

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université Blida 1

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département des Biotechnologies



Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de

Master Académique en

Sciences de la Nature et de la Vie

Spécialité : Biotechnologie et valorisation des plantes

Thème :

**Caractérisation et valorisation d'une plante médicinale de
l'Atlas blidéen Cytisus triflorus**

Présenté par : **Mlle. GHALAOUI Zineb**

Mlle. MAHREZ Feriel

Devant les membres de jury composé de :

Présidente : Dr. GHANAI R.

MCB

U.S.D.B

Examinatrice : Dr. BENDALI A.Z.

MCA

U.S.D.B

Promotrice : Mme. ZOUAIDIA H.

MCA

ESSAIA

Année universitaire : 2024/2025

REMERCIEMENTS

Nous remercions le Dieu Tout-Puissant de nous avoir donné la force et la volonté nécessaires pour mener à bien cette recherche.

Nos sincères remerciements vont à toutes les personnes qui nous ont soutenus de près ou de loin dans l'élaboration de ce travail.

Nous exprimons notre profonde gratitude à notre promotrice, **Dr. ZOUADIA H.**, pour avoir dirigé ce mémoire avec tant de bienveillance et de professionnalisme. Votre disponibilité, vos conseils avisés et votre confiance ont été des moteurs essentiels pour l'aboutissement de ce travail. Nous espérons que ce mémoire sera à la hauteur de vos attentes.

Nos remerciements s'adressent également à Dr GHANAI R, présidente de cette soutenance, ainsi qu'à Dr BENDALI A.Z, examinatrice, pour leur lecture attentive de ce mémoire et leurs précieuses remarques qui contribueront à son amélioration.

Nous tenons à remercier nos enseignants pour leur dévouement et les connaissances qu'ils nous ont transmises tout au long de notre formation. Nous espérons que ce travail reflète la qualité de leur enseignement.

Une mention spéciale à l'ingénieure du laboratoire de photochimie de l'ESSAIA pour son soutien technique et sa sympathie durant la réalisation de ce projet.

Enfin, nos pensées les plus affectueuses vont à nos parents, familles et amis pour leur encouragement constant, leur patience et leur amour inconditionnel.

Merci ...

Résumé

Cytisus triflorus, cette espèce médicinale appartenant à la famille des Fabaceae, est traditionnellement utilisée en médecine et suscite un intérêt croissant dans les secteurs pharmaceutique, cosmétique et industriel. La présente étude a pour objectif d'évaluer la composition phytochimique et l'activité biologique des feuilles de cette plante, récoltées dans le Parc national de Chréa (Blida), à deux altitudes différentes : 1500 m et 1525 m.

Les extractions ont été réalisées à l'aide de deux solvants : l'eau et le méthanol. Le criblage phytochimique des extraits a révélé la présence de flavonoïdes, tanins, saponines, stérols et hétérosides cardiotoniques, tandis que les alcaloïdes, anthraquinones et anthocyanes étaient absents. Les rendements d'extraction ainsi que les teneurs en composés phénoliques augmentent avec l'altitude, avec des valeurs plus élevées dans les extraits aqueux.

Les extraits aqueux issus de la récolte à 1525 m se sont avérés les plus riches en polyphénols (182,6 mg EAG/g) et en flavonoïdes (94,8 mg ER/g), et ont montré une forte activité antioxydante, mesurée par le test DPPH et par le pouvoir réducteur. Ces mêmes extraits ont également démontré une activité antimicrobienne notable contre *Pseudomonas aeruginosa* (zone d'inhibition de 15 mm), mais une faible efficacité sur les autres souches testées.

Ces résultats confirment le potentiel biologique de *Cytisus triflorus* et soulignent l'influence de l'altitude ainsi que du type de solvant sur l'efficacité des extraits. La plante représente ainsi une source prometteuse de composés bioactifs à intérêt thérapeutique.

Mots clés : *Cytisus triflorus*, Chréa, altitude, flavonoïdes, antioxydant, activité antimicrobienne, phytochimie

.

Abstract

Cytisus triflorus, a medicinal species from the Fabaceae family, is traditionally used in herbal medicine and is attracting increasing interest in the pharmaceutical, cosmetic, and industrial sectors. This study aims to evaluate the phytochemical composition and biological activity of the plant's leaves, collected at two different altitudes (1500 m and 1525 m) in the Chr  a National Park (Blida, Algeria).

Extraction was performed using water and methanol. Phytochemical screening of the extracts revealed the presence of flavonoids, tannins, saponins, sterols, and cardiotonic glycosides, while alkaloids, anthraquinones, and anthocyanins were absent. Extraction yields and total phenolic contents increased with altitude and were higher in aqueous extracts.

Aqueous extracts from 1525 m showed the highest levels of polyphenols (182.6 mg GAE/g) and flavonoids (94.8 mg RE/g), and exhibited strong antioxidant activity, as measured by the DPPH assay ($IC_{50} = 38.4 \mu\text{g/mL}$) and reducing power test. These same extracts also demonstrated notable antimicrobial activity against *Pseudomonas aeruginosa* (inhibition zone = 15 mm), while activity against other strains was weak.

These results support the biological potential of *Cytisus triflorus* and highlight the importance of environmental conditions and solvent selection in the extraction of its bioactive compounds. This plant represents a promising natural source of therapeutic agents.

Keywords: *Cytisus triflorus*, Chr  a, altitude, flavonoids, antioxidant, antimicrobial activity, phytochemistry

الملخص

، من النباتات المستخدمة تقليدياً في الطب الشعبي، (Fabaceae) ، وهو نوع طبي ينتمي إلى فصيلة الفاباسيا *Cytisus triflorus* يُعد وبحظى باهتمام متزايد في القطاعات الصيدلانية والتجملية والصناعية. تهدف هذه الدراسة إلى تقييم التركيب الكيميائي النباتي والنشاط البيولوجي لأوراق هذه النبتة، التي جُمعت من حظيرة الشريعة الوطنية (البلدية - الجزائر) على ارتفاعين مختلفين: 1500 م و 1525 م

م.

تمت عملية الاستخلاص باستخدام الماء والميثانول. وقد أظهر الفحص الكيميائي النباتي للمستخلصات وجود الفلافونويدات، والعفص، والصابونينات، والستيرولات، والجليكوزيدات القلبية، في حين لم تُسجل أي آثار للفلافونيدات، والأنثراكينونات، والأشوسيانينات. كما

لوحظ أن مردود الاستخلاص ومحتوى الفينولات الكلية يزدادان مع الارتفاع، خاصة في المستخلصات المائية

أظهرت المستخلصات المائية على ارتفاع 1525 م أعلى نسب من البوليفينولات (182.6 ملغ مكافئ حمض الغاليك/غرام) $IC_{50} = 38.4$ DPPH والفلافونويدات (94.8 ملغ مكافئ روتين/غرام)، وأبرزت نشا "طا مضاد" للأوكسدة قوي" حسب اختبار ، وكذلك في اختبار القدرة الاختزالية. كما أظهرت نفس المستخلصات نشا "طا مضاد" للميكروبات ضد (ميكروغرام/مل

منطقة التثبيط = 15 ملم)، في حين كان تأثيرها ضعيفاً تجاه سلالات أخرى (*Pseudomonas aeruginosa*)

، وتبرز أهمية الظروف البيئية ونوع المذيب المستخدم في *Cytisus triflorus* تدعم هذه النتائج الإمكانات البيولوجية لنبتة استخلاص المركبات النشطة بيولوجياً. وتعتبر هذه النبتة مصدراً طبيعياً واعداً لتركيبات علاجية مستقبلية

، الشريعة، الارتفاع، الفلافونويدات، مضاد للأوكسدة، النشاط المضاد للميكروبات، الكيمياء *Cytisus triflorus*: الكلمات المفتاحية النباتية

Sommaire

Abstract.....	4
المخلص	5
Introduction	12
I. Généralités.....	2
II. 1.1. Présentation de <i>Cytisus triflorus</i>	2
1.2. Caractéristiques botaniques.....	3
1.2.1. Morphologie	4
1.2.2. Rôle écologique	5
2. Habitat et répartition géographique.....	5
2.1. Distribution et Habitat.....	5
3. Principes Actifs et Propriétés Pharmacologiques.....	7
3.1. Composés chimiques	7
3.1.1. Les Flavonoïdes et iso-flavonoïdes.....	8
3.1.2. Les coumarines (Mekkiou, 2005).....	8
3.1.3. Les terpènes.....	8
3.1.4. Les tanins	8
3.1.5. Les phénols.....	9
3.1.6. Les alcaloïdes (Mekkiou, 2005).....	9
3.2. Activités biologiques.....	9
4. Propriétés antioxydants de la plante	10
4.1. Mécanismes d'action des antioxydants	10
5. Propriétés antimicrobiennes	11
5.1. Mécanismes d'action contre les bactéries et les champignons	11
6. Usage de <i>Cytisus triflorus</i>	11
6.1. Dans la médecine traditionnelle.....	11
6.2. Dans la pharmacologie moderne.....	13
7. Valorisation de plantes médicinales.....	13
7.1. Technique d'extraction de principes actifs	13

7.2. Méthodes de valorisation industrielle et pharmaceutique.....	13
8. Végétation de la région.....	14
8.1. Plantes médicinales connues dans la région.....	15
II. Matériel et méthodes.....	18
1. Matériel utilisé	18
2.2. Atlas blidéen.....	19
2.3. Parc national de Chréa.....	19
3. Géographie et climat de la région.....	20
3.1. Temperature	21
3.2. Précipitations	21
3.3. Le vent	21
3.4. Humidité	22
4. Synthèse climatique.....	22
4.1. Climagramme d'EMBERGER	22
5. Choix de la plante	23
5.1. Récolte de la plante	23
5.2. Séchage et conservation du matériel végétal	24
5.3. Extraction des composés bioactifs de <i>Cytisus triflorus</i>	26
6. Screening phytochimique.....	28
7. Évaluation quantitative des composés bioactifs.....	29
7.1. Dosage des polyphénols totaux.....	29
7.2. Dosage des flavonoïdes totaux.....	30
7.3. Dosage des protéines totales.....	31
7.4. Dosage des sucres éthanol-solubles totaux.....	32
8. Le pouvoir réducteur (PR).....	33
9. Détermination du contenu en matière grasse.....	35
10. Détermination du pH.....	37
11. Évaluation de l'activité antioxydante	38
12. Activité antimicrobienne	40
12.1. Evaluation de l'activité antimicrobienne.....	40
12.2. Préparation du milieu de culture	41
• Stérilisation du matériel	42
• Préparation de l'inoculum	42

• Ensemencement et dépôt de disques.....	42
• Lecture des antibiogrammes	43
Résultats et discussions	46
1. Rendement d'extraction.....	46
• Rendement de l'extrait aqueux.....	46
• Rendement de l'extrait méthanolique	47
2. Screening phytochimiques	47
3. Les polyphénols.....	50
4. Les flavonoïdes	51
5. Métabolites primaires	52
6. Le Pouvoir réducteur (PR).....	52
7. Détermination du contenu en matière grasse par extraction Soxhlet	54
9. Détermination de l'humidité	55
10. Détermination du pH	56
Extrait aqueux	57
Extrait méthanolique	57
11. Évaluation de l'activité antioxydante.....	58
12. Évaluation de l'activité antimicrobienne.....	61
Conclusion générale	73
Références Bibliographique.....	73

Liste des figures

Figure 1: Photos de <i>Cytisus triflorus</i> , (A) : les fleurs et (B) : les feuilles	3
Figure 2 : Différentes parties de la plante <i>Cytisus triflorus</i>	5
Figure 3 : Distribution géographique de <i>Cytisus triflorus</i>	6
Figure 4: Pin d'Alep <i>Pinetum halepensis</i>	14
Figure 5 : Cédraie ou <i>Cedretum</i>	15
Figure 6 : Localisation du parc national de Chréa	20
Figure 7 : Photos de <i>Cytisus triflorus</i> dans deux altitudes 1500 et 1525	24
Figure 8 : Présentation de la plante avant et après broyage	25
Figure 9 : les étapes de Préparation de l'extrait brut	27
Figure 10 : Extraction des protéines totales (original,2025)	31
Figure 11 : Extraction des sucres ethanol-soluble (originale,2025).....	33
Figure 12 : les étapes de pouvoir réducteur (PR) (originales,2025).....	34
Figure 13 : Extraction Soxhlet (originales,2025).....	36
Figure 14 : Détermination de l'humidité (originale,2025)	37
Figure 15 : Détermination du pH dans deux altitudes et deux extraction (originales,2025)	38
Figure 16 : Préparation le milieu Muller-Hinton (M.H)	41
Figure 17 : Préparation des solutions bactériennes (originale,2025)	42
Figure 18 : Ensemencement et dépôt des disques (originle,2025).....	43
Figure 19 : Évolution du rendement aqueux selon l'altitude (1500 m – 1525 m)	46
Figure 20 : Évolution du rendement méthanolique selon l'altitude (1500 m – 1525 m).....	47

Figure 21 : Teneur en polyphénols totaux dans les extraits aqueux et méthanoliques de <i>Cytisus triflorus</i>	50
Figure 22 : Teneur en flavonoïdes des extraits aqueux et méthanoliques selon l'altitude.....	51
Figure 23 : Teneur en protéines et sucres totaux	52
Figure 24: Pouvoir réducteur des extraits de <i>C. triflorus</i>	53
Figure 25 :La teneur en matière grasse de <i>Cytisus triflorus</i> à deux altitudes	54
Figure 26 :Détermination de l'humidité et du taux de matière sèche d'un échantillon végétal.....	55
Figure 27 : Variation du pH des extraits aqueux et méthanoliques de <i>Cytisus triflorus</i> selon l'altitude	57
Figure 28 : Activité antioxydante de <i>Cytisus triflorus</i> mesurée par la variation d'absorbance du DPPH.....	60
Figure 29 : Graphique comparatif des zones d'inhibition pour les différents extraits de <i>C.triflorus</i> contre les trois souches bactériennes.	62

Liste des tableaux :

Tableau 1 :	Systématique botanique de <i>Cytisus triflorus</i>	4
Tableau 2 :	Usage et propriétés pharmacologiques de quelques espèces du genre <i>Cytisus</i>	12
Tableau 3 :	Liste du matériel et des équipements utilisés pour les analyses phytochimiques	18
Tableau 4 :	Description des souches bactériennes.....	40
Tableau 5 :	Critères d'interprétation de la sensibilité bactérienne.....	43
Tableau 6 :	Résultats de dépistage phytochimique des principaux métabolites secondaires présents dans l'extrait végétal	48
Tableau 7 :	Résumé résultat de l'absorbance de l'activité antioxydante	58
Tableau 8 :	Résultats des calculs de l'activité antioxydante (AA).....	59
Tableau 9 :	Résultats de l'effet de l'extrait méthanolique de <i>C. triflorus</i> des deux altitudes sur les différentes souches de bactéries	61
Tableau 10 :	Résultats de l'effet de l'extrait aqueux de <i>C. triflorus</i> des deux altitudes sur les différentes souches de bactéries.....	62

Introduction

Depuis l'Antiquité, les humains utilisent les plantes qui les entourent pour se soigner. Au fil du temps, la connaissance des plantes médicinales s'est enrichie, grâce à un héritage de traditions humaines guidées par le hasard, la religion, la superstition et l'expérience. Jusqu'au XIX^e siècle, les médecins s'appuyaient principalement sur des remèdes naturels dérivés des plantes pour soulager leurs patients. Cependant, les progrès de la chimie ont permis aux chercheurs d'isoler les principes actifs de certaines plantes, créant ainsi des molécules synthétiques au début du XX^e siècle, et les plantes médicinales ont connu un déclin. Aujourd'hui, les remèdes à base de plantes suscitent un regain d'intérêt, car des médicaments comme les antibiotiques perdent leur efficacité et leurs effets secondaires suscitant une préoccupation croissante. Par conséquent, de nombreuses personnes se tournent vers des remèdes naturels, efficaces et moins irritants pour l'organisme.

L'Algérie possède une flore riche et diversifiée, comprenant plus de 3000 espèces de plantes médicinales et aromatiques utilisées dans le traitement de diverses maladies (**Quezel et Santa S 1962, Quézel et Santa S 1963**). Ces plantes sont depuis des siècles intégrées à la médecine traditionnelle en Algérie en raison de leurs propriétés thérapeutiques. Elles peuvent être utilisées sous différentes formes, telles que des tisanes, des décoctions, des infusions ou des extraits, pour traiter divers troubles tels que les problèmes digestifs, les maladies cardiovasculaires, les infections et les troubles du sommeil.

Le *Cytisus triflorus*, ou Genêt à trois fleurs, est un arbuste des régions méditerranéennes avec des fleurs jaune vif. Cette plante améliore les sols grâce à sa relation avec des bactéries qui fixent l'azote. Elle est également utilisée en médecine traditionnelle pour ses effets diurétiques et hypotensifs, et des recherches montrent qu'elle pourrait avoir des propriétés antioxydantes et antimicrobiennes.

Cette thématique étudie cette plante à travers trois fronts : identifier ses molécules actives, observer l'efficacité de celle-ci contre des bactéries pathogènes et déterminer la variation de ces valeurs en fonction de l'environnement d'où les sources sont prises. Les échantillons sont prélevés du parc national de Chréa, en Algérie. Avec ce mémoire, Nous vise à appuyer la recherche dans le domaine de la phytothérapie, tout en mettant en lumière l'importance de préserver les écosystèmes naturels.

Le premier chapitre concerne la bibliographie et propose un aperçu des connaissances antérieures sur la plante *Cytisus triflorus* basées sur des sources scientifiques récentes et pertinentes. Le deuxième chapitre est la partie “matériel et méthodes” composée d’une description de méthodes expérimentales et techniques analytiques et de conditions sous lesquelles elles ont été réalisées. La conclusion, le troisième chapitre, présente les résultats accompagnés de leur interprétation et de la discussion critique des données sous forme d’une revue de la littérature.

Partie Bibliographique

I. Généralités

II. 1.1. Présentation de *Cytisus triflorus*

Le Genêt à trois fleurs, ou *Cytisus triflorus*, est un arbuste qui fait partie de la famille des Fabacées (Légumineuse), avec environ 730 genres et 19400 espèces ce qui la met en troisième place après la famille des Asteraceae et celle des Orchidaceae par le nombre d'espèces (**Judd et al., 2007**). On le trouve majoritairement dans les zones méditerranéennes, où il se développe naturellement dans des terrains arides et pierreux, fréquemment à la lisière des forêts et sur des versants montagneux.

Cytisus triflorus est un arbuste à tige dressée de 1-2 m, et s'étend à de nombreuses rameaux allongée. Les jeunes rameaux sont anguleux et couverts de longs poils blancs, d'apparence grisâtre. Les feuilles sont caduques, pétiolées et composées de trois folioles ovales arrondies densément hispides, soyeuses des deux côtés. La floraison a lieu en avril-mai. Les fleurs sont striées de jaune (**Figure 1**) avec corolle papilionacée et pédonculées. Les fruits sont des gousses brunes(3-3,5cm), poilues et contiennent de 6-8 graines brunes (**Pereira et al., 2013**).

Cette espèce se distingue par sa floraison généreuse, présentant des fleurs jaunes typiques qui émergent habituellement au printemps. Ses tiges, généralement souples et ramifiées, sont accompagnées d'un feuillage caduc. À l'instar de plusieurs Fabacées, *Cytisus triflorus* joue un rôle écologique significatif en raison de sa faculté à fixer l'azote dans le sol, contribuant par conséquent à l'enrichissement des sols démunis.

En termes de phytothérapie, *Cytisus triflorus* est reconnu pour renfermer différents composés bioactifs. On y trouve notamment des flavonoïdes, des alcaloïdes et des tanins qui lui attribuent diverses vertus médicinales. On l'utilise couramment pour ses propriétés diurétiques, hypotensives et antioxydantes. Toutefois, l'utilisation de cette substance requiert des mesures de précaution spécifiques du fait de la présence de quelques alcaloïdes potentiellement nocifs.

L'attrait scientifique pour cette plante continue d'augmenter, particulièrement grâce à ses possibilités pharmacologiques et à ses utilisations potentielles en médecine alternative et en phytothérapie.

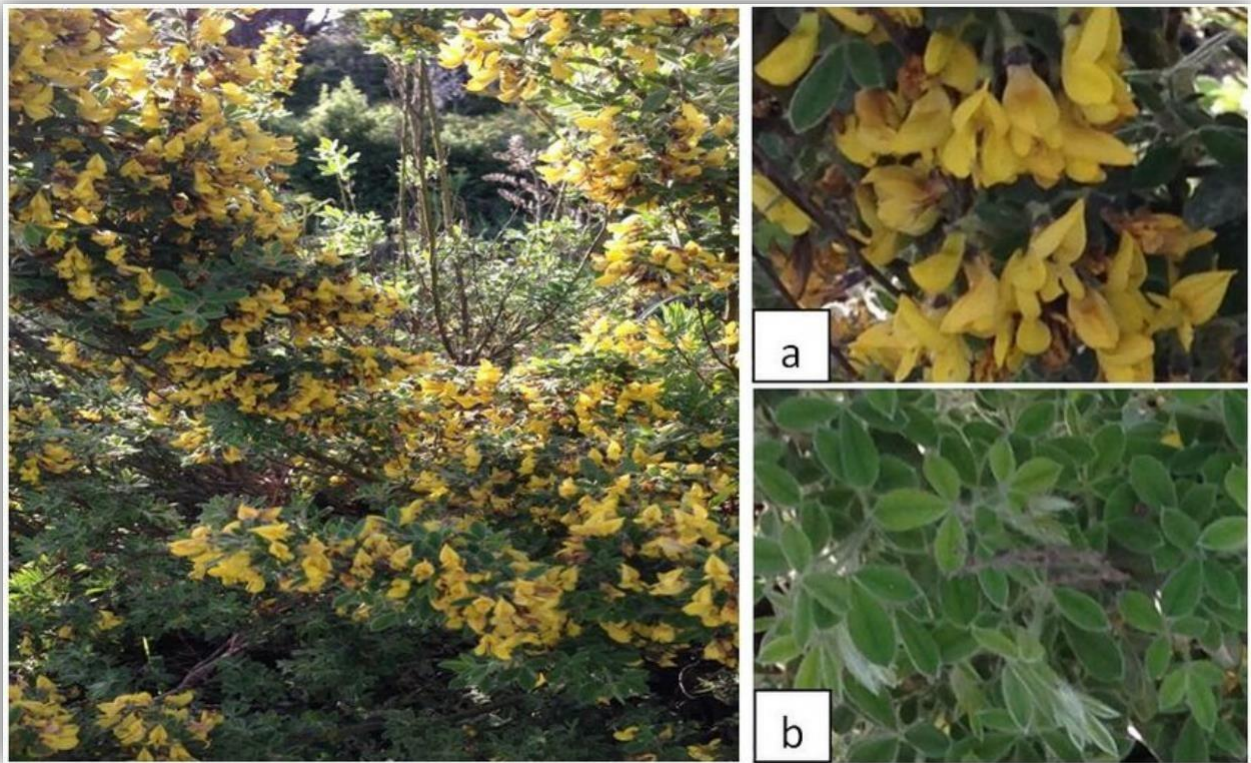


Figure 1 : Photos de *Cytisus triflorus*, (A) : les fleurs et (B) : les feuilles.

1.2. Caractéristiques botaniques

Le genre *Cytisus* est composé d'arbustes à tiges brunes, avec des rameaux présentant une surface verte. Il est possible que des bourgeons adventifs se forment sur les racines. Les feuilles sont relativement petites, composées de trois folioles approximativement arrondies, chacune terminée par une petite pointe. Les feuilles inférieures ainsi que celles des rameaux non fleuris ont un court pétiole. Elles peuvent être plus ou moins coriaces, sans poils, et de couleur vert pâle en dessous. Contrairement à d'autres espèces, elles ne noircissent pas lorsqu'elles se dessèchent.

Le calice est relativement court et dépourvu de poils. La fleur présente un étendard sans poils, qui est plus long que la carène courbée et se termine par une sorte de bec dressé. Le fruit mûr est également sans poils, assez aplati, mesurant entre 25 et 35 millimètres de longueur sur 9 à 11 millimètres de largeur (**Tableau 1**) (*Dewitt, 1963*).

Tableau 1 : Systématique botanique de *Cytisus triflorus* (Auvray et Malécot 2013).

Royaume	Plantae
Sous-royaume	Tracheobiontae
Embranchement	Spermatophytae
Sous-embranchement	Angiospermae
Division	Magnoliophyta
Classe	Magnoliopsida
Sous-classe	Rosidae
Ordre	Fabales
Famille	Fabaceae (Papilionaceae)
Sous-famille	Faboideae
Tribu	Genisteae
Genre	<i>Cytisus</i>
Espèce	<i>Cytisus triflorus</i>

1.2.1. Morphologie

Cytisus triflorus est une plante médicinale du Nord-Est de l'Algérie, connu sous le nom de « Ilougui » C'est un arbrisseau à rameaux nombreux, effilés, noirâtres, velus surtout vers le haut, et qui atteint la hauteur d'un homme (1- 2 m); ses feuilles sont pétiolées, d'un vert foncé, hérissées de poils roussâtres, surtout sur le pétiole et la surface inférieure des folioles; celles-ci sont au nombre de trois, ovales, obtuses: les fleurs naissent 3 ensemble a l'aisselle des feuilles supérieures, portées sur des pédicelles longs de 10-12 millini., et hérissés de poils roussâtres; le calice est velu, en cloche, à deux lèvres; la corolle est jaune, assez grande; les gousses sont comprimées, un peu arquées, très-hérissée (Figure 2) (Delamarck et Decandolle ,1992 ; Spichiger et al., 2004).



Figure 2 : Différentes parties de la plante *Cytisus triflorus*. (Delamarck et Decandolle ,1992 ; Spichiger et al., 2004).

1.2.2. Rôle écologique

Cytisus triflorus, qui fait partie de la famille des Fabacées, joue un rôle écologique essentiel dans les écosystèmes, notamment dans les régions montagneuses de l'Atlas blidéen. Cette plante, comme d'autres légumineuses, peut fixer l'azote de l'air grâce à des bactéries *Rhizobium*, ce qui enrichit les sols pauvres en azote et améliore leur fertilité, vital pour la régénération des terres dégradées et la croissance d'autres plantes. En fixant l'azote, *Cytisus triflorus* agit aussi en tant que plante pionnière, préparant le sol pour des espèces plus exigeantes.

De plus, ses racines profondes stabilisent le sol, réduisant les risques d'érosion dans des terrains instables. Cela est crucial dans des lieux comme l'Atlas blidéen, où les pentes et les intempéries peuvent dégrader rapidement le sol.

Cytisus triflorus contribue également à la biodiversité locale, en offrant un habitat et une source de nourriture pour différentes espèces de pollinisateurs, telles que les abeilles. Ces interactions avec la faune participent à l'équilibre écologique de son environnement. (Sprent, J. I. 2009)

2. Habitat et répartition géographique

2.1. Distribution et Habitat

L'origine biogéographique de *Cytisus triflorus* est l'ouest méditerranéen (Iboukassene et al.,

2014), elle pousse dans certains pays de l'Europe centrale et orientale (Coste, 2011), de l'Asie et l'Afrique (Hippolyte, 1937).

Cytisus triflorus « Ilougui » est parmi les espèces les plus répandues, poussant naturellement dans le Nord Algérien (Ait-Kaci et al., 2015).

Algérie

Commune dans le Tell Algéro-Constantinois, rare à l'ouest (monts de Tlemcen, forêt de M'sila à Oran), retrouvée dans les forêts fraîches et humides, au-dessus de 500 m d'altitude. Elle caractérise les forêts de chênes, surtout celles de Chêne zéen et de Chêne-liège, et supporte bien leur couvert. Se rencontre à des altitudes plus basses, uniquement dans des dépressions au bord d'oueds permanents (Figure 3).

Maroc

Se retrouve dans le Rif, le Moyen Atlas, le plateau central et en partie le Haut Atlas.

Tunisie

Répandue dans le nord-ouest et dans les montagnes des Mogods et de la Kroumirie (Iboukassene et al., 2014).

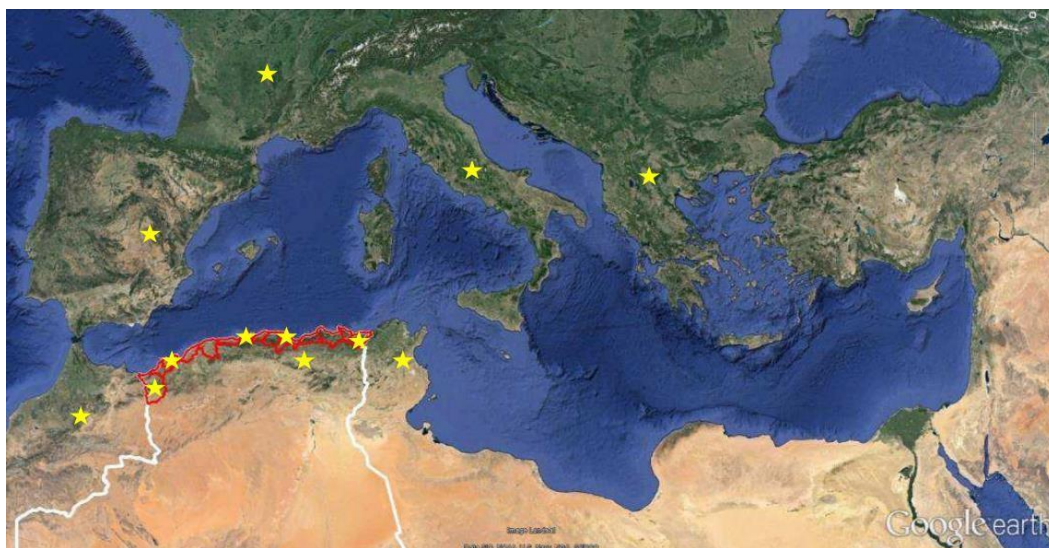


Figure 3 : Distribution géographique de *Cytisus triflorus* (Coste, 2011).

3. Principes Actifs et Propriétés Pharmacologiques

Les plantes du genre *Cytisus* (*Fabaceae*) sont connues pour contenir une variété de composés chimiques, notamment des alcaloïdes quinolizidines, des flavonoïdes, des isoflavonoïdes, des phényléthylamines, des lectines et des monoterpènes. Parmi ces composés, les alcaloïdes sont particulièrement abondants et représentent une classe importante de substances actives. Les alcaloïdes les plus couramment isolés du genre *Cytisus* comprennent la spartéine, la lupanine, l'isospartéine et leurs dérivés. Ces alcaloïdes ont montré diverses activités biologiques et pharmacologiques, et sont souvent associés aux effets thérapeutiques observés dans l'utilisation traditionnelle des plantes du genre *Cytisus* (**Iwu, 2014**).

En plus des composés mentionnés précédemment, le genre *Cytisus* est également riche en autres métabolites importants. Parmi eux, on trouve la tyramine, l'épinine, la salsolidine, la génistéine, la quercétine et leurs glycosides, ainsi que l'acide caféique (**Sundararajan et Koduru, 2014**).

La tyramine est un composé phényléthylamine présent dans de nombreux végétaux et est connue pour ses effets stimulants sur le système nerveux central. L'épinine est un alcaloïde qui a été étudié pour ses propriétés anticancéreuses et anti-inflammatoire. La salsolidine est un alcaloïde quinolizidine présent dans certaines espèces de *Cytisus*, qui a montré des activités antimicrobiennes et antiparasitaires. La génistéine et la quercétine sont des flavonoïdes avec des propriétés antioxydantes, anti-inflammatoires et anticancéreuses (**Larit, 2017**). L'acide caféique est un acide phénolique présent dans de nombreuses plantes et est connu pour ses propriétés antioxydantes et anti-inflammatoires. Ces métabolites confèrent aux plantes du genre *Cytisus* leurs propriétés bioactives et sont responsables des effets thérapeutiques potentiels observés dans leur utilisation en médecine traditionnelle.

Dans l'espèce *Cytisus scoparius*, plusieurs composés flavonoïdes et isoflavones ont été identifiés, tels que la flavone 6"-O-acétyl-scoparine, les flavonols kaempférol, rutine, quercétine, quercitrine et isorhamnetine, ainsi que les isoflavones génistéine et sarothenoside (**Sundararajan et Koduru, 2014**). De même, les espèces *Cytisus nigricans* et *Cytisus albus* contiennent les isoflavones ononine et génistéine (**Hanganu et al., 2010a; Hanganu et al., 2010b**).

3.1. Composés chimiques

3.1.1. Les Flavonoïdes et iso-flavonoïdes

La famille des fabaceae est caractérisée par la production de métabolites secondaires polyphénoliques, les iso-flavonoïdes qui interviennent dans les réactions de défense par l'induction de la signalisation symbiotique (**Dixon, 1999**).

3.1.2. Les coumarines (Mekkiou, 2005)

Le nom de coumarine vient de « coumarou », nom vernaculaire de la « fève Tonka » qui est le fruit d'un arbre de la Guyane (*Coumarouna odorata*, Fabaceae). De ce fruit, fût isolée en 1820, pour la première fois, une substance cristalline odorante appelée coumarine. Les coumarines et leurs dérivés ont une action photobiologique (**Hostettmann, 1992**), bactériostatique, antifongique (**Rufini et Sampaolo, 1977 ; Ficher et al., 1976**) et un effet anti-œdémateux (**Houft et al., 1996**).

3.1.3. Les terpènes

Ce sont des médiateurs chimiques pour les plantes : ils jouent un rôle dans leur communication avec d'autres espèces, comme les insectes qu'ils attirent, repoussent ou paralysent. Ils exhalent aussi une variété de goûts et d'odeurs (**Ens 2011**).

Les terpènes sont surtout reconnus pour leurs actions drainantes lymphatiques, stimulantes, anti-infectieuses, antiseptiques et antitussives (**Mayer, 2012**).

3.1.4. Les tanins

Ce sont des composés phénoliques ayant la propriété de tanner la peau. Ils sont solubles dans l'alcool et l'acétone, et sont doués de plusieurs activités : antibactériennes, antifongiques, antivirales, anti-inflammatoire, anti-hypertensive, antimutagène, immunostimulante, antitumorale, anti-diarrhéique, inductrice de l'apoptose, antioxydante, catalytique, astringente (**Iserin, 2001**). Ils sont également vasoconstricteurs sur les petits vaisseaux et cicatrisant, expliquant ainsi leur emploi pour traiter hémorroïdes et les blessures superficielles (**Biaye Mamadou, 2002**).

3.1.5. Les phénols

Les phénols sont des métabolites secondaires, manifestant un large spectre de propriétés pharmacologiques (antibactérienne, anti-inflammatoire, vasodilatatoire, anti cancérigène, antithrombique anti-athérogènes et analgésique...). Ils exercent ces propriétés en tant qu'antioxydants (**Gómez-Caravaca et al., 2006 ; Wollgast & Anklam, 2000 ; Kone, 2009**).

Néanmoins, seulement quelques études ont été réalisées sur *Cytisus triflorus* et ont porté notamment sur la partie aérienne de l'espèce (**Ait-Kaci et al., 2000 ; Ait-kaci., 2001 ; Mohand Kaci et al., 2008 ; Ait-Kaci et al., 2011 ; Ait Kaci et al., 2013**).

3.1.6. Les alcaloïdes (Mekkiou, 2005)

Le terme alcaloïde a été introduit au début du XIX^{ème} siècle par Meisner (**Bruneton, 1999**), ce sont des substances organiques d'origine naturelle le plus souvent végétale, les Fabaceae produisent trois types d'alcaloïdes :

1. Alcaloïdes pyrrolizidiniques issus de *Crotalaria spp.*
2. Alcaloïdes indolizidiniques extraits des genres : *Astragalus, Oxytropis, Swainsona*.
3. Alcaloïdes quinolizidiniques qui caractérisent un grand nombre de genres de cette famille tels que : *Cytisus, Genista* (**Bruneton, 2001**).

En automne, le rendement des alcaloïdes dans *Cytisus triflorus* est plus élevé, par rapport aux autres saisons, tandis que la teneur de ces derniers est plus élevée dans les organes jeunes de la plante (les feuilles sont plus riches en alcaloïdes comparées aux tiges à l'état sec) (**Chebli et al., 2011**).

Les alcaloïdes sont connus pour leurs activités pharmacologiques très variées ainsi que pour leur toxicité (**Richter, 1993 ; Pelletier, 1983**).

3.2. Activités biologiques

Les extraits de *Cytisus triflorus* présentent une variété d'activités biologiques prometteuses, attribuées à ses composés bioactifs tels que les alcaloïdes, flavonoïdes, tannins et saponines. Voici un résumé des principales activités pharmacologiques observées :

- **Activité antioxydante** : Grâce aux flavonoïdes et aux composés phénoliques, les extraits ont une forte capacité à neutraliser les radicaux libres et à stimuler les enzymes antioxydantes, ce qui pourrait contribuer à la prévention du vieillissement cellulaire et de maladies chroniques (**Souza, et al. 2018**).

- **Activité anti-inflammatoire** : Les extraits réduisent la production de cytokines pro-inflammatoires et montrent des effets similaires aux anti-inflammatoires non stéroïdiens (AINS), avec une réduction des œdèmes et inflammations dans des modèles animaux (**Souza et al., 2018**).

- **Activité antidiabétique** : *Cytisus triflorus* diminue la glycémie en inhibant des enzymes comme l' α -glucosidase et l' α -amylase, tout en favorisant la sécrétion d'insuline, ce qui améliore le métabolisme du glucose (**Ali et al.2020**).

- **Activité antimicrobienne** : Les extraits montrent des propriétés antibactériennes contre des bactéries Gram-positives et Gram-négatives, ainsi qu'une activité antifongique contre *Candida albicans* et *Aspergillus niger* en raison de la présence de flavonoïdes, tannins et saponines.

Les remèdes à base de plantes constituent une alternative dans les systèmes de soins primaires et donc, une voie prometteuse pour le développement de médicaments traditionnellement améliorés. Récemment, beaucoup de chercheurs s'intéressent aux plantes médicinales pour leur richesses antioxydants naturels à savoir les polyphénols, les flavonoides, les tanins, etc. qui possèdent des activités antimicrobiennes (**Daglia, 2012**).

4. Propriétés antioxydants de la plante

- Les extraits de *Cytisus triflorus* contiennent des flavonoïdes tels que la quercétine et le kaempférol, ainsi que des composés phénoliques et des tanins, Ces composés ont un potentiel antioxydant significatif en raison de leur capacité à piéger les radicaux libres.

- Des alcaloïdes comme la cytisine ont également été identifiés dans les extraits de la plante, et bien que leur rôle antioxydant soit encore à étudier, certains travaux suggèrent qu'ils peuvent contribuer à cette activité (**Campos et al.2020**).

4.1. Mécanismes d'action des antioxydants

Les mécanismes d'action des antioxydants sont divers, incluant le captage de l'oxygène singulier, la désactivation des radicaux par réaction d'addition covalente, la réduction de radicaux ou de peroxydes ainsi que la chélation des métaux de transition (**Berkelhamer et al., 2013**). D'une manière

générale, un antioxydant peut empêcher l'oxydation d'un autre substrat en s'oxydant lui-même plus rapidement que celui-ci. Un tel effet résulte d'une structure de donneurs d'atome d'hydrogène ou d'électrons souvent aromatiques, cas de dérivés du phénol (**Zhang et Gutterman, 2007**). En plus, leurs radicaux intermédiaires sont relativement stables du fait de la délocalisation par résonance et par manque de positions appropriées pour être attaqué par l'oxygène moléculaire. (**Pisoschi et Pop, 2015**).

5. Propriétés antimicrobiennes

L'utilisation abusive des antibiotiques a induit le phénomène de résistance des bactéries infectieuses aux antibiotiques. Ce problème que rencontre la médecine actuelle, a relancé la recherche vers l'élaboration d'autres stratégies thérapeutiques visant à exploiter les propriétés antimicrobiennes des substances naturelles pouvant se substituer aux antibiotiques et/ou agir en synergie avec ces derniers (**Kordali et al., 2008 ; Daglia, 2011**). Des groupes de recherche ont étudié l'activité antimicrobienne des extraits de plantes médicinales (**Gulfranz et al., 2008 ; Haddouchi et al., 2013**). D'autres groupes de chercheurs ont franchi une étape plus loin, ils ont isolé et identifié les métabolites responsables de l'activité antimicrobienne des extraits de plantes, cette étape constitue une plateforme pour plusieurs implications incluant l'industrie pharmaceutique, la médecine alternative et la thérapie naturelle (**Romanik et al., 2007**).

5.1. Mécanismes d'action contre les bactéries et les champignons

L'homme vit dans un environnement peuplé d'un grand nombre de microorganismes présents dans l'air, le sol, les eaux douces, les eaux marines, à la surface de la peau et les muqueuses ainsi qu'au niveau du tube digestif et de l'appareil urinaire. Ces microorganismes consistent en des bactéries, des virus, des champignons et des parasites (**Daglia, 2011**). Ils sont soit des hôtes naturels de l'homme et donc saprophytes (flore digestive par exemple), soit ils déterminent une infection et donc pathogènes. Le monde bactérien est très vaste et les bactéries peuplent notre environnement, certaines espèces sont hautement pathogènes pour l'homme et représentent un véritable danger pour la santé publique.

6. Usage de *Cytisus triflorus*

6.1. Dans la médecine traditionnelle

Le genre *Cytisus* est réputé pour ses propriétés diurétiques et antihypertensives. La décoction des feuilles est couramment utilisée pour traiter les affections thoraciques (**Hanganu et al., 2010**).

Plusieurs espèces du genre *Cytisus* utilisées en médecine traditionnelle ont été étudiées pour leurs potentiel thérapeutique. Elles présentent des propriétés antioxydantes, cytoprotectrices, diurétiques, hypnotiques, anxiolytiques, sédatives, hépatoprotectrices, antispasmodiques, hypotensives, antiparasitaires, antidiabétiques et oestrogéniques. Ces propriétés variées font des espèces de *Cytisus* des plantes d'intérêt pour le traitement de différents troubles et affections.

(Sundararajan et al. 2006, Di Giorgio et al. 2008, Nirmal et al. 2008, Barros et al. 2012, González et al. 2013, Jalili et al. 2013).

En effet, *Cytisus scoparius* est une espèce largement utilisée dans la médecine traditionnelle chinoise. Elle est réputée pour ses propriétés diurétiques stimulantes. Dans cette pratique médicinale, elle est utilisée pour revigorer le cœur et le foie et traiter l'insuffisance cardiaque et l'œdème. Ces utilisations traditionnelles suggèrent l'efficacité potentielle de *Cytisus scoparius* dans le soutien de la fonction cardiaque et l'élimination de l'excès de liquide dans le corps **(Sundararajan et Koduru, 2014).**

L'usage et propriétés de quelques espèces du genre *Cytisus* sont résumés dans le tableau ci-après :

Tableau 2 : Usage et propriétés pharmacologiques de quelques espèces du genre *Cytisus*.

Espèce	Utilisation médicinale	Références
<i>Cytisus villosus</i>	Hémostatique, Traitement des	(Larit et al. 2018, Larit,
<i>Pourr.</i>	Plaies, Cicatrisante	Nael et al. 2018, Larit et al. 2019)
<i>Cytisus scoparius</i>	Diurétique, utile pour traiter l'insuffisance et l'œdème cardiaques	(Sundararajan et Koduru, 2014)
<i>Cytisus multiflorus</i> (Genêt d'Espagne)	Diurétiques, antiinflammatoires, antihypertenseurs antidiabétique.	(Gião et al. 2007)
<i>Cytisus laburnum</i>	Antidépresseur naturel	(Mineur et al. 2007)

6.2. Dans la pharmacologie moderne

Dans la pharmacologie moderne, *Cytissus triflorus* est étudié pour ses composés bioactifs, dont des flavonoïdes et des alcaloïdes. Ces composants sont étudiés pour leurs effets antioxydants, anti-inflammatoires et hypoglycémians. Par exemple, une étude par **Germano et al. (2013)** sur les propriétés de *Cytissus triflorus* a révélé des effets biologiques prometteurs concernant la réduction de l'inflammation et le contrôle de la glycémie (**Germano et al., 2013**). Des recherches supplémentaires ont mis en évidence les effets cardioprotecteurs potentiels de cette plante, comme le décrit une étude de 2020 dans *Phytotherapy Research*, suggérant que *Cytissus triflorus* pourrait avoir un rôle dans la gestion des maladies cardiaques et le diabète.

7. Valorisation de plantes médicinales

7.1. Technique d'extraction de principes actifs

Les techniques d'extraction des principes actifs du *Cytissus triflorus* incluent des méthodes comme l'extraction par solvants (macération, percolation), qui sont couramment utilisées dans la fabrication de produits à base de plantes médicinales. Harborne (1973) dans *Phytochemical Methods* détaille ces processus d'extraction pour obtenir des extraits concentrés de plantes médicinales (**Harborne, 1973**). Une autre méthode moderne, l'extraction au CO₂ supercritique, est utilisée pour extraire des huiles essentielles et d'autres molécules bioactives, permettant une extraction propre et sans résidus chimiques, comme la note Thomsen et al. (2010) (**Thomsen et al., 2010**).

7.2. Méthodes de valorisation industrielle et pharmaceutique

Une fois extraits, les principes actifs de *Cytissus triflorus* peuvent être intégrés dans des formulations pharmaceutiques et cosmétiques. Tiwari et al. (2009) dans *Phytochemical and Pharmacological Properties of Medicinal Plants* expliquent comment ces extraits sont utilisés pour fabriquer des gélules, des comprimés, ou des sirops à base de plantes (**Tiwari et al., 2009**). En outre, les extraits de plantes médicinales sont de plus en plus utilisés dans l'industrie cosmétique pour leurs propriétés anti-âge, hydratantes et anti-inflammatoires. Selon Hossain et al. (2012) dans leur revue *Applications of*

Herbal Extracts in the Cosmetics Industry, l'utilisation de *Cytissus triflorus* pourrait se traduire par la création de crèmes et lotions destinées à apaiser et revitaliser la peau (**Hossain et al., 2012**). De plus, les extraits peuvent être utilisés dans des suppléments alimentaires pour des effets bénéfiques sur la santé cardiovasculaire et le métabolisme, comme le détaille Brown et al. (2015) dans Herbal Medicine: Biomolecular and Clinical Aspects (**Brown et al., 2015**).

8. Végétation de la région

La flore de l'Atlas Blidéen appartient au domaine méditerranéen nord-africain, marqué par un climat xérothermique. On y distingue six principaux groupements végétaux (**Maire, 1952**).

1. Pinède (Pinetum halepensis) : Dominée par le Pin d'Alep, accompagnée d'espèces comme le lentisque, romarin, bruyère, ciste, arbousier et chêne kermès.



Figure 4: Pin d'Alep Pinetum halepensis.

SOURCE : https://fr.123rf.com/photo_78817709_c%C3%B4ne-d-un-pin-d-alep-Pinus-halepensis.html

2. Cédraie (Cedretum) : Localisée en altitude (Djebel Guerroumène), elle abrite le cèdre de l'Atlas avec des espèces comme le chêne vert, houx, érable de Montpellier, aubépine et genévrier rouge.



Figure 5 : Cédraie ou Cedretum.

SOURCE : (<https://www.botanique-jardins-paysages.com/le-genre-cedrus-un-petit-genre-pour-de-grands-arbres/>).

3. Chênaie verte (Quercetum ilex) :

Faciès semi-aride : Avec genévrier, pistachier térébinthe et pistachier de l'Atlas.

Faciès humide/subhumide : En mélange avec olivier, pin d'Alep, chêne zéen et caroubier.

4. Chênaie-liège (Quercetum suberis) : Présente en îlots, elle est riche en bruyère, myrte, cytise, lavande, ciste et arbousier.

5. Groupement orme-frêne-lentisque (Oleo-lenticetum) : Localisé à basse altitude, il comprend lentisque, olivier, palmier nain, myrte et caroubier.

6. Groupement alluvial (Ulmo-Fraxinetum) : Se développe le long des oueds sur des sols humides. Il inclut orme, frêne, aubépine, rosier, lierre, liseron, carotte sauvage, carex, etc.

8.1. Plantes médicinales connues dans la région

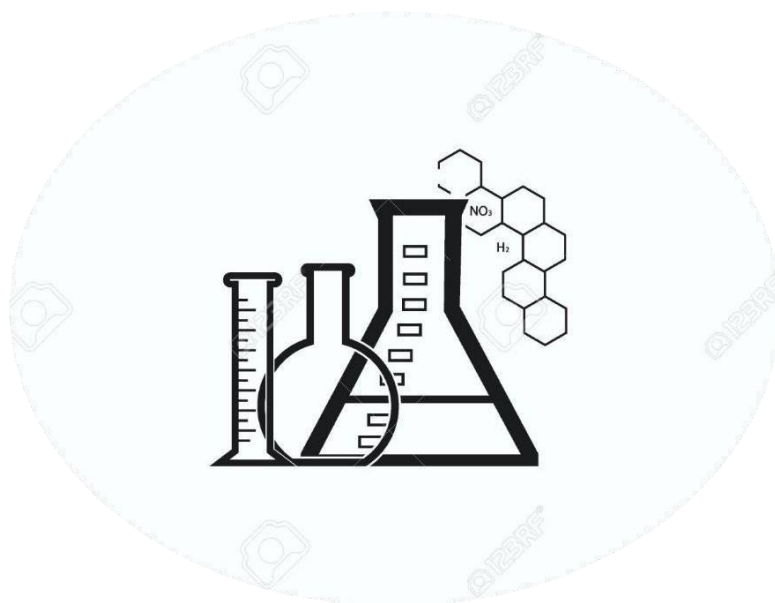
L'Atlas Blidéen, avec son climat méditerranéen, est une région riche en plantes médicinales qui ont été utilisées pendant des siècles dans la médecine traditionnelle. Parmi les plantes les plus courantes, on trouve :

- Le thym (*Thymus vulgaris*), connu pour ses propriétés antiseptiques et pour traiter les affections respiratoires.
- Le romarin (*Rosmarinus officinalis*), utilisé pour améliorer la digestion et soulager les douleurs musculaires.
- La lavande (*Lavandula angustifolia*), reconnue pour ses effets apaisants et anti-inflammatoires.
- Le jasmin (*Jasminum spp.*), utilisé pour ses propriétés relaxantes.
- La sauge (*Salvia officinalis*), qui est utilisée pour ses effets antiseptiques et antioxydants.

Ces plantes sont non seulement des remèdes traditionnels mais font aussi partie de l'écosystème naturel de la région, contribuant à sa biodiversité.

Chapitre II :

Matériel et méthode



II. Matériel et méthodes

1. Matériel utilisé

Tableau 3 : Liste du matériel et des équipements utilisés pour les analyses phytochimiques

N°	Matériel/Équipement	Description / Capacité
1	Étuve	Pour le séchage à température contrôlée
2	Autoclave	Stérilisation par vapeur
3	Balance	De précision, pour pesées de laboratoire
4	Incubateur microbiologique	Maintien de cultures à température contrôlée
5	Agitateur	Pour homogénéiser les solutions
6	Plaque chauffante avec agitation magnétique	Chauffe et agite simultanément
7	Spectrophotomètre UV-visible	Analyse d'absorbance entre 190-1100 nm
8	Réfrigérateur	Stockage des réactifs et extraits à basse température
9	Rotavapeur	Évaporation des solvants sous vide
10	pH-mètre	Mesure du pH des solutions
11	Béchers	25 mL, 100 mL, 250 mL, 500 mL, 1 L
12	Papier filtre et filtres Whatman	Ø 6 mm, pour filtration
13	Tubes à essai et racks	Lot de 10
14	Pipettes graduées et automatiques	10 µL à 1000 µL
15	Boîtes de Pétri	Pour cultures microbiologiques
16	Flacon et pince	Pour manipulation de solvants ou cultures
17	Erlenmeyers	100 mL, 250 mL, 500 mL
18	Fiole jaugée	Pour préparation de solutions à volume précis
19	Micropipettes + cônes stériles + écouvillons	Pour manipulations stériles et microbiologie
20	Ballons à fond rond	Pour évaporation ou réactions sous reflux

II.2 Présentation de la région d'étude

2.2. Atlas blidéen

L'Atlas Blidéen est une chaîne de montagnes situées dans le nord de l'Algérie, faisant partie de l'Atlas Tellien qui s'étend le long du littoral méditerranéen. Cette région se distingue par sa géographie variée, composée principalement de roches calcaires et de schistes, créant des paysages spectaculaires de montagnes, de vallées et de plateaux. Le climat méditerranéen de l'Atlas Blidéen se caractérise par des hivers modérés et pluvieux, tandis que les étés sont chauds et secs. La végétation est dominée par des forêts de pins et de chênes-lièges, offrant un habitat naturel pour une faune diversifiée, incluant des cerfs, des sangliers et des oiseaux de proie comme les aigles et les faucons. Cependant, la région fait face à des défis environnementaux, tels que la déforestation et l'érosion, menaçant sa biodiversité. Il est donc essentiel de préserver cette région unique pour l'avenir. (*Feraoun, 1983*).

2.3. Parc national de Chréa

Le matériel végétal de la présente étude est échantillonné dans le Parc national de Chréa, situé à environ 50 km au sud-ouest d'Alger. Ce parc s'étend en écharpe sur une superficie de **26 587** hectares, occupant les parties centrales de la chaîne de l'Atlas tellien, entre les latitudes nord **36°19' à 36°30'** et les longitudes est **2°38' à 3°02'**.

Le parc surplombe au nord la fertile plaine de la Mitidja, riche en terres agricoles, ainsi que le bourrelet anticlinal du Sahel, profondément entaillé par la cluse de l'Oued Mazafran. À l'horizon, se dressent les monts du Djebel Chenoua, qui forment une véritable barrière naturelle perpendiculaire à l'Atlas blidéen, entre la chaîne montagneuse et la mer Méditerranée (**Figure 6**) (*Anonyme, 2016*).

Les prélèvements ont été réalisés dans la région de Aïn Tifraure, un site forestier de moyenne à haute altitude localisé au sein du parc. Ce secteur se distingue par son couvert végétal dense et sa situation écologique favorable à l'accumulation de métabolites secondaires chez certaines espèces végétales. Il constitue ainsi un site d'intérêt pour l'étude de la biodiversité et des composés bioactifs des plantes médicinales.

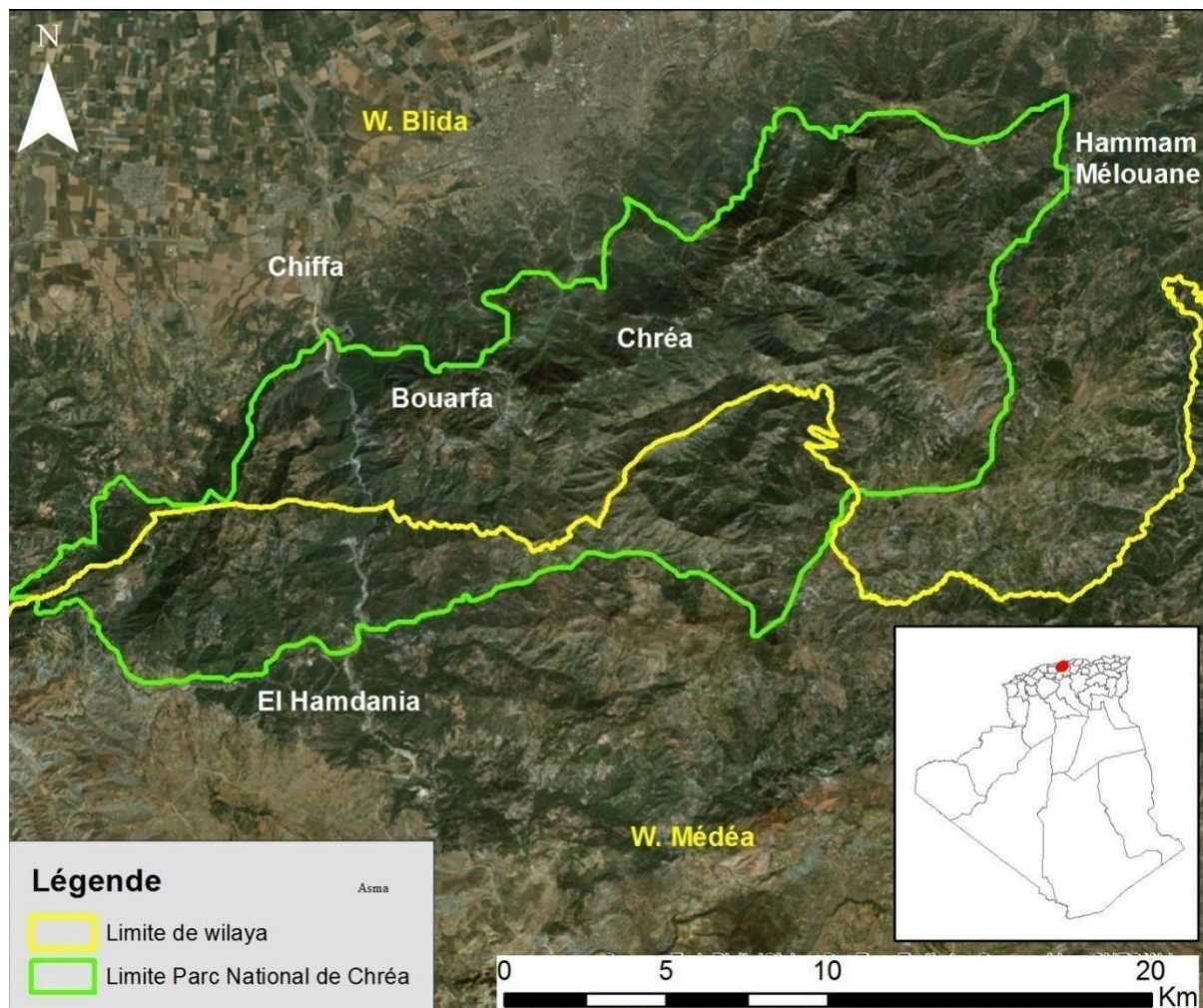


Figure 6 : Localisation du parc national de Chréa.

3. Géographie et climat de la région

L'Atlas Blidéen est situé entre les coordonnées 2 409 et 3 209 de longitude Est et entre les coordonnées 36 309 et 36  de latitude Nord. Il représente la partie centrale de massif Tellien, et l'arrière-pays algérois. Contient une superficie de 1572,2 Km². Il représente 25% de l'aire totale de l'Atlas Tellien. Il est limité au nord, par la plaine de Mitidja, à l'Ouest, par Oued Chiffa, au sud par Oued Mellah, et à l'Est par le col des deux bassins (*Halimi, 1980 ; Nedjahi, 1988*).

Situé au carrefour de deux ambiances climatiques, l'une caractérisée par les influences xériques provenant du continent et l'autre par les influences maritimes venant du nord du pays, le parc national de Chréa est compris entre l'isotherme 8 et 11 C de températures moyennes annuelles. Les sommets étant plus froids et les piémonts plus chauds. Les températures les plus basses sont enregistrées à Chréa avec 3 C, alors que les températures maximales varient entre 26,3 et 33,6 C. Du point de vue

des précipitations, le parc est compris entre les isohyètes 700- 1400 mm/an. Celles-ci sont plus importantes dans les stations situées sur le versant nord-ouest (**Dahel, 2015**).

3.1. Temperature

Selon **Djellouli (1991)**, la vie végétale se déroule sous deux extrêmes thermiques : le m et le M.

Les températures moyennes annuelles varient de 11°C à 18°C, avec un minimum en janvier et un maximum en juillet ou août. La valeur moyenne des températures du mois le plus froid m, varie de 7.5°C à Blida et diminue avec l'altitude jusqu'à 0.4°C à Chréa, pour cela un gradient altitudinal thermique décroissant a été calculé par divers auteurs. **Seltzer (1946)** donne la valeur de -0.4°C chaque 100m, **Meddour (1994)** -0.55°C chaque 100m, et **Bouaoune (1996)** -0.45°C chaque 100m les températures moyennes maximales du mois le plus chaud M varient de 26.3°C à Chréa et 35°C à Benchicao.

3.2. Précipitations

L'Atlas Blidéen présente un climat de grande variabilité des précipitations annuelles, qui varie de 800 à 1500 mm (**Boucenna et Boularas, 1999**), cette variabilité est due aux trois principaux gradients :

- Un gradient altitudinal de pluviosité, là on constate que les précipitations sont plus abondantes en montagnes qu'en plaine. Par ailleurs, plusieurs valeurs de ce gradient ont été calculées par divers auteurs, qui vont de 40 à 46 mm/100m, ces gradients se rapprochent de celui définie par **Seltzer (1946)** qui est de 50 mm/100m.
- Un gradient latitudinal de pluviométrie où la pluie diminue lorsqu'on s'éloigne de la mer vers l'intérieure du pays, c'est-à-dire du nord vers le sud.
- Un gradient longitudinal selon lequel la pluie augmente de l'Ouest en est.

3.3. Le vent

Le vent est un paramètre climatique qui a une grande importance écologique, car il agit soit directement par son action mécanique sur le sol et les végétaux, soit indirectement en influant sur la température et l'humidité. l'effet du vent est expliqué par ses fréquences, ses directions et sa force. Dans les stations du Parc National de Chréa, ce sont essentiellement les vents Nord-Ouest qui prédominent à longueur d'année. (**Bouneffouf et Haider, 2009**).

3.4. Humidité

A cause de sa proximité de la mer, le massif Blidéen se caractérise par un taux d'humidité élevée, l'humidité relative de l'air varie de 45% au mois d'août à 86% au mois de janvier. A l'échelle de la journée, elle est plus élevée matin et soir et elle se baisse à midi. Le brouillard s'étale sur toute l'année avec un maximum de 21 jours en Janvier et un minimum de 4 jours en juillet (**Benali, 1990**).

4. Synthèse climatique

4.1. Climagramme d'EMBERGER

Le climagramme d'EMBERGER permet de déterminer les étages bioclimatiques des différentes stations et ce selon les valeurs du quotient d'EMBERGER Q2, et des températures minimales du mois le plus froid (**Emberger, 1955**). Cet indice est donné par la formule :

$$Q2 = 2000 * P / (M^2 - m^2)$$

Où :

P: la pluviométrie annuelle en mm

M: la température maximale du mois le plus chaud en °K

m: la température minimale du mois le plus froid en °K

Calcul du Q2 :

$P \approx 916$ mm (précipitation annuelle moyenne)

$M \approx 25$ °C (juillet ou août)

$m \approx 3$ °C (janvier)

Convertissons en Kelvin :

$M = 25 + 273.15 = 298.15K$

$m = 3 + 273.15 = 276.15K$

$$Q2 = 2000 \times 916 / (298.15)^2 - (276.15)^2$$

$$Q2 \approx 145.2$$

5. Choix de la plante

Le choix de l'espèce *Cytisus triflorus* pour la réalisation de cette étude repose sur plusieurs critères scientifiques et pratiques. Cette plante médicinale, est une source reconnue de métabolites secondaires d'intérêt pharmacologique, tels que polyphénols, flavonoïdes, tanins et huiles essentielles qui possèdent des propriétés antioxydantes, anti-inflammatoires, antimicrobiennes, antifongiques, autant de propriétés largement rapportées par la littérature spécialisée.

D'origine méditerranéenne, *Cytisus triflorus* est naturel dans les maquis ou forêts des régions montagneuses d'Algérie, ce qui en fait une ressource végétale locale facilement accessible et utilisable. Son emploi par la phytothérapie traditionnelle sous forme d'infusions, tisanes, cataplasmes témoigne d'un savoir empirique transmis de génération en génération qui l'utilise pour traiter les affections respiratoires, les inflammations ou éruptions cutanées, plaies ou ulcérations.

Cependant, du fait de ses nombreuses potentialités, cette espèce reste encore peu étudiée dans le cadre de la recherche scientifique moderne, comparativement à d'autres plantes médicinales ayant bénéficié d'une exploration plus approfondie. Cela interpelle à plus d'un titre sur l'intérêt d'un travail de recherche et développement autour de *Cytisus triflorus* aussi bien d'un point de vue de la valorisation de la biodiversité que de l'offre en nouveaux produits d'usage thérapeutique ou cosmétique. Dans quelle mesure la variation d'altitude au sein du site de Chréa (Blida) influence-t-elle les caractéristiques physico-chimiques et les profils phytochimiques des extraits aqueux et méthanoliques de *Cytisus triflorus*, et quelles peuvent être les conséquences de cette variabilité pour une éventuelle valorisation biologique et industrielle de cette espèce ?

5.1. Récolte de la plante

La récolte de *Cytisus Triflorus* a été effectuée au cours du mois de janvier, dans des conditions

hivernales typiques de la région de Chréa.    cette période, la plante ne présente pas de fleurs, mais conserve ses parties aériennes, notamment les feuilles et les jeunes rameaux, qui peuvent être utilisés à des fins d'analyse. Et notre travail est réalisé a laboratoire de photochimie de l'ESSAIA pendant trois mois. Les échantillons ont été prélevés manuellement à l'aide de sécateurs propres, en ciblant des plants matures, tout en veillant à ne pas détériorer les individus afin de préserver leur capacité de régénération (**Figure 7**).

Une attention particulière a été portée aux bonnes pratiques de collecte durable, notamment en respectant l'espacement entre les prélèvements et en évitant la surexploitation de zones limitées.

Les parties récoltées ont été immédiatement placées dans des sacs en papier, permettant une aération optimale et réduisant les risques de fermentation ou de dégradation. Chaque échantillon a été   tiqu  t   avec les données de terrain essentielles : date de prélèvement, altitude (entre 1500 et 1525 m), et coordonnées du site. Ce protocole rigoureux assure la traçabilité et la qualité du matériel végétal destiné aux analyses ultérieures.



Figure 7 : Photos de *Cytisus triflorus* dans deux altitudes 1500 et 1525 (Originale, 2025).

5.2. Séchage et conservation du matériel végétal

Après la récolte, les échantillons ont été transportés au laboratoire dans des sacs en papier afin de les protéger de l'humidité excessive et de garantir leur intégrité. Le séchage a été effectué dans un endroit bien aéré, à l'abri de la lumière directe du soleil, afin de préserver les composés actifs de la plante qui pourraient être altérés par une chaleur excessive ou une exposition directe à la lumière. Le séchage a duré entre 10 et 15 jours à température ambiante (environ 20-25   C), jusqu'à ce que les échantillons soient compl  tement secs (**Figure 8**).

Une fois le séchage terminé, les échantillons ont été broyés à l'aide d'un moulin électrique pour obtenir une poudre fine et homogène. Cette poudre a ensuite été stockée dans des contenants hermétiquement fermés. Les échantillons ont été conservés dans un environnement adapté et sécurisé (dans des contenants fermés ou dans des espaces dédiés au stockage sec) pour préserver leur qualité pendant une période prolongée. Cette méthode assure la conservation des composés actifs de la plante, garantissant ainsi des matériaux prêts pour des analyses ultérieures de manière fiable.



Figure 8 : Présentation de la plante avant et après broyage (Originale, 2025).

5.3. Extraction des composés bioactifs de *Cytisus triflorus*

Après séchage des échantillons récoltés à différentes altitudes (1500–1525 m), des extractions aqueuse et méthanolique ont été réalisées pour analyser les composés bioactifs et étudier l'influence de l'altitude sur leur concentration.

1. Extraction aqueuse

10 g de poudre de *Cytisus triflorus* ont été macérés dans 400 mL d'eau distillée (**Figure 9A**) dans un flacon stérile (**Figure 9B**). Le mélange, protégé de la lumière et de l'évaporation par du papier aluminium, a été agité 24 h à température ambiante (**Figure 9C**) pour extraire les composés hydrosolubles (flavonoïdes, alcaloïdes). La solution a ensuite été filtrée (**Figure 9D**), centrifugée (**Figure 9E**) et l'extrait aqueux pur a été récupéré pour analyse.

2. Extraction méthanolique

3 g de matière végétale sèche ont été macérés dans 100 mL de méthanol à 80 %, sous agitation protégée (24 h, température ambiante). Après filtration et centrifugation (6000 tr/min, 10–15 min), l'extrait méthanolique a été utilisé pour :

- Le dosage des polyphénols et flavonoïdes totaux.
- L'évaluation de l'activité antioxydante (test DPPH).

Calcul du rendement :

$$R(\%) = \frac{\text{PEB (poids extrait brut)}}{\text{PMV (poids matière végétale)}} \times 100$$

Sachant que :

$$R\% = (\text{PEB} / \text{PMV}) \times 100$$

- **R**: Rendement (%).
- **PEB** : poids de l'extrait brut méthanolique (g).
- **PMV** : poids de matière végétale (g).

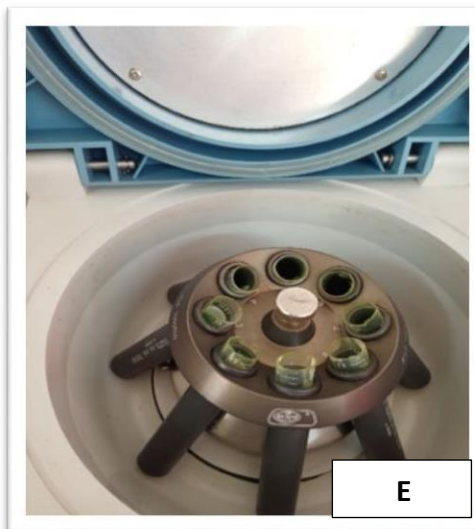
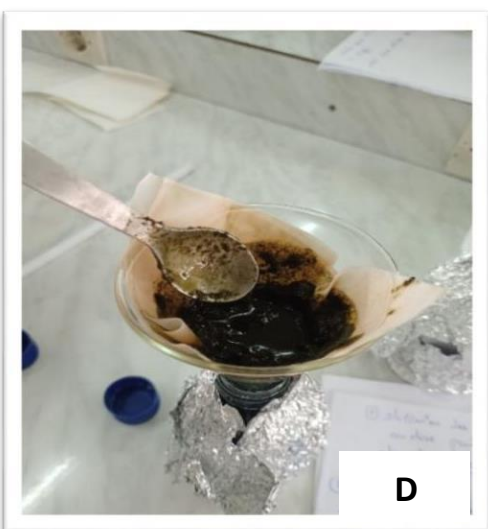
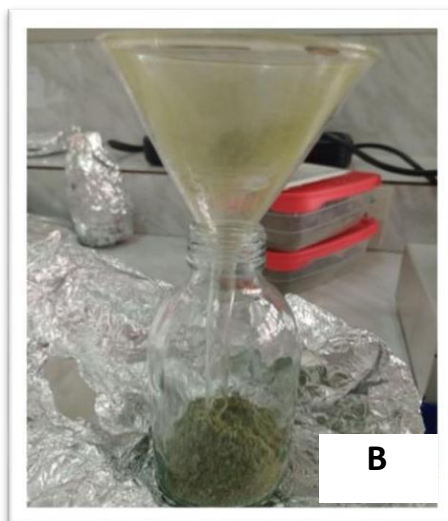


Figure 9 : Les étapes de Préparation de l'extrait brut (Originale,2025).

6. Screening phytochimique

Après l'extraction, l'étape suivante consiste en le screening phytochimique, qui permet d'analyser les composés présents dans l'extrait. Cette étape a pour but d'identifier les différentes classes de composés chimiques, tels que les flavonoïdes, les alcaloïdes, les tanins, les saponines et les terpénoïdes, qui peuvent avoir des propriétés pharmacologiques intéressantes. Des tests chimiques spécifiques sont réalisés sur l'extrait pour détecter la présence de ces composés. Par exemple, l'ajout de réactifs spécifiques peut provoquer des changements de couleur ou la formation de précipités, permettant ainsi de confirmer la présence de certaines molécules bioactives. Les résultats obtenus à cette étape permettent de mieux comprendre les propriétés potentielles de la plante et de cibler les composés ayant un intérêt thérapeutique pour des études plus approfondies.

Afin de mettre en évidence la présence de différentes classes de métabolites secondaires dans les extraits végétaux, plusieurs tests phytochimiques ont été effectués selon des protocoles classiques. Le test des flavonoïdes glycosides a été réalisé selon la méthode décrite par **Iqbal Hussain et al. (2011)**, en ajoutant 1 ml de KOH à 1 % à 2 ml d'extrait dans le méthanol, entraînant l'apparition d'une coloration jaune, caractéristique des flavonoïdes sous forme glycosidée. Pour les stéroïdes, la méthode de **Trease et Evans (1978)** a été suivie : 1 ml de chloroforme et 1 ml d'acide sulfurique concentré ont été ajoutés à l'extrait, révélant une couche rouge à la surface, indiquant la présence de stéroïdes. Le test des anthocyanines, adapté de **Bidie et al. (2011)**, a consisté à mélanger 5 ml d'extrait avec 4 ml d'hydroxyde d'ammonium (NH_4OH) à 30 %, ce qui a entraîné une coloration rouge confirmant leur présence. Le test d'Hétéroside cardiotoniques Keller-Killiani, décrit par **Trease et Evans (1989)**, a permis de détecter les hétérosides cardiotoniques par la formation d'un anneau brun à l'interface entre l'acide acétique et l'acide sulfurique. La présence de tanins a été mise en évidence selon la méthode de **Diallo et al. (2004)** par l'ajout de quelques gouttes de FeCl_3 à 1 %, provoquant une coloration bleu-noir (tanins galliques) ou bleu-verdâtre (tanins catéchiques). Pour les composés réducteurs, la méthode de **Trease et Evans (1978)** et de **Yamini et al. (2011)** a été utilisée ; le mélange de l'extrait avec la liqueur de Fehling, après chauffage, a produit un précipité rouge brique. Les alcaloïdes ont été recherchés en ajoutant le réactif de Mayer (composé de 10 g de KI et 2,7 g de HgCl_2 dans 20 ml d'eau) à 2 ml d'extrait, ce qui a donné un précipité blanc ou jaune pâle, confirmant leur présence. Le test des

saponines, basé sur la méthode classique d'agitation, a révélé une mousse stable de plus de 1 cm, signe de leur présence. Enfin, le test des stérols et triterpènes, selon la méthode de **Koffi et al. (2009)**, a consisté à diluer l'extrait dans l'anhydride acétique, puis à ajouter quelques gouttes d'acide sulfurique ; l'apparition d'une coloration violette indiquait des triterpènes, tandis qu'une teinte verte indiquait la présence de stérols.

7. Évaluation quantitative des composés bioactifs

7.1. Dosage des polyphénols totaux

La méthode utilisée pour la détermination des polyphénols totaux est celle décrite par **Singleton et al. (1999) et Paras & Hardeep (2010)**, basée sur une réaction d'oxydoréduction. Le réactif de Folin-Ciocalteu, composé d'un mélange d'acide phosphomolybdique ($\text{H}_3\text{PMo}_{12}\text{O}_{40}$) et d'acide phosphotungstique ($\text{H}_3\text{PW}_{12}\text{O}_{40}$), réagit avec les groupements hydroxyles des composés phénoliques. Lors de cette réaction, les acides sont réduits, ce qui entraîne la formation d'oxydes bleus de molybdène (Mo_8O_{23}) et de tungstène (W_8O_{23}). L'intensité de la couleur bleue formée est proportionnelle à la teneur en composés phénoliques, et son absorbance est mesurée à une longueur d'onde de 750 nm (**Ribereau-Gayon, 1968**).

Principe

Un volume de 200 μL d'extrait méthanolique de *Cytisus triflorus* est ajouté à 1,5 mL du réactif de Folin-Ciocalteu. Le mélange est laissé au repos pendant 5 minutes à température ambiante. Ensuite, 1,5 mL d'une solution de carbonate de sodium à 60 g/L est ajoutée. Après agitation au vortex, la solution est incubée et l'absorbance est mesurée à 750 nm à l'aide d'un spectrophotomètre UV- Visible.

Une courbe d'étalonnage est réalisée à l'aide de différentes concentrations d'acide gallique (préparées à partir d'une solution mère à 0,1 mg/mL), afin de déterminer la concentration des polyphénols totaux dans les extraits. Les résultats sont exprimés en mg d'équivalents d'acide gallique (EAG) par gramme de matière végétale sèche. La conversion des valeurs de densité optique (D.O) en concentration (mg/mL) se fait selon l'équation suivante :

$$\text{D.O} = 0,0094 \text{ C}$$

7.2. Dosage des flavonoïdes totaux

La teneur en flavonoïdes totaux dans les extraits méthanoliques de *Cistus triflorus* a été déterminée selon la méthode décrite par **Lamaison & Carnat (1990)**, rapportée par **Djeridane et al. (2006)**. Le principe de cette méthode repose sur la formation d'un complexe coloré entre les flavonoïdes et le chlorure d'aluminium (AlCl_3), qui présente une absorption maximale à 430 nm. Cette réaction est spécifique des flavones et flavonols, qui possèdent des groupements hydroxyles réactifs avec AlCl_3 .

Principe

Un volume de 1 mL d'extrait méthanolique est mélangé à 1 mL de solution d' AlCl_3 à 2%. Après agitation pour homogénéiser le mélange, celui-ci est incubé à température ambiante pendant 15 minutes, à l'abri de la lumière, afin de permettre le développement de la coloration. L'absorbance du complexe formé est ensuite mesurée à 430 nm à l'aide d'un spectrophotomètre UV-Visible.

La détermination quantitative est réalisée en comparant les lectures d'absorbance avec une courbe d'étalonnage établie à partir de concentrations croissantes de quercétine, diluées depuis une solution mère de 0,04 mg/mL. Les résultats sont exprimés en mg d'équivalents quercétine (EQ) par gramme de matière végétale sèche. La conversion des densités optiques (D.O.) en concentrations (mg/mL) est obtenue à partir de l'équation de calibration expérimentale :

$$\text{DO} = 0,0094 \text{ C} + 0,097.$$

7.3. Dosage des protéines totales

Les protéines totales ont été extraites selon la méthode colorimétrique de **Bradford (1976)**.

La méthode de Bradford est une méthode de dosage colorimétrique des protéines, c'est-à-dire qui mesure la concentration de celles-ci dans une solution. La mesure se fait à 595 nm.

Principe

A partir de 100 mg de matériel végétale broyée à basse température dans 1ml d'eau distillé, l'extrait est ensuite centrifugé pendant 20 min à 15000 tours/min à 4°C. A 100µl d'extrait de surnagent protéique sont ajoutés 3ml du réactif de Bradford. La Densité optique est lue, ensuite à 595 nm (**Figure 10**).

Une gamme de dilutions à des concentrations croissantes a été réalisée à partir d'une solution mère de sérum albumine de bœuf (BSA) à 2mg/ml. La courbe d'étalonnage sert à déterminer la quantité de protéines totales dans l'extrait végétal à partir de l'équation de régression linéaire suivante :

$$DO = 0.0506 * C$$



Figure 10 : Extraction des protéines totales (Originale.2025).

7.4. Dosage des sucres éthanol-solubles totaux

En milieu acide et chaud, les sucres solubles sont dégradés en furfural qui forme avec l'enthronone un composé bleu dont l'absorbance est mesurée au spectrophotomètre à 630 nm (*Mc Ready, 1950*).

Extraction

Environ 100 mg de matière végétale fraîche sont mélangés avec 2 ml d'éthanol à 80% bouillant (Fig.12). Le mélange est broyé et centrifugé à 5000 tours pendant 20 min, le culot subit une deuxième extraction avec 2ml d'éthanol bouillant à 80% puis le mélange est centrifugé à 5000 tours pendant 20 min. les deux surnageants sont mélangés puis ajustés à 10 ml avec l'eau distillée. Cet extrait servira au dosage des sucres solubles.

Dosage

A 500 µl d'extrait glucidique sont ajoutés à 2 ml de réactif de l'anthrone (0.2 g anthrone dans 100 ml d'acide sulfurique à 91% ou 95 %), après agitation au vortex, les tubes sont placés au bain marie à 100°C pendant 10 min pour permettre le développement d'une coloration. Une gamme étalon a été réalisée à l'aide de concentrations croissantes de glucose préparé à partir d'une solution mère de 100µl (**Figure 11**).


$$DO = 0.0078 * C$$

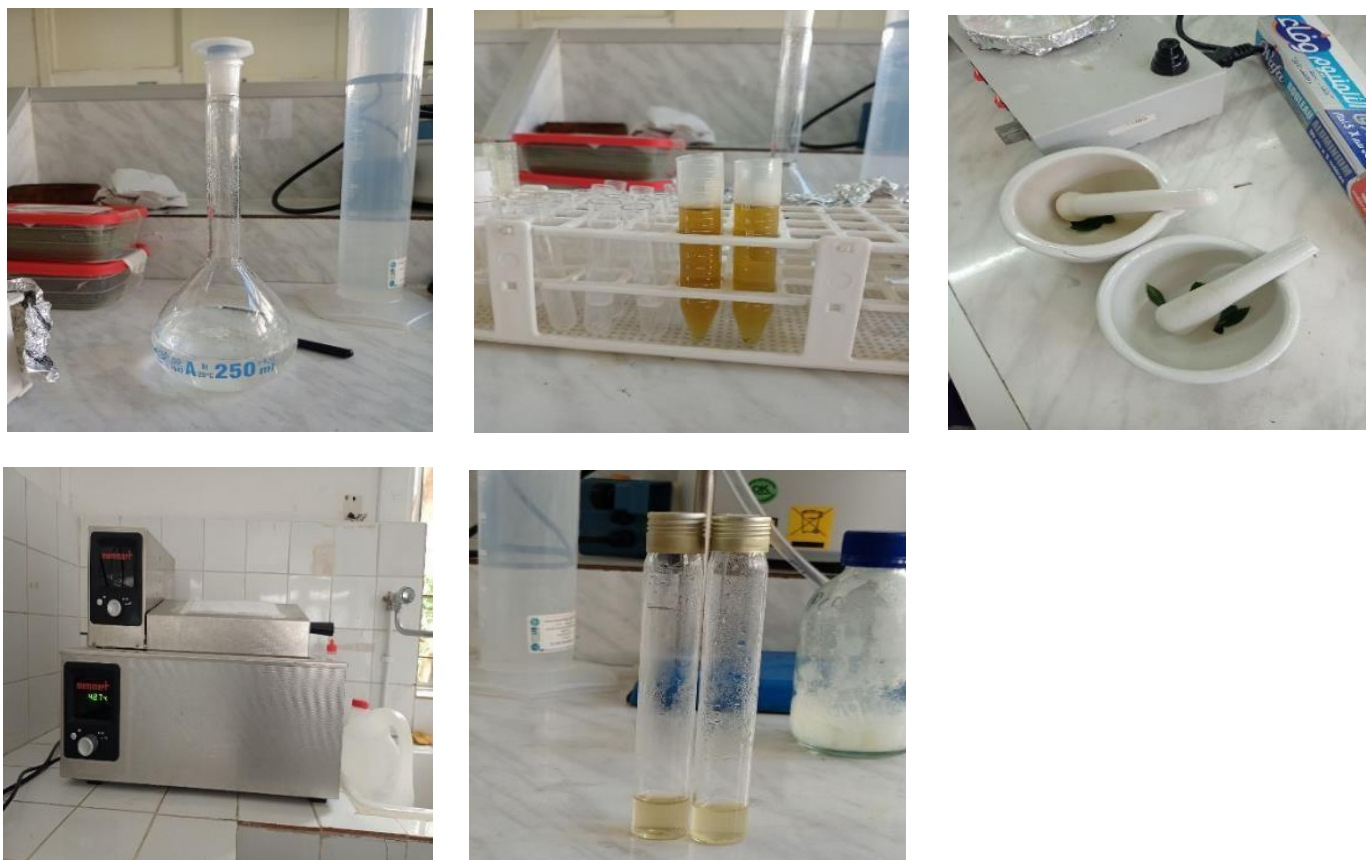


Figure 11 : Extraction des sucres ethanolo-soluble (originale.2025).

8. Le pouvoir réducteur (PR)

Le pouvoir réducteur (PR) est basé sur la réduction du fer ferrique (Fe^{3+}) en fer ferreux (Fe^{2+}). Cette réaction est indiquée par un changement de couleur, passant du jaune (Fe^{3+}) au bleu-vert (Fe^{2+}), dont l'intensité est mesurée par spectrophotométrie à 700 nm. Le principe repose sur l'interaction des antioxydants présents dans l'extrait avec le complexe ferrocyanure de potassium, ce qui conduit à la réduction du fer ferrique en fer ferreux, et donc à un changement de couleur proportionnel à l'activité antioxydante de l'extrait.

Principe

Pour l'analyse du pouvoir réducteur, un volume de 1 ml de l'extrait à différentes concentrations est mélangé avec 2 ml de solution tampon phosphate à pH 6.6 et 2 ml de solution de ferricyanure de potassium ($\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$). Ce mélange est ensuite incubé à 50°C pendant 20 minutes. Après refroidissement à température ambiante, on ajoute 2 ml d'acide trichloracétique à 10 % pour stopper

la réaction. Le mélange est centrifugé à 3000 tours par minute pendant 10 minutes. 2 ml du surnageant est prélevé, dilué avec 2,5 ml d'eau distillée et 2 ml de solution de chlorure de fer (FeCl_3) à 0.1%. Enfin, l'absorbance du mélange est mesurée à 700 nm contre un blanc à l'aide d'un spectrophotomètre. Cette méthode permet de quantifier le pouvoir réducteur de l'extrait, donnant ainsi une idée de son activité antioxydante (**Figure 12**).



Figure 12 : Les étapes de pouvoir réducteur (PR) (Originale,2025).

9. Détermination du contenu en matière grasse

L'extraction de la matière grasse est réalisée par un procédé continu à l'aide de l'appareil du Soxhlet qui permet d'extraire efficacement les lipides de la matière végétale à l'aide d'un solvant organique non polaire, tel que l'hexane. Le solvant est chauffé, puis condensé pour circuler à travers la matière végétale, extraire les lipides et revenir dans le solvant de manière répétée, assurant une extraction complète.

Principe

Pour commencer, nous avons pesé précisément 10 grammes de poudre sèche de *Cytisus triflorus* et nous l'avons chargée dans une cartouche de filtration. Ensuite, nous avons utilisé 100 mL d'hexane comme solvant pour extraire les composés qui nous intéressaient. Ce processus d'extraction a duré environ 6 à 8 heures. Une fois l'extraction terminée, nous avons soigneusement retiré le solvant hexane à l'aide d'un évaporateur rotatif (également connu sous le nom de rotovap). Nous avons utilisé une pression réduite et maintenu la température entre 40 et 50 °C pendant l'évaporation (**Figure 13**). Cette approche douce a permis de s'assurer que les composés extraits ne se dégraderaient pas ou ne seraient pas perdus. Enfin, pour déterminer la teneur en matières grasses de l'extrait, nous avons utilisé l'équation suivante :

$$\text{MG (\%)} = ((P1 - P2) / ME) \times 100$$

Dont :

P2 : Poids du ballon vide.

P1 : Poids du ballon après évaporation.

ME : Masse de la prise d'essai.

MG : Taux de la matière grasse

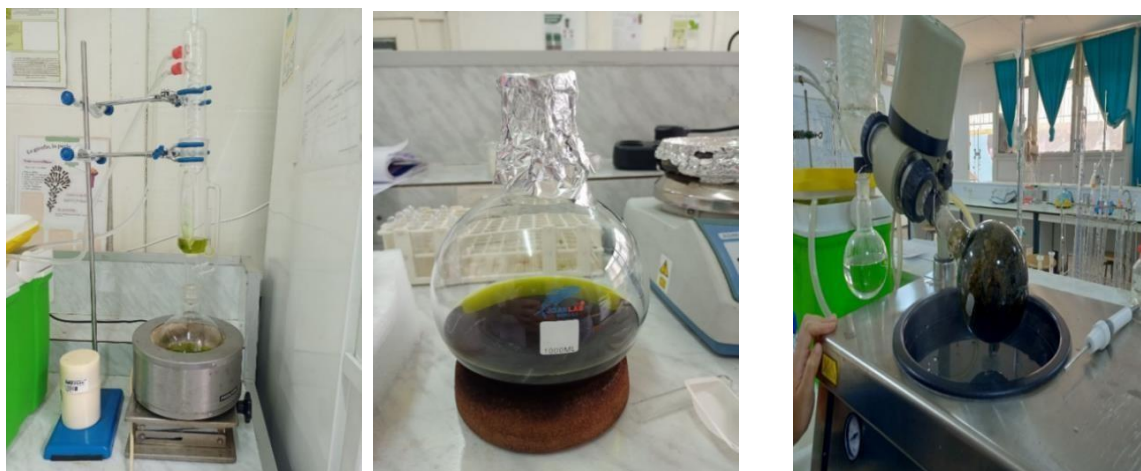


Figure 13 : Extraction Soxhlet (Original, 2025).

9.1. Détermination de l'humidité (Audigie et *al.*, 1980)

La teneur en eau représente « la quantité d'eau perdue par une substance lorsqu'on l'amène en équilibre varié avec une pression de vapeur d'eau nulle (HR=0%) dans des conditions telles que des réactions perturbatrices éventuelles soient évitées.

Mode opératoire :

- ✓ Introduire dans chaque vase de tare 1 g de l'échantillon frais : c'est le poids P1.
- ✓ Placer les dans une étuve réglée à 105 c° pendant trois heures.
- ✓ Peser les vases de tare et répéter l'opération avec une heure d'intervalle entre chaque pesée jusqu'au poids constant ou à une différence de 1 mg entre deux pesées successives (**Figure 14**).

$$\text{Teneur en eau (H\%)} = ((P - P) / M) \times 100.$$

$$\text{Taux de matière sèche (\%)} = 100 - \text{teneur en eau (\%)}.$$



Figure 14 : Détermination de l'humidité (original,2025).

10. Détermination du pH (AOAC ,1995)

Le pH est effectué par une mesure directe à l'aide d'un pH-mètre préalablement étalonné, le principe est le suivant :

✓ 1g de poudre est dilué dans 10ml d'eau distillée.

Le pH a été déterminé en utilisant un pH-mètre préalablement étalonné par des solutions Tampon 4 et 7. Tremper l'électrode et lire le pH à 25°C (**Figure 15**).



Figure 15 : Détermination du pH dans deux altitudes et deux extraction (original,2025).

11. Évaluation de l'activité antioxydante

Pour évaluer l'activité antioxydante des extraits de *Cytisus triflorus* provenant de deux altitudes différentes à l'aide de la méthode DPPH, voici comment vous pourriez procéder en adaptant le protocole à vos échantillons :

Principe

L'activité antioxydante des extraits des deux altitudes est a été évaluée par la méthode du radical libre DPPH (2,2-diphényle-1-picrylhydrazyl). L'addition d'antioxydants à une solution de DPPH provoque la réduction du DPPH, et cette réaction est mesurée par une diminution de l'absorbance à 515 nm. Cette mesure permet de quantifier l'activité antioxydante des extraits à partir des deux altitudes.

Préparation de la solution de DPPH

Dissoudre 5 mg de DPPH dans 150 mL de méthanol pour obtenir une solution de radical libre DPPH.

Le principe est le suivant :

Prélever 2900 µL de la solution de DPPH.

Ajouter 100 µL des différents extraits de la plante récoltée dans les différentes altitudes dans le tube contenant le DPPH.

Le mélange est incubé à température ambiante à l'abri de la lumière pendant 30 minutes pour permettre au DPPH de réagir avec les antioxydants présents dans l'extrait. Après incubation, mesurer l'absorbance à 515 nm à l'aide d'un spectrophotomètre

UV-visible pour chaque échantillon d'extrait.

Calcul de l'activité antioxydante

Pour évaluer l'activité antioxydante (AA) nous avons utilisé la formule suivante pour chaque échantillon :

$$AA \% = [(A1 - A2) / A1] \times 100$$

Où :

A1 : l'absorbance du témoin I

A2 : l'absorbance en présence de l'extrait

12. Activité antimicrobienne

12.1. Evaluation de l'activité antimicrobienne:

Dans le cadre de ce travail, nous avons étudié la capacité des extraits de *Cytisus triflorus* à inhiber la croissance de germes pathogènes. À cette fin, nous avons utilisé la méthode de diffusion sur disque d'inoculé d'extrait sur différents types de bactéries, tels qu'*Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* ou *Pseudomonas aeruginosa*. Les résultats de cette étude permettront mieux saisir les effets des extraits de *Cytisus triflorus* et pourra participer à la recherche d'agents thérapeutiques naturels efficaces face aux maladies infectieuses bactériennes (**Tableau 4**).

Tableau 4 : Description des souches bactériennes.

<i>Souche Bactérienne</i>	<i>Caractéristiques</i>	<i>Habitat</i>	<i>Pouvoir Pathogène</i>
<i>Escherichia coli</i>	Bacille aérobie Gram-négatif	Tube digestif de l'homme et des animaux à sang chaud	Gastro-entérites, septicémies, infections urinaires, diarrhées sanguinolentes, infections nosocomiales
<i>Staphylococcus aureus</i>	Coccus Gram- positif	Fosse nasale, gorge, tube digestif de l'homme	Infections cutanées, infections respiratoires,

			septicémies, infections nosocomiales, résistances aux antibiotiques
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Bacille aérobie Gram-négatif	Environnement (Eau, sol)	Infections respiratoires, urinaires, cutanées, septicémies, infections nosocomiales, résistances aux antibiotiques

12.2. Préparation du milieu de culture

Le milieu de culture utilisé pour cette étude est le milieu Muller-Hinton (M.H). Il est préparé en dissolvant 38 g de gélose Muller-Hinton dans 1 litre d'eau distillée. Le mélange est porté à ébullition avec agitation pour permettre une dissolution complète. Une fois dissous, le milieu est autoclave à 121°C pendant 15 minutes pour assurer la stérilisation, avant d'être versé dans des boîtes de Pétri pour permettre la solidification (**Figure 16**).

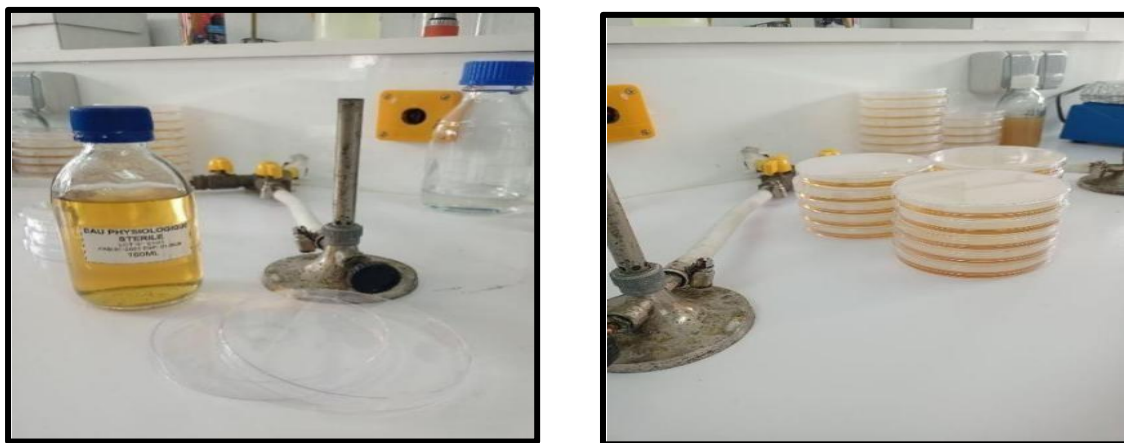


Figure 16 : Préparation le milieu Muller-Hinton (M.H).

- **Stérilisation du matériel**

Tout le matériel utilisé dans cette étude, notamment l'eau distillée, les tubes à essai pour la préparation des solutions bactériennes, et les disques en papier Wattman (6 mm de diamètre), doit être stérilisé. Cette stérilisation est effectuée à l'autoclave à 121°C pendant 15 minutes pour éviter toute contamination.

- **Préparation de l'inoculum**

Les souches bactériennes sont cultivées dans du bouillon nutritif et incubées à 37°C pendant 48 heures. Une fois la culture terminée, l'opacité de l'inoculum doit être ajustée pour correspondre à une densité équivalente à 0.5 McFarlane ou une densité optique (DO) de 0.08 à 0.10 à 625 nm. Si l'inoculum est trop faible, on ajoute de la culture supplémentaire ; s'il est trop fort, de l'eau physiologique stérile est ajoutée pour ajuster l'intensité (**Figure 17**).



Figure 17 : préparation des solutions bactériennes (original,2025).

- **Ensemencement et dépôt de disques**

1 ml de chaque suspension bactérienne est étalé uniformément à la surface du milieu de culture M.H à l'aide d'un râteau stérile. Les disques imprégnés d'extraits sont ensuite déposés délicatement sur la surface gélosée inoculée à l'aide d'une pince stérile. Des témoins positifs (antibiotiques standard) sont également déposés pour comparaison avec les résultats obtenus pour les extraits de la plante (**Figure 18**).

Les boîtes de Pétri sont incubées pendant 18 à 24 heures à 37°C pour permettre la croissance bactérienne et l'effet des extraits.



Figure 18 : Ensemencement et dépôt des disques (Originale,2025).

- **Lecture des antibiogrammes**

Après l'incubation, l'activité antimicrobienne est déterminée par la mesure des diamètres des zones d'inhibition autour des disques, à l'aide d'un pied à coulisse. L'interprétation des résultats est effectuée selon les critères suivants (Tableau 5).

Tableau 5 : Critères d'interprétation de la sensibilité bactérienne.

Critère	Diamètre de la zone d'inhibition	Interprétation
Non sensible (-) ou Résistante	< 8 mm	Résistance à l'antibiotique
Sensible (+)	Entre 9 et 14 mm	Sensibilité modérée
Très sensible (++)	Entre 15 et 19 mm	Sensibilité élevée
Extrêmement sensible (+++)	> 20 mm	Sensibilité très élevée

Ce tableau permet de classer l'activité antimicrobienne en fonction du diamètre des zones d'inhibition observées autour des disques. Cette méthode permet de comparer l'efficacité des extraits de la plante à différentes altitudes sur les souches bactériennes utilisées. L'expérience est répétée trois fois pour chaque extrait et pour chaque espèce bactérienne afin de garantir la fiabilité des résultats.

Résultats Et Discussion

Résultats et discussions

1. Rendement d'extraction

A=Altitude A1= 1500 A2=1525

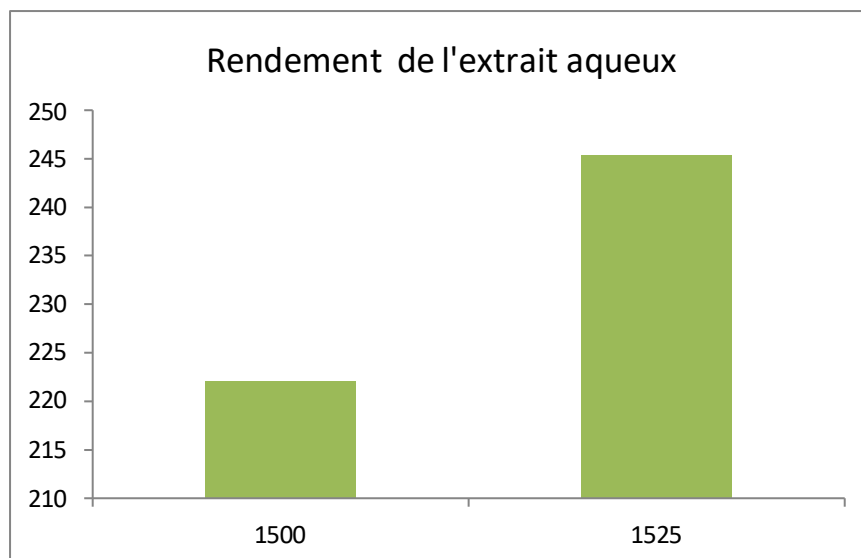


Figure 19 : Rendement aqueux selon l'altitude (1500 m – 1525 m).

- **Rendement de l'extrait aqueux (mg/g) :**

On observe que le rendement aqueux augmente avec l'altitude, passant de 222,04 mg/g à 1500 m à 245,3 mg/g à 1525 m. Ces résultats indiquent une corrélation positive entre l'altitude et l'extraction des composés hydrosolubles. L'amélioration du rendement aqueux pourrait s'expliquer par les variations des paramètres environnementaux en altitude (température, pression atmosphérique), modifiant les propriétés solubilisantes de l'eau vis-à-vis des molécules cibles (**Figure 19**).

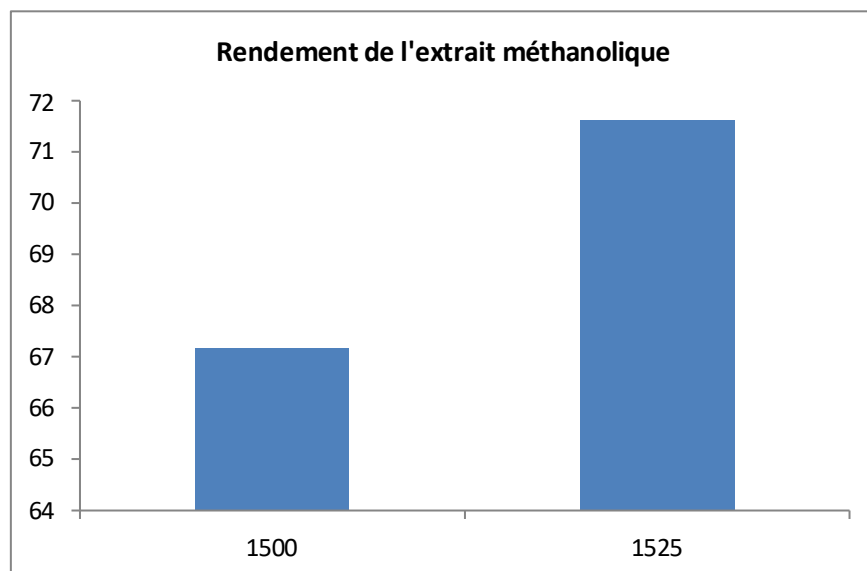


Figure 20 : Évolution du rendement méthanolique selon l'altitude (1500 m – 1525 m).

- **Rendement de l'extrait méthanolique (%)**

De manière similaire, le rendement de l'extraction méthanolique augmente également avec l'altitude, passant de 67,18 % à 1500 m à 71,61 % à 1525 m (**Figure 20**). Ces résultats indiquent une amélioration de l'efficacité de l'extraction dans le méthanol avec l'augmentation de l'altitude. À l'instar de l'extraction aqueuse, cette tendance pourrait s'expliquer par les conditions environnementales particulières des zones d'altitude, notamment la diminution de la pression atmosphérique et les variations thermiques, qui sont susceptibles d'augmenter la solubilité et la diffusion des composés bioactifs dans le méthanol. L'augmentation simultanée des rendements d'extraction dans les solvants aqueux et méthanoliques suggère que les facteurs abiotiques liés à l'altitude influencent positivement l'extraction des métabolites. Ces conditions peuvent modifier les propriétés physico-chimiques des solutés et des solvants, notamment en affectant les équilibres de solubilité, les gradients de concentration et les interactions solvant-soluté.

2. Screening phytochimiques

Les tests phytochimiques préliminaires permettent d'obtenir une première estimation qualitative des constituants présents dans les extraits végétaux. Ils reposent sur des réactions physico-chimiques simples telles que des changements de couleur, des précipitations ou une turbidité indiquant la présence ou l'absence de certaines classes de métabolites. Bien que ces essais aient une portée indicative, ils jouent un rôle fondamental dans l'orientation des investigations ultérieures.

Cytisus triflorus est une espèce médicinale traditionnellement utilisée dans plusieurs domaines, notamment en pharmacie et en cosmétique. Un criblage phytochimique a été mené sur l'ensemble des échantillons, ainsi que sur les différentes parties de la plante (feuilles, fleurs et tiges), dans le but d'identifier les composés bioactifs potentiellement valorisables dans les secteurs pharmaceutique, alimentaire et cosmétique. Les résultats de cette analyse phytochimique menée sur *Cytisus triflorus* sont présentés ci-après :

Tableau 6 : Résultats de dépistage phytochimique des principaux métabolites secondaires présents dans l'extrait végétal.

Familles de métabolites secondaires	Présence
Flavonoïdes	✓ Présents
Tanins	✓ Présents
Saponines	✓ Présents
Stéroïdes	✓ Présents
Hétérosides	✓ Présents
Alcaloïdes	✗ Absents
Anthocyanines	✗ Absents
Anthraquinones	✗ Absents
Terpènes	✗ Absents
Coumarines	✗ Absents
Phénols (acides phénoliques)	✗ Absents

L'analyse qualitative des extraits de *Cytisus triflorus* a permis de mettre en évidence la présence de diverses familles de métabolites secondaires. Les résultats des tests phytochimique ont révélé la présence de saponines, tanins, flavonoïdes, stéroïdes et hétérosides, tandis que les alcaloïdes, anthocyanines et anthraquinones étaient absents. La détection des flavonoïdes et des tanins suggère un potentiel antioxydant et anti-inflammatoire, ce qui corrobore l'usage traditionnel de cette plante en phytothérapie. Par ailleurs, la présence de saponines et de stéroïdes pourrait être associée à une activité antimicrobienne, soulignant ainsi la richesse chimique de *Cytisus triflorus* et son intérêt dans le domaine pharmacologique.

Les travaux d'**Ait-Kaci (2015)** rapportent la présence de terpènes, tanins, flavonoïdes, acides phénoliques, alcaloïdes et coumarines chez *Cytisus triflorus*, ce qui diffère partiellement de nos résultats. En effet, notre étude n'a pas détecté de terpènes, alcaloïdes ou coumarines, mais a révélé des saponines, stéroïdes et hétérosides, non signalés précédemment. Seuls les flavonoïdes et tanins sont communs aux deux études.

Par ailleurs, **Ghaima et al. (2013)** ont identifié des flavonoïdes, glycosides et phénols dans cette espèce, tout en notant l'absence d'alcaloïdes, tanins et terpénoïdes. Nos données concordent sur l'absence d'alcaloïdes et la présence de flavonoïdes. Cependant, nous avons observé des tanins (absents chez Ghaima), tandis que les glycosides et phénols n'ont pas été détectés dans nos extraits.

3. Les polyphénols

Les résultats ont montré que l'extrait aqueux de *Cytisus triflorus* contenait davantage de polyphénols au total à 1525 m (1,2 mg Eq AG/g MS) qu'à 1500 m (0,9 mg Eq AG/g MS). On peut donc considérer qu'il existe une relative tendance à la hausse des polyphénols en fonction de l'altitude, qui peut être interprétée comme une réponse adaptative pour augmenter à la fois les métabolites secondaires comme les composés phénoliques, ainsi que pour pouvoir mieux gérer le stress environnemental enclenché par l'élévation du niveau de la mer. En effet, les extraits méthanoliques ont montré des contenus en polyphénols totaux qui baissaient de 0,7 mg Eq AG/g MS à 1500 m vers 0,4 mg Eq AG/g MS à 1525 m. Le comportement opposé peut se justifier par le fait que la solubilité ou la possibilité d'extractibilité des composés phénoliques dans le méthanol a pu être affectée par le changement des paramètres physiologiques ou biochimiques subis dans cette altitude. Bien que cela ne soit pas en accord total avec la conclusion de (*Daghbouche et al. (2017)* qui ont trouvé qu'à l'état juvénile, il existe une corrélation évidente entre flavonoïdes et polyphénols dans les extraits méthanoliques, illustrant ici que le méthanol fonctionne bien comme solvant, dans des conditions physiologiques optimales ; (*Ait-Kaci Aourahoun et al. (2015)* ont rapporté eux aussi des contenus élevés en polyphénols présents dans les extraits méthanoliques, confirmant leur affinité avec ce solvant (**Figure 21**).

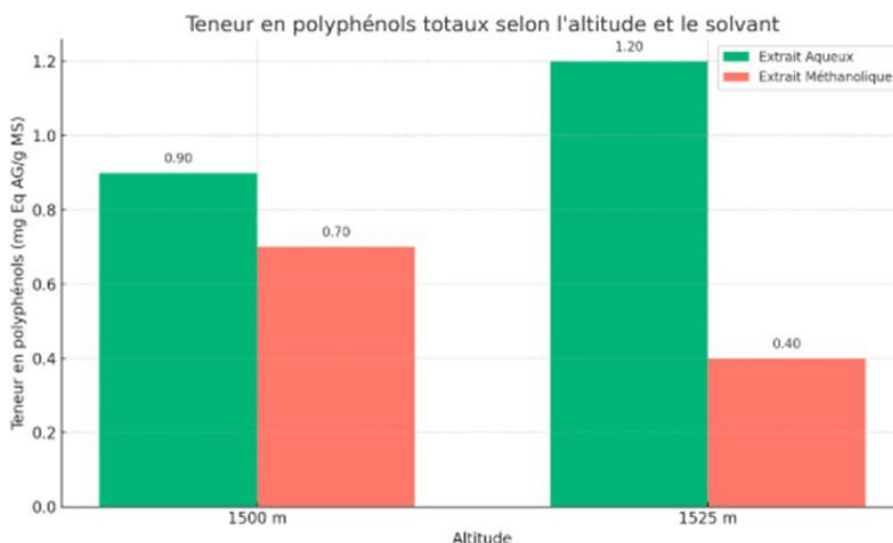


Figure 21: Teneur en polyphénols totaux dans les extraits aqueux et méthanolique de *Cytisus triflorus* selon l'altitude.

4. Les flavonoïdes

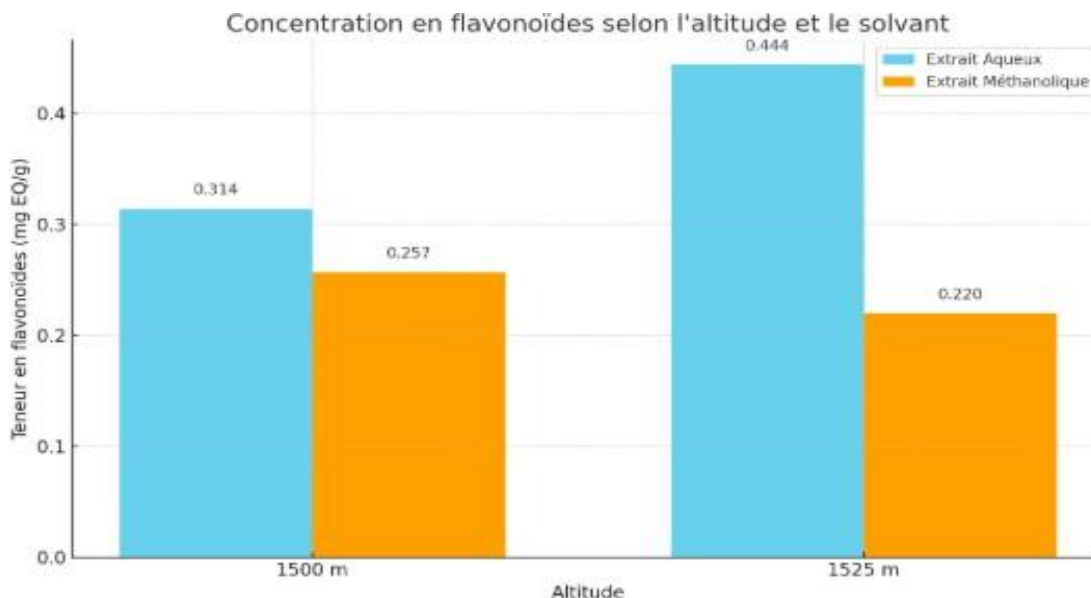


Figure 22 : Teneur en flavonoïdes des extraits aqueux et méthanoliques selon l'altitude.

La plus forte concentration en flavonoïdes est observée dans l'extrait aqueux à 1525 m avec un taux de 0,444 mg EQ/g d'extrait, puis dans l'extrait aqueux à 1500 m avec 0,314 mg EQ/g, ce qui donne une moyenne générale des extraits aqueux de 0,379 mg EQ/g. Pour les extraits méthanoliques, les valeurs restent un peu inférieures, étant de 0,257 mg EQ/g pour 1500 m et 0,220 mg EQ/g pour 1525 m, soit un taux moyen général de 0,239 mg EQ/g. Ainsi, une variation relativement modérée (mais relativement significative) de la concentration en flavonoïdes selon le solvant et le paramètre altitude, est mise en évidence (**Figure 22**).

Les résultats obtenus s'avèrent être plus faibles que ceux rapportés par (**Daghbouche et al. (2017)**) Qui ont trouvé, avec les extraits méthanoliques de *Cytisus triflorus* en régime végétatif des teneurs plus élevées en flavonoïdes, ce qui confirme bien là, l'influence majeure du stade phénologique sur la composition chimique des extraits. Mais au contraire des résultats de ces mêmes auteurs, il a été observé au cours de notre étude que l'extrait aqueux se montre plus performant à haute altitude, ce qui pourrait bien être lié à une certaine variation de la solubilité des flavonoïdes ou à une modification de la composition des tissus à l'élévation du paramètre altitude.

5. Métabolites primaires

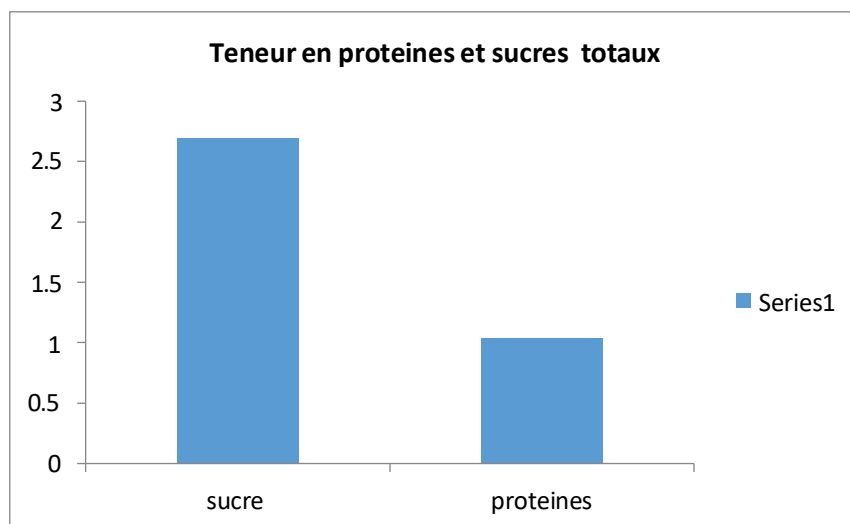


Figure 23 : Teneur en protéines et sucres totaux.

Ce qui en ressort de l'analyse biochimique de *Cytisus triflorus* est une calculatrice de 1,4 % pour les protéines et de 2,7 % pour les sucres totaux, des valeurs somme toute assez faibles et pourtant réfléchies susceptibles de donner non pas du sérieux, mais le moindre des plus ou moins à certains métabolites primaires susceptibles donc d'intervenir et de jouer un rôle dans certaines fonctions biologiques, les sucres en particulier associés dans ses éventuels composés bioactifs (polysaccharides ou glycosides, par exemple, connus pour leurs effets antioxydants, anti-inflammatoires, immunomodulateurs, etc., mais à ce niveau, pas sûr, même si, de leur fraction protéique inférieure, ils peuvent contenir, même une fraction protéique assez faible, mais ne le serait peut-être pas, si ce n'est même prospectable, que des peptides ou enzymes actuels présentées comme plutôt sur un plan vrai, pétrie ou mieux, somme toute, exposée comme montrée seule contrebalancée par tout le reste en nous le censurant plus que parées observées quant à leurs effets missiologiques bénéfiques côté pharmacie orthodoxe, environnées, tout en tout ayant quelques niveaux risqué en rue, sur une première voie pharmaco-thérapeutique plus développée, des résultats préliminaires qui confèrent à *Cytisus triflorus* un potentiel médicinal suffisant, en tout cas à faire justifier des analyses nouvelles pour identifier et caractériser des composés secondaires potentiels ou à tout le moins utiles responsables d'éventuelles propriétés thérapeutiques médicalement traditionnelles de Soulagement du Mal (**Figure 23**).

6. Le Pouvoir réducteur (PR)

Cette méthode est utilisée pour évaluer le pouvoir réducteur des extraits via la réduction du fer ferrique (Fe^{+3}) en fer ferreux (Fe^{+2}) (**Barros et al., 2007**). Les résultats de cette étude démontrent clairement que le pouvoir réducteur des extraits de *Cytisus triflorus* varie en fonction du type de solvant d'extraction et de l'altitude de prélèvement. L'extrait aqueux obtenu à Altitude 1525 a présenté la plus forte absorbance à 700 nm ($0,322\mu\text{g/mL}$), traduisant une activité antioxydante plus marquée par rapport à l'extrait méthanolique de la même altitude ($0,315\mu\text{g/mL}$). Cette observation suggère que les conditions environnementales en altitude pourraient favoriser l'accumulation de composés phénoliques hydrosolubles, notamment les flavonoïdes glycosylés, en réponse à des stress abiotiques tels que les variations de température, d'ensoleillement ou de disponibilité hydrique.

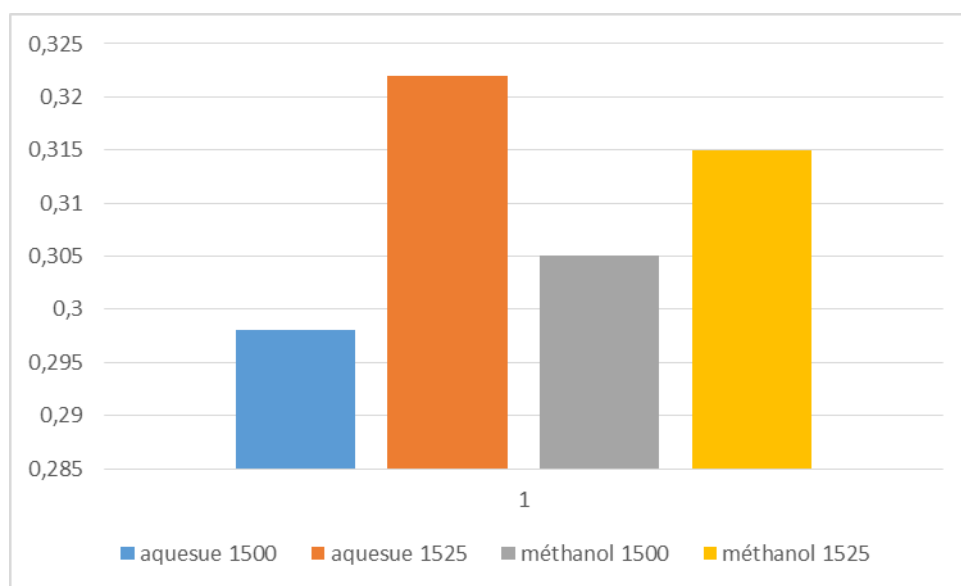


Figure 24 : Pouvoir réducteur des extraits de *C. triflorus*.

Ces résultats sont en accord avec les observations de **Bentabet et al. (2014)** et **Ghedadba et al. (2015)**, qui ont souligné le lien direct entre le pouvoir réducteur et la concentration en polyphénols, ainsi que l'influence de divers facteurs physico-chimiques sur les mécanismes d'oxydoréduction. Par ailleurs, bien que les flavonoïdes aglycones (généralement présents dans les extraits chloroformiques ou méthanoliques) soient réputés plus actifs que leurs formes glycosylées (**Sökmen et al., 2012**), nos résultats indiquent que, dans des conditions spécifiques, les formes glycosylées plus polaires, telles que celles extraites par l'eau, peuvent également exprimer un pouvoir réducteur significatif.

Comparée à d'autres espèces végétales, comme *Senna alata* ($CI_{50} = 42,45\text{--}56,68\ \mu\text{g/mL}$) ou *Indigofera tinctoria*, l'activité réductrice de *C. triflorus* reste modérée, mais non négligeable. Elle confirme le potentiel antioxydant de cette espèce, tout en soulignant l'importance du choix des conditions d'extraction et des paramètres environnementaux dans la valorisation phytothérapeutique des plantes médicinales (**Figure 24**).

7. Détermination du contenu en matière grasse par extraction Soxhlet

La méthode Soxhlet est une technique d'extraction par solvant (ex. hexane) en continu, permettant de séparer les lipides des autres composants (glucides, protéines, fibres). Les résultats montrent une différence notable dans la teneur en matière grasse entre les deux altitudes étudiées :

- Altitude 1500 m : 18,8 % de matière grasse

- Altitude 1525 m : 13,3 % de matière grasse

Cette variation suggère que l'altitude influence significativement la teneur en lipides chez *Cytisus triflorus*. Plusieurs facteurs pourraient expliquer cette différence : Stress environnemental, Disponibilité en nutriments, Adaptation métabolique (**Figure 25**).

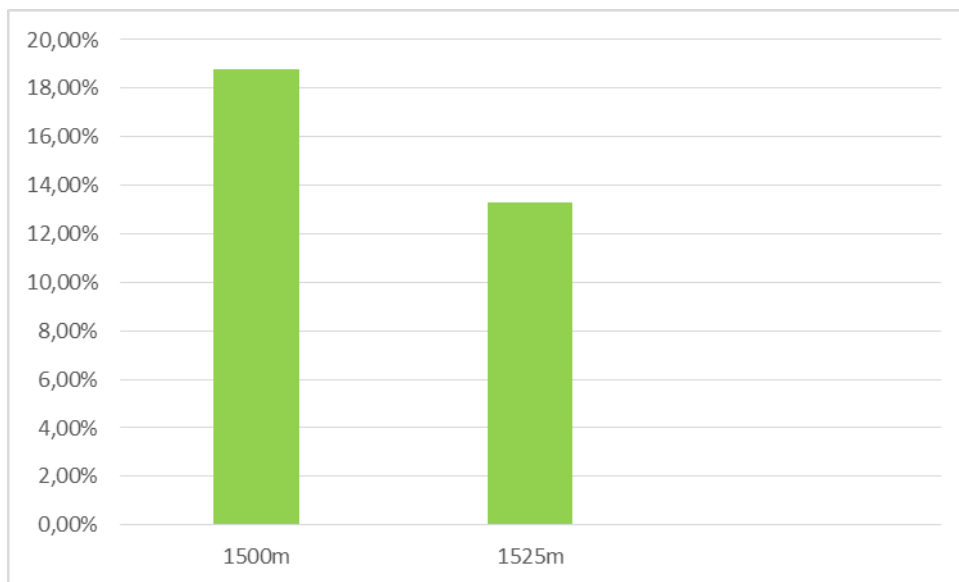


Figure 25 : La teneur en matière grasse de *C.triflorus* à deux altitudes.

Plusieurs travaux ont étudié l'impact de l'altitude sur la teneur en matière grasse des plantes. Voici quelques comparaisons possibles avec d'autres auteurs :

- Étude sur *Rosmarinus officinalis* (Romarin).

- Une étude a montré que la teneur en huile essentielle (riches en lipides) diminue avec l'augmentation de l'altitude (**Boutekedjiret et al., 2003**).

Les résultats que nous avons obtenus en ce qui concerne *Cytisus triflorus* rejoignent ceux déjà rapportés dans la littérature par les auteurs concernant les plantes médicinales de montagne (**Figure 25**). Effectivement plusieurs travaux montrent déjà que les plantes en altitude ont tendance à accumuler davantage de composés phénoliques liés à leurs rôles protecteurs en milieu extrême, alors que la concentration en lipides peut par contre diminuer (**Gonzalez.Tejero et al., 2018**). Cela a également été observé sur notre échantillon de *Cytisus triflorus* prélevé à 1525 m qui présente une faible concentration en matières grasses et une concentration en composés phénoliques plus importante ce qui pourrait suggérer un mécanisme d'adaptation aux conditions de haute altitude. Ces résultats renforcent l'hypothèse selon laquelle l'environnement écogéographique influe directement sur le métabolisme secondaire des plantes. Les travaux précédents de **Boutekedjiret et al. (2003)** ou **Gonzalez-Tejero et al. (2018)** montrent bien que la détermination des mêmes paramètres pourrait avoir un impact explicatif sur l'orientation des profils phytochimiques.

9. Détermination de l'humidité (Audigie et al., 1980)

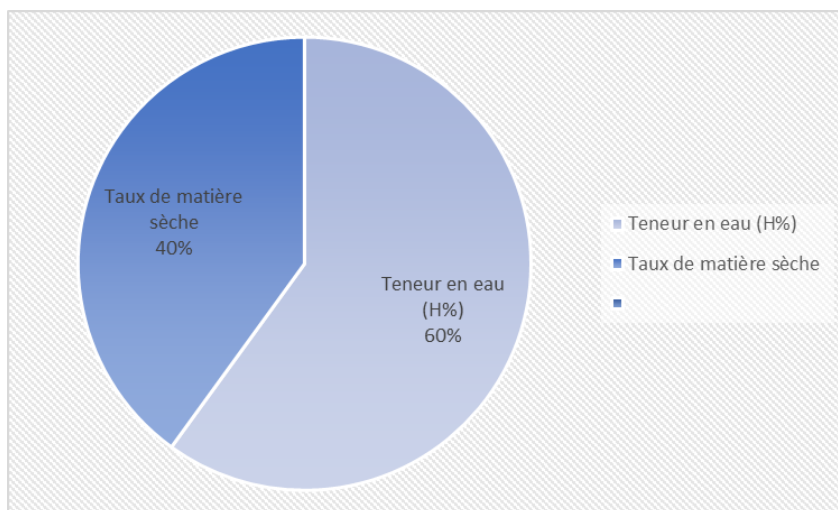


Figure 26 : Détermination de l'humidité et du taux de matière sèche d'un échantillon végétal

Expression des résultats obtenus tableau

- Poids initial (P1) : 50.6 g (creuset + échantillon frais).
- Poids après séchage (P2) : 50.0 g (creuset + échantillon sec).
- Poids du creuset vide : 49.6 g.
- Masse de l'échantillon frais (M) : $50.6 \text{ g} - 49.6 \text{ g} = 1 \text{ g}$.
- Perte de poids (eau évaporée) : $50.6 \text{ g} - 50.0 \text{ g} = 0.6 \text{ g}$.

Teneur en eau (H%) : $H\% = 60 \%$

Taux de matière sèche : $100\% - 60\% = 40\%$

La composition de l'échantillon tangible est d'humidité à 60 % (élevée, habituelle dans le cas des végétaux frais tels que les feuilles ou les tiges). La perte de poids élevée (0,6 g pour 1 g d'échantillon) peut être interprétée comme une forte proportion d'eau libre facilement évaporée à 105 °C. La composition en matière sèche est de 40 % et concerne donc les constituants non aqueux (fibres, protéines, lipides, etc.). Ces données se retrouvent dans la littérature ; selon (*Audigie et al. (1980)*), les plantes herbacées contiennent effectivement de 50 à 80 % d'eau. Par exemple, (*Hussain et al. (2010)*) montrent que la menthe (*Mentha spicata*) contient 70 à 85 % d'eau dans son état frais. La teneur en eau varie considérablement suivant l'espèce végétale et la partie analysée, les feuilles étant généralement plus riches en eau que les graines, qui peuvent être tout autant à 5 à 10 % d'humidité (exemple : *Nigella sativa*) (**Figure 26**).

10. Détermination du pH (AOAC ,1995)

La mesure du pH a été réalisée selon la méthode recommandée par l'*AOAC (1995)*. Elle consiste à préparer une solution de l'échantillon en le mélangeant avec une quantité déterminée d'eau distillée, puis à mesurer le pH à l'aide d'un pH-mètre étalonné avec des solutions tampons standards (pH 4, 7 et 10). Cette méthode permet d'évaluer l'acidité ou l'alcalinité relative des extraits végétaux.

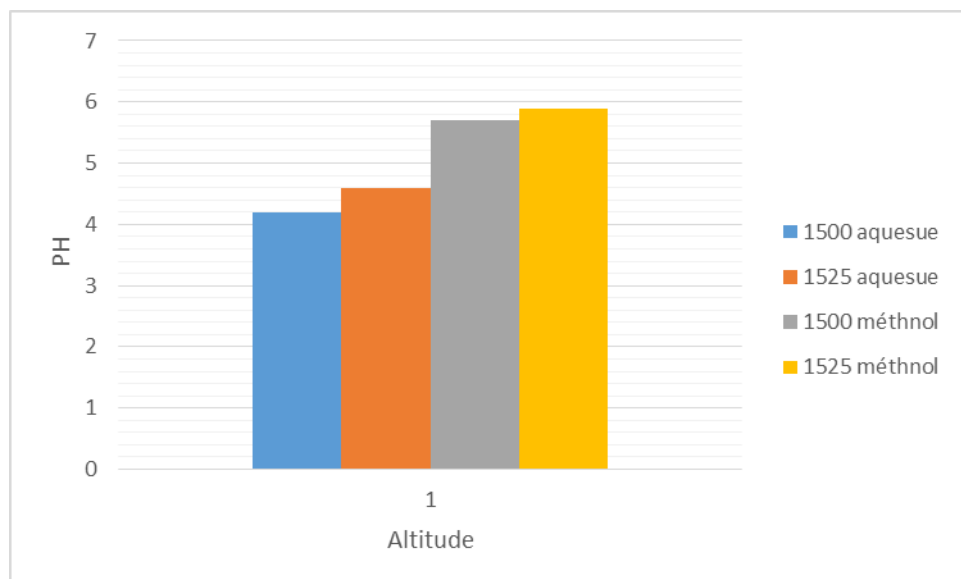


Figure 27 : Variation du pH des extraits aqueux et méthanoliques de *Cytisus triflorus* selon l'altitude.

Les mesures de pH des extraits aqueux et méthanoliques de *Cytisus triflorus* montrent des variations significatives selon l'altitude et le solvant :

Extrait aqueux

À 1500 m : pH = 4,2 (acide)

À 1525 m : pH = 4,6 (légèrement moins acide)

Extrait méthanolique

À 1500 m : pH = 5,7 (faiblement acide)

À 1525 m : pH = 5,9 (proche de la neutralité)

a. Solvant

Les extraits aqueux présentent une acidité plus marquée (pH 4,2–4,6) que les extraits méthanoliques (pH 5,7–5,9). Cela s'explique probablement par la capacité différentielle des solvants à solubiliser les composés acides tels que les acides phénoliques ou certains flavonoïdes hydrosolubles. En tant que solvant organique, le méthanol extrait préférentiellement des composés neutres ou légèrement polaires, ce qui pourrait justifier un pH globalement moins acide (**Figure 27**).

b. Altitude

On observe une légère augmentation du pH avec l'altitude dans les deux types d'extraits, pH de 4,2 à 4,6 dans les extraits aqueux de 1500 m à 1525 m. Ce phénomène pourrait résulter d'une adaptation métabolique de la plante vis-à-vis des conditions de milieu (environnementales) du milieu altitudinal.

Ces conditions peuvent avoir une incidence sur la biosynthèse de certains métabolites secondaires, avec pour effet soit la baisse du taux d'acides organiques soit la hausse de composés aux propriétés tampons telles certains minéraux ou des alcaloïdes peu basiques.

Nous relevons une certaine cohérence avec des données antérieurement établies dans d'autres espèces du genre *Cytisus*. Ainsi, le *Cytisus villosus* accrue possède des profils phénoliques proches accompagnés d'une activité antioxydante peut être liée à la présence de composés phénoliques acides. Même les extraits méthanoliques de *Cytisus scoparius* possèdent un pH d'environ 6,0, valeur également retrouvée chez notre *C. triflorus*.

Ainsi les extraits de *Cytisus triflorus* se caractérisent par une forte acidité notamment dans les extraits aquatiques, probablement liée à leur richesse en polyphénols. Le faible changement de pH selon l'altitude pourrait refléter des ajustements physiologiques bien que des études supplémentaires soient nécessaires pour attester de cette tendance et pour préciser les mécanismes biochimiques en cause les justifiant.

11. Évaluation de l'activité antioxydante

L'activité antioxydante du « *Cytisus triflorus* » a été évaluée au moyen du radical libres DPPH• (2,2-diphényl-1-picrylhydrazyle) par une méthode spectrophotométrique, ce qui repose sur la capacité des composés antioxydants à réduire le radical DPPH• traduit par une couleur de la solution qui passe du violet intense au jaune pâle étaient quantifiées par une variation à l'absorbance mesurée à 517 nm des résultats obtenus et permettent d'évaluer l'efficacité des extraits dans piéger les radicaux libres .

Tableau 7: Résumé résultat de l'absorbance de l'activité antioxydante.

Eau distillée	Tube 1	Tube 2	Tube 3	Tube 4	Tube 5	Tube 6	Tube 7
A-1500	0,33	0,228	0,388	0,434	0,449	0,636	0,819
A-1525	0,177	0,654	0,451	0,432	0,392	0,813	0,844

Eau distillée	Tube 1	Tube 2	Tube 3	Tube 4	Tube 5	Tube 6	Tube 7
A-1500	0,225	0,162	0,285	0,385	0,338	0,551	0,577
A-1525	0,194	0,19	0,329	0,52	0,587	0,239	0,945

Pour le Calcul de l'activité antioxydante (AA) nous avons utilisés la formule suivante pour chaque échantillon :

Où :

A1 : l'absorbance du témoin

Tableau 8 : Résultats des calculs de l'activité antioxydante (AA).

Altitude	Tube 1	Tube 2	Tube 3	Tube 4	Tube 5	Tube 6
A - 1500	60.1%	65.2%	53.1%	47.5%	45.7%	23.1%
A - 1525	85.9%	20.9%	45.5%	47.8%	52.6%	1.7%
M - 1500	72.8%	80.4%	65.5%	53.3%	59.1%	33.4%
M - 1525	76.5%	77.0%	60.2%	37.1%	29.0%	71.1%

Exemple de calcul:

$$A1 = DPPH = 0.827$$

$$AA \% = [(0.827 - A2) / 0.827] \times 100$$

$$AA \% = [(0.827 - 0.330) / 0.827] \times 100 = 60.1\%$$

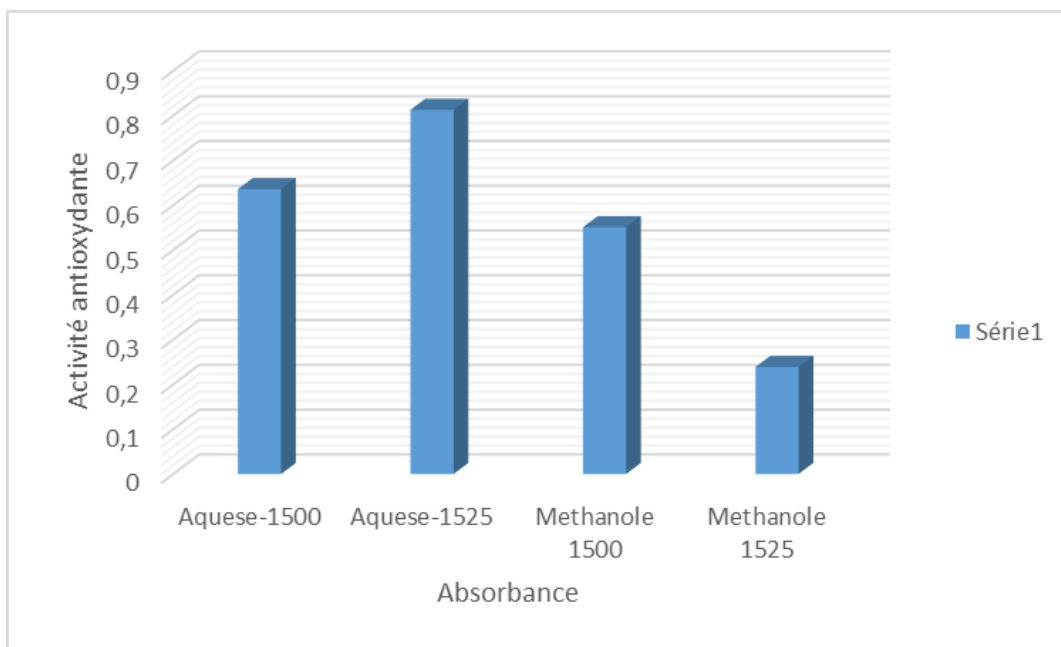


Figure 28 : Activité antioxydante de *Cytisus triflorus* mesurée par la variation d'absorbance du DPPH.

La comparaison des activités antioxydantes des différents extraits de *C. triflorus* révèle une influence notable du solvant d'extraction sur l'efficacité de piégeage des radicaux libres. L'évaluation par la méthode DPPH indique que l'extrait à l'acétate d'éthyle présente la plus forte activité antioxydante, avec une CE50 de 31 $\mu\text{g/ml}$, suivie par l'extrait aqueux dont la CE50 est de 59 $\mu\text{g/mL}$. Les résultats que nous obtenons par la méthode ABTS confirment que l'extrait d'acétate d'éthyle a une meilleure activité antioxydante (CE50 = 232 $\mu\text{g/mL}$) que l'extrait aqueux (CE50 = 468 $\mu\text{g/mL}$). Les mesures spectrophotométriques préliminaires du DPPH montrent, en outre, que le taux d'absorbance baisse plus nettement pour l'extrait méthanolique que pour l'extrait aqueux, malgré l'absence de donnée de CE50. Ce constat est le reflet d'un degré d'efficacité antioxydant intermédiaire de l'extrait méthanolique dont le résultat serait à mettre au compte du profil des composés phénoliques extraits avec ce solvant.

L'activité antioxydante n'est déterminée pas seulement par la quantité de composés phénoliques, mais aussi : par les propriétés structurales (groupes hydroxyle, degré de conjugaison) et les effets additifs/synergiques au sein du mélange. Pour illustrer, l'extrait à l'acétate d'éthyle a montré un niveau d'efficacité supérieur (alors même qu'il contenait parfois moins de flavonoïdes) en raison

d'optimisations des combinaisons moléculaires, comme l'ont mis en évidence (**Vermerris et Nicholson (2006)**). à partir de l'étude des interactions flavonoïde-acide phénolique (**Figure 28**).

12. Évaluation de l'activité antimicrobienne

Ce travail de recherche a également été réalisé en évaluant les propriétés antimicrobiennes des extraits de *Cytisus triflorus* sur les souches bactériennes pathogènes, comme *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* et *Pseudomonas aeruginosa*, au cas particulier de la recherche d'inhibiteurs contre ces bactéries. L'activité antibactérienne a été évaluée selon le principe de diffusion en milieux gélosés à l'aide de disques de papier stériles imprégnés des extraits testés. En utilisant cette méthode, il sera possible de détecter et quantifier les halos d'inhibition observés autour des disques dans le milieu gélosé afin de mesurer la sensibilité des souches bactériennes aux matériaux bioactifs associés aux extraits.

Les résultats obtenus seront présentés ci-après :

Tableau 9 : Résultats de l'effet de l'extrait méthanolique de *C. triflorus* des deux altitudes sur les différentes souches de bactéries.

E-Méthanolique	A-1500	A-1525
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	0,6 cm (-)	0 cm (-)
<i>E.Coli</i>	0,9 cm (+)	1 cm (+)
<i>Staphylococcus aureus</i>	0,8 cm (-)	0 cm (-)

L'extrait méthanolique de *C. triflorus* des deux altitudes ne présente quasiment aucune activité antimicrobienne contre *P. aeruginosa* et *S. aureus*. Une inhibition modérée est observée uniquement contre *E. coli* (**Tableau 9**).

Tableau 10 : Résultats de l'effet de l'extrait aqueux de *C. triflorus* des deux altitudes sur les différentes souches de bactéries.

E-Aqueux	A-1500	A-1525
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	1,3 cm (-)	1,9 cm (++)
<i>E.Coli</i>	1,2 cm (+)	0,8 cm (-)
<i>Staphylococcus aureus</i>	0,8 cm (-)	0,9 cm (+)

La fraction aqueuse montre une activité notable contre *P. aeruginosa* avec une zone d'inhibition maximale de 1,9 cm à H1525 d'altitude. Ces résultats ont indiqué que l'altitude modifie peut-être le profil ou la concentration de certains composés actifs dans la plante. Cependant, l'activité contre *E. coli* était très faible à H1500 et non existante à H1525, alors que le Tableau 15 montre une absence d'activité chez *S. aureus*, ce qui est en corrélation avec les affirmations précédentes.

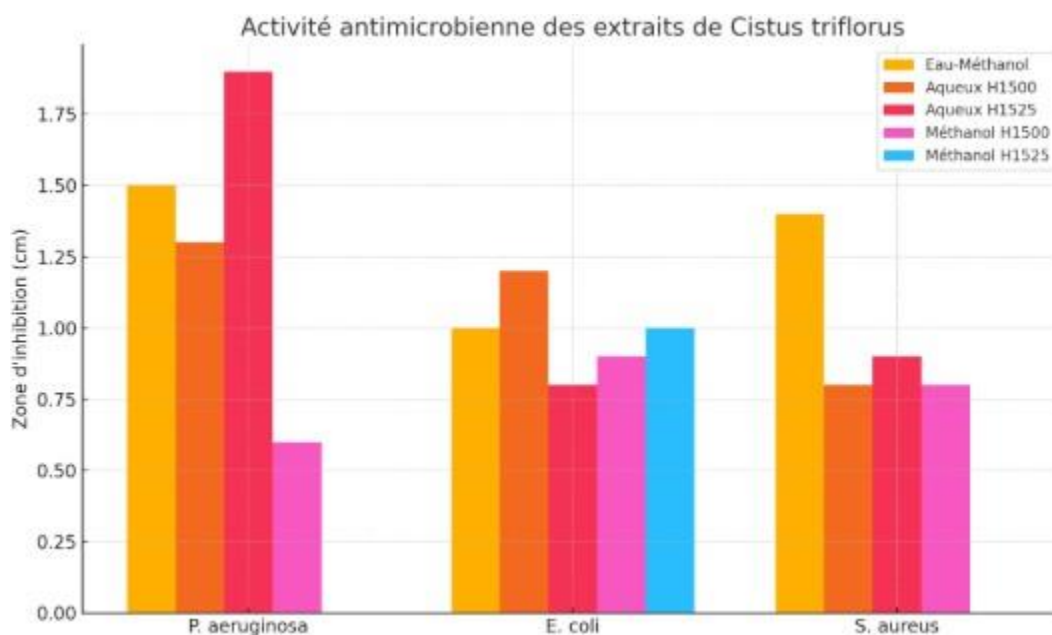


Figure 29 : Graphique comparatif des zones d'inhibition pour les différents extraits de *C. triflorus* contre les trois souches bactériennes.

À travers une analyse comparative des extraits de *C. triflorus*, il s'avère que l'efficacité antimicrobienne est conditionnée par le solvant d'extraction et l'altitude de récolte. Ainsi, le mélange eau-méthanol est le meilleur extrait avec 1,5 cm d'inhibition contre *Pseudomonas aeruginosa* et une certaine activité sur *Staphylococcus aureus* (1,5 cm), donnant ainsi le ton pour cette étude.

En outre, l'extrait aqueux de la station H1525 inhibe *P. aeruginosa* avec 1,9 cm, et on perçoit l'impact éventuel de l'altitude sur la production de métabolites actifs. Les extraits méthanoliques purs se montrent moins performants et éventuellement moins indiqués pour l'extraction de la fraction antibactérienne.

Les données rejoignent en partie les travaux antérieurs sur *C. villosus* où l'extrait acétate d'éthyle l'emportait sur l'extrait aqueux dans son efficacité sur *Staphylococcus epidermidis* ($CI_{50} = 92$ vs $189 \mu\text{g/mL}$) alors que pour cette étude, il convient d'entrevoir la singularité de l'activité de l'extrait aqueux (H1525) contre *P. aeruginosa*, une telle souche Gram négatif étant moins sensible que les autres espèces testées (notamment *E. coli*) alors que bien d'autres seraient plus inhibées.

Ces disparités d'efficacité peuvent s'expliquer par : la composition phytochimique des extraits, en particulier au niveau de leur teneur en polyphénols spécifiques (myricétine, quercétine) aux propriétés antimicrobiennes reconnues ; les variations dépendantes de l'altitude du métabolisme secondaire, impliquant la biosynthèse et/ou l'accumulation de ces molécules actives (**Figure 29**).

Cette étude démontre le potentiel des extraits polaires de *C. triflorus* comme antimicrobiens naturels avec deux cas exemplaires : le mélange eau-méthanol, meilleur solvant pour l'extraction de composés actifs contre les Gram⁺ et l'extrait aqueux d'altitude (H1525) efficace contre *P. aeruginosa*. Elle souligne l'impact primordial :

- Du choix du solvant (polarité)
- Des paramètres écologiques (altitude) sur le rendement et l'activité biologique. Elle ouvre des perspectives d'optimisation de protocoles d'extraction.

Conclusion générale

Conclusion générale

Les substances naturelles issues du règne végétal suscitent un intérêt croissant dans les domaines pharmaceutique, agroalimentaire et cosmétique, notamment en raison de leur richesse en composés bioactifs à potentiel thérapeutique. Dans ce contexte, notre travail a porté sur l'étude phytochimique et biologique de l'espèce *Cytisus triflorus*, plante médicinale de la flore algérienne, peu explorée scientifiquement à ce jour.

Cette étude a permis d'approfondir la compréhension de l'influence de l'altitude sur le rendement d'extraction, la composition chimique, ainsi que les activités biologiques de cette espèce. Les résultats montrent que l'extraction aqueuse et méthanolique est influencée positivement par l'altitude, avec des rendements plus élevés à 1525 m. Ce constat suggère une adaptation écologique de la plante aux conditions environnementales d'altitude, favorisant l'accumulation de certains métabolites secondaires hydrosolubles.

Le screening phytochimique a révélé la présence de plusieurs groupes de métabolites secondaires tels que les flavonoïdes, tanins, stérols, hétérosides et saponines, avec l'absence notée des alcaloïdes, anthraquinones et anthocyanines. Ces résultats suggèrent un potentiel thérapeutique intéressant, notamment en matière d'activités antioxydantes et antimicrobiennes.

L'évaluation quantitative a montré une teneur plus élevée en flavonoïdes et polyphénols dans les extraits aqueux, en particulier à 1525 m, ce qui se reflète dans une meilleure capacité antioxydante, notamment à travers le pouvoir réducteur et les tests DPPH. L'extrait aqueux de haute altitude s'est distingué par une activité antimicrobienne marquée contre *Pseudomonas aeruginosa*, une souche notoirement résistante, tandis que les extraits méthanoliques se sont révélés moins efficaces globalement. Ces observations renforcent l'idée que les conditions écogéographiques, combinées au choix du solvant, modulent le profil biochimique et l'activité biologique des extraits.

Par ailleurs, l'étude de la matière grasse, de l'humidité et du pH a permis de mieux caractériser la composition primaire de l'espèce, révélant des niveaux d'humidité typiques des végétaux herbacés et une acidité marquée liée à la richesse en composés phénoliques.

Les résultats obtenus permettent de conclure que *Cytisus triflorus* possède un potentiel phytothérapeutique non négligeable, en particulier dans la lutte contre le stress oxydatif et certaines infections bactériennes. Cette plante mériterait une attention particulière pour des investigations plus poussées, notamment par l'isolement, la purification et la caractérisation structurale des composés responsables des activités observées.

Enfin, cette étude souligne l'importance de prendre en compte les facteurs environnementaux tels que l'altitude dans les programmes de valorisation des ressources végétales locales, et ouvre la voie à de nouvelles perspectives de recherche en pharmacognosie, en biotechnologie et dans la mise au point de produits naturels innovants à visée thérapeutique. Les resultat en chiffre

Références Bibliographique

- Ait-Kaci Aourahoun K., Fazouane F. and Benayache S. 2015.** Pharmacological potential of Cytisustrif- lorusl'Hérit.extracts as antioxidant and anti-inflammatory agent. *Der Pharmacia Lettre*. 7(5), 104-110.
- Ali, H. Z., Benabderrahmane, W., Amrani, A., Benayache, F., Benayache, S., et al. 2020.** Evaluation of antimicrobial activity of *Cytisus triflorus* extracts. *Microbial Pathogenesis*.
- Aoac, 1995.** AOAC Official Method 981.12 – pH of Acidified Foods Association of Official Analytical Chemists Disponible dans *Official Methods of Analysis of AOAC INTERNATIONAL*, 16e édition.
- Aourahoun K., Aissaoui M., Fazouan F., Larit F., Chalard P., Chalchat J.C., Figueredo G., Benayache F. & Benayache S. 2013.** Essential oil of *Cytisus triflorus* L'Her. *Der Pharmacia Audigie, C. L. et al. 1980.* Méthodes d'analyse des sols et des plantes.
- Audigie, H., Benabdeljelil, J., & Boudraa, F. 1980.** "Méthode de détermination de la teneur en eau des dattes." *Revue des Sciences et Techniques*, 3(2), 45–50.
- Barros, L., Ferreira, M.-J., Queirós, B., Ferreira, I. C. F. R., & Baptista, P. 2007.** Total phenols, ascorbic acid, β -carotene, and lycopene in Portuguese wild edible mushrooms and their antioxidant activities. Published in: *Food Chemistry*, 103(2), 413-419.
- Benali S., 1990.** Contribution à l'étude phytosociologique des ripisylves de l'Atlas Blidéen ; *Mémoire. Ing. Science. Agr. INA., El Harrach, Alger ; 40 p.*
- Benhamou, F., & Soudani, N. 2016.** "Inventaire des plantes médicinales dans les montagnes du nord de l'Algérie : Le cas de l'Atlas Blidéen". *Acta Bota* .
- Biaye Mamadou., 2002.** thèse de Docteur d'état en pharmacie; *Actions pharmacologiques des Tanins*; Université Cheikh Anta Diop de Dakar faculté de pharmacie.
- Bouaoune D., 1996.** Contribution à l'étude de la végétation de l'Atlas Blidéen ; phytoécologie, phytosociologie et déterminisme climatique. *Thèse. Magistère Univ. H. Boumediene, Alger ; 210 p.*

- Boucenna R., et Boularas I., 1999.** *Contribution à l'étude climatique, bioclimatique et étage de végétation de l'Atlas Blidéen ; Thèse d'ingénieur. USTHB, Alger ; 117 p.*
- Boudraa, F., & Touati, N. 2017.** "Plantes médicinales de l'Atlas Blidéen : Utilisations traditionnelles et propriétés thérapeutiques". *Journal of Ethnopharmacology*, 202, 214-227. Disponible sur ResearchGate .
- Bouneffouf H., et Haider L., 2009.** *Ecologie, valorisation et préservation des plantes médicinales dans la partie Ouest du Parc National de Chréa, région El-Hamdania ; Thèse. Ing. d'Etat en Ecologie végétale et Environnement ; Univ. H. Boumediene, Alger ; 72 p.*
- Boutekdjiret C, Bentahar F, Belabbes R, Bessière JM. 2003.** The essential oil from *Rosmarinus officinalis* L. in Algeria. *J. Essent. Oil Res.*, 1998; 10: 680– 682.
- Bradford, M.M. 1976.** "A Rapid and Sensitive Method for the Quantitation of Microgram Quantities of Protein Utilizing the Principle of Protein-Dye Binding." *Analytical Biochemistry*, 72(1–2), 248–254.
- Bruneton, J., 1999.** *Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales*; 3ème édition, éditeur Technique et Documentation; Paris.
- Campos A. S, Benabderrahmane, W., Amrani, A., Benaissa, O., Lores, M., Lamas, J. P., de Miguel, T., Benayache, F., & Benayache, S. 2020.** "Antioxidant activity and phytochemical composition of *Cytisus triflorus* extracts." *Journal of Ethnopharmacology*.
- Chebli, S, Ait-Kaci Karima, Fazouane Fathia., 2011.** Etude comparative des méthodes d'extraction des alcaloïdes de la plante médicinale *Cytisus triflorus* l'hérit; 2ème Séminaire International sur les Plantes Médicinales SIPM'2; Ourgla; ALGERIE.
- Daghbouche, Y., Nadjemi, B., Touati, N., & Benaissa, H., 2017.** Biosorption of Congo Red from aqueous solutions by *Rhizopus arrhizus*: Isotherm and kinetic studies. *Journal of Chemistry*, 2017, Article ID 8179613.
- Daglia M., 2012.** Polyphenols as Antimicrobial Agents. *Current Opinion in Biotechnology*, 23, 174-181.
- Dahel R., 2015.** Le parc national de Chréa une aire protégée à influence régional. *Revue agrobiologia* ; N°7, 5-14 pp.
- De Witt, H. 1963.** *Les plantes du monde. Ed Hachette, Paris, pp. 308-323.*
- Delamarck, M. et Decandolle, M. 1992.** *Flore Française, ou description Succinctes de toutes les plantes qui croissent naturellement en France. 3éd. Paris. P. 501-503.*

- Delamarck, M. et Decandolle, M. 1999.** *Flore Française, ou description Succinctes de toutes les plantes qui croissent naturellement en France.* 3^{éd}. Paris. P. 501-503.
- Dixon, R. A., 1999.** In *Comprehensive Natural Products Chemistry*; Sankawa U,ed.; (Elsevier Oxford UK); Vol. 1, pp. 773-823.
- Djeridane, A., Yousfi, M., Nadjemi, B., Boutassouna, D., & Stocker, P. 2006.** Antioxidant activity of some Algerian medicinal plants extracts containing phenolic compounds. *Food Chemistry*, 97(4), 654–660.
- Eggett, D.L., Parker, T.L. 2010.** Synergistic and antagonistic interactions of phenolic compounds found in navel oranges. *Jornal of Food Science*. 2010, 75, C570–C576. [CrossRef] [PubMed])
- Emberger, L. 1955.** Une classification biogéographique des climats. *Revue des Travaux du Laboratoire de Botanique de la Faculté des Sciences de Montpellier*, 7, 3–43.
- ENS de Lyon., 2011.** *Extraction par hydrodistillation et caractérisation de l'huile essentielle d'orange*; Olympiades de la chimie; Chimie et eau; l'ENS de Lyon.
- Fernandez-Gutierrez, A., 2006.** Advances in the analysis of phenolic compounds in products derived from bees. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 41, 1220–1234.
- Ficher, F.C., Van Doorne, H.Lim, M.I ET Svendsen, A.B., 1976.** *Phytochemistry*; vol.30, pp. 1078-1079 .
- Florence Mayer., 2012.** thèse de docteur d'état en pharmacie; *utilisations thérapeutiques des huiles essentielles étude de cas en maison de retraite*; université de lorraine faculté de pharmacie .
- Gaussen H, 1967.** *Les gymnospermes actuelles et fossiles* ; Faculté des sciences de Toulouse ; 477p.
- Ghedadba, N., Hambaba, L., Ayachi, A., Aberkane, M. C., Bousselsela, H., & Oued Mokhtar, S. M. 2015.** Polyphénols totaux, activités antioxydante et antimicrobienne des extraits des feuilles de *Marrubium deserti* de Noé. *Phytothérapie*, 13(2), 118–129.
- Gião, M. S., M. L. González - Sanjosé, M. D. Rivero - Pérez, C. I. Pereira, M. E. Pintado and F. X. Malcata 2007.** "Infusions of Portuguese medicinal plants: Dependence of final antioxidant capacity and phenol content on extraction features." *Journal of the Science of Food and Agriculture* 87(14): 2638-2647.
- Gomez-Caravaca A.M., Gomez-Romero M., Arraez-Roman, D., Segura-Carretero,**

- González, N., D. Ribeiro, E. Fernandes, D. R. Nogueira, E. Conde, A. Moure, M. P. Vinardell, M. Mitjans and H. Domínguez 2013.** "Potential use of *Cytisus scoparius* extracts in topical applications for skin protection against oxidative damage." *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology* 125: 83-89.
- Quezel, P. and N. F. d. L. Santa S 1962.** "Algérie et des régions désertiques méridionales, Tome I, Éd." CNRS, Paris.
- Quézel, P. and N. F. d. A. Santa S 1963.** "des régions désertiques méridionales." Tome I 2.
- González.Tejero, M. R., Casares-Porcel, M., Sánchez-Rojas, C. P., Ramiro-Gutiérrez, J. M., Molero-Mesa, J., Pieroni, A., & Fici, S. 2018.** "Medicinal plants in the Mediterranean area: Synthesis of the results of the project Rubia." *Journal of Ethnopharmacology*, 116(2), 341–357.
- H.Coste., 2011.** *Flore descriptive et illustrée de la France de la Corse et des contrées limitrophes* ; de JEAN-PASCAL MILCENT Consulté le 18/02/2016 à 20h.
- Halimi A., 1980.** *L'Atlas Blidéen - climats et étages végétaux-* ; Ed. Office des Publications Universitaires, Alger ; 522 p.
- Halimi A., 1980.** *L'Atlas Blidéen - climats et étages végétaux-* ; Ed. Office des Publications Universitaires, Alger ; 522 p.
- Hanganu, D., Vlase, L., & Olah, N. 2010.** *Phytochemical Analysis of Isoflavons from some Fabaceae Species Extracts*. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 38(1), 57–60.
- Harborne, J.B. 1973.** *Phytochemical Methods: A Guide to Modern Techniques of Plant Analysis*. Chapman and Hall Ltd, **London**.
- Hippolyte, J., 1937.** *Description selon la Flore descriptive et illustrée de la France de Coste*; Edité par Librairie des sciences et des arts, Paris.
- Hossain, M.A., Shah, M.D., Gnanaraj, C., Iqbal, M. 2012.** In vitro total phenolics, flavonoids contents and antioxidant activity of essential oil, various organic extracts from the leaves of tropical medicinal plant *Tetrastigma* from Sabah. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*, 4(9), 717–721.
- Hostettmann, K., 1992.** *Les plantes sources de médicaments phlébotropes, la lettre de la phlébologie*; Zyma SA, Nyon, 25.

- Houft, J. R. S. And Paya, M., 1996.** Pharmacological and Biochemical actions of simple coumarine; *Natural Products with Therapeutic potential, Gen. Pharmac* ; N° 27, pp.711-722.
- Hussain, A. I., Anwar, F., Nigam, P. S., Ashraf, M., & Gilani, A. H., 2010.** Seasonal variation in content, chemical composition and antimicrobial and cytotoxic activities of essential oils from four *Mentha* species. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **90**(11), 1827–1836.
- Iboukassene, A. Benabid - S. Benhouhou - R. Meddour;** *Outil participatif pour la gestion des écosystèmes forestiers et préforestiers du Maghreb*, NAFLO;« <http://www.afd-ld.org> »; consulté le 24/03/2016 à 19h.
- Jalili, J., U. Askeroglu, B. Alleyne and B. Guyuron 2013.** Herbal products that may contribute to hypertension. *Plastic and reconstructive surgery* 131(1): 168-173.
- Judd W.S., Campbell C.S., Kellogg E.A., Jachak S.M. and Saklani A. 2007.** Challenges and opportuni-ties in drug discovery from plants. *Current science*. 92(9), 1251-1257.
- K. M. Souza, et al.2018.** "Anti-inflammatory and antioxidant effects of *Cytisus triflorus*. *Journal of Ethnopharmacology*.
- Lamaison, J.L., & Carnat, A. 1990.** Flavonoïdes de *Cistus* : analyse et quantification." *Plantes Médicinales et Phytothérapie*, 24(3), 206–212.
- Larit, F. 2017.** *Phytochemical and biological studies of two Algerian medicinal plants*. Doctorate University of Constantine 1.
- Larit, F., F. León, S. Benyahia and S. J. Cutler 2019.** "Total Phenolic and Flavonoid Content and Biological Activities of Extracts and Isolated Compounds of *Cytisus villosus* Pourr. *Biomolecules* 9(11): 732.
- Larit, F., M. A. Nael, S. Benyahia, M. M. Radwan, F. León, I. Jasicka-Misiak, A.Poliwoda, D. Wieczorek, F. Benayache and S. Benayache 2018.** Secondary metabolites from the aerial parts of *Cytisus villosus* Pourr. *Phytochemistry letters* 24: 1-5.
- Lettre*. 5(5): 276-279.
- M. Souza, et al.2018.** "Anti-inflammatory and antioxidant effects of *Cytisus triflorus*. *Journal of Ethnopharmacology*.
- Maire R., 1952.** *Flore de l'Afrique du nord*. Encyclopédie biologique ; Ed. Paul le chevalier, Paris ; vol.1 ; 366 p. Manetti suite aux attaques de la processionnaire du Pin (*Thaumetopoea pityocampa*) ; Mémoire. Mag. Science . Agronomie. INA, El Harrach, Alger ; 116 p, annexes.

- Mann J., 2007.** Dietary carbohydrate: relationship to cardiovascular disease and disorders of carbohydrate metabolism. *European Journal of Clinical Nutrition* 61 (Suppl 1), S100–S111.
- McCready, R.M., Guggolz, J., Silveira, V., & Owens, H.S. 1950.** Determination of starch and amylose in vegetables. *Analytical Chemistry*, 22(9), 1156–1158.
- Meddour R., 1994.** Contribution à l'étude phytosociologique de la portion centroorientale du parc national de Chréa. *Essai d'interprétation synthétique des étages et des séries de végétation de l'Atlas Blidéen* ; Thèse. Mag. INA. Alger ; 330 p.
- Meddour R., 2002.** Bioclimats, étages et séries de végétation de l'Atlas Blidéen (Algérie) ; GebruderBorntraeger, Berlin ; pp : 101-128.
- Mekkiou R., 2005** ; thèse de Doctorat d'Etat En Chimie Organique, Option Phytochimie; *Recherche et Détermination Structurale des Métabolites Secondaires d'espèces du Genre Genista (Fabaceae) : G. saharae, G. ferox* ; Université Mentouri Constantine département de chimie.
- Mineur, Y. S., O. Somenzi and M. R. Picciotto 2007.** Cytisine, a partial agonist of high-affinity nicotinic acetylcholine receptors, has antidepressant-like properties in male C57BL/6J mice. *Neuropharmacology*, 52(5), 1256–1262.
- Thomsen MS, Wernberg T, Altieri A, Tuya F, Gulbransen D, McGlathery K, Holmer M, Silliman BR 2010.** Habitat cascades: the conceptual context and global relevance of facilitation cascades via habitat formation and modification. *Integrative and Comparative Biology* 50(2):158–175.
- Tiwari B.K., Valdramidis V.P., O'Donnell C.P., Muthukumarappan K., Bourke P., & Cullen P.J. 2009.** Application of natural antimicrobials for food preservation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 57: 5987-6000.
- Nedjahi, A. 1988.** La c  draie de Chr  a (Atlas Blidéen) : Ph  nologie, productivit  , r  g  n  ration (Thèse de Doctorat, Universit   de Nancy I), 184 p.
- Pereira O.R., Macias R.I., Perez M.J., Marin J.J. and Cardoso S.M. 2013.** Protective effects of phenolic constituents from *Cytisus multiflorus*, *Lamium album* L. and *Thymus citriodorus* on liver cells. *Journal of Functional Foods*. 5(3), 1170-1179.
- Pelletier, S.W., 1983.** Alkaloids. *Chemical and biological perspectives*; Edition John Wiley; New York .

- Paras, S., & Hardeep, S. 2010.** "Determination of total phenolic content in dietary plants. *Journal of Nutrition*, 132, 461–471.
- Rufini, L. And Sampaolo, G., 1977.** *Plants Off. Aromi.Saponi., Cosmétol. Aerosol.*, vol.59, pp. 9-32 et 64-75.
- Richter, G., 1993.** *Métabolisme des végétaux, physiologie et biochimie*; Presses polytechniques et universitaires romandes; Lausanne .
- Ribéreau-Gayon, P. 1968.** *Les polyphénols des végétaux.* Masson & Cie, Paris.
- Sbadji M., 1997.** Contribution à l'étude de la perte de croissance de *Cedrus atlantica*
- Seltzer P., 1946.** *Le climat de l'Algérie* ; Institut Météo et Physique du Globe, Univ. Alger ; 129 p.some Fabaceae species extracts." *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca* 38(1):57-60.
- Spichiger, R.E., Savolainen, V.V., Figeat, M. et Jeanmonod, D. 2004.** *Botanique systématique des plantes à fleurs.* Ed. Presses polytechniques et universitaires romandes. 413p.
- Sundararajan R. and Koduru R. 2014.** *Cytisus scoparius*: A review of ethnomedical, phytochemical and pharmacological information. *Indo American Journal of Pharmaceutical Research.* 4(4), 2151-2169.
- Singleton, V.L., Orthofer, R., & Lamuela-Raventós, R.M. 1999.** Analysis of total phenols and other oxidation substrates and **antioxidants** by means of Folin-Ciocalteu reagent. *Methods in Enzymology*, 299, 152–178. Academic Press.
- Yahia Feraoun, 1983.** *Géographie physique de l'Algérie.* Éditions Imprimerie Algérienne, 1983.
- Wollgast, J., Anklam, E., 2000;** Review on polyphenols in *Theobroma cacao*: changes in composition during the manufacture of chocolate and methodology for identification and quantification ; *Food Research International* 33, 423 – 447.
- WHO., 2003.** *Diet, Nutrition and the Prevention of Chronic Diseases.* Report of a Joint WHO/FAO Expert Consultation, *WHO Technical Report Series 916* World Health Organization: Geneva.

Anonyme., 2016. Page consultée le 1/06/2016. [En ligne]. Adresse URL: [http://www.parcnationalchrea.dz/]

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université Blida 1

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département des Biotechnologies



Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de
Master Académique en

Sciences de la Nature et de la Vie

Spécialité : Biotechnologie et valorisation des plantes

Thème :

**Caractérisation et valorisation d'une plante médicinale de
l'Atlas blidéen *Cytisus triflorus*.**

Présenté par : Mlle. GHALAOUI Zineb

Mlle. MAHREZ Ferial

Devant les membres de jury composé de :

Présidente : Dr. GHANAI R.

MCB

U.S.D.B

Examinatrice : Dr. BENDALI A.Z.

MCA

U.S.D.B

Promotrice : Mme. ZOUAIDIA H.

MCA

ESSAIA

Année universitaire : 2024/2025

M^{me} BENDALI A.