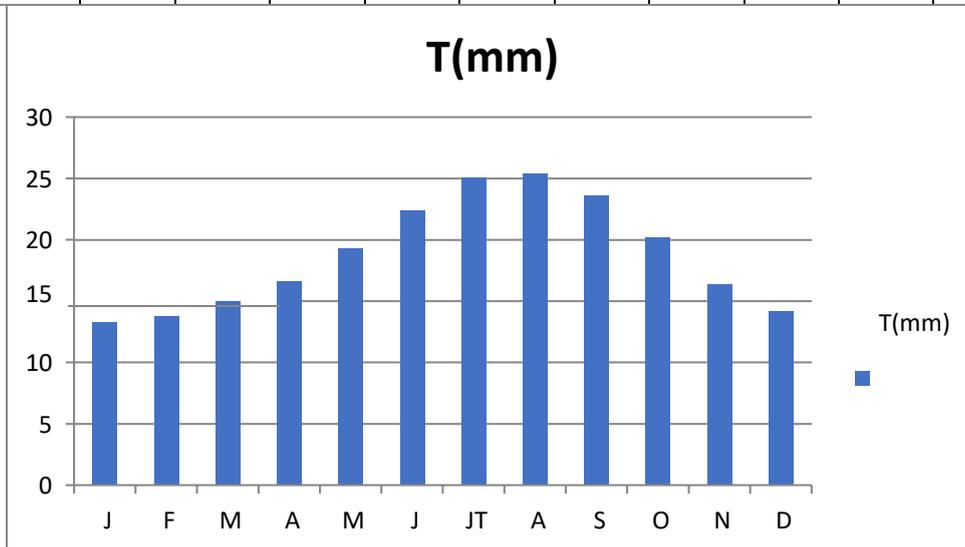


Figure 10 : Dessin graphique des températures mensuelles

Amplitude thermique et continentalité :

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 (Djebaili, 1984). 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 7 indice de continentalité de DEBRACH

Station	Période	M	m	Amplitudes thermiques	Types de climat
Béni-saf	1991-2020	29.5	13.6	15.9	Climat Littoral

D'après la classification de Debrach pour la période de (1991-2020), on note un climat littoral pour la station Béni-saf ces dernières sont caractérisées par un hiver frais (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 1991-2020 :

Tableau 8 : Étages de végétation et type du climat

Station	Période	T (°C)	m (°C)	Etages de végétation
Béni-saf	1991-2020	18,77	13.6	Thermo-méditerranéen

Pour notre cas, l'étage de végétation pour la période (1991-2020) 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 9 : 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 10 : Indice d'aridité de De Martonne

Station	Période	P (mm)	T +10 (°C)	Indice de De Martonne	Type de climat
Béni-saf	1991-2020	418,3	28,77	14,53	Climat Semi-aride

Selon l'indice d'aridité de De Martonne, 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.

III-4 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 sahariens, aride, semi-aride, sub-humide et humide sont distingués. Les étages sont divisés verticalement en trois parties : supérieure, moyen et inférieur, en fonction des précipitations.

On a calculé le Q_2 des stations considérées pour la période (1991-2020), ensuite on a porté la station sur le climagramme pluviothermique d'Emberger.

Tableau 11 : Quotient pluviothermique d'Emberger durant la période (1993-2017)

Stations	P (mm)	M (°C)	m (°C)	Q ₂	Etage Bioclimatiques
Béni-saf	418,3	29.5	13.6	89.31	Semi-aride supérieur à hiver très chaud

La station météorologique Béni-Saf nous remarquons quelle est position dans l'étage semi-aride supérieur à hiver très chaud,

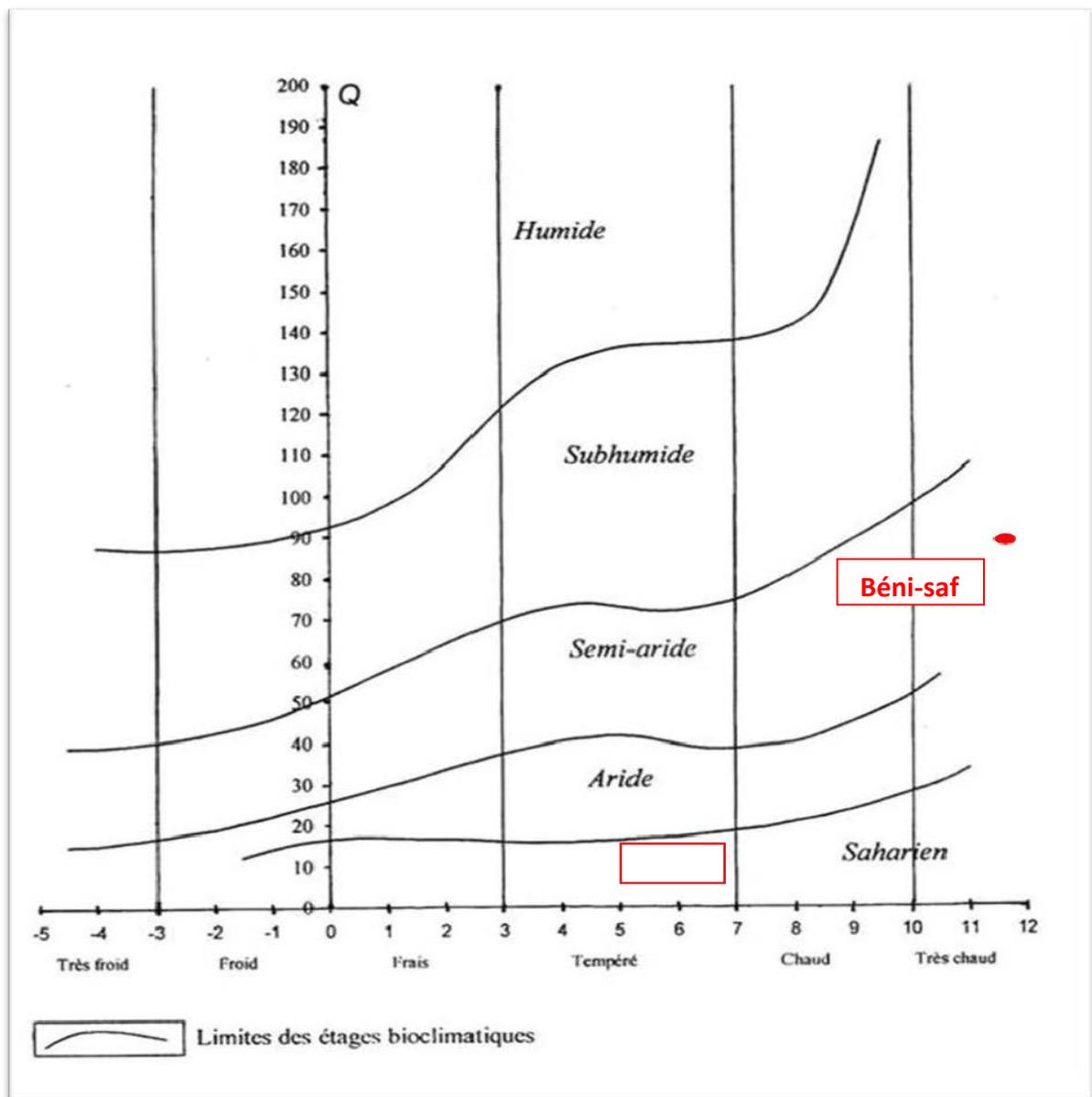


Figure 11 : Climagramme pluviothermique D'EMBERGER

Diagrammes ombrothermiques de Bagnouls et Gausсен:

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**). Bagnouls et Gausсен (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. (figure 12).

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 xérophi les et annuelles. Stambouli (2010) signal 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 xérophi le ».

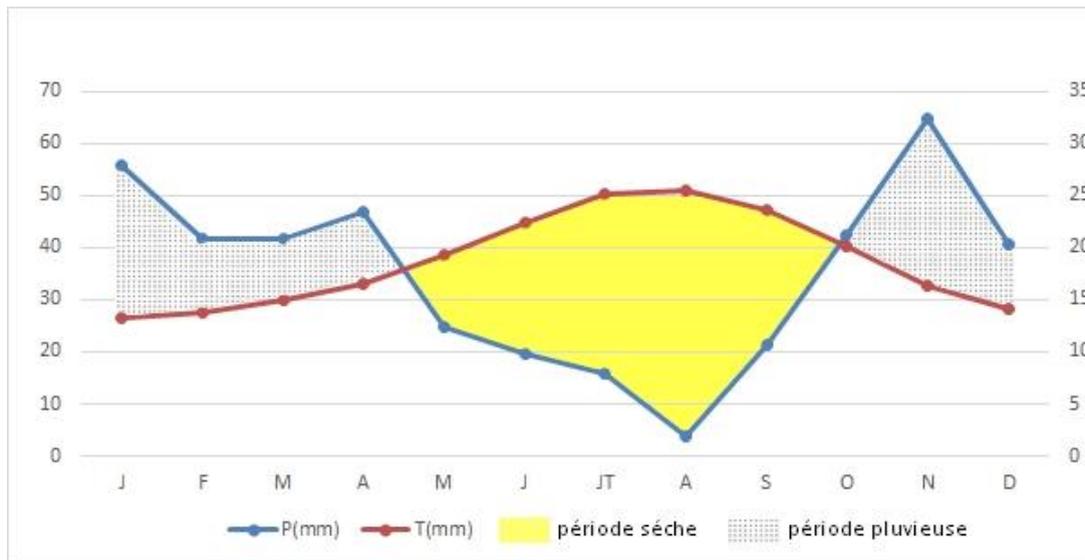


Figure 12 : Diagrammes ombrothermiques de la staion météorologique

durant la période (1991-2020)

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 moitié 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 13,6°C à et unmaxima de 29,5°C en Juillet.
- Le Climagramme d'Emberger montre que la station météorologique choisie se situesous bioclimat semi-aride supérieur.
- Ces conditions bioclimatiques auront un impact significatif sur le développement despeuplements

Enfin, d'après les résultats exposés dans ce chapitre, nous autorisent à dire que le climat reflète le type de végétation, ce qui nous amène à conclure que la station appartient à l'étagethermo méditerranéen.

***CHAPITRE III : MATERIEL ET
METHODES***

I- Introduction

La richesse et la composition floristique des écosystèmes méditerranéens, résultent de la combinaison des processus paléogéographique, climatiques et écologique mais aussi d'une emprise humaine omniprésente, qui a façonné les paysages et leurs diversités. (Berber,2014).

Nous avons analysé les inventaires floristiques des espèces rencontrées dans notre zone d'étude, en on s'est basé sur l'identification du type biologique, morphologique et biogéographique Pour mieux comprendre la dynamique et la répartition des formations végétales.

I-1 Méthodologie d'étude de la diversité biologique et biogéographique

Cette partie du travail, est consacrée à l'étude du cortège floristique de l'espèce *Ephedra fragilis* dans le littoral de la région de Ain-Temouchent liée à la conjugaison des facteurs écologiques qui sont variés.

Le but de l'analyse de la structure des plantes est d'étudier la couverture végétale qui prend en compte la méthode des relevés floristiques qui consiste à dresser une liste des espèces présentes sur le terrain.

I-2 Echantillonnage et choix des stations

Dagnelie (1970) et Guinochet (1973), définissent l'échantillonnage comme étant l'ensemble des opérations qui ont pour objet de prélever dans une population, des individus devant constituer l'échantillon.

Afin de cerner l'aspect dynamique de la couverture végétale en place, notre investigation exige une connaissance très précise des facteurs régissant l'installation des peuplements végétaux. (**Ghalem,2021**).

Selon **Ellenberg (1956)**, l'échantillonnage dépend impérativement de l'homogénéité de la couverture végétale, dans le but d'éviter des zones de transition.

Différentes méthodes sont utilisées dans les calculs statistiques : **Gounot (1969)** a proposé quatre types d'échantillonnages :

- Echantillonnage subjectif
- Echantillonnage systématique
- Echantillonnage au hasard
- Echantillonnage stratifié.
 - ❖ Echantillonnage subjectif : Consiste à choisir les échantillons qui paraissent les plus représentatifs et suffisamment homogène, de sorte que le phyto-écologue ne fait généralement que reconnaître quelques-uns des principaux aspects de la végétation.
 - ❖ Echantillonnage systématique : Consiste à disposer des échantillons selon un mode répétitif, pouvant être représentés par un réseau de mailles régulières de bandes ou de transects de segments consécutifs, de grilles, de points ou de points-quadrats alignés.
 - ❖ Echantillonnage au hasard : Consiste à prendre au hasard les diverses localisations des échantillons à étudier.
 - ❖ Echantillonnage stratifié : Cette technique, permet d'obtenir des stations susceptibles de traduire le maximum de situations écologiques tout en étant représentatives du plus grand nombre de cas.

Pour notre cas on a choisi l'échantillonnage au hasard

I-3 Caractérisations biologique

I-3-1- Classification biologique

Raunkiaer (1934) a défini les types biologiques suivants :

- Les phanérophytes
- Les Chamaephytes
- Les hémicryptophytes
- Les géophytes
- Les thérophytes

I-3-2 Caractérisation morphologique

La morphologie de la plante est un critère fondamental de la classification biologique des espèces. La masse végétale se compose des espèces pérennes, ou herbacées et des espèces annuelles (**Kebbas ., 2016**).

L'hétérogénéité soit entre les espèces annuelles et les espèces vivaces, ou entre les herbacées et les ligneux est déterminé par la morphologie de la flore de la zone d'étude.

I-3-3 Les spectres biogéographiques

L'analyse biogéographique de la flore actuelle est susceptible de fournir de précieux renseignements sur les modalités de leur mise en place dans la région d'étude, en particulier à la lumière des données paléohistoriques.

Zohary (1983), le premier attire l'attention des phytogéographes sur l'hétérogénéité des origines de la flore méditerranéenne.

Quezel (1983) explique cette importante diversité biogéographique de l'Afrique méditerranéenne par les modifications climatiques durement subies dans cette région depuis le Miocène, ce qui entraîne des migrations d'une flore tropicale.

Pour **Quezel (1991)**, une étude phytogéographique constitue une base essentielle à toute tentative de conservation de la biodiversité. Elle constitue également « un véritable modèle pour interpréter les phénomènes de régression (Olivier *et al*, 1995). Des subsistent pour certaines espèces de notre région qui connaissent actuellement une extension de leurs aires de répartition (les poacées, les cistacées, astéracées).

I-4 Méthodes de mesure au niveau de l'espèce

La grande majorité des méthodes proposées pour évaluer la diversité des espèces se rapportent à la diversité à l'intérieur des communautés. Pour différencier les méthodes distinctes en fonction des variables biologiques mesurées.

Pour estimer la diversité biologique des formations végétales étudiées, 123 relevés phytosociologiques ont été effectués selon la méthode sigmatiste de Braun-Blanquet (1932).
Richesse spécifique (S) La Richesse spécifique S est représentée par le nombre total ou moyen d'espèces recensées par unité de surface. $S = \text{nombre d'espèces de la zone d'étude}$ Cet indice S peut être utilisé pour analyser la structure taxonomique du peuplement (ex : nombre de famille des taxons végétales, etc...).

Évaluation de la diversité floristique

Richesse spécifique (S) : $S = sp_1 + sp_2 + \dots + sp_n$

S : richesse spécifique ; **sp :** les espèces végétales observées (Ramade, 2003).

Pouvoir comparer la diversité de la flore présente et sachant que la diversité des éléments d'une communauté est une qualité immédiatement nécessaire à l'analyse de l'environnement (Frontier & Pichod-Viale, 1993), indices relatifs à cette méthode a été utilisée, y compris celle de Shannon (H), l'équitabilité de Piélou (EH), celle de Simpson (Is), l'équitabilité de Simpson (Es) et enfin l'indice de Margalef (Dmg).

✓ Indice de diversité de Margalef

Cet indice présente l'avantage d'être simple à calculer. Toutefois, il peut s'avérer malgré tout, sensible à l'effort d'échantillonnage (Magurran, 2004). Il est moins fréquent dans les travaux se rapportant à la diversité et se calcule à l'aide de la formule

$$Mg = S - 1 / \ln N$$

S = nombre d'espèces

N = nombre total d'individus

Les valeurs inférieures à 2,0 sont considérées comme rattachées aux zones de basse biodiversité et les valeurs supérieures à 6,0 sont considérées comme indicateurs de grande biodiversité

✓ Indice de Shannon-Weaver :

$$H' = - \sum p_i \log_2 p_i$$

Avec :

$$p_i = n_i / N$$

Où n_i est ici le recouvrement de l'espèce i dans le relevé tandis que N équivaut à la somme des recouvrements de l'ensemble des espèces. $H=0$ correspondant à la valeur minimale quand l'échantillon ne renferme qu'une seule espèce et la diversité augmente à mesure que s'accroît le nombre d'espèces.

A Indice inférieure à 2 la diversité est faible

A Indice de 2 à 3 la diversité est moyenne

A Indice de 4 à 5 la diversité est élevée

A Indice supérieur à 6 la diversité est exceptionnelle

✓ Indice L'équitabilité de Piélou (E):

Le niveau de diversité atteint au niveau de chaque groupement végétal a été mesuré au moyen de l'indice d'équitabilité de Pielou E :

$$E = H' / \log_2 S$$

Cet indice d'équitabilité permet de comparer la diversité entre deux peuplements à richesses spécifiques différentes. Pour une espèce dominant largement dans un peuplement, cet indice tend vers zéro. Par contre, si les espèces ont la même abondance, cet indice est égal à 1 (Dajoz, 1996).

La différence entre les deux méthodes de calcul de l'indice de diversité se fonde sur la valeur accordée aux espèces. L'indice de Simpson penche en faveur des espèces communes, alors que celui de Shannon favorise les espèces rares (Odum, 1976).

✓ Indice de Simpson :

L'indice de Simpson mesure la probabilité que deux individus sélectionnés au hasard appartiennent à la même espèce :

$$IS = 1/\sum P_i^2$$

Où :

p^i = proportion des individus dans l'espèce i

n^i = nombre d'individus dans l'espèce i

N = nombre total d'individus.

Avec

$$P_i = n_i / N$$

La valeur de cet indice commence par 1 comme le plus petit nombre possible (communauté ne contenant qu'une seule espèce), une valeur plus élevée indique une plus grande diversité. La valeur maximale est le nombre d'espèces dans l'échantillon.

- L'indice de Simpson est souvent accompagné de l'indice d'équitabilité noté comme suite :

$$ES = (Is - 1) / (S - 1)$$

Cet indice varie entre 0 et 1 :

Si $Es = 0$, les différences d'abondance des individus entre chaque espèce sont élevées

Si $Es = 1$, les différences d'abondance des individus entre chaque espèce sont égales

Indice de perturbation de Loisel et Gomila (IP) et le spectre biologique net :

Pour quantifier la thérophytisation de ces forêts, nous avons calculé les deux indices suivants :
Indice de perturbation (**Loisel & Gamila, 1993**) :

$$IP = \text{nombre de chaméphyte} + \text{nombre de thérophyte} / \text{nombre total des espèces.}$$

II- Introduction de l'étude phytochimique

La détermination de nouveaux inhibiteurs des enzymes est aujourd'hui associée à une étude par modélisation moléculaire. Cette dernière est devenue un véritable enjeu, à la raison de l'évolution informatique ces dernières années, et à l'expansion du calcul parallèle intense précisément (Huynh, Phuong T.N. 2007).

Dans ce chapitre, nous présentons le matériel utilisé et les méthodes exploitées.

Matériels

1-Généralités sur les enzymes et les inhibiteurs

Les enzymes sont des macromolécules sélectives qui se caractérisent par un énorme pouvoir catalytique, pouvant accélérer de façon spécifique les réactions chimiques de la cellule à des taux de plus de 10^{16} fois ceux des niveaux non catalysés sans être elles-mêmes modifiées par la réaction. Elles sont les protéines responsables des transformations biochimiques au sein des cellules des organismes vivants et au centre de l'organisation du métabolisme et de la régulation des processus physiologiques. (**Benmadani, 2020**).

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).

2- Présentation de la protéine

La protéine A20

Toutes ces considérations autour de ces protéines nous laissent à penser que la protéine A20 joue un rôle pivot dans la réplication du virus. Très peu de données sont disponibles sur cette protéine qui ne possède aucune activité enzymatique connue. Le gène de cette protéine est transcrit de façon précoce après infection (Ishii and Moss 2001). A température non permissive, des mutants thermosensibles entraînent des défauts dans l'accumulation de l'ADN et une perte de processivité de la polymérase virale (Punjabi, Boyle et al. 2001). Ces résultats, combinés au fait que la protéine soit capable d'interagir avec de multiples partenaires essentiels à la réplication du virus, nous permettent d'émettre l'hypothèse que A20 est impliquée dans l'assemblage du complexe de réplication. La protéine A20 constitue donc une cible particulièrement pertinente pour le développement d'inhibiteurs de la réplication virale.

Préparation de la protéine

La préparation de la protéine qui fait l'objet de notre étude passe par différentes étapes :

- Téléchargement de la protéine à partir de la banque de donnée (RCSB) sous forme des fichiers en extension (PDB) et généralement avec une résolution de 1,5 et 2,5 Å qui est la plus approprié pour l'étude In silico.
- Importation de la protéine dans le logiciel (MOE) « Molecular Operating Environment » Exclusion des molécules d'hydrogène.
- Isolation de l'atome pour déterminer le site actif de la protéine.

L'utilisation du module « Site Finder » du logiciel « MOE » présente un outil de détection de la cavité enzymatique, ainsi d'identification des résidus formant le site actif le plus volumineux en acides aminés, qui présente le site le plus convenable pour l'interaction.

3- Présentation des ligands (inhibiteurs)

Les inhibiteurs sont toutes molécules qui diminuent voir arrêté la réaction enzymatique (Gledhill, Walker, 2005).

Les inhibiteurs enzymatique constitue un moyen important pour réguler l'activité dans les cellules vivantes. Il existe trois types de base d'inhibition enzymatique : compétitif, non compétitif et incompétitif (Kedderis, 2010).

Les inhibiteurs qui font l'objet de cette étude sont au nombre de 6. Ces inhibiteurs ont été choisis selon le rendement le plus élevé.

4- Présentation du matériel informatique

Afin d'effectuer cette étude nous avons utilisé le matériel informatique suivants :

a. Ordinateur portable

Dans notre étude nous avons utilisé un micro-ordinateur ayant une mémoire vive de 4 Go. Tous les programmes utilisés sont installés sous le système d'exploitation Windows 7.

b. Banques des données

La réalisation du présent travail a nécessité l'utilisation des banques de données suivantes :

RCSB : pour le téléchargement des structures 3D des enzymes

PubChem : pour le téléchargement des ligands

RCSB

La RCSB (Research Collaboratory for Structural Bioinformatics) ou PDB (Protein Data Bank) est nourrie par les archives de la banque de données sur les protéines. Ces informations sur les formes 3D de protéines, d'acides nucléiques et d'assemblages complexes, aident les chercheurs et les étudiants à comprendre tous les aspects de l'agriculture et la biomédecine, de la synthèse des

protéines aux maladies et à la santé [

RCSB (Research Collaboratory For Structural Bioinformatic) ou PDB (Protein Data Bank) Fondé en 1971 comme la 1^{ère} 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.

On a utilisé cette ressource comme banque de donnée pour le téléchargement d'ACC sous forme d'un code PDB.

PubChem

PubChem est la plus grande collection au monde d'informations chimiques librement accessibles. Permettant de rechercher des produits chimiques par nom, formule moléculaire, structure et autres identifiants, Et de Trouver des propriétés chimiques et physiques, des activités biologiques, des informations sur la sécurité et la toxicité, des brevets, des citations de la littérature et plus encore.

PubChem est une banque de données chimique ouverte aux 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, PubChem est devenue une source importante d'informations chimiques pour les scientifiques, les étudiants et le grand public.

c- Logiciels utilisés

Pour réaliser notre travail, on a utilisé les logiciels suivants :

-ChemDraw

ChemDraw est un outil puissant, mais facile à utiliser, conçu pour les scientifiques, les étudiants et les auteurs scientifiques. Il permet de produire des dessins chimiques et biologiques (ChemDraw 17.0 User Guide).

Dans notre étude, nous avons utilisé le logiciel « ChemDraw Ultra » dans lequel nous avons transformé le fichier contenant la structure téléchargée à partir de banque de données « PubChem » sous format « sdf », en un fichier « chm ».

-HyperChem

HyperChem est un environnement de modélisation moléculaire sophistiqué connu pour sa qualité, sa flexibilité et sa facilité d'utilisation. Unissant visualisation et animation 3D avec calculs chimiques quantiques, mécanique moléculaire et dynamique, HyperChem met plus d'outils de modélisation moléculaire à portée de main que tout autre programme Windows.

Dans ce présent travail nous avons utilisé le logiciel HyperChem pour optimiser les énergies des ligands étudiant.

-Molecular Operating Environment « MOE »

Dans notre travail nous avons utilisé le logiciel Molecular Operating Environment « MOE » (version 2014).

MOE est un système logiciel conçu par le Chemical Computing Group pour prendre en charge la chiminformatique, la modélisation moléculaire, la bioinformatique, le criblage virtuel et la

conception moléculaire assistée par ordinateur et de la modélisation moléculaire (Tomar et al., 2010).

MOE présente une forme de docking flexible dans lequel le récepteur et le ligand change de conformation et s'adaptent à l'environnement. Il est également possible de représenter l'enzyme et son ligand co-cristallisateur (Molecular Operating Environment (MOE, 2012).

- KNIME Analytics Platform

KNIME Analytics Platform est le logiciel open source permet de créer des applications et des services de science des données. Intuitif, ouvert et intégrant en permanence les nouveaux développements, KNIME facilite la compréhension des données et la conception de workflows de science des données et de composants réutilisables

d- Les serveurs en ligne

- Swiss ADME

C'est un logiciel en ligne qui rassemble 5 avantages (Absorption, Distribution, Métabolisme et Excrétion), (Benmadani, 2019). Permet de calculer des descripteurs physico-chimiques ainsi que de prédire les paramètres ADME, les propriétés pharmacocinétiques, la nature druglike et la convivialité de la chimie médicinale d'une ou plusieurs petites molécules pour soutenir la découverte de médicaments.

- Swiss Target Prediction

C'est un site en ligne à accès public, qui permet d'estimer les cibles macromoléculaires les plus probables d'une petite molécule, considéré bioactive comme les médicaments.

- ADME Tlab

Une interface Web soutenu par CBDD Group, « Xiangya School of Pharmaceutical Sciences et Central South University », disponible gratuitement pour l'évaluation ADMET systématique des composés chimiques basée sur une base de données complète, comprenant 288 967 entrées. 4 modules de fonction qui permettent aux utilisateurs d'effectuer une analyse Drug- likeness, et 31 Prédiction des ADMET.

- ✓ Méthodologies du travail

La méthode du travail que nous avons adoptée est basée sur la modélisation moléculaire :

- La Chimie informatique ou modélisation moléculaire est une discipline qui permet de prévoir la réactivité et la structure des molécules ou des systèmes de molécules en utilisant les programmes informatiques. L'évolution des outils informatiques a permis de mettre au point des techniques de calculs de plus en plus poussées, rendant ainsi possible l'étude des systèmes encore plus complexes (Rivail, Louis, J.1999) et Mcquarrie, Donald A, Simon, & John D. 2000).
- La modélisation moléculaire est une application des méthodes de calculs et méthodes théoriques, pour résoudre des problèmes impliquant la réactivité chimique et la structure moléculaire (Liotta, Dennis.1988).

a- Méthodes de la modélisation moléculaire

La réalisation d'une modélisation se base sur l'application des méthodes de chimie théorique (mécanique moléculaire, mécanique quantique et docking moléculaire) ces méthodes peuvent être relativement simples, utilisables rapidement ou au contraire (Debord J. 2004).

La méthode de travail fondé sur la modélisation moléculaire qui se base essentiellement sur le « Docking moléculaire » suivie par des tests. Les méthodes de calculs utilisées peuvent être classées en deux groupes selon la molécule étudiée :

-Mécanique moléculaire (MM)

La mécanique moléculaire, qui permet une description plus approximative des systèmes de grandes tailles (plus de 1000 atomes) telles que, les protéines, l'ADN, l'ARN et bien d'autres. Ici, le système est simplifié. On assimile les atomes à des sphères chargées, les liaisons covalentes à des ressorts et l'énergie potentielle du système est donnée à travers l'expression d'un champ de force. Il existe plusieurs types de champs de force selon le système qu'on souhaite étudier. AMBER et CHARMM sont les plus couramment utilisés pour la modélisation des systèmes biologiques (Traore, 2006).

-Dynamique moléculaire (DM)

La dynamique moléculaire (MD) est une autre approche pour l'étude de l'emplacement des atomes dans l'espace. Dans cette approche, un modèle à point unique est remplacé par un modèle dynamique dans lequel le système nucléaire est forcé de se déplacer. La simulation du mouvement est réalisée par la solution numérique des équations dynamiques newtoniennes classiques. L'ensemble des emplacements d'atomes possibles donne, par exemple, le profil d'ensemble conformationnel pour une molécule donnée. Elle peut également fournir des informations sur les propriétés thermodynamiques et dynamiques des molécules (Polanski, 2009).

1- Docking moléculaire

Le Docking ou amarrage moléculaire, est une méthode qui permet de prédire l'orientation appropriée des complexes formés entre 2 molécules au niveau de site actif (enzyme-ligand) pour obtenir le complexe le plus stable, il est utilisé pour rechercher la molécule médicamenteuse cible pour réduire les tests expérimentaux (Boucherit, 2012).

Le Docking moléculaire est basé sur 2 étapes :

- ✓ La première c'est le « Docking » qui consiste à la fixation d'un ligand à la cavité enzymatique de récepteur pour former un complexe stable et au même temps échantillonner les possibilités de conformations.
- ✓ La deuxième étape est le calcul de l'Energie de complexe et d'évaluer l'affinité entre le ligand et la protéine, en résultant un score des meilleures poses obtenue autant de Docking (Arault, 2007).

2- Règle de Lipinski

La règle de Lipinski (également connue sous le nom de règle des 5) est conçue pour vérifier la disponibilité de l'absorption orale des composants. Elle exige que ces composés satisfassent à au moins 3 des 5 critères pour éviter leurs effets oraux nocifs immédiats (Lipinski, 2001).

3- Propriétés Drug Likeness

Druglikeness est une notion appliquée dans l'élaboration des médicaments pour déterminer la biodisponibilité d'une substance. Examiné par « SwissADME » et « OSIRIS Property Explorer ». Les propriétés « druglike » d'une molécule sont principalement La solubilité de la molécule par voie orale, poids moléculaire, nombre des donneurs et récepteurs d'hydrogène, indice conformité à un médicament. (Houas,2020).

4- Dynamique moléculaire

La simulation de dynamique moléculaire a été réalisée pour le ligand qui a été apparu comme meilleur parmi les autres molécules sélectionnées. Cette étude de la simulation dynamique de complexe a été réalisée par le serveur en ligne « iMODS ».

Les résultats des propriétés (ADME/Toxicité), la prédiction PASS, la prédiction P450 et l'étude de Target prédiction ont été obtenue en utilisant respectivement, le serveur SwissADME en ligne, le serveur PASS-Way2Drug, RS-WebPredictor et prédiction de cible suisse.

**CHAPITRE IV : RESULTAT ET
INTERPRETATION**

Introduction

La végétation se présente dans la majorité des cas sous la forme dégradée à la base des taxons préforestiers et /ou des matorrals dont le cortège floristique tend à être homogénéisé par l'influence anthropique. De ce fait, les stades forestiers plus ou moins stables sont très rares. Cependant, rares sont les formations évoluées comme les forêts à formation naturelle. (**Barka, 2016**).

L'étude de la végétation de la région de Tlemcen ayant fait l'objet de plusieurs publications **Quezel (2000)** ; **Benabadji et Bouazza (1991-1995)** ; **Meziane, (1997)** ; **Bouazza et al. (2001)** et **Mesli-Bestaoui (2001-2009)**, témoignent que le patrimoine végétal fait partie de la forêt méditerranéenne très riche et très diversifiée. Cependant, l'étude de l'action anthropozoogène, l'impact des changements climatiques sur la biodiversité et la répartition de cette végétation (extension ou disparition de certaines espèces) nécessite d'être poursuivie dans le futur.

Dans le bilan établi par (**Quézel et al., 1999**), la forêt méditerranéenne est composée environ de 247 espèces ligneuses par rapport aux forêts Européennes (13 espèces).

La biodiversité végétale méditerranéenne est produite, pour beaucoup, d'une utilisation traditionnelle et harmonieuse du milieu par l'homme (**Quézel et al., 1999**). Malgré les incessantes agressions qu'elles ont subies depuis un millénaire, les forêts méditerranéennes offrent encore, par endroits, un développement appréciable.

La biodiversité c'est un terme formé à partir de diversité biologique qui comprend trois niveaux de variabilité biologique : complexité de l'écosystème, richesse des espèces et variation génétique (**Robert-Pichette et Gillespie., 2000**).

DAHMANI (1997) souligne que « L'analyse de la richesse floristique des différents groupements et de leurs caractères biologiques et chronologiques permettrait de mettre en évidence leur originalité floristique, leur état de conservation et leur valeur patrimoniale ».

Les groupements forestiers et préforestiers d'une part et les matorrals d'autre part qui ont leur optimum de développement dans la zone d'étude sont représentés sur le plan physionomique par trois formations végétales, arborées, arbustives et herbacées. (**Barka, 2016**).

D'après les inventaires floristiques qui ont été effectués, la flore forestière des zones d'étude est constituée d'environ 83 espèces qui appartiennent au sous embranchement des Gymnospermes et Angiospermes avec des différentes familles.

I. Composition systématique

Mesurer la biodiversité, telle qu'elle a été définie à l'origine par **WILSSON et al, (1990)**, signifie compter l'ensemble des espèces présentes en un endroit donné. La végétation est donc utilisée comme le reflet fidèle des conditions stationnelles ; elle en est l'expression synthétique selon **BEGUIN et al. (1979)** et **RAMEAU, (1988)**.

La formation végétale est une notion importante puisqu'elle permet d'identifier la physionomie qui a un aspect de premier ordre pour comprendre le comportement et la dynamique des divers groupements végétaux. La connaissance de la végétation passe nécessairement par l'étude des modifications et de l'architecture de la couverture végétale. (**Barka, 2016**).

Résultats et discussion

Nous avons étudié dans cette partie la composition floristique du littoral de notre zone d'étude en tenant compte de l'appartenance des espèces aux groupes systématiques : sous-embranchement, classe, famille, ordre, genre et espèces. Il est à noter qu'il est impossible de faire une étude précise de la végétation d'une station sans identifier les plantes qui s'y trouvent.

La dominance et la répartition de ces familles sont conditionnées par le changement climatique, le relief et la position géographique des stations. Les Asteracées sont répandues surtout dans les stations du pâturage et dans les champs cultivés, tandis que les Poacées peuplent également les forêts, les broussailles et les pâturages. (Barka, 2016).

Tableau 12 : Inventaire floristique des espèces rencontrées dans les formations à *Ephédra fragilis* dans la station de Rachgoune

Famille	Taxon	Type biologique	Type morphologique	Type biogéographique
Anacardiacees	<i>Rhus pentaphylla jacq Desf</i> <i>Searsia pentahylla jacq F.A barkley</i>	PH	LV	Méd-Occiden
	<i>Pistacia atlantica Desf</i>	PH	LV	Méd.
Apiacees	<i>Daucus carota subsp.maximus Desf. Batt</i>	HE	HV	Méd.
	<i>Eryngium maritimum L.</i>	HE	HV	Eur-Méd.
	<i>Farula communis L.</i>	HE	HV	Méd.
Arecacees (Palmacees)	<i>Chamaerops humilis var. Argentea Andre incl in C. Humilis</i>	CH	LV	W. Méd.
Aristolochiacees	<i>Aristolochia longa subsp paucinervis Pomel batt</i>	GE	HA	Méd.
asteraceae	<i>Atractylis polycephala Coss.</i>	HE	HA	End-alg-Mar
	<i>Calendula arvensis (vaill.).l</i>	TH	HA	Sub-Méd.
	<i>Centaurea pullata</i>	TH	HA	Méd.
	<i>Centaurea sphaerocephala</i>	TH	HA	Méd.
	<i>Chrysanthemum coronarium L.</i> <i>Glebionis coronaria L.</i>	HE	HA	Méd.
	<i>Chrysanthemum grandiflorum (Desf.) Batt , incl in plaginus grandis (L)</i>	HE	HV	End.
	<i>Chrysanthemum segetum L</i> <i>Glebionis segetum (L).. Fourn.</i>	HE	HA	Sub- cosmop.
	<i>Cichorium intybus L.</i>	HE	HV	Méd.
	<i>Conyza naudinii Bonnet iixzl. K-rigeron sumdrensis Retz</i>	TH	HA	Naturalise

Résultats et discussion

	<i>Helichrysum stoechas</i> (L.) <i>Moeaeh</i>	CH	HV	W. Méd.
	<i>Inula crithmoides</i> L. = <i>Limbarda crithmoijes</i> L. <i>Dumort</i>	HE	HV	Haloph-Méd Atl.
	<i>Leucanthemum paludosum</i> {Poir.} <i>Pomel</i> = <i>Mauranthemum</i> . <i>Paludosum</i>	TH	HA	Ibéro-Maur.
	<i>Pallenis spinosa</i> L. Cass	CH	HV	Eur-Méd.
	<i>Picris echioides</i> L= <i>Helminthotheca Echioides</i> <i>L. Holub</i>	TH	HA	EuryMéd.
	<i>Reichardia tingitana</i> (L.) <i>Roth</i>	TH	HA	Ibéro-Mar.
	<i>Scolymus hispanicus</i> L.	HE	HV	Méd.
	<i>Senecio vulgaris</i> L.	TH	HA	Sub- cosmop.
	<i>Sonchus asper</i> (L.) Hill = S. <i>Oleraceus var. Asper</i> L.	TH	HA	Cosmop.
	<i>Taraxacum officinale</i> aggr. [sect. <i>Ruderalia</i>]	HE	HV	Eur-Méd.
	<i>Xanthium italicum</i> <i>Moretti</i> = <i>X. Orientale</i> subsp. <i>Italicum</i> (Moretti) Greuter	TH	HA	Naturalisé.
Boraginaceae	<i>Cynoglossum cheirifolium</i> L.	TH	HA	Méd.
	<i>Echium vulgare</i> L.	HE	HA	Méd.
brassicaceae	<i>Cakile aegyptiaca</i> (L.) <i>Maire et Weiller</i> = <i>Akile</i> <i>maritima</i> Scop	TH	HA	Eur-Méd.
	<i>Raphanus raphanistrum</i> L.	TH	HA	Méd.
Chenopodiaceae	<i>Atriplex halimus</i> L.	CH	LV	Cosmop.
Convulvulaceae	<i>Convolvulus althaeoides</i> L.	TH	HA	Méd.
	<i>Convolvulus tricolor</i> L.	TH	HA	Eur-Méd.
CUPRESSACE AE	<i>Juniperus phoenicea</i> L.	PH	LV	Circum-med
Ephedraceae	<i>Ephedra fragilis</i>	Ch	H.v	Macar-Med
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia peplus</i> L.	TH	HA	Med-atl
	<i>Anthyllis cytisoides</i> L.	CH	HV	W. Med
	<i>Anthyllis tetrahylla</i> L.	TH	HA	Méd.
	<i>Calicotome intermedia</i>	CH	LV	Méd.

Résultats et discussion

Fabaceae	<i>(Salzm.) C. Presl = Calicotome villosa var. Intermedia (C. Presl) Ball</i>			
	<i>Ceratonia siliqua L(cesalpinacées)</i>	PH	LV	Méd.
	<i>Caronilla scorpioides L.W.D .J.Koch</i>	TH	HA	Méd.
	<i>Lotus edulis L</i>	TH	HA	Méd.
	<i>Onanis natrix L.</i>	TH	HA	Méd.
geraniaceae	<i>Erodium moschatum (L.) L'Hér.</i>	TH	HA	Eur-Méd.
Iridaceae	<i>Gladiolus ilalicus Mill.</i>	GE	HV	Méd.
Juncaceae	<i>Juncus maritimus Lam.</i>	GE	HV	Subcosm
Lamiacée	<i>Lavandula dentata L. [W. Médit., absent Tunisie, introd. Macaron.</i>	CH	LV	W.Méd.
	<i>Lavandula multifida l.</i>	CH	LV	Méd.
	<i>Sideritis montana L</i>	HE	HA	Méd.
	<i>Thymus ciliatus (Desf.) Benth. [nom. Illeg.l non Lam., incl. In T. Inunbyanus subsp. Ciliatus (Desf.)</i>	CH	LV	End.N .A.
Liliaceae	<i>Asphodelus microcarpus Viv., incl. In Asphodelus ramosus L.</i>	GE	HV	Canar.Méd.
	<i>Aspara stipularis L.</i>	GE	HV	Macar-Méd.
Malvaceae	<i>Malva sylvestris L.</i>	TH	HA	Euras.
	<i>Lavatera marilima Gouan, incl. In Malva subovata (DC.) Molero & J.M. Monts.</i>	CH	LV	W.Méd.
Oleaceae	<i>Olea europea subsp. Eurpaea Olea europea subsp. Oleaster</i>	PH	LV	Méd.
	<i>Phillyrea angustifolia L.</i>	PH	LV	Méd.

Résultats et discussion

Oxalidaceae	<i>Oxalis pes-caprae</i> L.	TH	HA	Eur-Méd.
Pinaceae	<i>Pinus halepensis</i> Mill	PH	LV	Méd.
Plantaginaceae	<i>Plantago albicans</i> L.	TH	HA	Méd.
	<i>Plantago coronopus</i> L.	TH	HA	Euras.
	<i>Plantago lagopus</i> L.	TH	HA	Méd.
	<i>Plantago psyllium</i> L. [nom. Illeg.l, incl in <i>P.</i> <i>Afra</i> L.	TH	HA	Sud-Méd.
Poaceae	<i>Brachypodium distachyum</i> (L.) P. <i>Beauv. E Trachynia</i> <i>distachya</i> (L.) Link	TH	HA	Paléo-Subtrop.
	<i>Anisantha madritensis</i> (L.) Nevski = <i>Bromus</i> <i>madritensis</i> L.	TH	HA	Eur.-Méd.
	<i>Anisantha rubens</i> (L.) Nevski <i>Bromus rubens</i> L	TH	HA	Paléo-Subtrop.
	<i>Cynodon dactylon</i> L. Pers.	GE	HV	Thermocosmo
	<i>Hordeum murinum</i> L	TH	HA	Circumbor.
	<i>Phragmites communis</i> Trin, incl .In p. <i>australis</i> <i>subsp.altissima</i> (Bentch) <i>clayton</i>	GE	HV	Circumbor
Polygonaceae	<i>Polygonum aviculare</i> L.	TH	HA	Paléosubtropica le.
	<i>Polygonum maritimum</i> L.	GE	HV	Cosmop.

Résultats et discussion

	<i>Rumex bucephalophorus</i> L.	TH	HA	Méd.
Primulaceae	<i>Anagallis arvensis</i> L.= <i>Lysimachia arvensis</i> (L)U.Manns & Anderh.	TH	HA	Sub- cosmop.
Renonculaceae	<i>Ranunculus repens</i> .L.	HE	HA	Paléo-Temps.
Rutaceae	<i>Ruta chalepensis</i> L.	CH	HV	Méd.
Santa laceae	<i>Osyris lanceolata</i> Hochst. & Steud.. <i>Osyris</i> <i>quadripartita</i> Salzm. Ex Decne.	PH	LV	Ibéro-Maur.
Serofulariaceae	<i>Bellardia trixago</i> (L) All. = <i>Bartsia trixago</i> L	TH	HA	Méd.
	<i>Verbascum</i> L.	HE	HV	Méd.
Solanaceae	<i>Wilhania frutescens</i> L. Pa	Ph	LV	Ibéro-Mar.
Tamaricaceae	<i>Tamarix gallica</i> L.	PH	LV	Naturalisé.
Thymeleaceae	<i>Daphne gnidium</i> L.	CH	HA	Euras.
	<i>Thymelaea</i> <i>hirsuta</i> (L.)ENDL	TH	HA	Méd.
Valeriaceae	<i>Fedia cornucopiae</i> (L.) Gaertn.	TH	HA	Méd.

Résultats et discussion

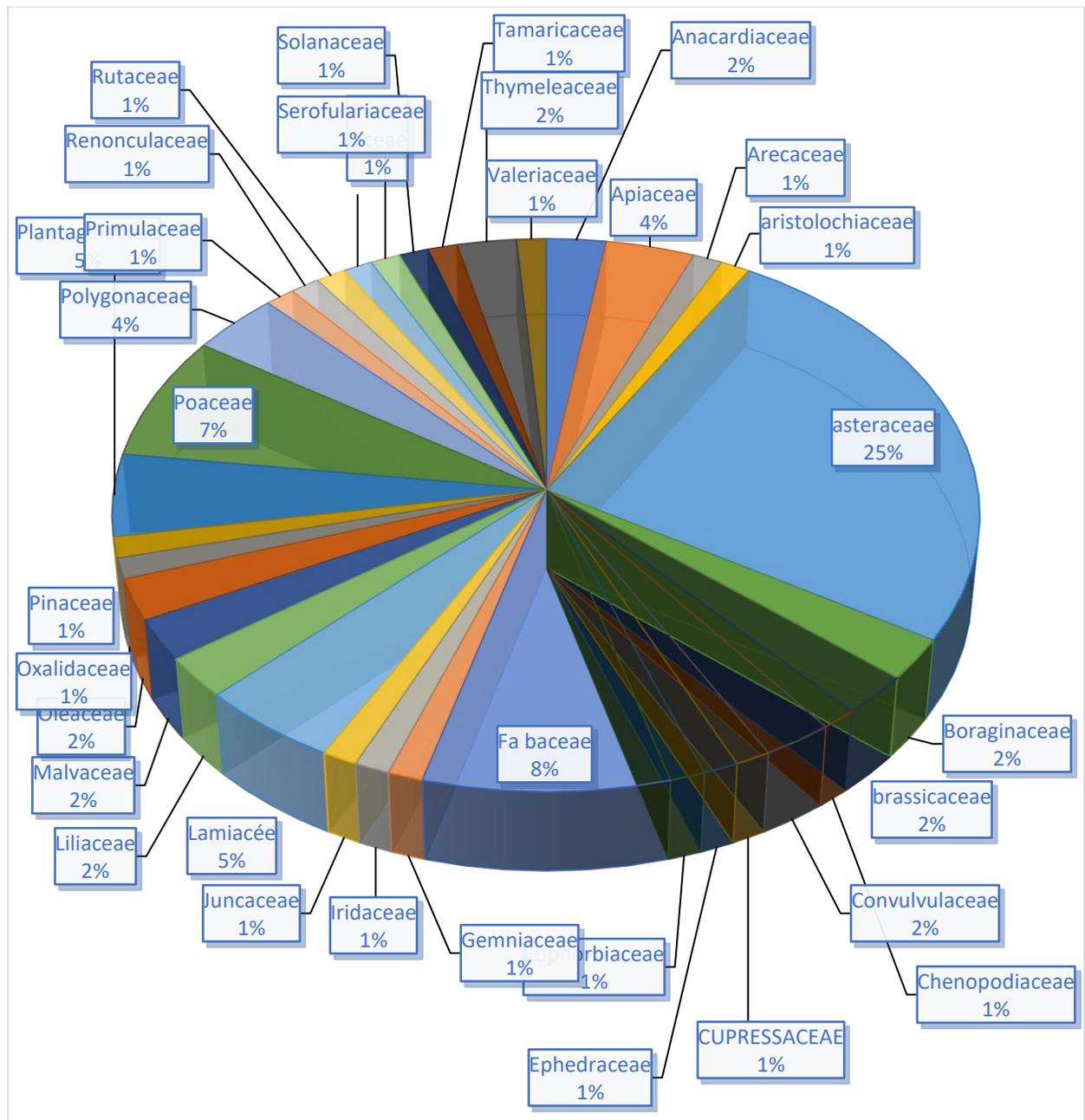


Fig.13 : Répartition par familles dans la station de Rachgoun

Le cortège floristique dans la station de Rachgoun comporte 24 familles avec la dominance des Astéracées avec un pourcentage de (25%), suivie Fabacée avec (8%) et des poacées au (7%), les autres familles ont le même nombre avec un taux très faible.

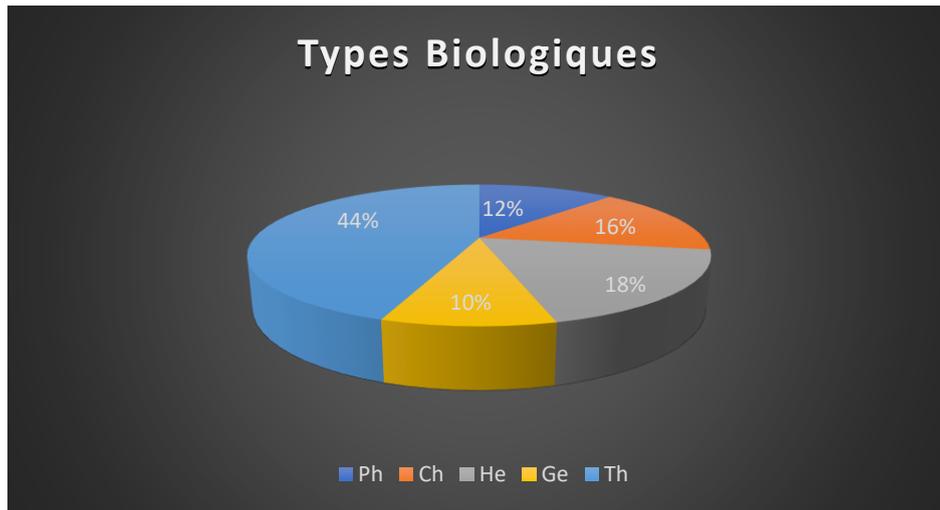


Fig 14. : Types biologiques du cortège floristique de la station de Rachgoune

Comme les types biologiques sont conditionnés par les facteurs du milieu, c'est la dominance de l'un ou l'autre qui permet de donner le nom à la formation végétale.

Le dénombrement des espèces par types biologiques est effectué sur la totalité des espèces inventoriées dans notre station.

La répartition des types biologiques de la station d'étude suit le schéma suivant :

*Station de Rechgoune présente le type :TH>HE>CH>PH>GE.

Dans cette station, les Thérophytes sont les mieux représentés avec un pourcentage de 44%, les Hémicryptophytes 18 %, les Géophytes 16% , les phanérophyte 12 % et enfin les géophytes 10%. Plusieurs auteurs dont Raunkiaer, (1904), Daget, (1980), Floret et al, (1990), ont traité les relations qui mettent en évidence les dépendances entre la distribution des types biologiques, et les facteurs de l'environnement notamment le climat (précipitations et températures) et d'autres facteurs comme l'altitude et la nature du substrat.

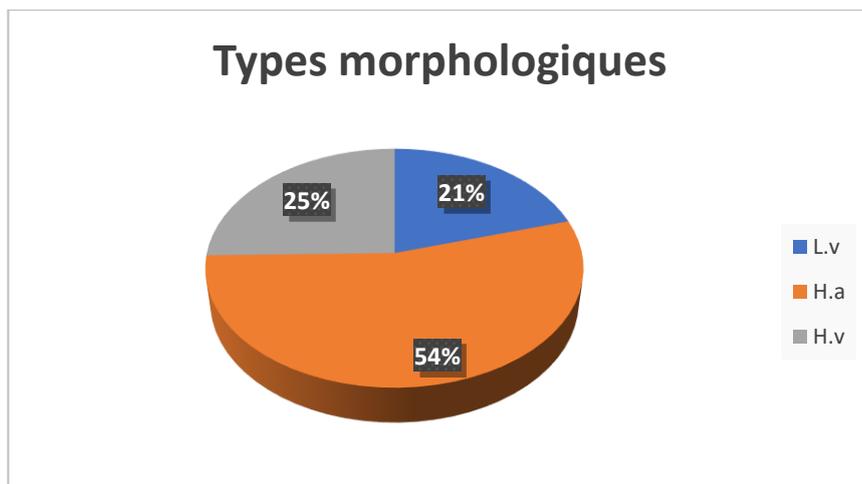


Fig.15 : Pourcentage des types morphologiques de la station de Rachgoune

Nous remarquons dans cette station une dominance des herbacées annuelles avec un pourcentage de 54%, suivi des herbacées vivaces avec un pourcentage de 25% et enfin 21 % pour les ligneux vivaces.

Résultats et discussion

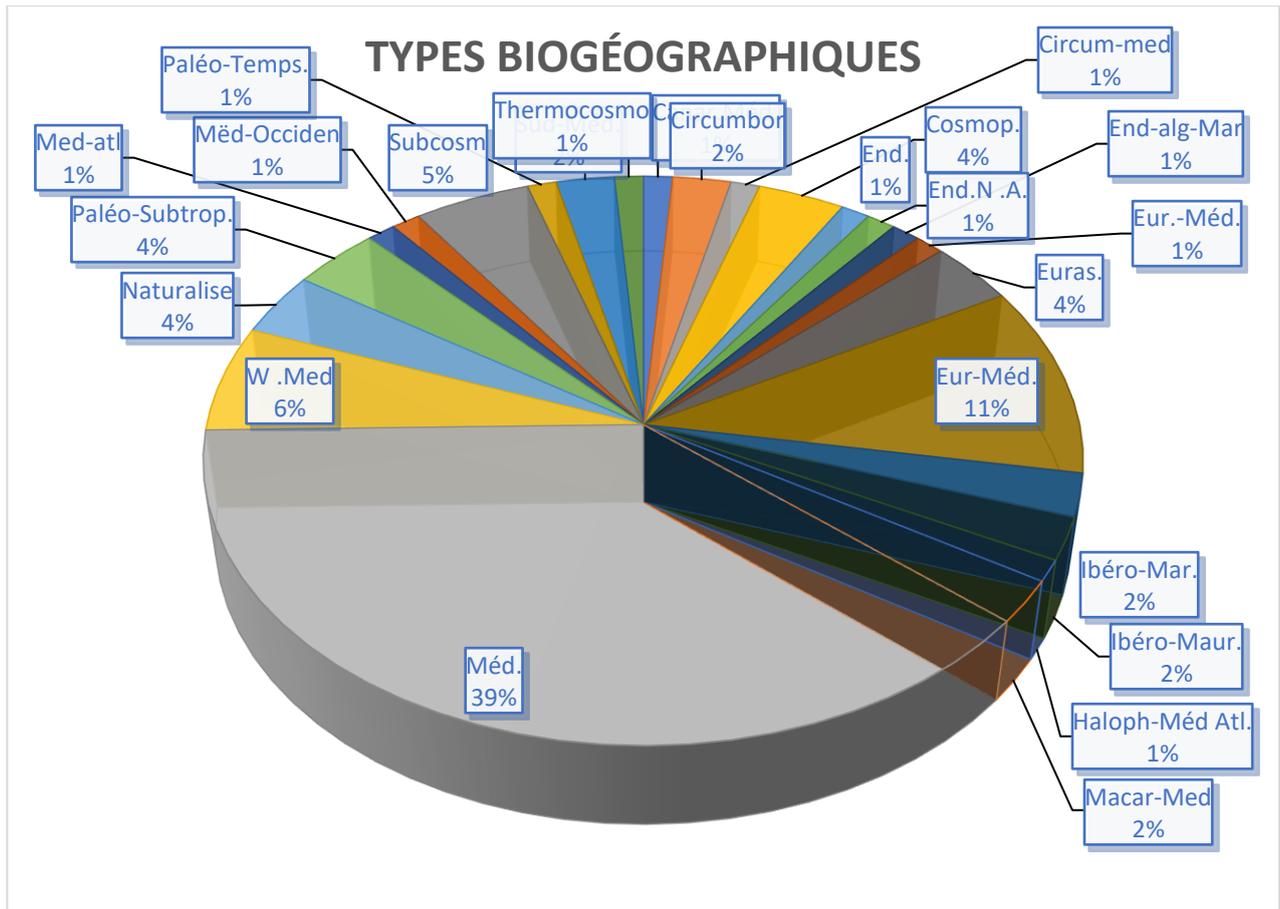


Fig 16 : Pourcentage des types biogéographiques dans la station de Rachgoune

La figure ci-dessus montre la prédominance des espèces de type biogéographique méditerranéen avec un pourcentage de 39 %, suivie par le type EUR-Méd avec un pourcentage 11, et W-Méd avec un pourcentage de 6% Et les autres éléments restent relativement faible.

La richesse spécifique de la station de Rachgoune : 24
Nombre totale des espèces : 83

Tableau 13. Résultat des indices biologiques de la zone d'étude.

	Ni	N	PI	PI2	;-pi (log)2pi
Anacardiaceae	2	83	0,02409639	0,00058064	0,12951902
Apiaceae	3	83	0,03614458	0,00130643	0,17313531
Arecaceae	1	83	0,01204819	0,00014516	0,0768077
aristolochiaceae	1	83	0,01204819	0,00014516	0,0768077
asteraceae	21	83	0,25301205	0,0640151	0,50165256
Boraginaceae	2	83	0,02409639	0,00058064	0,12951902
brassicaceae	2	83	0,02409639	0,00058064	0,12951902
Chenopodiaceae	1	83	0,01204819	0,00014516	0,0768077
Convulvulaceae	2	83	0,02409639	0,00058064	0,12951902
CUPRESSACEAE	1	83	0,01204819	0,00014516	0,0768077
Ephedraceae	1	83	0,01204819	0,00014516	0,0768077
Euphorbiaceae	1	83	0,01204819	0,00014516	0,0768077
Fa baceae	7	83	0,08433735	0,00711279	0,30088906

Résultats et discussion

Gemniaceae	1	83	0,01204819	0,00014516	0,0768077
Iridaceae	1	83	0,01204819	0,00014516	0,0768077
Juncaceae	1	83	0,01204819	0,00014516	0,0768077
Lamiacée	4	83	0,04819277	0,00232254	0,21084527
Liliaceae	2	83	0,02409639	0,00058064	0,12951902
Malvaceae	2	83	0,02409639	0,00058064	0,12951902
Oleaceae	2	83	0,02409639	0,00058064	0,12951902
Oxalidaceae	1	83	0,01204819	0,00014516	0,0768077
Pinaceae	1	83	0,01204819	0,00014516	0,0768077
Plantaginaceae	4	83	0,04819277	0,00232254	0,21084527
Poaceae	6	83	0,07228916	0,00522572	0,27398146
Polygonaceae	3	83	0,03614458	0,00130643	0,17313531
Primulaceae	1	83	0,01204819	0,00014516	0,0768077
Renonculaceae	1	83	0,01204819	0,00014516	0,0768077
Rutaceae	1	83	0,01204819	0,00014516	0,0768077
Santalaceae	1	83	0,01204819	0,00014516	0,0768077
Serofulariaceae	1	83	0,01204819	0,00014516	0,0768077
Solanaceae	1	83	0,01204819	0,00014516	0,0768077
Tamaricaceae	1	83	0,01204819	0,00014516	0,0768077
Thymeleaceae	2	83	0,02409639	0,00058064	0,12951902
Valeriaceae	1	83	0,01204819	0,00014516	0,0768077
			1	0,09101466	4,3399828

$H' = 5 > 4,3399828 > 4$: on peut dire que la diversité dans ce site est élevée

Indice de diversité de Margalef

$$Mg = S - 1 / \ln N$$

$$Mg = 5,20$$

L'équitabilité de Piélou (E):

$$E = H' / \log_2 S$$

$$E = 0,946$$

L'équitabilité de piélou est presque 1 alors les espèces ont la même abondance, le peuplement est dit peuplement régulier.

Indice de Simpson (D) :

L'indice de Simpson mesure la probabilité que deux individus sélectionnés au hasard appartiennent à la même espèce

$$IS = 1 / \sum P_i^2$$

$$IS = 10,989$$

L'indice de Simpson est souvent accompagné de l'indice d'équitabilité noté comme suite :

$$ES = (IS - 1) / (S - 1)$$

$$ES = 0,43$$

On peut dire que les différences d'abondance des individus entre chaque espèce sont élevées

Indice de perturbation de Loisel et Gomila (IP) et le spectre biologique net

IP = nombre de chaméphyte + nombre de thérophyte / nombre total des espèces

$$Ip = 0,60$$

Conclusion

L'étude floristique de la région de Tlemcen montre une phytodiversité assez élevée, influencée par de nombreuses contraintes écologiques. D'après **Hellal (1988)**, la sécheresse et le prélèvement des espèces palatables engendrent une phytodynamique régressive.

Du point de vue morphologique, les formations végétales de la zone d'étude les espèces herbacées annuelles qui sont les dominantes. Du point de vue phytogéographique, l'élément méditerranéen est le plus dominant. On remarque aussi que la proportion des strates arborées diminue tandis que les strates herbacées annuelles s'accroissent.

Le calcul de l'indice de perturbation est proportionnel à la dominance des espèces thérophytiques, liée à l'invasion de ces espèces annuelles, disséminées par les troupeaux dans toute la zone d'étude.

L'anthropisation intense que subissent ces formations végétales dans la zone d'étude se traduit par un envahissement des thérophytes principalement. À partir des résultats obtenus, nous pouvons conclure que l'ensemble des formations étudiées se caractérise par une dominance des thérophytes. (Barka,2017).

Les indices de biodiversité ont été calculés pour donner l'état de la biodiversité de l'espèce dans la zone d'étude ; Les résultats obtenus sur les indices de diversité calculés par Shannon associé à l'indice d'équitabilité, est réalisé sur la liste globale des espèces. Il permet d'avoir une meilleure idée sur l'état de la diversité biologique de notre écosystème. Plus le milieu est ouvert, plus il est sensible au facteur de dégradation.

Les indices de diversité cités ci-dessus et calculés, nous ont permis de retenir les points suivants : La station Rechgoun est riche et diversifiée du point de vu richesse spécifique (S) et nombre total d'espèce (N).

L'abondance relative de chaque espèce est assez élevée avec $H = 4.3$, et que leur répartition est régulière et équilibrée vu que l'équitabilité de Pielou est de l'ordre de 0,9.

Le nombre effectif des individus très abondants est retenu grâce à son chiffre qui est élevé ($I_s = 11$), et les différences d'abondance des individus entre chaque espèce sont fortes au niveau de la station Rechgoun ($E_s = 0,43$).

*L'indice de Margalef montre bien que chaque individu appartient à une espèce différente, dans la station de Rachgoung à $mg = 5,204$.

CHAPITRE V : ETUDE PHYTOCHIMIQUE

Introduction

- Les plantes médicinales sont des sources inestimables de composés bioactifs. Raison pour laquelle elles ont été à la base du traitement de diverses maladies en médecine traditionnelle africaine ainsi que d'autres formes de traitement provenant de diverses cultures du monde. Environ 80% de la population mondiale dépend de la médecine traditionnelle ou à base de plantes pour le traitement des maladies, principalement en Afrique et dans d'autres pays en développement (**Okoye et al., 2014**).
- Des références ont affirmé que l'*Ephedra fragilis* (figure) (Gnetopsida, thé Mormon, Ma Huang) est d'origine asiatique et qu'elle possède plusieurs effets médicinaux Attard, E., et Vella, K. (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(**Rodríguez-Pérez , Larrinaga , et Santamaría, 2012**).



Figure 17 : *Ephedra fragilis* (Dib Amine 2022)

- Les maladies inflammatoires chroniques demeurent un des problèmes majeurs de santé publique. De nos jours, des médicaments anti-inflammatoires Stéroïdiens (AIS) et Non Stéroïdiens (AINS) sont employées dans le soulagement de l'inflammation. Les AIS ont une efficacité évidente dans le traitement des maladies inflammatoires, mais en raison de leur toxicité, ils ne peuvent être administrés à longue durée. L'utilisation prolongée des AINS est également associée à des effets secondaires graves, notamment l'hémorragie gastro-intestinale. Il s'impose alors un besoin de développer de nouveaux agents antiinflammatoires avec des effets secondaires minimum **Gaziano , Gibson (2006) ; Sawadogo, Lompo, Guissou, et Nacoulma, (2008) et Jaradat, Al-Masri, Hussen, , Zaid, Ali, Tammam, et Rajabi, (2017).**

- L'orthopoxvirose simienne, ou "variole du singe", est une zoonose virale rare (virus transmis à l'être humain par les animaux) que l'on observe principalement dans les zones isolées du centre et de l'ouest de l'Afrique, à proximité des forêts tropicales humides" indique l'OMS. On parle de la variole du "singe" car le virus a été découvert en 1958 chez des singes de laboratoire à Copenhague mais "c'est une erreur de dire cela car c'est plutôt un virus variolique hébergé par des rongeurs comme les écureuils et les gros rats d'Afrique comme le rat de Gambie" nous explique le Pr Jeanne Brugère-Pi juincoux. "Ce virus ressemble à celui de la variole sur le plan clinique mais le monkeypox est dû à un poxvirus différent du virus de la variole" explique l'OMS. Le premier cas humain a été détecté en 1970, en République démocratique du Congo chez un enfant vivant dans une région où la variole avait été éliminée depuis 1968. On connaît deux souches de variole du singe:
 - La souche Congo ou souche d'Afrique centrale (la plus virulente)
 - La souche d'Afrique occidentale (moins virulente qui semble être celle retrouvée dans les cas actuels)

La présente étude vise à contribuer à la valorisation de notre 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 la maladie de la variole des singes.
- Evaluation de l'activité anti-inflammatoire

- 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).**

Pour ce faire nous avons utilisé Les méthodes de calculs théorique qui sont regroupées sous le nom de modélisation moléculaire et plus précisément le Docking moléculaire, ces méthodes ont rapidement investi dans le domaine de la recherche biologique, et cela est grâce au développement et l'amélioration des outils informatique et aussi à l'élucidation structures tridimensionnelle des protéines impliquées dans de nombreuses pathologies (**Benmadani , 2020).**

- 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 MOE. (**Ihab, 2020**).

Actuellement, il existe plusieurs programmes de docking moléculaire, leur protocole se fait en deux étapes complémentaires :

*La première (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.

*La deuxième (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**).

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 « MOE » en suivant le protocole dessous :

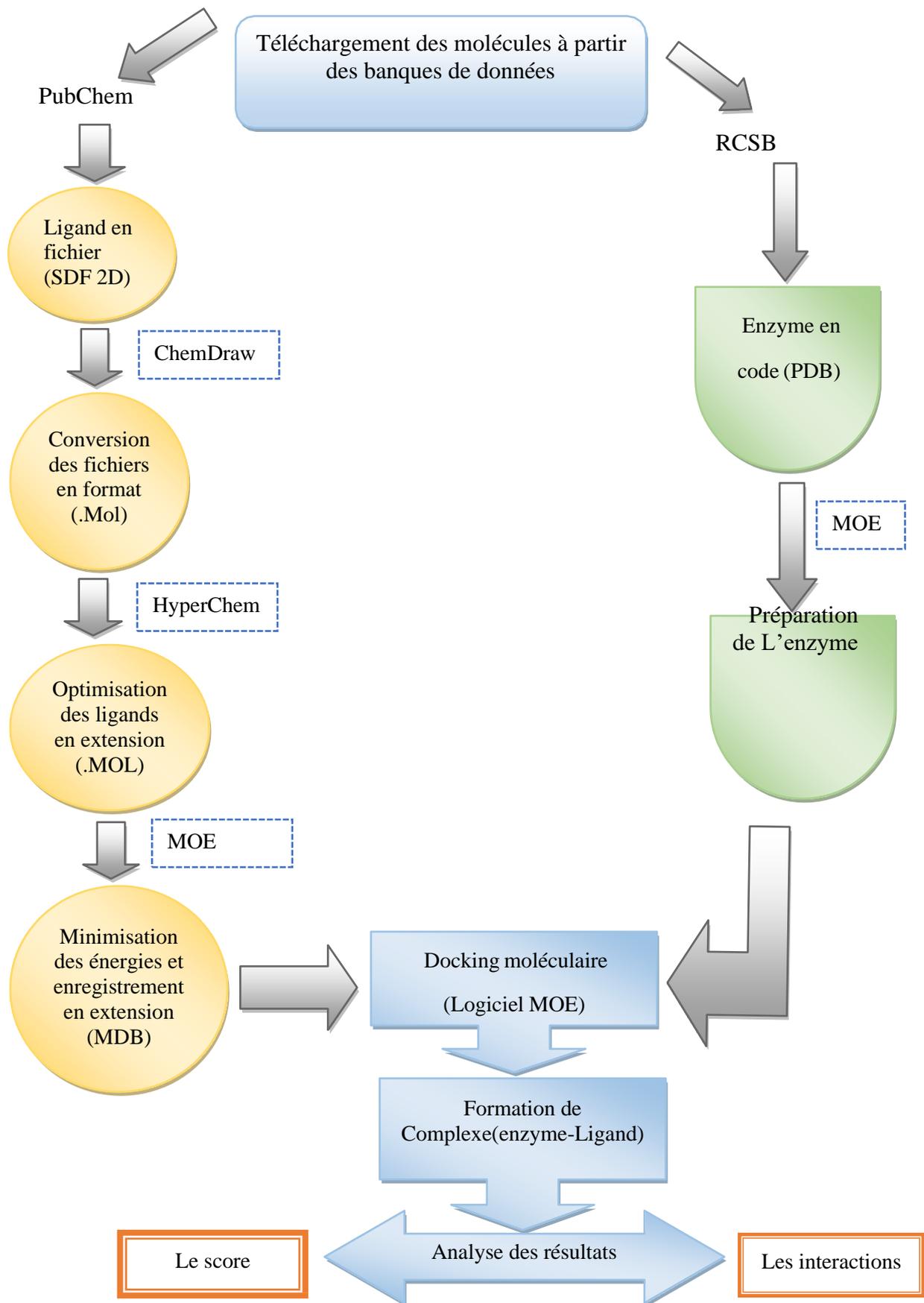


Figure18. Protocole de la préparation des molécule (Docking moléculaire)

III-2-1 Généralités sur les enzymes

- L'enzyme est une protéine qui présente des propriétés de catalyse spécifiques des réactions chimiques du métabolisme des êtres vivants qui la produisent, donc, elle agit à faibles concentrations, et accentue la vitesse des réactions chimiques, sans en changer le résultat, sans transformer la structure de l'enzyme à la fin de la réaction (Raisonnier, 2003).
- Généralement 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**).

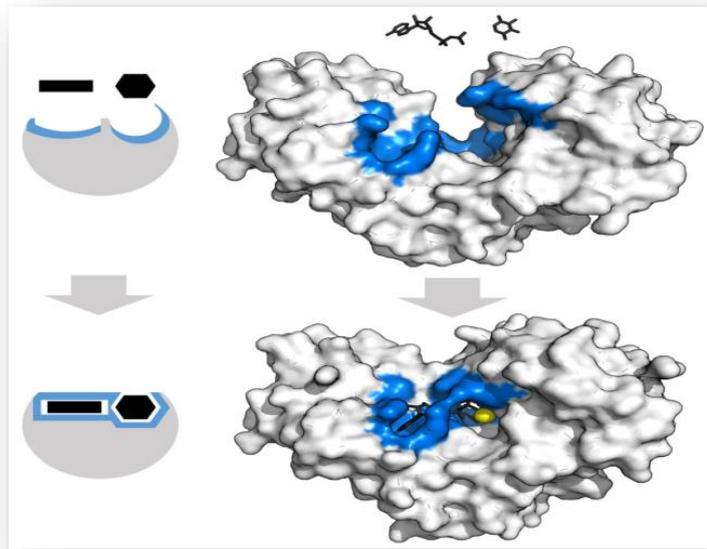


Figure19. Site actif des enzymes [Web4].

Présentation de la protéine A20

Toutes ces considérations autour de ces protéines nous laissent à penser que la protéine A20 joue un rôle pivot dans la réplication du virus. Très peu de données sont disponibles sur cette protéine qui ne possède aucune activité enzymatique connue. Le gène de cette protéine est transcrit de façon précoce après infection (Ishii and Moss 2001). A température nonpermissive, des mutants thermosensibles entraînent des défauts dans l'accumulation de l'ADN et une perte de processivité de la polymérase virale (Punjabi, Boyle et al. 2001). Ces résultats, combinés au fait que la protéine soit capable d'interagir avec de multiples partenaires essentiels à la réplication du virus, nous permettent d'émettre l'hypothèse que A20 est impliquée dans l'assemblage du complexe de réplication (figure 9). La protéine A20 constitue donc une cible particulièrement pertinente pour le développement d'inhibiteurs de la réplication virale.

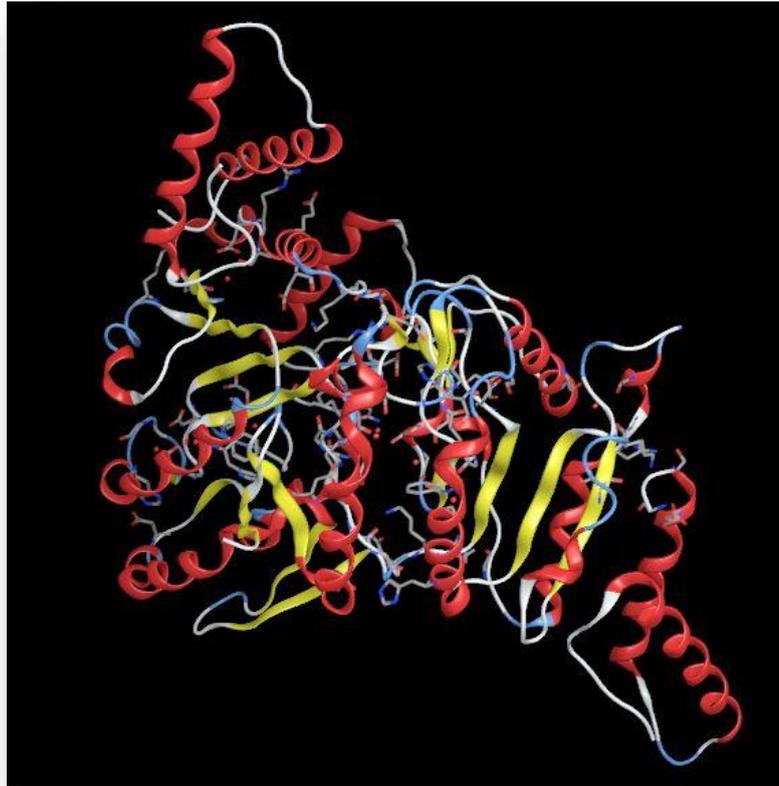


Figure 20 : Structure 3D Structure cristalline de la sous-unité D4 de l'holoenzyme de l'ADN polymérase du virus de la vaccine en complexe avec l'enzyme A20 (PDB ID : 4OD8). La structure a été tirée du serveur en ligne de la Protein Data Bank (<https://www.rcsb.org/>) et du Molecular Operating Environment (MOE).

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 [1.5-2.5] Å a une très bonne qualité pour les études Clément G., Slenzka K (2006) et Didierjean C., Tête-Favier F., (2016).

Dans notre étude, nous avons téléchargé la protéine A20 des Orthopoxvirus Comme Cible Pertinente D'aptamères Peptidiques et de Composés Chimiques Sous Le Code D'accès 4OD8 à partir de la banque de données *Protein data bank* avec une résolution de 1.85 Å qui fait partie de l'intervalle [1.5-2.5] Å.

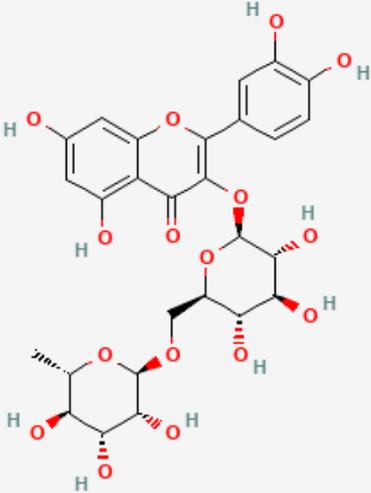
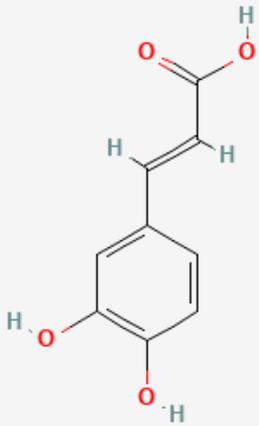
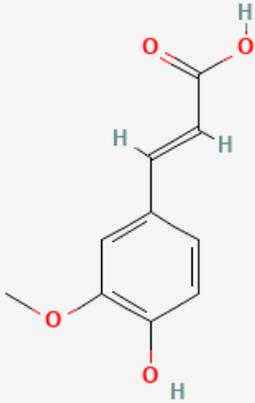
Présentation des ligands (inhibiteurs)

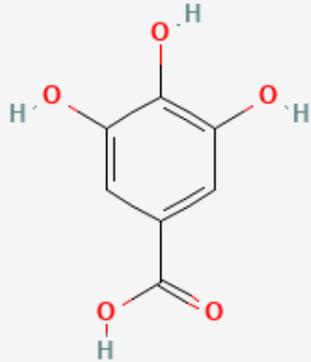
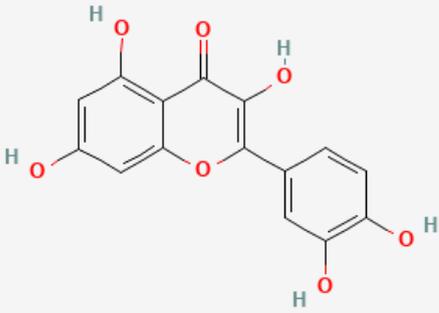
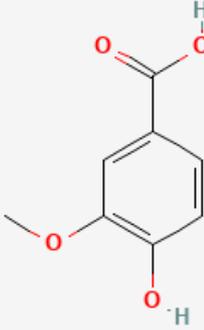
Les inhibiteurs sont toutes molécules qui diminuent voir arrêté la réaction enzymatique (Loussert R.1989).

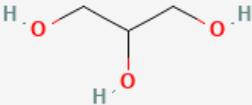
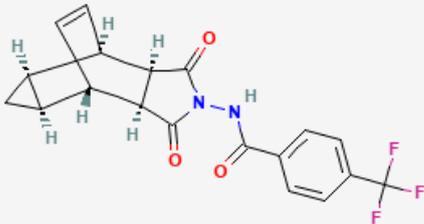
Notre travail consiste à étudier l'interaction de la protéine A20 avec une série de molécules extraites à partir des huiles essentielles de l'*E. fragilis*.

Selon une étude de (Guenaou et., *al*), rutine, quercétine, acide férulique, acide gallique, acide caféique, acide gallique et acide caféique ont été identifiés comme présents dans les parties aériennes de l'*E. fragilis*.

Tableau 14. Structure et informations sur les composés identifiés dans *E. fragilis*. Les structures de ligands ont été extraites du serveur PubChem (www.pubchem.ncbi.nlm.nih.gov).

Compound name	Informations	Chemical Structure
Rutin	MW: 610.5 g/mol MF: C ₂₇ H ₃₀ O ₁₆ H-bound donor: 10 H-bound acceptor: 16 PubChem ID: CID 5280805	
Caffeic acid	MW: 180.16 g/mol MF: C ₉ H ₈ O ₄ H-bound donor: 3 H-bound acceptor: 4 PubChem ID: CID 689043	
Ferulic acid	MW: 194.18 g/mol MF: C ₁₀ H ₁₀ O ₄ H-bound donor: 2 H-bound acceptor: 4 PubChem ID: CID 445858	

<p>Galic acid</p>	<p>MW: 170.12 g/mol MF: C₇H₆O₅ H-bound donor: 4 H-bound acceptor: 5 PubChem ID: CID 811292</p>	
<p>Quercetin</p>	<p>MW: 302.23 g/mol MF: C₁₅H₁₀O₇ H-bound donor: 5 H-bound acceptor: 7 PubChem ID: CID 5280343</p>	
<p>Vanillic acid</p>	<p>MW: 168.15 g/mol MF: C₈H₈O₄ H-bound donor: 2 H-bound acceptor: 4 PubChem ID: CID 8468</p>	

<p style="text-align: center;">Glycerol</p> <p style="text-align: center;">(Co-cristallisation ligand)</p>	<p style="text-align: center;">MW: 92.09 g/mol</p> <p style="text-align: center;">MF: C₃H₈O₃</p> <p style="text-align: center;">H-bound donor: 3</p> <p style="text-align: center;">H-bound acceptor: 3</p> <p style="text-align: center;">PubChem ID: CID 753</p>	 <p>The image shows the chemical structure of glycerol, a three-carbon chain with hydroxyl groups at each end. The structure is drawn in a perspective view with red oxygen atoms and white hydrogen atoms.</p>
<p style="text-align: center;">Tecovirimat</p>	<p style="text-align: center;">MW: 376.3 g/mol</p> <p style="text-align: center;">MF: C₁₉H₁₅F₃N₂O₃</p> <p style="text-align: center;">H-bound donor: 1</p> <p style="text-align: center;">H-bound acceptor: 6</p> <p style="text-align: center;">PubChem ID: CID 16124688</p>	 <p>The image shows the chemical structure of tecovirimat, a complex bicyclic molecule with a fluorinated phenyl group. The structure is drawn in a perspective view with blue nitrogen atoms, red oxygen atoms, and pink fluorine atoms.</p>

Résultats

Le tecovirimat (TPOXX® ; ST-246) a été approuvé pour le traitement de la variole symptomatique par l'USFDA en juillet 2018 et a été stocké par le gouvernement américain pour être utilisé dans une variole épidémie. Bien qu'aucun cas de variole n'ait été signalé depuis 1978, il est toujours considéré comme une maladie grave menace bioterroriste.

L'approbation du tecovirimat pour le traitement de la variole représente une étape importante dans la préparation à la biosécurité. L'intégration du tecovirimat dans le plan de réponse à la variole du CDC, le développement de formulations pédiatriques liquides et intraveineuses, et l'approbation de la prophylaxie post-exposition fournissent une prestation supplémentaire de sécurité sanitaire. Le tecovirimat montre une large efficacité contre les orthopoxvirus *in vitro* et *in vivo* et pourrait être développé pour être utilisé contre les orthopoxvirus émergents tels que le monkeypox, la vaccination des événements indésirables et les effets secondaires de la thérapie par le virus oncolytique de la vaccine. (Andrew T. Russo et *al.*, 2021).

Notre travail consiste à effectuer une étude comparative entre ce vaccin avec une série de molécules issues de la plante Ephédra afin de les proposer comme futur traitement contre la variole.

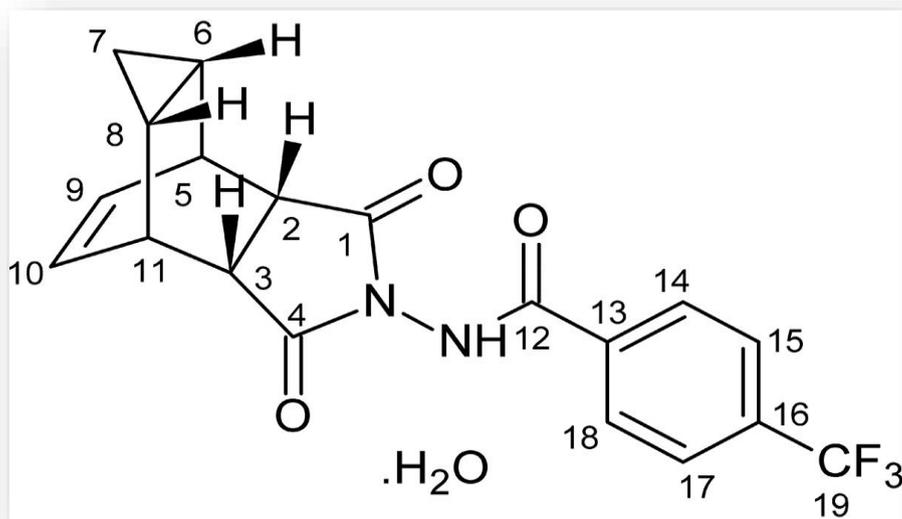


Figure 21 . Structure moléculaire du técovirimat (ST-246 ; 4-trifluorométhyl-N-(3,3a,4,4a,5,5a,6,6a-octahydro-1,3-dioxo-4,6-éthénocycloprop [f]isoindol-2(1 H)-yl)-benzamide) (Yang G, Pevear DC, Davies MH, et al., 2005)

Comparaison entre les différents complexes (4OD8/ligands)

Dans le but de comparer la stabilité des ligands étudiés dans le site actif du 4OD8, 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 15 : Résultats obtenus après le docking.

Names of ligands	SP Docking Score (Binding Energy) (Kcal/mol)	Interacting residues of the target	types of bonds	Distance (Å)	Energies (kcal-mol)
Rutin	-7.63602209	O8- ASP 68 O13 -ASP 162	H-donor H-donor	2.75 2.99	-3.0 -1.1
Tecovirimat	-6.45131588	O5 LYS 131	H-acceptor	3.11	-2.8
Quercetin	-5.39057779	O7 - ASP 68	H-donor	2.86	-2.9
Ferulic acid	-5.1516223	O3-SER 88	H-acceptor	3.35	-2.6
Caffeic acid	-4.90224266	O3- TYR 70 O3- PHE 79 O4- PHE 79	H-acceptor H-acceptor H-acceptor	3.26 3.06 3.00	-1.6 -4.8 -0.9
Galic acid	-4.81214094	O3- ASP 162	H-donor	2.85	-4.8

		O4 - LYS 160 O4 - HIS 181 O5- THR 161	H-acceptor H-acceptor H-acceptor	3.50 3.22 2.91	-0.7 -2.7 -8.0
Vanillic acid	-4.75601959	O2-SER 88	H-donor	2.87	-2.2
Glycerol	-4.35709715	O3 - PHE 49 O1- ASN 120	H-donor H-acceptor	2.72 3.13	-1.8 -1.9

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

**Rutin < Tecovirimat < Quercetin < Ferulic acid < Caffeic acid < Galic acid < Vanillic acid
< Glycerol (Ligand de référence)**

Le Tableau ci-dessus nous permet de conclure que le meilleur score obtenu après le docking est celui du Rutin avec une estimation de **-7.63602209 Kcal/mol**, suivi par le vaccin Tecovirimat avec un score de -6.45131588 Kcal/mol, Cependant, Les valeurs des autres scores montrent que les affinités du Quercetin (-5.39057779 Kcal/mol) et Ferulic acid (-5.1516223 Kcal/mol) sont meilleures et comparables avec celles du ligand de référence(-4.35709715 Kcal/mol) .

D'après ces résultats, on a confirmé l'étude qui a été réalisé récemment et que le Rutin est le meilleur inhibiteur d'A20 par le score obtenu après le docking en comparant avec le vaccin.

Interactions Enzyme-Ligand

Dans cette partie, nous avons présenté les différentes interactions, trouvées pour chaque complexe enzyme-ligand.

Les interactions comprises entre 2.5 Å et 3.1Å sont considérés comme fortes et celles comprise entre 3.1Å et 3.55Å sont supposées moyennes. Les interactions supérieures à 3.55Å sont faibles ou absentes (Imberty A, Hardman K. D, Carver J.P, & Perez S.1991).

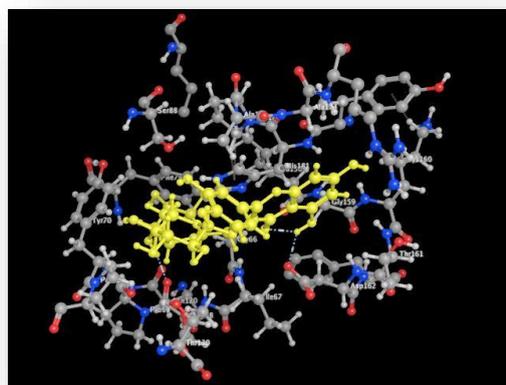
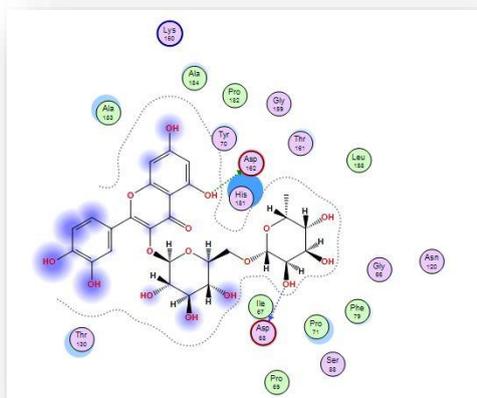


Figure22. Représentations 2D et 3D des meilleures interactions de pose entre les ligands de la rutine et son récepteur

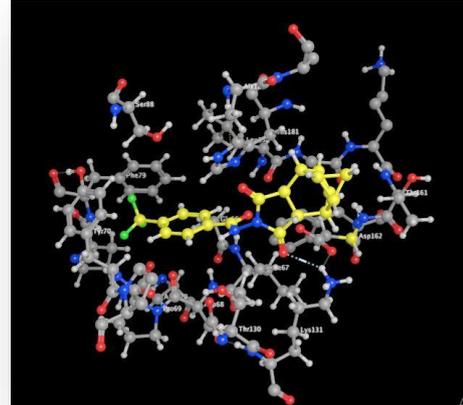
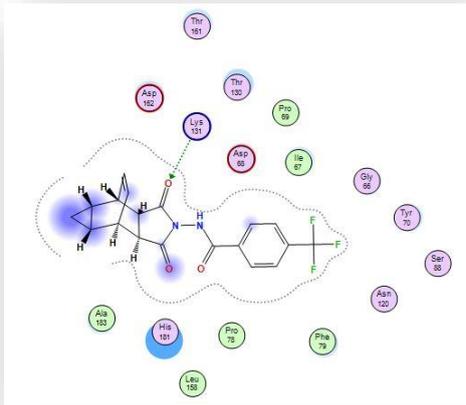


Figure.23 Représentations 2D et 3D des meilleures interactions de pose entre Tecovirimat ligands et son récepteur.

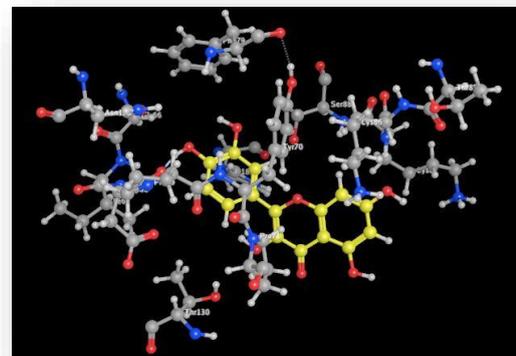
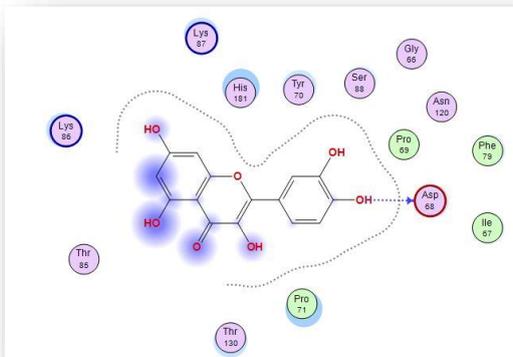


Figure 24. Représentations 2D et 3D des meilleures interactions de pose entre les ligands de la quercétine et son récepteur

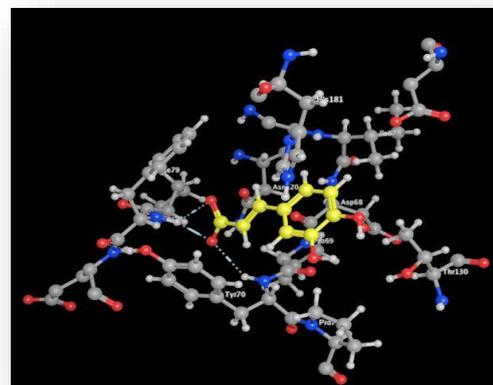
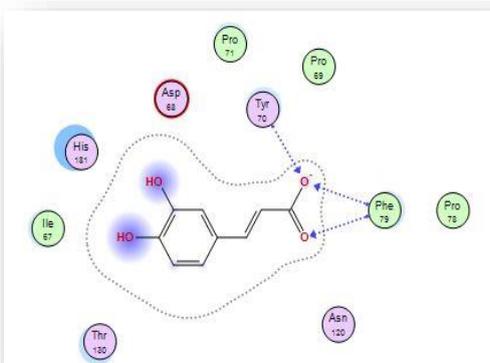


Figure. 25 Représentations 2D&3D des meilleures interactions de pose entre les ligands caféiques et son récepteur.

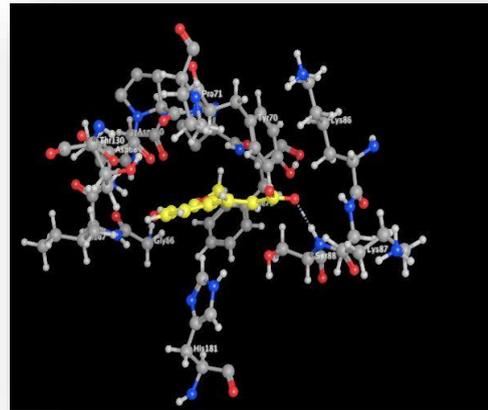
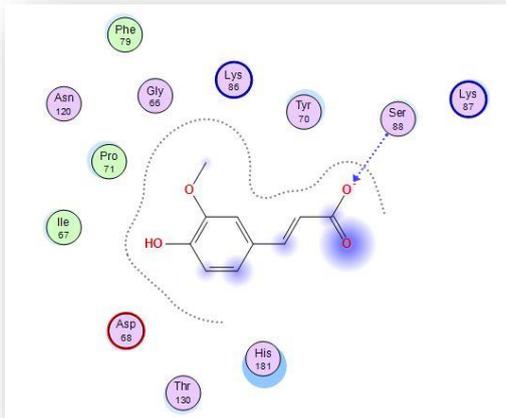


Figure 26. Représentations 2D et 3D des meilleures interactions de pose entre les ligands de l'acide férulique et son récepteur.

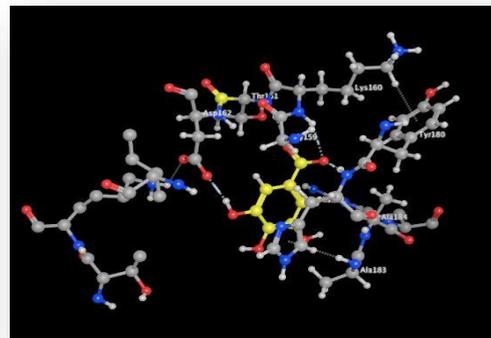
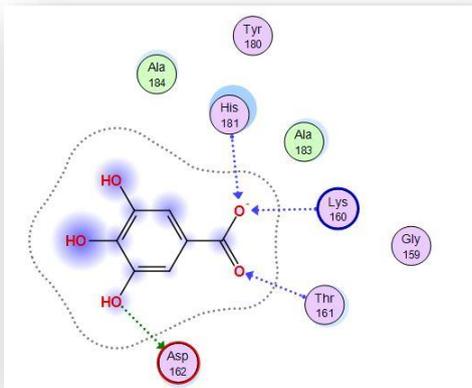


Figure. 27 Représentations 2D et 3D des meilleures interactions de pose entre les ligands de l'acide galique et son récepteur.

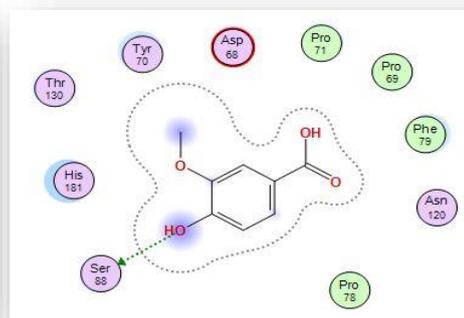
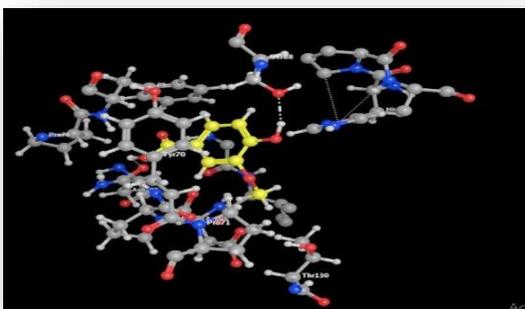


Figure.28 Représentations 2D&3D des meilleures interactions de pose entre les ligands de l'acide vanillique et son récepteur.

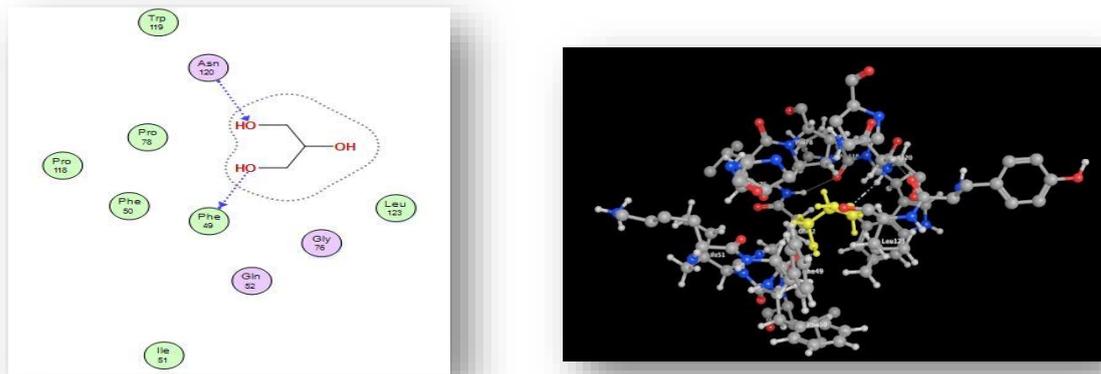


Figure. 29 Représentations 2D&3D des meilleures interactions de pose entre les ligands du Glycérol (Co-cristallisation ligand) et son récepteur.

Conclusion

Notre étude a pour but de tester théoriquement par les méthodes de modélisation moléculaire l'activité inhibitrice de six molécules extraites de la partie aérienne de la plante *Ephedra fragilis* selon leur rendement le plus élevé avec la protéine A20.

Ce chapitre nous ramène à plusieurs résultats, où on a utilisé les méthodes de mécanique moléculaire et le docking moléculaire en formant huit complexes « Enzyme-Ligand ».

D'après ces résultats, il s'avère que le ligand le plus favorisé pour l'inhibition du 4OD8 est le Rutin, car le complexe formé possède un Score (énergie) plus faible (-7.63602209 Kcal/mol) en comparant avec le vaccin 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.

CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES

Conclusion générale et perspectives

L'étude bibliographique nous a permis de connaître les caractères généraux de la famille des éphédracées, qui comprend ce genre, la position ainsi que les caractères généraux de l'espèce (*Ephedra fragilis*) et leurs répartitions géographiques dans le Monde notamment en Oranie (Algérie occidentale). Nous avons donné aussi un aperçu sur les utilisations traditionnelles et l'intérêt médicinal de cette plante. Ce premier chapitre nous a aidé à entamer les autres parties pratiques en ayant un capital d'informations diversifié.

L'étude du milieu physique nous a permis d'avoir des connaissances sur les différents constituants du milieu physique de la région de Tlemcen et la station d'étude qui abrite les peuplements à *Ephedra*. Il donne une caractérisation générale sur la géologie de Tlemcen qui se place sur un arc géologique du jurassique supérieur, un réseau hydrologique très important représenté par le bassin versant de la Tafna, en plus une structure des sols diversifiée selon les caractères du substrat des grands quatre secteurs du littoral jusqu'à la steppe.

Le climat de la région pour la station météorologique choisie est de type méditerranéen, avec un étage bioclimatique bien distinct qui est le semi-aride supérieur, caractérisé par deux périodes : Une période pluvieuse qui s'étend de la moitié d'Octobre jusqu'à la moitié du mois Mai et Une période sèche du début de Mai 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. Les quatre stations d'étude sont caractérisées par un régime saisonnier HAPE. Le mois le plus froid est généralement Janvier et le plus chaud juillet. Le Climagramme d'Emberger montre que la station météorologique choisie se situe sous bioclimat semi-aride supérieur. Ces conditions bioclimatiques ont un impact significatif sur le développement des peuplements à *ephedra* dans les différentes stations.

La végétation de notre station d'étude la dominance des Astéracées avec un pourcentage de (25%), suivie Fabacée avec (8%) et des poacées au (7%), les autres familles ont le même nombre avec un taux très faible. L'analyse des spectres biologiques, révèle la dominance des Thérophytes dans la station, cette thérophytisation est confirmée par le taux élevé de l'indice de perturbation qui est 0.6 Dans notre situation. Les espèces herbacées annuelles sont les dominantes avec un pourcentage de 54%. Du point de vue chorologique, le pourcentage des taxons à répartition méditerranéenne est assez élevé 39% pour notre station d'étude, ensuite viennent Euro-méditerranéenne 11%.

Et en conclusion après utilisation mécanique moléculaire et le Docking moléculaire nous ramène à plusieurs résultats, en formant huit complexes « Enzyme-Ligand ». et on a trouvé que le ligand le plus favorisé pour l'inhibition du 4OD8 est le Rutin, car le complexe formé possède un Score (énergie) plus faible (-7.63602209 Kcal/mol) en comparant avec le vaccin 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 perspective nous souhaitons élargir notre étude sur deux autres espèces du genre éphédra : *éphédra major*, *éphédra alata*.

Références bibliographiques

- **Alcaraz C., 1982.** La végétation de l'ouest Algérien. Thèse Doc .D'état Univ. Perpignan 415 p+ annexes.
- **Al-Qarawi, A.A., AbdAllah, E.F., & Hashem, A. (2012).** Effect of *Ephedra alata* on nucleic acids and nitrogen metabolism of seedborne *Aspergillus flavus*. *Pakistan Journal of Botany*, 44(1), 425-428.
- **amirouche et misset, 2007.** Morphological variation and distribution of cytotypes in the diploid-tetraploid complex of the genus *dactylis* l.(poaceae) from algeria
- **Andrew T. Russo, Douglas W. Grosenbach, Jarasvech Chinsangaram, Kady M. Honeychurch, Paul G Long, Candace Lovejoy, Biswajit Maiti, Ingrid Meara & Dennis E. Hruby, 2021.** An overview of tecovirimat for smallpox treatment and expanded anti-orthopoxvirus applications
- **ARRAULT A, 2007.** Stratégies De Docking-Scoring Assistées Par Analyse De Données. Application Au Criblage Virtuel Des Cibles Thérapeutiques Cox-2 Et Ppar Gamma, France. Université D'orléans. 28-29.
- **Ayache F., 2007** - Les résineux dans la région de Tlemcen. Aspect écologique et cartographie. Thèse. Magis. univ. Tlemcen. 222 p.
- **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.
- **Barbero M. et Quezel P., 1989** -Contribution à l'étude phytosociologique des matorrals de la méditerranée orientale. Lazoco II. Pp.37-56.
- **Barka F., 2016-** Etude des groupements à matorral dans le littoral de la région de Tlemcen. Aspects phytoécologiques et cartographie. 9-101-169-171-278-244-265-277-283p.
- **Beguïn C., Gehu J.M. et Hegg O., 1979** - La symphytosociologie : une approche nouvelle des paysages végétaux. *Doc. Phytos.* N.S. 4. pp 49-68. Lille.
- **Benabadji N., 1991** -Etude phytoécologique de la steppe à *Artémisia herba alba*. Au sud de sebdou (Oranie - Algérie). Thèse doct. Sciences. Univ. Aix-Marseille III, St-Jérôme, 219p + annexes.
- **Benabadji N., 1995** -Etude phytoécologique de la steppe à *Artemisia herba-alba* Asso. Et à *Salsola vermiculata* L. au Sud de Sebdou (Oranie, Algérie). Thèse. Doct. Es-Sc. Univ. Tlemcen. 153 p + 150 p annexes.
- **Benabadji N., et Bouazza M., 2000-** Quelques modifications climatiques intervenues dans la Sud-Ouest de l'Oranie (Algérie occidentale) *Rev Energ. Ren.* vol 3 (2000) pp 117.125.
- **Benabdelmoumene F., 2018** - Contribution à une étude phytoécologique des peuplements situés dans la région de Hammam Boughrara (Oranie). Thèse. Doct. Univ. Tlemcen, 190 p.
- **Benmadani, 2020** 18/06/2020 Contribution à l'étude par modélisation moléculaire de *Pistacia atlantica*-anacardiacees comme futur traitement de la maladie d'Alzheimer
- **Bestaoui-Mesli K., 2001** - Contribution à une étude syntaxonomique et écologique des matorrals de la région de Tlemcen. Thèse Magistère Biologie. Université de Tlemcen, 184 p. + Annexes.
- **Bonnier, G. (1934).** Flore complète illustrée en couleurs de France, Suisse et Belgique. Librairie Générale de l'Enseignement, Paris (FRANCE).
- **Bouafia, M., Amamou, F., Gherib, Mohamed., Benaïssa, M., Azzi, R., Nemmiche, Saïd. (2021).** Ethnobotanical and ethnomedicinal analysis of wild medicinal plants traditionally used in Naâma, southwest Algeria. *Vegetos*, Doi: org/10.1007/s42535-021-00229-7.
- **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.
- **Bouazza M. et Benabadji N., 2010** - Changements climatiques et menaces sur la végétation en Algérie occidentale. Changements climatiques et biodiversité. Vuibert - APAS. Paris. 101-110.

- **Bouazza M., 1991**- Étude phyto écologique de la steppe à *Stipa tenacissima* L. au sud de Sebdu (Oranie-Algérie). Thèse Doct. Etat, Univ. Aix-Marseille III, 119 p. + annexes.
- **Bouazza M., 1995**- Étude phyto écologique des steppes à *Stipa tenacissima* L. et *Lygeum spartum* L. au sud de Sebdu (Oranie – Algérie). Thèse Doct. Es - Sci. Univ. Tlemcen, 153 p. + annexes.
- **Bouazza M., Loisel R. et Benabadji N., 2001**. Bilan de la flore de la région de Tlemcen (Oranie –Algérie), fort medi t. Xxii, n° 2, juin 2001 p: 130-136
- **Boucherit , a. Chikhi a, bensegueni, a merzoug , ks hioual, el mokrani, 2013**- l'amarrage moleculaire : une napproche ouvellepour lutter contre le developpement de latuberculose
- **Boudy P., 1948** - Economie forestière Nord-Africaine. 4 vol. larose Ed. paris. T1 : Milieu physique et Humain. Paris. 688 p.
- **Bourmita, Belboukhari, Cheriti , Ould El Hadj, Hmamouchi , Rachidi, Abourazzak, , Khazzani, , Bennani, Bzami, , Allali, F. (2012)**
- **Celedón-Neghme, C., Santamaría, L., et González-Teuber, M. (2016)**. The role of pollination drops in animal pollination in the Mediterranean gymnosperm *Ephedra fragilis* (Gnetales). *Plant ecology*, 217(12): 1545-1552.
- **Chaâbane A., 1993** - Étude de la végétation du littoral septentrionale de Tunisie : Typologie, syntaxonomie et éléments d'aménagements. thèse Doct. sc. univ. Aix-Marseille III, 205 p + annexes.
- **Cherif I., 2011**- Contribution à une étude phytoécologique des groupements à *Tetraclinis articulata* du littoral de Honaine (Algérie occidentale), p.19.
- **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.
- **Daget Ph., 1989** - De la réalisation des plans d'échantillonnages en phytosociologie générale. Quelques algorithmes d'allocation. Biocénoses T.4.N 1 (2). Pp 98-118
- **Dagnelie P., 1970** -Théorie et méthode statistique - vol 2. ducolot, Gembloux, 415p
- **Dahmani-Megrerouche M., 1997**. Le chêne vert en Algérie. Syntaxonomie, phytosociologie et dynamique des peuplements. Thèse doct. ès-sciences. Univ. Houari Boumediene. Alger. 329 P + annexes.
- **Dajoz, 1996 Dajoz R., 1982**. Précis d'écologie. „Ecologie fondamentale et appliquée“ Quatrieme Ed. Gauthiers villars. Bordas. Paris. 493p.
- **De Martonne E., 1926**. Une nouvelle fonction climatologique. L'indice d'aridité. La météo 449-45 p.
- **Djebaili S., 1978** - Recherche phytoécologiques et phytosociologiques sur la végétation des hautes plaines steppiques de l'atlas saharien Algérien. Thèse. Doct. Univ. Sci. et Tech. du Languedoc, Montpellier, 299 p. + Annexes.
- **Dubief J., 1959-1963** - Le climat du Sahara Mém. Inst. Rech. Sahara Alger. Tome 2 : 275 - 314 p.
- **El Hassen MOKRANI1, Abderrahmane BENSEGUENI1, Abdelouahab CHIKHI1 et al (2012)**. Mise en évidence par criblage virtuel d'un nouveaux inhibiteur xanthinique de la DPP4 pour le traitement du diabète de type 2, Volume 7, N°27 page 41
- **Ellenberg H., 1956** -Aufgaben and MeîhodenderVégétationSkunde. Ulmer, Stuttgart, 136 p.
- **Emberger L., 1930-b**–La végétation de la région méditerranéenne. Essai d'une classification des groupements végétaux. Rev. Géol. Bot. 42. p : 341–404.
- **Emberger L., 1955** –Une classification biogéographique des climats. Recueil. Trav. Labo. Géol. Zool. Fac. Sci. Montpellier. 48 p.
- **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.
- **Frontier S. et Pichod-Viale D., 1993**. Ecosystèmes, structure-fonctionnement, évolution. Coll. d'Écol. 21. 2eme Ed. Masson. 447 p.

- **Frontier S., 1983** -Stratégies d'échantillonnage en écologie. Ed. Masson et Cie. Coll. D'écol. Pess. Univ. De Laval. (Québec). 26-48p.
- **Gaziano J. M., Gibson C. M., (2006)**. Potential for drug-drug interactions in patients taking analgesics for mild-to-moderate pain and low-dose aspirin for cardioprotection. *Am J Cardiol*, 97 : 23-9.
- **Ghalem S., 2021** - Etude phytoécologique d'une malvacée : *Lavatera maritima* espèce caractéristique des groupements rudéraux du Nord-ouest algérien. Thèse de Doctorat, Univ Tlemcen, p 151-182.
- **Ghourri, M., Zidane, L., & Douira, A. 2013**. Usage des plantes médicinales dans le traitement du diabète Au Sahara marocain (Tan-Tan). *Journal of Animal and Plant Sciences*, 17(1), 2388-2411. Doi : MMM-05-2010-4-3-1957-2557-101019-201002287.
- **Gledhill, Walker, 2005** Sites d'inhibition de la F₁-ATPase des mitochondries cardiaques bovines *Biochimie. J.* , 386 (2005) , p. 591 - 598
- **Godron M., 1971** -Essai sur une approche probabiliste de l'écologie des végétaux. Thèse. Doct. Univ. Sci. Tech. Languedoc Montpellier. 247 p.
- **Gounot M., 1969** -Méthodes d'étude quantitatives de la végétation. 1 Vol. Ed. Mars. Paris. 314-341.p.
- **Guinochet M., 1973** -Phytosociologie. Ed. Masson et Cie. Paris pp. 227-228p.
- **Halimi A., 1980** - L'Atlas Blidéen : climat et étages végétaux. O.P.U. Alger. 484 p.
- **Hegazi, et El-Lamey, 2011**- Induction de cals et extraction d'éphédrine à partir d'*Ephedra alata* Decne. Des cultures
- **Hmamouchi, I., Rachidi, M., Abourazzak, F. E., Khazzani, H., Bennani, L., Bzami, F., ... et Allali, F. (2012)**. Pratique traditionnelle d'utilisation des plantes médicinales marocaines en rhumatologie. *Rev Mar Rhum*, 22(8) : 52-6
- **Houas, 2021**. Étude Histologique Et Phytochimique de *Ruta chalepensis* (Rutacées) dans La région de Tlemcen
- **Iboukassene S., 2008** - Dynamique de la végétation des forêts à *Quercus suber* anthropisées du Nord Est de l'Algérie (Parc National d'El-Kala). Thèse de doctorat. Université Catholique De Louvain. Faculté d'Ingénierie Biologique, Agronomique et Environnementale, Dép des sciences du milieu et de l'aménagement du territoire Unité des Eaux et Forêts
- **Iboukassene, 2008**
- **ihab, 2020**. Histo-morphometric and phytochemical study of *Ruta montana* L. 1756 (Rutaceae) in the region of Tlemcen.
- **Ishii I, Mousse B, 2001**. Rôle de la protéine A20R du virus de la vaccine dans la réplication de l'ADN
- **Ishii, K. and B. Moss (2001)**. "Role of vaccinia virus A20R protein in DNA replication: construction and characterization of temperature-sensitive mutants." *J Virol* 75(4): 1656-63
- **Jaradat, N. A., Al-Masri, M., Hussen, F., Zaid, A. N., Ali, I., Tammam, A., ... et Rajabi, A. (2017)**. Preliminary Phytochemical and Biological Screening of *Cyclamen coum* a Member of Palestinian Flora. *Pharmaceutical Sciences*, 23(3) : 231-237.
- **JR Gledhill, JE Walker - Biochemical Journal, 2005** Michel FAVRE-DUCHARTRE ,2022 « GNÉTOPHYTES », Encyclopædia Universalis
- **Kebbas Y., 2016**- Impact de l'exposition sur la croissance de *Withania frutescens* (solanacées) dans le Nord-ouest algérien. 127-130 p.
- **Kedderis, 2010**. Biotransformation of Toxicants
- **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.

- **Le Floch E. & Pontanier K., 1992** - Influence de l'évolution de l'occupation de l'espace sur le bilan d'eau régional (Tunisie).
- **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.
- **Lee, M.R. (2011).** The history of *Ephedra* (Ma-Huang). *The journal of the Royal College of Physicians of Edinburgh Edinb*, 41(1), 78-84. Doi:10.4997/JRCPE.2011.116.
- **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.
- **LIPINSKI E, 2001.**Semitic languages :outline of a comparative grammar.vol 80.Peeters Publishers.
- **Loisel R et Gamila H., 1993** - Traduction des effets du débroussaillage sur les écosystèmes forestiers et préforestiers par un indice de perturbation. Ann. Soc. Sci. Nat. Archéol. De Toulon du Var 123- 132 p.
- **Long G., 1974** - Diagnostic phyto-écologique et aménagement du territoire, I- Principes généraux et méthodes, Masson, Paris.
- **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
- **Magurran AE. 2004.** Measuring Biological diversity. Oxford and Victoria: Blackwell Publishing, Malden, p.256.
- **McQuarrie, Donald A.; Simon, John D,2000.** Thermodynamique moléculaire.
- **Mekelleche, 2001.** Mekelleche S.2001.Cours de post-graduation. Chimie théorique.

méditerranéennes. CNRS. Paris. 2 vols. p. 1170.

- **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.
- **Meziane H., 1997** - Contribution à l'étude des espèces anthropozoogènes de la région de Tlemcen- Université de Tlemcen.
- **Miara, M.D., Teixidor-Toneu, I., Sahnoun, T., Bendif, H., Ait Hammou, M. (2019).** Herbal remedies and traditional knowledge of the Tuareg community in the region of Illizi (Algerian Sahara). *Journal of Arid Environments*, 167, 65-73. Doi: org/ 10. 1016/j. jarid env. 2019. 04. 020.
- **MOE 2012.** Molecular Operating Environment Chemical Computing Group, Montreal. Quebec. Canada10.
- **Mostefai A., 2017-** Les groupements à *Rosmarinus officinalis* dans le nord-ouest de Tlemcen (Algérie occidentale) aspects : phytoécologique, phytosociologique et cartographie.1-23p.
- **Nawwar, M.A., El-Sissi, H.I., & Barakat, H.H. (1984).** Flavonoid constituents of *Ephedra alata*. *Phytochemistry*, 23(12), 2937-2939. Doi: org/10.1016/0031-9422(84)83045-9.
- **Odum E.P., 1976.** Écologie. Doin, Paris, 257 p
- **Okoye et al., 2014** Safe African Medicinal Plants for Clinical Studies
- **Olivier L., Muracciole N. & Ruderon JP., 1995** - Premier bilan sur la flore des îles de la Méditerranée. Etat des connaissances et observation diagnostics et proposition relatifs aux flores insulaires de méditerranée par les participants au colloque d'Ajaccio. Corse. France (5-8 octobre 1993) à l'occasion des débats et conclusions. pp 356-358. OMS
- **Ould El Hadj, M.D., Hadj-Mahammed, M., & Zabeirou, H. (2003).** Place des plantes spontanées dans la médecine traditionnelle de la région d'Ouargla (sahara septentrional est). *Courrier du savoir*, 3, 47-51.
- **Ozenda P., 1982.** Les végétaux dans la biosphère. Doin Editeurs. Paris. 431p.

- **Ozenda P., 1986.** La cartographie écologique et ses applications. Ed. Masson. Paris.160p.
- **Ozenda P., 1990-** La zone némorale xérothermique du sud européen. *Giorn. Bot. Ital.*124. 759-780p.
- **Ozenda, P. 1991,** Flore et végétation du Sahara, 3eme édition, CNRS éditions, Paris, 660p.
- **Peguy CH.P., 1970-** précis de climatologie. Ed Masson et Cie France. Pp : 1-468
- **Punjabi A, Boyle K, DeMasi J, Grubisha O, Unger B, Khanna M, Traktman P. 2001.** Clustered charge-to-alanine mutagenesis of the vaccinia virus A20 gene: Temperature-sensitive mutants have a DNA-minus phenotype and are defective in the production of processive DNA polymerase activity. *J Virol* 75: 12308–12318.
- **Quezel P et Santa S., 1962-1963-** Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques
- **Quezel P., 1981** -Floristic composition and phytosociological structure of sclerophyllous matorral around the Mediterranean. *Mediterranean type scrublands.* Di Castri, Goodall and Specht. Elsevier Ed. p: 107-121.
- **Quézel P., 1985-** Definition of the Mediterranean region and the origin of its flora. *In* Gomez-Campo C. (Ed.), *Plant conservation in the Mediterranean area.* Geobotany 7, Dr. W. Junk Publishers, Dordrecht: 9-24.
- **Quézel P., 1991** - Structures de végétation et flore en Afrique du Nord: leurs incidences sur les problèmes de conservation. *In* M. Rejdali et V.H. Heywood (éds), *Conservation des ressources végétales,* Actes Editions, Institut agronomique et vétérinaire Hassan II, Rabat, 19-32.
- **Quézel P., Medail F., Loisel R. et Barbero M., 1999** - Biodiversité et conservation des essences forestières du bassin méditerranéen. *Unasylva,* 197:21-28 p.
- **Quézel. P, 2000** - réflexions sur l'évolution de la flore et de la végétation au Maghreb méditerranéen. Ibis Press.Edit. Paris.
- **Raisonier 2003** Biochimie Métabolique et Régulations
- **Ramade, F. (2003)** Eléments d'écologie: écologie fondamentale. 3ème édition, Dunod, Paris, 690
- **Rameau J.C 1988-** Le tapis végétal, Structuration dans l'espace et dans le temps, réponses aux perturbations, méthodes d'étude et intégrations écologiques. ENGREF, Centre de Nancy,120p.
- **Rankiaer C., 1904.** Biological types with reference to the adaptation of plants to survive the unfavourable season. *In* Raunkiaer, 1934, pp: 1-2.
- **Raunkiaer C., (1934)** - The life forms of plants and statistical plant. Geography. Clarendon press. Oxford. 632 p.
- **Riva-Martinez S., 1981.** Nation Fondamental de phytosociologie. *Berichte. ntern.sym. verein.végétation.sk* Sntaxonomie Rinteln.1980 pp5-33 Vaduz.
- **Roberts-Pichette P et Gillespie L., 2000-** Protocole de suivi de la biodiversité végétale terrestre. Lexique. Direction de la science des écosystèmes, Environnement Canada. Site web.Se. ; 1991 pp
- **Rodríguez-Pérez, J., Larrinaga, A. R., etSantamaría, L. (2012).** Effects of frugivore preferences and habitat heterogeneity on seed rain: a multi-scale analysis. *PLoS One,* 7(3): 33246- 33219.
- **Sauvage CH., 1961.** Recherches géobotaniques sur le chêne liège au Maroc. Thèse Doct. Etat, Montpellier, Trav. Inst. Sci. Chérifien, Série Botanique, PP. 21–462.
- **Sawadogo, W. R., Lompo, M., Guissou, I. P., et Nacoulma, O. G. (2008).** Dosage des triterpènes et stéroïdes de *Dicliptera verticillata* et évaluation de leur activité anti inflammatoire topique. *Médecine d'Afrique Noire,* 55(12) : 223-229.
- **Seltzer P., 1946.** Le climat de l'Algérie. Inst. Météor. et de Phys. du Globe. Alger.219P.
- **Soltner D., 1992** - les bases de la production végétal. Tom 2.Ed.Sci et Tech.Agr.49310.Saint Gén.Loire.France.
- **TRAORE** Synthèse et études de modélisation moléculaire dans l'optimisation de la sélectivité de nouveaux agents antiparasitaires inspirés de produits naturels (Thèse soutenue publiquement le « 15 novembre 2016)

- **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.
- **Willson M.F., Rice B.L., Westoby M., 1990** - Seed dispersal spectra: à comparison of temperate plant communities. *Journal of Vegetation Science*, 1: 547-562.
- **Yang G, Pevear DC, Davies MH, Collett MS, Bailey T, Rippen S, Barone L, Burns C, Rhodes G, Tohan S, Huggins JW, Baker RO, Buller RL, Touchette E, Waller K, Schriewer J, Neyts J, DeClercq E, Jones K, Hruby D et Jordan R.** 2005. Un composé antipoxvirus biodisponible par voie orale (ST-246) inhibe la formation de virus extracellulaire et protège les souris contre la provocation mortelle par orthopoxvirus. *J. Virol.* 79:13139–13149.
- **Zohary – 1983** *Plant Systematics and Evolution*, 198

بسبب الاختلافات الجيولوجية والمناخية، تشتهر منطقة تلمسان بتراتها الطبيعية (البيئي) الغني والمتنوع. حيث أظهرت دراسة المناخ الحيوي أن تلمسان لديها مناخ متوسطي، بما في ذلك المنطقة المدروسة، والتي تعتبر في مرحلة مناخية حيوية شبه قاحلة في الغالب بنسبة 44٪ وهذا ناتج عن تأثيرات الأنشطة التي يقوم بيها الإنسان. من (therophytes) تُظهر الدراسات البيئية لمنطقة رشقون تنوعًا نباتيًا عاليًا جدًا، ويتم تمثيل نبات الحرور الناحية الشكلية، تعتبر النباتات العشبية السنوية هي الأكثر هيمنة بنسبة 54٪. يُظهر الطيف الجغرافي النباتي أن أنواع البحر الأبيض المتوسط تهيمن على أنواع أخرى من التوزيع في الوقت الحاضر، حظي استخدام النباتات الطبية في مجال طب الأعشاب باهتمام كبير في الأبحاث الطبية الحيوية. يأتي هذا الاهتمام المتجدد من ناحية، أن النباتات الطبية تمثل مصدرًا لا ينضب من المواد النشطة بيولوجيًا والمركبات الطبيعية ومن ناحية أخرى، الحاجة إلى البحث عن دواء أفضل من خلال علاج سهل دون آثار جانبية يستخدم هذا الأخير في الطب التقليدي لعلاج أمراض الحساسية وكذلك أمراض (Ephedraceae) هو نبات طبي ينتمي إلى عائلة العنديات (Ephedra fragilis Desf) العندى الهشة الجهاز التنفسي. الهدف من دراستنا هو تقييم الأنشطة البيولوجية في السيليكو والتوصيف الكيميائي النباتي للمستخلصات (الروتين، الكيرسيتين، حمض الفيروليك، حمض الكافيك، وحمض الغاليك) التي تم الحصول عليها من محيطنا من أجل اقتراحها كعلاج مستقبلي لجذري القردة Ephedra بسلسلة من الجزينات من نبات Orthopoxvirus لفيروس السيميان Tecovirimat كما يتضمن إجراء دراسة مقارنة بين لقاح Tecovirimat {Tpxx} (-6.45131588) Kcal/mol أفضل من درجة (7.63602209) Kcal/mol. - يمكننا أيضًا ملاحظة أن نتائجنا لديها نتيجة أفضل

الكلمات المفتاحية :

Ephedra fragilis, Ephedraceae, رشقون، الدراسات البيئية، جذري القردة، Tecovirimat

Etude ecophytochimique d'une gnétophyte *éphédra fragilise desf.* Dans une station localisée a Rachgoune

Résumé :

La région de Tlemcen est connue pour son patrimoine floristique qui très riche et très diversifiée grâce à ses variations géologiques et climatiques. L'étude bioclimatique a montré que le climat de la région de Tlemcen est de type méditerranéen, y compris notre région d'étude où elle se trouve à l'étage bioclimatique semi- aride.

L'étude floristique de la station Rachgoune montre une phytodiversité assez élevée, les Thérophytes sont les mieux représentés avec 44% et ceci est expliqué par La forte action anthropique. Du point de vue morphologique, les herbacées annuelles sont les plus dominantes avec 54%. Le spectre phytogéographique montre une dominance des espèces de type méditerranéennes sur les autres types de distribution.

De nos jours, l'utilisation de plantes médicinales en phytothérapie a reçu un grand intérêt dans la recherche biomédicale. Ce regain d'intérêt Vient d'une part du fait que les plantes médicinales représentent une Source Inépuisable de substances et de composés naturels bioactifs et d'autre part du besoin de la recherche d'une meilleure médication par une thérapie plus douce sans effets secondaires.

Ephedra fragilis Desf. Est une plante médicinale de la famille des Ephedracées. Cette dernière est utilisée en médecine traditionnelle pour le traitement des maladies allergiques et aussi des maladies respiratoires. L'objectif de notre étude est l'évaluation des activités biologiques in silico et la caractérisation phytochimique des extraits (rutine, quercétine, acide férulique, acide gallique, acide caféique, acide gallique et acide caféique) obtenus à partir de notre espèce.

Il consiste également à effectuer une étude comparative entre le vaccin Tecovirimat pour L'orthopoxvirose simienne avec une série de molécules issues de la plante Ephédra afin de les proposées comme futur traitement contre la variole des singes. On remarque aussi que nos résultats ont un score- (7.63602209) Kcal/mol meilleur de que le score du Tecovirimat (-6.45131588) Kcal/mol.

Mots clé : *Ephedra fragilis*, Ephédracées, Rachgoune, étude floristique, variole des singes, Tecovirimat.

The ecophytochemical study of an ephedra fragilis desf. At a station located in Rachgoune

Abstract :

Due to the geological and climatic variations, The Tlemcen region is known for its rich and diverse floristic heritage. Bioclimatic studies have shown that Tlemcen has a Mediterranean climate, including our study area, which it's in a semi-arid bioclimatic stage.

The floristic studies of Rachgoune area shows a very high phytodiversity, the Therophytes are mostly represented with 44% and this is caused by the strong anthropogenic effects. Morphologically, annual herbaceous plants are the most dominant with 54%. The phytogeographical spectrum shows that Mediterranean species predominate over other types of distribution.

Nowadays, the use of medicinal plants in medicine has received a lot of attention in biomedical research. This new interest stems on the one hand from the fact that medicinal plants represent an inexhaustible source of biologically active compounds and natural compounds and on the other hand from the need for better drug research through a softer and less harmful therapy secondary.

Ephedra fragilis Desf. is a medicinal plant which it's belongs to the family Ephedraceae. The latter is used in traditional medicine for the treatment of allergic diseases and also respiratory diseases. The objective of our study is to evaluate the biological activities in silico and the phytochemical characterization of the extracts (rutin, quercetin, ferulic acid, gallic acid, caffeic acid, gallic acid and caffeic acid) obtained from our species.

It also involves conducting a comparative study between the Tecovirimat vaccine for simian Orthopoxvirus with a series of molecules from the Ephedra plant in order to propose them as a future treatment for monkeypox. We can also note that our results have a score- (7.63602209) Kcal/mol better than the score of Tecovirimat {Tpxx} (-6.45131588) Kcal/mol.

Keywords: *Ephedra fragilis*, Ephedraceae, Rachgoune, floristic studies, monkeypox, Tecovirimat.