



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire



وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة الشاذلي بن جديد - الطارف
Université Chadli Bendjedid – El Tarf

كلية العلوم والتكنولوجيا
Faculté des Sciences et de la Technologie

قسم الكيمياء
Département de Chimie

Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de Master

Domaine : Sciences de la matière

Filière : Chimie

Spécialité : Chimie Analytique

Thème

**Identification par extraction méthanolique de quelques composés
d'une plante médicinale et étude théorique de la réactivité par
DFT de son principe actif**

Présenté par : Arouci Roumaissa

Devant le Jury :

Présidente : Selaimia Ouassila	MCB	Univ Chadli Ben djedid El Tarf
Rapporteur : Otmane Rachedi Khadidja	MCB	Univ Chadli Ben djedid El Tarf
Co-Rapporteur : Belaid Soraya	MCA	Univ Chadli Ben djedid El Tarf
Examinatrice : Toudert Nadia	MCB	Univ Chadli Ben djedid El Tarf

Année Universitaire 2022-2023

SOMMAIRE

Remerciement.....	I
Dédicace.....	II
Liste des tableaux.....	III
Liste des figures.....	IV
Liste des photos.....	V
Symboles et abréviations.....	VI
Introduction générale.....	1

Chapitre I : Généralités sur la plante étudiée

I.1.historique de la plante étudiée.....	2
I. 2. Répartition géographique.....	3
I. 3. Aspecte botanique de la plante étudiée	5
I. 4. Caractérisation de la plantes étudiée.....	5
I. 4. 1. Caractères organoleptiques et macroscopiques.....	5
I. 4. 2. Caractères microscopiques.....	6
I. 5. Domaines d'utilisations.....	6
I.5.1. Usage médicinales et thérapeutiques.....	6
I.5.2. Utilisation interne.....	6
I.5. 3. Utilisation externe.....	6
I.5.4. Autres indications thérapeutiques démontées.....	6
I.6. Domaine culinaire.....	7
I.7. Domaine agricole.....	7
I.8. Domaine industriel.....	7
I.8.1. Domaine cosmétologie.....	7
I.8.2. Domaine pharmaceutique.....	7
I.8.3. Domaine liquoristique.....	7
I.8.4. Domaine agro-alimentaire.....	8
I.9. Activité biologique de la plante étudiée.....	8
I.9.1. Activité anti-oxydante	8
I.9.1.1. Les acides phénoliques.....	8
I.9.1.2. Les flavonoïdes.....	8
I.9.1.3. Les tanins.....	9
I.9.2. L'activités anti-inflammatoire.....	9

I.10. Composition chimique de la plante étudiée.....	10
I.10.1. Les acides phénoliques.....	10
I.10.1.1. Les dérivés de l'acide benzoïque.....	10
I.10.1.2. Les dérivés de l'acide cinnamique.....	10
I.10.1.3. L'acide Carnosique.....	11
I.10.2. Les flavonoïdes.....	11
I.10.2.1. Hétérosides flavoniques.....	11
I.10.2.2. Hétérosides flavonoliques.....	11
I.10.3. Les Tri-terpènes.....	12
I.10.4. Les tanins.....	12
I.10.5. Autres.....	13
I.10.6. Chlorophylle.....	13
I.11. Principes actifs de la plante étudiées.....	14
I.12. Conclusion.....	14

Chapitre II : Méthodes d'extractions

II.1. L'extractions par l'appareil de soxhlet.....	15
II.1.1. Les avantages et les inconvénients de soxhlet.....	15
II.1.1.1. Avantages de soxhlet.....	15
II.1.1.2. Inconvénients de soxhlet.....	16
II.2. Autres méthodes d'extractions par un solvant organique.....	16
II.2.1. La macération	16
II.2.2. La décoction.....	17
II.2.3. L'infusion.....	17
II.2.4. Extraction par micro-ondes.....	18
II.2.5. Extraction par ultrason.....	19
II.2.6. L'extraction en phases solides.....	20
II.2.7. Extraction avec de l'eau chaude (extraction solides/liquides).....	20
II.3. Conclusion.....	20

Chapitre III : Matériels et méthodes

III.1. Préparation de l'extrait méthanolique par dispositif soxhlet.....	22
III.2. Evaporation.....	22
III.3. Détermination du rendement.....	23

III.4. Chromatographie sur couche mince (CCM).....	23
III.4.1. Analyse de la plaque CCM et identification.....	24
III.4.2. Rapport frontal.....	25
III.5. Criblage phytochimique.....	25
III.5.1. Test des flavonoïdes.....	25
III. 5.2. Test des coumarines.....	25
III. 5.3. Test des tannins.....	26
III.5.4. Test terpènes et terpénoïdes.....	26
III.6. Analyses spectroscopiques.....	26
III.7. Etude théorique par DFT.....	27
III.7.1. Logiciels utilisés.....	27
III.7.1.1. Chem Draw professional 16	27
III.7.1.2. Gaussin.....	27
III.7.1.3. Utilisation de Gaussian.....	28
III.7.2. Calcul de descripteurs.....	29
III.7.2.1. Plus haut orbitale moléculaire occupé (HOMO) et plus bas orbitale moléculaire inoccupé (LUMO).....	29
III.7.2.2. Le moment dipolaire.....	29
III.8. Conclusion.....	29

Chapitre IV : Résultats et discussions

IV.1. Le rendement.....	30
IV.2. Criblage (screening) phyto chimique.....	31
IV.3. Analyse chromatographique sur couche mince.....	32
IV.3.1. Analyse de la plaque CCM.....	32
IV.3.2. Résultats de Rf.....	32
IV.4. Analyses spectroscopiques.....	33
IV.5. Etude DFT.....	34
IV.5.1. Optimisation de la géométrie.....	34
IV.5.2. Analyse des orbitales moléculaires frontières.....	35
IV.5.3. Potentiel électrostatique moléculaire (MESP).....	35
IV.6. Conclusion.....	37
Conclusion générale.....	38

REMERCEMENT

Au terme de ce travail, je tiens à remercier tout d'abords le Bon Dieu tout puissant pour son aide et sa bénédiction.

*Mes profondes gratitudee à mon encadreur **Dr. OTMANE RACHEDI Khadidja** qui m'a dirigé toujours avec beaucoup de compétence et d'efficacité, en faisant toujours preuve à mon égard de compréhension et de gentillesse. Son expérience, son aide, ses encouragements et ses conseils ont été décisifs dans le développement de ce travail.*

Je remercie également mon co-encadreur.

***Dr. BELAID SORAYA** pour son aide et ses conseils précieux*

*Aussi un grand merci au **Pr. BERREDJEM MALIKA** Directrice de laboratoire de chimie organique appliquée pour m'avoir accueillie dans son laboratoire.*

Et n'oublions pas nos sincères remerciements à

***Dr. AICHA RIZI, Dr .BOUASLA RADIA, et Dr. ACIDI ANISSA,** pour leurs efforts, leur aide et leurs excellentes idées.*

*J'exprime également mes sincères remerciements et mon respect aux membres de jury **Dr. SEIAIMIA Ouassila** et **Dr. TOUDERT Nadia** , d'avoir accepté d'examiner et de juger ce modeste travail*

Et tous ceux dont l'apport a été indispensable au cours de l'élaboration de ce mémoire.

Dédicace

A la mémoire de ceux qui nous ont quittés

*Mon père **Arouci Mehoubé** et ma mère **Rahmoune Luissa***

*Que dieu puisse leur accorder sa miséricorde et les accueillir
dans son vaste paradis.*

À ma famille et à tous ceux qui m'ont aidé de près et de loin

Mes sœurs, mes frères, mes coussins et mes cousines

*À mes neveux **Farah, Roudayna, Lamar, Ayla, Ayoubé,
Isshak, Loukmane et Mouhamed** Dieu prolonge leur vie et
les protège*

*À mes amies de la promotion de Master 2 chimie analytique
et mes amis d'enfance qui ont cru en moi et qui m'a toujours
encouragé, avec qui j'ai passé des années inoubliables*

Et à moi-même

Liste de tableaux

N°	Titre	Page
Tableau III. 1	Matériels et produit utilisés	21
Tableau III.2	Réactions d'identification des groupes chimiques et indicateurs utilisés	25
Tableau IV. 1	Caractéristiques organoleptiques de l'extrait obtenu	30
Tableau IV. 2	Résultats de screening phytochimique	31
Tableau IV.3	Le rapport frontal des spots trouvés sur plaque CCM.	32
Tableau IV. 4	Paramètres calculés des molécules étudiées obtenus par la méthode B3LYP / 6-31G (d,p).	34

Liste des figures

N°	Titre	Page
Figure I.1	La plante étudiée	2
Figure I.2	Partie souterraine de la plante étudiée	4
Figure I.3	Feuilles de la plante étudiée	4
Figure I.4	La fleur de la plante étudiée	5
Figure I.5	Structure de l'acide benzoïque	10
Figure I. 6	Structure de l'acide cinnamique	11
Figure I.7	Structure de l'acide carnosique	11
Figure I. 8	Structures des flavonoïdes	12
Figure I. 9	Structures des tri-terpènes	12
Figure I. 10	Structures des Tanins	13
Figure I .11	Plaque CCM après migration des pigments	14
Figure II. 1	Illustration d'un montage soxhlet	15
Figure II. 2	Illustration d'un montage de macération	17
Figure II. 3	Méthodes d'extraction par décoction et infusion	18
Figure II. 4	Appareillage de l'extraction par micro-onde	18
Figure II. 5	Montage de l'extraction ultrasonique	19
Figure II. 6	Principe de l'extraction en phase solide	20
Figure III. 1	Préparation de la plaque CCM	23
Figure III. 2	Cuve à plaque CCM	24
Figure III. 3	Identification des constituants sur la plaque CCM	24
Figure IV.1	Spectre IR de l'extrait méthanolique de notre plante.	33
Figure IV.2	Structure des composés étudiés	34
Figure IV.3	Structures optimisées ainsi que les orbitales HOMO, LUMO et leur gap d'énergie (ΔE_{gap}) des molécules étudiées obtenues par la méthode B3LYP /6-31G (d,p).	35
Figure IV.4	Potentiel électrostatique moléculaire des densités totales des molécules étudiées	36

Liste des photos

N°	Titre	Page
Photo III. 1	Poudre de la plante à étudiée.	21
Photo III. 2	Dispositif Soxhlet	22
Photo III. 3	Montage d'évaporation	22
Photo III. 4	Solution FeCl ₃ (1%)	26
Photo III. 5	Appareil Infra Rouge.	27
Photo III. 6	Représentation de Gaussview05 (a) et la structure 3D de cosmosiine (b).	28
Photo III.7	Représentation des étapes de calcul du logiciel Gaussian09	28
Photo IV. 1	Extrait méthanolique de la plante étudiée	30
Photo IV. 2	Plaque CCM de constituants de l'extrait méthanolique	32

Symbole et abréviation

ATP : Adénosine triphosphate

°C : Degré Celsius

CCM : Chromatographie sur couche mince

Cm : Centimètre

DCM : Dichlorométhane

DFT : Théorie de la densité fonctionnelle

FeCl₃: Chlorure de fer

FT-IR: Ftir – infra rouge

g : Gramme

HCl : Acide chlorhydrique

HOMO : Plus haut orbitale moléculaire occupée (Highest occupied molecular orbital)

H₂SO₄ : Acide sulfurique

LUMO : Plus bas orbitale moléculaire inoccupé (Lowest unoccupied molecular orbital)

m : Masse

MESP : Potentiel électrostatique moléculaire (Mapping molecular electrostatic potential)

M_{EX} : Masse d'extrait

mg : Milligramme

Mm : Millimètre

ml : Millilitre

NH₄OH : Ammoniaque

MOD : Moment dipolaire

KHz : kilohertz

REX : le rendement de l'extrait

R_f : Rapport frontal

SPE : Solid-phase extraction

UV/VIS : Ultraviolet visible

3D : Trois dimensions

Les plantes médicinales sont employées en nature ou sont utilisées comme matières premières pour l'extraction de principes actifs. Ces dernières années, quelques plantes aromatiques ont suscité beaucoup d'intérêt dans le domaine thérapeutique. En effet, les substances naturelles extraites de ces plantes ont permis de grandes avancées en raison de leur valeur ajoutée dans la préparation de nombreux produits en particulier dans les domaines nutraceutiques, pharmaceutique, la cosmétique et les parfums [1].

La découverte de nouvelles propriétés pharmacologiques et l'extraction de nouveaux principes actifs (huiles essentielles, flavonoïdes, composés phénoliques, alcaloïdes, hétérosides...) contribuent au développement de la médecine par les plantes. Ces découvertes ont montré qu'ils avaient de nombreuses possibilités thérapeutiques dans le règne végétal [2].

Le recours à la médecine à base des plantes est profondément ancré dans notre culture, car l'Algérie est réputée par la richesse de sa flore médicinale qui comprend des centaines d'espèces végétales [3].

Dans ce travail, nous nous sommes intéressés à l'obtention d'un extrait méthanolique d'une plante par le dispositif Soxhlet. Fait intéressant, les antioxydants naturels font l'objet de nombreuses recherches et une nouvelle voie vers l'exploitation des métabolites secondaires généralement et les polyphénols particulièrement tant dans la santé et vis-à-vis des maladies pernicieuses (cancer) que dans l'industrie agro-alimentaire. Ces composés qui sont représentés par la famille des polyphénols sont largement recherchés pour leurs propriétés biologiques : anti-oxydantes, anti inflammatoires, antiallergiques et anti-carcinogènes. Pour le présent mémoire, nous proposons un plan en quatre chapitres :

Commençant d'abord par une introduction générale, le premier et le deuxième chapitre consistent respectivement en une synthèse bibliographique sur les plantes médicinales et les méthodes d'extraction d'un extrait de ces plantes.

Le troisième chapitre est consacré à la partie matériel et méthode. Nos résultats ont été discutés dans le quatrième chapitre.

Enfin, une conclusion générale qui résume l'importance de nos résultats.

CHAPITRE I

Généralités sur la plante étudiée

Les plantes médicinales sont utilisées pour leurs propriétés thérapeutiques, particulières bénéfiques pour la santé humaine. Cela signifie qu'une de ses parties (feuille, bulbe, racine, graines, fruits, fleurs) peut être employée dans le but de guérir. Leur utilisation remonte à des milliers d'années, où l'homme utilise les plantes pour se soigner. De ces nombreuses plantes, notre étude est portée sur une plante qui possède un large spectre d'activités biologiques. Elle est très largement utilisée par les tradipraticiens, comme antioxydant, anti-cancer, anti-depressant et anti-inflammatoire...

I.1. Historique de la plante étudiée

Parmi les nombreuses plantes aromatiques les plus connues, notre plante a une place de choix dans les différentes pharmacopées existantes. Elle est connue depuis plus de 2000 ans, les Grecs et les latins l'utilisent traditionnellement pour ses vertus culinaires et médicinales contre les troubles de système nerveux. C'est une plante aromatique, médicinale, mellifère et condimentaire ; elle ressemble à la menthe avec laquelle on la confond souvent [4].



Figure I.1 : Plante étudiée [5]

Depuis le premier millénaire, notre plante est connue et appréciée en tant que plante médicinale en Europe et au moyen Orient. Le médecin perse Avicenne (980 - 1037) la recommande pour stimuler le fonctionnement cardiaque ; aussi, le grand médecin suisse Paracelse (1493 – 1541) la considéré comme cardiotonique très efficace, il s'intéresse à l'extraction de substances actives tiraient de cette drogue et, il prépare des boissons toniques appelées «élixir de la vie». L'écrivain anglais John Evelyn (1620 - 1541) la décrit comme une plante qui structure le cerveau, renforce la santé mentale et supprime la mélancolie. On rapporte qu'en Angleterre, John Hussey, but tous les matins une tasse de tisane de cette plante citronnelle avec du miel, ce qui la fait atteint l'âge mémorable de 116 ans. Notre plante fût introduite en France au moyen âge, au début de 17^{ème} siècle, les carmes déchaussés de la rue de Vaugirard à Paris composèrent la célèbre « eau de cette plante » appelée aussi «eau des Carmes » qui rendit célèbre la plante étudiée et devint très

populaire ; elle est connue comme un excellent antispasmodique. Egalement, les médecins arabes vantaient les vertus antispasmodiques de cette plante. Depuis, de nombreuses études ont été faites, notamment en 1978, en Allemagne où les propriétés antivirales de la plante ont été mises en évidence et confirmées par des recherches menées durant les années 90 sur le virus de l'herpès. Selon la littérature, cette plante est l'une des plantes qui ont traversé des siècles sans déclin ; elle est nouvellement introduite en phytothérapie moderne avec l'utilisation de ses extraits qui présentent des propriétés spécifiques ; néanmoins, elle garde ses propriétés traditionnelles lorsqu'elle est préparée en tisane ou associée à d'autres plantes [4].

I.2. Répartition géographique

✓ Répartition géographique et habitat

Notre plante est un sous-arbrisseau en touffes. Elle est spontanée dans les bois, les bords de chemins, le long des haies et de préférence dans les endroits humides et ombragés. Elle est également une plante cultivée. Comme pour beaucoup d'autres lamiacées, l'aire de dispersion de la mélisse est extrêmement étendue, mais avec une prépondérance pour les régions méditerranéennes. Elle est répandue en Europe méridionale, au Proche-Orient, en Asie occidentale, en Afrique du Nord, très répandue en Algérie et est acclimatée en Amérique du Nord et en Argentine [6].

✓ Culture et récolte

Après la deuxième année de culture, on peut obtenir la première récolte normale. Durant la première année, le producteur ne peut avoir que 25 % du rendement normal. On ramasse les feuilles et les tiges avant la floraison c'est-à-dire à la fin juin à début juillet. Une deuxième récolte peut se faire à la fin août jusqu'au début septembre. Autrefois, le ramassage se fait à la faucille, mais aujourd'hui on utilise des récolteuses mécaniques, surtout lorsque la surface de récolte est grande. Le séchage de la plante se fait directement après la fin de la cueillette [7].

✓ La partie souterraine

Elle est constituée de tiges souterraines, rameuses, portant des racines et produisant des bourgeons adventifs qui permettent à la plante de se perpétuer et de se multiplier [6].

✓ La tige.

Elle est dressée, quadrangulaire (caractère typique des Lamiacée), plus ou moins velue ; peu ramifiée à la base, elle le devient fortement dans les parties hautes à la

floraison. Les rameaux de la partie supérieure portent des fleurs et sont bien développés, tandis qu'ils sont courts et non fleuris dans la partie inférieure.



Figure I.2 : Partie souterraine de la plante étudiée [8].

✓ **Les feuilles**

Les feuilles de cette plante sont simples, opposées, ovales, quelquefois légèrement cordiformes, pétiolées, largement dentées en scie, à nervation réticulée, mesurant de 5 à 8 cm sur 4 à 5cm. La face supérieure, de couleur vert vif foncé, est rugueuse au toucher car couverte de poils tecteurs fins et courts de couleur blanche. Les nervures, saillantes sur la face inférieure beaucoup plus pâle et glabre, forment un réseau entre les branches duquel le limbe est soulevé ce qui donne à la face inférieure un aspect gaufré caractéristique. Les feuilles des rameaux axillaires sont plus petites [6].



Figure I.3 : Feuilles de la plante étudiée [9]

✓ **Les fleurs.**

La floraison de cette plante a lieu de juin jusqu'au septembre. Le type d'inflorescence est la cyme. Blanches, rosées, brièvement pédonculées, les fleurs sont

groupées par trois ou six en verticilles axillaires unilatéraux, espacés le long de la tige et insérés à l'aisselle des feuilles supérieures et centrales [6].



Figure I.4 : La fleur de la plante étudiée [10]

✓ **Le fruit**

C'est un tétrakène de 1,5 à 2 mm de large, constitué de quatre petits akènes ovoïdes et lisses de couleur brun foncé. Ils restent longtemps au fond du calice desséché [6].

I.3. Aspect botanique de la plante étudiée

✓ **Description systématique**

La classification retenue est celle de Quezel et Santa (1962) [4].

Règne	Plantae
Embranchement	Spermaphytes
Sous embranchement	Angiospermes
Division	Magnoliophyta
Classe	Magnoliopsida
Ordre	Lamiales
Famille	Lamiaceae

✓ **Description botanique**

Notre plante est plus communément appelée citronnelle, bien que la véritable citronnelle soit une graminée asiatique. Les anglais la nomment lemon-balm et les allemands Zitronen. C'est une plante vivace herbacée de 30 à 80 cm de hauteur, à port de menthe, à feuilles vert vif d'odeur citronnée [4].

I.4. Caractérisation de la plante étudiée

La partie utilisée de notre plante est la feuille et, de façon plus générale, les parties aériennes de la plante [6].

I.4.1. Caractères organoleptiques et macroscopiques

La monographie de cette plante, dans la 10^{ème} édition de la Pharmacopée Française nous indique que la feuille a une odeur faible rappelant celle du citron.

I.4.2. Caractères microscopiques

Une équipe allemande a étudié les caractères microscopiques de cette plante. Ils ont relevé la présence de poils tecteurs (Trichomes non-glandulaires) et de poils sécréteurs (Trichomes glandulaires) sur les feuilles de *M. officinalis*, poils que l'on retrouve également décrit dans la Pharmacopée française. Parmi les poils tecteurs, on observe deux types, les premiers sont uni- ou bi-cellulaires, de 19 à 70µm de long coniques, courts et droits, en forme de dent, ils sont spécifiques des feuilles de cette plante. Ils sont nombreux et distribués sur les deux faces de la feuille.

I.5. Domaines d'utilisations

I.5.1. Usage médicinales et thérapeutiques

Cette plante est originaire de l'est du bassin méditerranéen (Turquie) et que l'on retrouve sous tous les climats tempérés de la planète. Son utilisation, en tant que plante médicinale, remonte à Théophraste et Hippocrate, dans la Grèce antique. A l'époque, on reconnaît déjà ses bienfaits pour calmer les personnes anxieuses et apaiser les troubles nerveux. Les arabes l'ont utilisée comme antispasmodique et les européens comme digestif, calmant et pour le traitement antiviral [4].

I. 5.2. Utilisation interne

Cette plante est utilisée dans le cas de traitement des troubles nerveux (stress, anxiété, angoisse, crise de nerfs), les effets antispasmodiques (Spasmes de l'estomac et du colon), les troubles du sommeil (Insomnie). Elle est employée également dans le cas des problèmes cardiaques (Tachycardie), les troubles gastriques (Excès d'acidité de l'estomac), ainsi que pour améliorer la circulation sanguine (Distension ou contraction des vaisseaux) [11].

I.5.3. Utilisation externe

La plante étudiée est utilisée pour la lutte contre les infections virales (Herpès labial et génital, zona, névralgies et blessures), et la relaxation des muscles et des nerfs (Muscles et nerfs tendus).

I.5.4. Autres indications thérapeutiques démontrées

La plante étudiée est souvent utilisée afin de traiter la colique chez le bébé (en association avec d'autres plantes antispasmodiques), traité l'herpès labial (réduction de la

taille des lésions cutanées) et l'herpès génital (empêche le développement du virus). Elle est utile également pour le traitement de l'agitation et de l'anxiété (effet calmant de l'huile essentielle) [4].

I.6. Domaine culinaire

Notre plante peut être utilisée fraîche ou séchée, elle est particulièrement adaptée à l'accompagnement d'aliments âcres. Les feuilles fraîches, dégageant une fragrance citronnée, peuvent remplacer la menthe dans les ragouts, les soupes froides et boissons rafraichissantes. Selon la littérature ses feuilles conviennent très bien pour les salades de fruits, les compotes, les jus de fruits, le thé et les marmelades ; mais elles sont souvent utilisées pour aromatiser les gibiers et les plats de poissons, de viande, de volailles, les sauces aux fines herbes, les farces et les marinades. Elle parfume agréablement les légumes cuits à la vapeur et aromatise certains desserts (flans) et le lait.

I.7. Domaine agricole

Cette plante est souvent cultivée comme plante mellifère car ses fleurs sont très butinées par les abeilles, les apiculteurs des régions méditerranéennes frottaient la plante sur les ruches pour attirer de nouvelles abeilles et maintenir les anciennes sur place ; d'autre part, cette pratique permet d'éviter que les ouvrières s'éloignent de la ruche pour retirer la reine de l'essaim.

I.8. Domaine industriel

I.8.1. Domaine cosmétologie

La plante étudiée occupe une place non négligeable en aromathérapie mais aussi, en cosmétologie, son huile essentielle est très appréciée dans la parfumerie grâce à l'hydrosol qu'elle renferme. Cette huile essentielle constitue un composant intéressant pour l'élaboration de divers produits de beauté et peut être utilisée dans les shampoings, crème de jour, ainsi que dans les lotions et produits de toilette pour le visage et le corps.

I.8.2. Domaine pharmaceutique

Notre plante entre dans les ingrédients de plusieurs médicaments somnifères, de détente, calmants sous forme galénique comprimés, gélules, crème et sachets pour la tisane dont la plupart du temps sont fournis aux pharmaciens qui les conditionnent eux-mêmes.

I.8.3. Domaine liquoristerie

Cette plante entre dans l'alcoolat vulnéraire du Codex ainsi que dans l'alcoolature vulnéraire ou eau vulnéraire rouge qui sert à préparer le vin aromatique si usité pour le

pansement de certaines plaies. Elle figure à côté de plusieurs autres plantes dans la fabrication de deux liqueurs très répandues.

I.8.4. Domaine agro-alimentaire

Dans l'industrie agro-alimentaire, on cherche toujours à avoir une conservation saine et de longue durée pour les produits consommés ainsi qu'une bonne qualité organoleptique. Une nouvelle technique pour réduire la prolifération des micro-organismes réside dans l'utilisation des huiles essentielles. L'activité antimicrobienne de cette plante s'est avérée efficace pour inhiber la croissance des levures responsables de la détérioration des aliments, elle est également utilisée comme additif dans les aliments.

I.9. Activité biologique de la plante étudiée

I.9.1. L'activité anti-oxydante

On définit un antioxydant comme une substance qui retarde ou empêche l'oxydation d'un substrat oxydable agissant avec des concentrations faibles. Les antioxydants protègent le corps humain avec ses cellules, les animaux et les plantes des altérations manifestées par les radicaux libres. Parmi les antioxydants exogènes les plus connus dans cette plante on trouve les polyphénols. Cette propriété est due aux groupes hydroxyles phénoliques. Ils sont considérés comme agents réducteurs, donateurs d'hydrogène et éliminateurs de l'oxygène singulet. Ils sont des composés naturels qui jouent un rôle important dans la protection de la plante contre les rayons ultraviolets, les agents pathogènes et les herbivores. Ils comprennent une grande variété de molécules avec plusieurs groupes d'hydroxyles sur leurs cycles aromatiques. Les polyphénols sont divisés en plusieurs classes, en fonction du nombre de cycles phénoliques, le degré de maturité qui contiennent et les éléments qui se lient à ces cycles [12].

I.9.1.1. Les acides phénoliques

Les acides phénoliques sont des métabolites secondaires qui se trouvent dans la plante étudiée. Ils sont nécessaires et jouent un rôle important dans la résistance de la plante aux agents pathogènes, dans leur croissance, dans la prévention du stress oxydatif, pour la couleur et les caractéristiques organoleptiques de la plantes. Ces composés produits sous forme de glycosides, d'esters, ou amides, mais rarement sous forme libre. La variation des acides phénoliques réside dans le nombre et l'emplacement du groupe hydroxyle sur le cycle aromatique. Ils ont deux structures principales acide hydroxycinnamique et acide hydroxybenzoïque.

I.9.1.2. Les flavonoïdes

Les flavonoïdes constituent le plus grand groupe des composés phénoliques dans les plantes, avec plus de 6500 molécules basées sur un squelette de 15 atomes de carbones. Ils sont divisés en six sous-groupes qui sont les flavones, les flavanones, flavan-3-ols, les flavonols, les isoflavones et les anthocyanes. Cette classification est basée sur des différences structurelles qui font changer la molécule de base résultant de réactions de glycosylation, d'hydroxylation et d'alcalinisation. Trois autres sous-groupes chalcones, aurones et coumarines sont aussi mis parmi les flavonoïdes. Les flavonoïdes peuvent être responsables de la saveur et l'arôme des fruits et des fleurs, de leur couleur, et ils sont impliqués aussi dans les phénomènes physiologiques et biochimique de la plantes tels que l'attraction des insectes, la défense contre les herbivores, la protection contre les ultraviolets et la symbiose. Ils sont considérés comme des agents anticancéreux, antimicrobiens, anti-leishmanioses, antiviraux, protecteurs contre les radiations, anti-inflammatoires, antiallergiques, antioxydants et antidiabétiques.

I.9.1.3. Les tanins

Les tanins sont des substances naturelles polyphénoliques, hydrosolubles, capables de précipiter la gélatine, les alcaloïdes, et les autres protéines. Leur masse moléculaire comprise entre 500 et 3000 Da, à saveur astringente, ayant en commun la propriété de tanner la peau. On distingue 2 groupes de tanins différents par leurs structures et également par leurs origines biogénétiques, tanins hydrolysables et tanins non hydrolysable ou condensés.

I.9.2. L'activité anti-inflammatoire

L'inflammation est un ensemble d'activation de mécanismes de défenses de l'organisme qui inclut la reconnaissance, la destruction et l'élimination des substances qui lui sont étrangères. Les causes d'activation de ce processus sont nombreuses. Il peut s'agir d'un agent pathogène, d'une lésion tissulaire, d'une substance inerte, etc. L'inflammation se déroule selon trois phases successives qui sont l'initiation, l'amplification et la réparation. L'initiation correspond à la phase de reconnaissance par les cellules locales (tissulaires). L'amplification est le résultat de la mobilisation des cellules circulantes du sang et de leurs médiateurs. La réparation consiste en la phagocytose, le remodelage tissulaire et la cicatrisation. Lors d'un processus inflammatoire, de nombreux médiateurs chimiques interviennent, ils peuvent être pro- ou anti-inflammatoires. Plusieurs composés de la plante étudiée et de la valériane montrent une forte activité anti-inflammatoire

comme le Xanthorrhizol, le Pinorésinol, la β -caryophyllène, l'acide oléanolique, l'acide ursolique et le Humulène [3].

1.10. Composition chimique de la plante étudiée

Les feuilles, les tiges et les fleurs sont les parties utilisées en phytothérapie de notre plante. Elle peut contenir : Aldéhydes terpéniques (citrinal, citronellal), alcools terpéniques (eugénol, géraniol, linalol, citronellol), sesquiterpènes (β -carophyllène). Les aldéhydes terpéniques ont des propriétés antivirales, calmantes et sédatives. Les feuilles de cette plante sont riches en acides phénoliques et en flavonoïdes [13].

1.10.1. Les acides phénoliques

Un acide phénolique est un composé organique polaire constitué d'au moins une fonction carboxylique et un hydroxyle phénolique. Dans le domaine végétal, ce terme désigne les dérivés cinnamiques (C6-C3) et les dérivés benzoïques (C6-C1). Ils peuvent être extraits par les solvants organiques en milieu légèrement acide. Ces acides sont des molécules instables qui ont tendance à s'oxyder, notamment en milieu alcalin. Parmi les acides phénoliques présents dans notre plante on trouve :

1.10.1.1. Les dérivés de l'acide benzoïque

Les dérivés de l'acide benzoïque (1) sont des acides phénoliques en (C6-C1). Il y en a trois identifiés dans les feuilles de notre plante. Il s'agit de l'acide para-hydroxybenzoïque (2), de l'acide protocatéchique (3) et de l'acide gentisique (4).

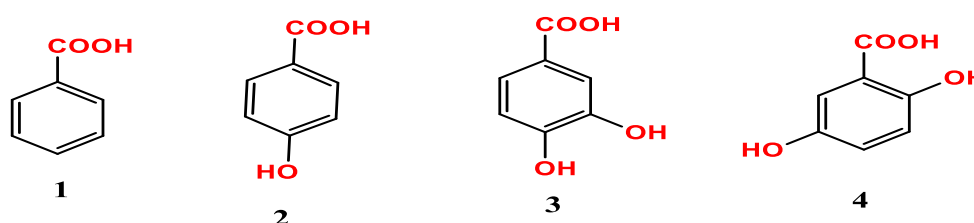


Figure I.5 : Structures de l'acide benzoïque et ses dérivés [14].

1.10.1.2. Les dérivés de l'acide cinnamique

Les acides phénoliques dérivés de l'acide cinnamique (5) sont des composés en (C6-C3), le plus souvent estérifiés. Les feuilles de notre plante contiennent ce type d'acides phénoliques tels que l'acide caféique (6), et des composés qui en sont dérivés, particulièrement l'acide rosmarinique (7), l'acide chlorogénique (8) et les acides A et B mélitriques (9,10).

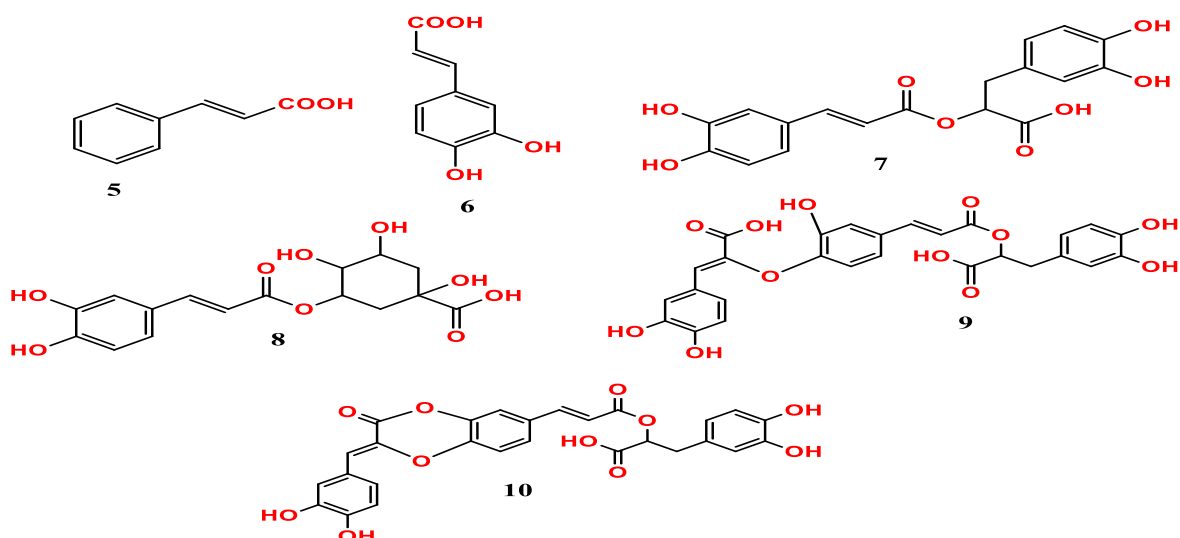


Figure I.6 : Structures de l'acide cinnamique et ses dérivés [13].

1.10.1.3. L'acide carnosique

L'acide carnosique (**11**) ou rosmarinine est un diterpène phénolique. Il est avec l'acide rosmarinique le marqueur du romarin dont des extraits sont autorisés comme antioxydants alimentaires.

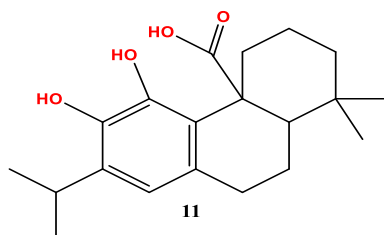


Figure I.7 : Structures de l'acide carnosique [13].

1.10.2. Les flavonoïdes

Les flavonoïdes sont des composés souvent polaires et donc solubles dans l'eau et dans l'alcool, qui possèdent tous la même structure de base (**12**) puisque qu'ils ont une origine biosynthétique commune. Leur teneur, dans les feuilles de notre plante, varie de 0,2 % à 0,7 %. Ils ont un rôle dans le renouvellement de l'espèce car ils participent à la pollinisation en attirant les insectes. Au niveau des feuilles, ils constituent un filtre protecteur par rapport au rayonnement ultraviolet [13].

1.10.2.1. Hétérosides flavoniques

La cosmosiine (**13**) est un 7-glucoside de l'apigénol tandis que le cynaroside (**14**) est un 7-glucoside de lutéolol. Ces deux molécules sont constituées d'un noyau flavone

1.10.2.2. Hétérosides flavonoliques

Des hétérosides flavonoliques sont aussi présents dans les feuilles de cette plante. Il s'agit de l'isoquercitroside (**15**), le quercitroside (**16**) et la rhamnocitrine (**17**).

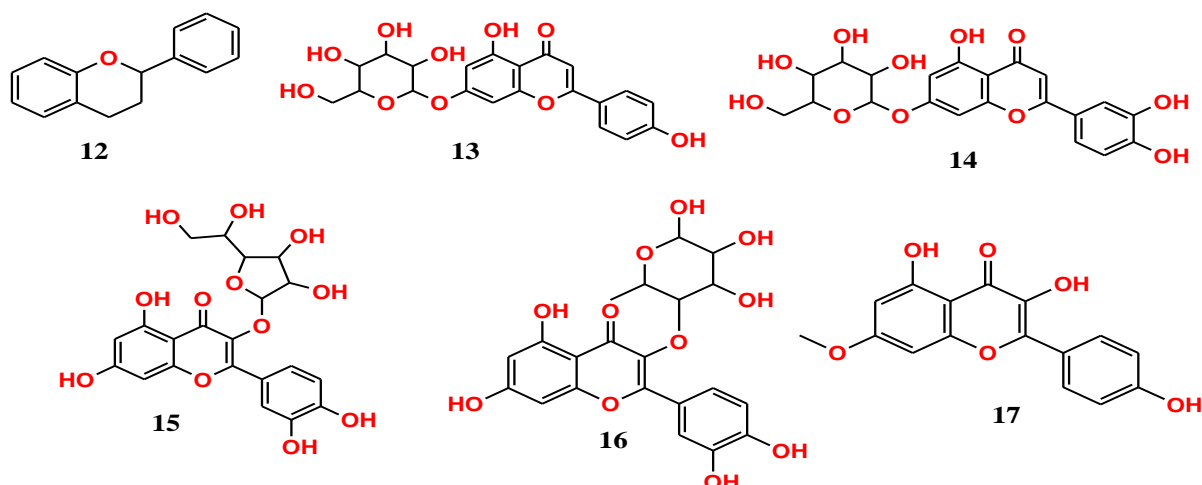


Figure I.8 : Structures des flavonoïdes [14].

1.10.3. Les Tri-terpènes

Les tri-terpènes sont des composés en C30 issus de la cyclisation du scalène ou de l'époxysqualène. Ils possèdent le plus souvent une fonction oxygénée en 3. Ce sont des molécules fortement lipophiles, propres au domaine végétal tandis que les stéroïdes qui en dérivent sont communs aux deux règnes. L'acide ursolique (**18**) et l'acide oléanolique (**19**) sont des tri-terpènes contenus dans les feuilles de notre plante. Ce sont deux isomères largement répandus dans le domaine végétal.

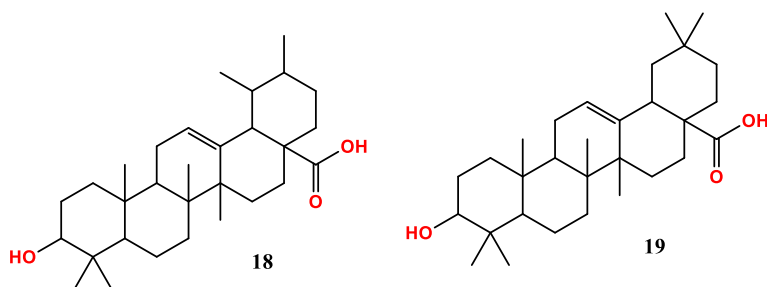


Figure I.9 : Structures des Tri-terpènes [13].

1.10.4. Les tanins

Les feuilles de notre plante possèdent des tanins catéchiques qui correspondent aux proanthocyanidols (condensés). Ils possèdent des propriétés sur l'érythisme cardiaque [13]. Les tanins condensés (pyrocatéchique ou proanthocyanidols) diffèrent des tanins hydrolysables par leur structure voisine à celle des flavonoïdes, l'absence de partie osidique, ces composés sont non hydrolysables, en milieu acide fort et à chaud ils se polymérisent en donnant des précipités insolubles rouges bruns appelés phlobaphènes. Ils sont formés de 2 à plusieurs unités de flavan-3-ols (catéchol (**20**) ou épicatechol (**21**)) et/ou

de flavan- 3,4-diols (**22**) liés entre elles par des liaisons C-C, le plus souvent C4-C8 (**23**) (proanthocyanidol) ou rarement C4-C6 [14].

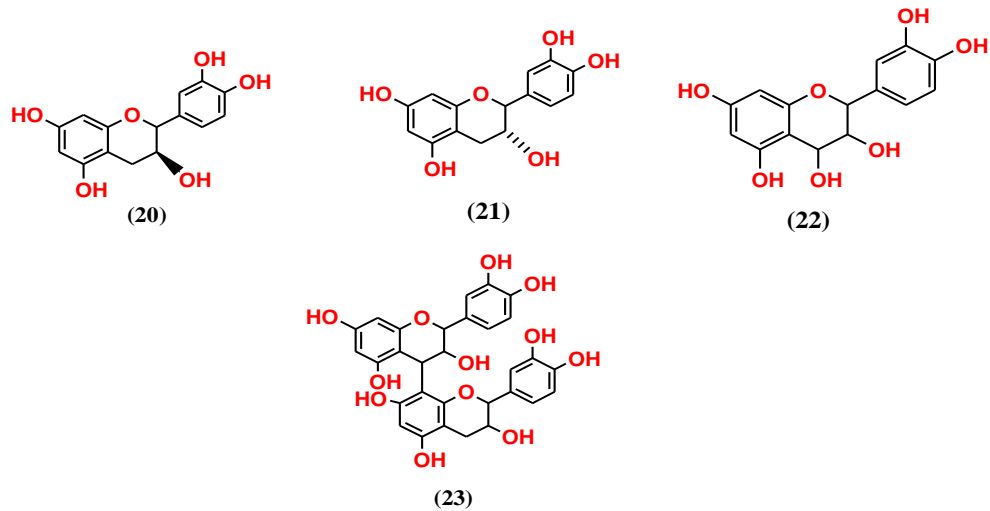


Figure I.10 : Structures des Tanins

1.10.5. Autres

Comme beaucoup de plantes, notre plante contient des vitamines, notamment B₁ et B₂, de la chlorophylle, des cires et des stérols, ainsi que de l'acide succinique [13].

1.10.6. Chlorophylle

La chlorophylle, de par sa couleur verte, est le principal pigment contenu dans les plantes. Elle se trouve dans les chloroplastes des cellules végétales. Elle est indispensable pour l'activité photosynthétique de la plante qui consiste à produire de l'énergie chimique (ATP) à partir de l'énergie lumineuse du soleil. En effet la lumière du soleil est captée par la chlorophylle. On distingue plusieurs formes de chlorophylles (a, b, c, d et f) qui n'ont pas la même structure chimique. Les plus courantes sont les chlorophylles A et B que l'on retrouve chez les plantes supérieures et chez les algues.

L'analyse de chlorophylle par chromatographie sur couche mince (CCM), montre que ce dernier contient quatre pigments végétaux, qui sont la carotène (couleur jaune orangé), le xanthophylles (couleur jaune) et les chlorophylles A et B (couleur verte) [15]. La figure I.11 montre la plaque CCM après la migration des pigments.

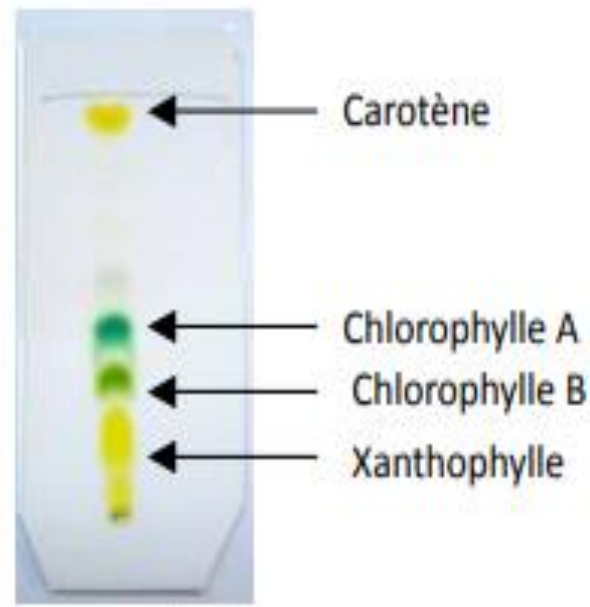


Figure I.11 : Plaques CCM après migration des pigments [15].

1.11. Principes actifs de la plante étudiés

Les principes actifs de notre plante sont les aldéhydes terpéniques (citral, citronellal), les alcools terpéniques (eugénol, géraniol, linalol, citronellol) et les sesquiterpènes (β -carophyllène). Les aldéhydes terpéniques ont des propriétés antivirales, calmantes et sédatives. Ce sont aussi des agents hypotenseurs, stomachiques, anti-inflammatoires et antibactériens. Les alcools terpéniques ont un effet neurotonique, hépatostimulant et immunomodulant. Ils ont également des effets positifs sur l'état émotionnel et psychique. Le β -carophyllène contenu dans les sesquiterpènes a des propriétés anti-inflammatoires, anticolitiques et antispasmodiques [11].

1.12. Conclusion

Ce chapitre consiste à un aperçu théorique sur la plante étudiée, dans un premier temps, nous avons définie et caractérisé cette plante d'un point de vue botanique, puis étudié, dans un deuxième temps, sa composition chimique. Nous avons illustré ses propriétés, ses applications, ainsi que ses activités biologiques. Nous constatons que notre plante possède une activité anti-oxydante et anti-inflammatoire, elle peut être employé, donc, dans plusieurs domaines, notamment le domaine thérapeutique.

CHAPITRE II

Différents méthodes
d'obtention d'un extrait des
plantes

L'extraction végétale est un procédé visant à extraire certains constituants présents dans les plantes. Ses techniques sont toutes des procédés de séparation solide/liquide dans laquelle le solide (le végétal) entre en contact avec le liquide (le solvant). Les composés végétaux d'intérêt sont ensuite dissous et contenus dans le solvant. La solution ainsi obtenue est l'extrait recherché, qui est donc concentrés des actifs de la plante. Vu l'intérêt pharmacologique et biologique de ces extraits, nous nous sommes intéressés aux différentes méthodes d'obtention d'un extrait des plantes.

II. 1. L'extraction par l'appareil de Soxhlet

Cette technique permet le traitement de la matière végétale en plus grande quantité, avec des solvants en phase liquide ou partiellement vaporisés. Le corps de l'extracteur, contient une cartouche en cellulose remplie par la matière végétale. Cette cartouche est fixée sur un réservoir de solvant (ballon) et surmonté d'un réfrigérant. Le solvant sera vaporisé puis condensé tout en restant en contact avec la matière végétale. La solution collectée dans le ballon s'enrichit de plus en plus en soluté après chaque cycle d'extraction et la matière végétale est toujours en contact avec le solvant fraîchement distillé. L'extraction sera terminée après effectuer 4 à 6 cycles [16]. Le montage soxhlet est illustré dans la figure II.1.

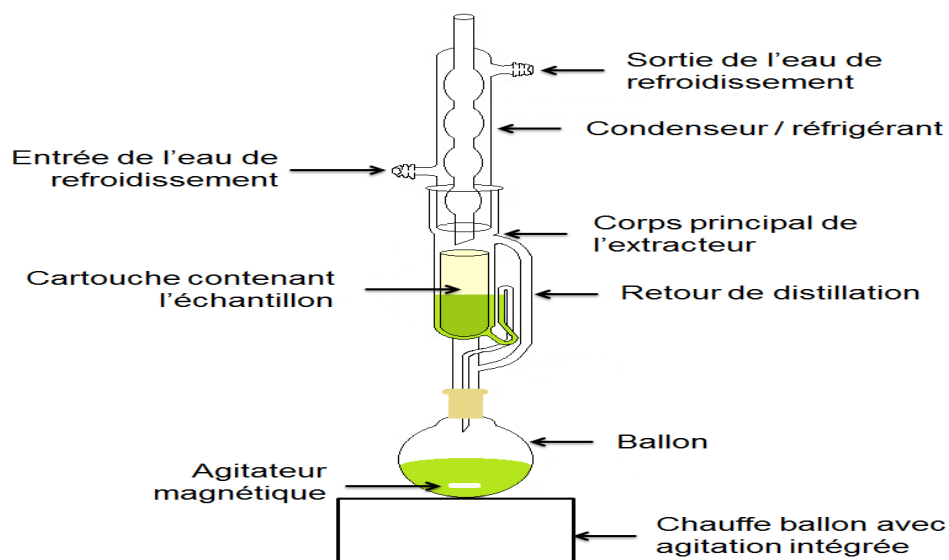


Figure II.1 : Illustration d'un montage soxhlet [17].

II.1.1. Les avantages et les inconvénients de soxhlet

II.1.1.1. Avantages de soxhlet

Au cours d'extraction par soxhlet, le cycle se répète indéfiniment, ce qui nous a permis d'épuiser complètement la matière étudiée en quelques cycles. Le résultat de cette extraction est équivalent à une série de macérations successives, mais cette technique ne

nécessite pas un grand nombre d'opérations. Ainsi, on a un net gain de temps de manipulation (à condition de laisser l'appareil fonctionner un certain temps), une fois mis en route, le montage n'a pas besoin d'être manipulé ni même surveillé jusqu'à son démontage. De plus, cette méthode consomme nettement moins de solvant que la méthode des macérations successives pour une même efficacité d'extraction. L'intérêt est donc également économique. Un autre avantage est que le solvant est constamment distillé, de sorte qu'il ne se sature jamais, même si la substance extraite est en très grande quantité par rapport au solvant et qu'elle dépasse sa solubilité maximale, c'est toujours le solvant pur qui retombe de l'évaporateur [18].

II.1.1.2. Inconvénients du soxhlet

L'extraction par Soxhlet peut présenter quelques inconvénients, le premier est que la taille de la cartouche étant limitée, il est peut être nécessaire de réaliser plusieurs extractions successives avec plusieurs cartouches, ce qui peut prendre un temps considérable, un autre inconvénient concernant l'extraction à chaud qui peut dégrader certaines substances chimiques [18].

II.2. Autres méthodes d'extractions par un solvant organique

II.2.1. La macération

La macération (extraction solide-liquide) est une opération qui consiste à laisser séjourner la matière végétale dans le solvant pour extraire les principes actifs. Les solvants alcooliques sont capables d'augmenter la perméabilité des parois cellulaires en facilitant l'extraction d'un plus grand nombre de molécules polaires, de moyenne et de faible polarité. De plus, le déroulement de la macération sous agitation pendant un temps étalé (24 h) et à température ambiante permet, respectivement, l'épuisement du solvant en composés extraits et la prévention de leur altération ou modification probable par la température élevée. Après filtration, le résidu peut être remis dans le récipient d'extraction avec une nouvelle portion de solvant. Au besoin, le processus est répété plusieurs fois. Cette méthode présente l'avantage d'être rapide, surtout avec les solvants à ébullition, mais le processus d'extraction n'est pas toujours très efficace. Pour faire la macération, il faut d'abord peser la matière végétale et chauffer le solvant dans un bécher de jusqu'à ébullition. Ensuite mettre la matière végétale dans le solvant bouillant, après agitation de temps en temps jusqu'à refroidissement parfaite du mélange, la filtration du macéra sera effectuer après une macération de 24 h. Après la filtration, récupérer le filtrat dans un flacon et répéter la procédure trois fois (fraction retenue par le filtre dans 200 ml de solvant

bouillant). Les macéras de 3 jours sont versés dans un seul récipient [19]. Le montage de macération est présenté dans la figure II.2.

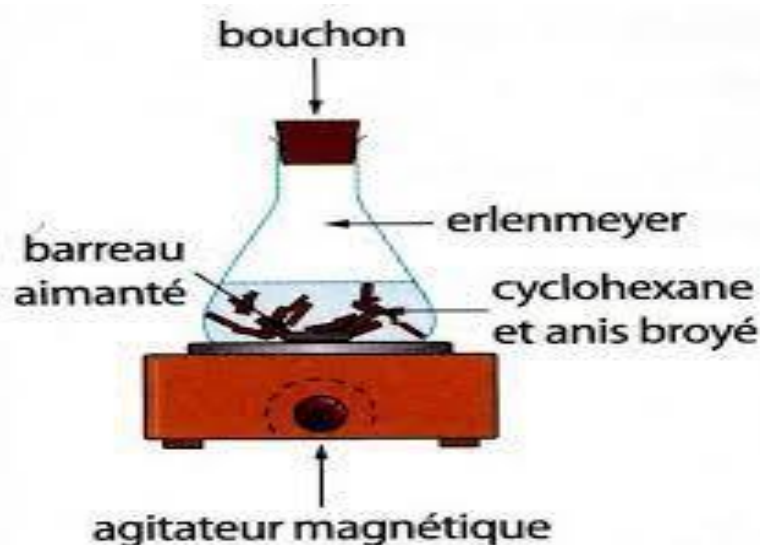


Figure II.2 : Illustration d'un montage de macération [19]

II.2.2. La décoction

L'extraction par décoction est un procédé utilisé traditionnellement par la population ivoirienne, soit dans la préparation de boissons tel que le thé ou dans les préparations traditionnelles à base de plantes médicinales. Cette technique se fait ordinairement à feu nu, quelque fois au bain marie, ce dernier mode est indispensable lorsque la substance, plus ou moins pâteuse, garnissant les parois du vase, risque de se torrifier par l'action directe du feu. Pour réaliser la décoction les plantes sont versées dans l'eau froide et portées à ébullition un temps plus ou moins long, deux ou trois minutes pour les feuilles, les tiges et les fruits ; cinq minutes ou plus pour les écorces et les racines [16].

II.2.3. L'infusion

Une infusion est préparée en versant de l'eau bouillante sur une quantité spécifique de matière végétale, en laissant reposer la mixture pendant 10-15 minutes. L'extraction par infusion est la solution préférentielle d'un ou plusieurs constituants d'un mélange solide par contact avec un solvant fluide. Cette extraction est également appelée lixiviation ou extraction par lavage, extraction par diffusion et/ou extraction par solvant [16]. Les méthodes d'extraction par décoction et infusion sont illustrées dans la figure II.3.

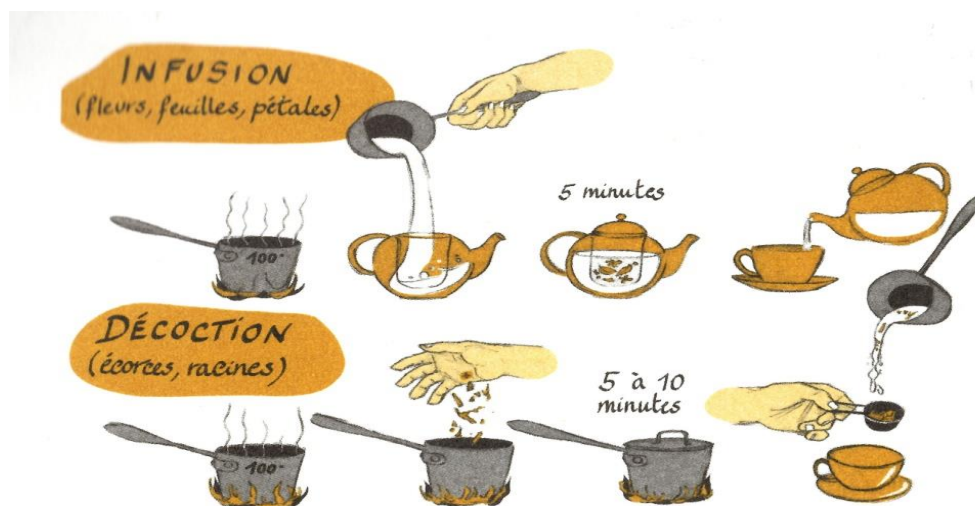


Figure II.3 : Méthodes d'extraction par décoction et infusion [20].

II.2.4. Extraction par micro-onde

En 1986, Ganzler et *al.* ont été les premiers qui ont présenté la technique d'extraction par solvant assistée par micro-ondes en vue d'une analyse chromatographique. Cette technique permet de réduire les temps d'extraction et donc les dépenses en énergie par rapport à la méthode conventionnelle. En 1990, Paré et *al.* proposent d'irradier la matière végétale en présence d'un solvant transparent aux micro-ondes de type hexane. Ainsi les micro-ondes atteindraient directement les systèmes glandulaires et vasculaires du végétal. L'extraction assistée par micro-ondes est une technologie verte qui présente beaucoup d'avantages tels que l'économie d'énergie et du temps, la minimisation des dégradations thermiques et hydrolytiques. Cette technique a montré des avantages évidents dans une courte durée et une grande efficacité pour extraire les flavonoïdes des cellules cultivées avec un rendement maximal des flavonoïdes qui atteint un rendement de 4,1% [16]. L'appareillage de l'extraction par micro-onde est démontré dans la figure II.4.

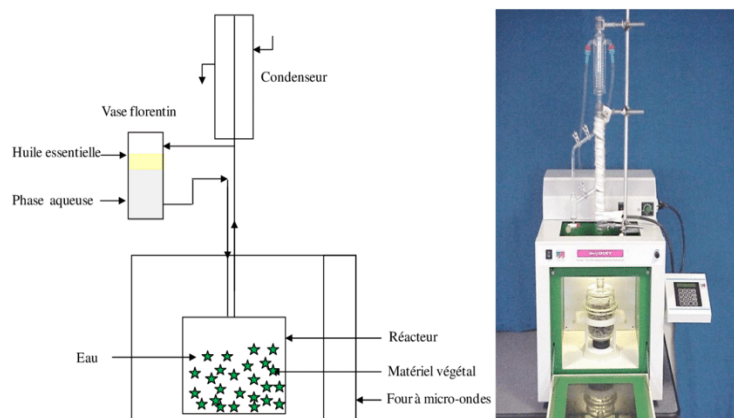


Figure II.4 : Appareillage de l'extraction par micro-onde [21]

II.2.5. Extraction par ultrason

L'extraction assistée par ultrasons est un procédé d'extraction d'une substance dans une phase liquide appropriée (milieu d'extraction), assistée par des ondes ultrasonores (> 20 KHz de fréquence) qui se propagent à travers les milieux liquides. Cette technique s'applique à toute extraction par un liquide tel que l'extraction liquide-liquide et surtout l'extraction solide-liquide. Cette extraction peut avoir lieu dans un bain à ultrason ou dans un récipient dans lequel une sonde ultrasonique a été immergée. Dans l'extraction solide-liquide les solides utilisés peuvent être des graines, des herbes, des feuilles, des coques de fruits, des fleurs, etc. Pour favoriser l'extraction, ces solides peuvent être préalablement broyés sous forme de poudre. La taille des agglomérats peut être ensuite réduite grâce aux ultrasons, dans cette technique les ultrasons favorisent la diffusion des substances dissoutes dans le milieu d'extraction et la pénétration du milieu d'extraction dans la substance. Dans l'extraction liquide-liquide les ultrasons accroissent l'aire interfaciale entre les deux liquides ce qui accélère l'extraction. Comparée aux techniques d'extraction conventionnelles (Soxhlet, Twisselmann, etc.), la technique d'extraction ultrasonique a des avantages, parmi ces avantages, on peut citer que les solutés diffusent plus rapidement dans le milieu d'extraction ce qui réduit le temps d'extraction, ainsi que la température de l'extraction est plus faible, ce qui permet d'extraire des substances thermosensibles tels que les acides gras polyinsaturés, les caroténoïdes et les polyphénols. Mais les coûts de l'investissement sont un peu plus élevés que ceux de l'extraction conventionnelle. L'extraction assistée par ultrasons peut être utilisée au laboratoire ou à un niveau industriel pour collecter les composés intéressants comme les huiles essentielles, les arômes, les huiles végétales, les graisses, les antioxydant et les colorants. Le montage de l'extraction ultrasonique est présenté dans la figure II.5 [22].



Figure II.5 : Montage de l'extraction ultrasonique [22].

II.2.6. L'extraction en phase solide

C'est un bon choix pour la procédure de nettoyage propre d'extraits de plantes brutes ou d'échantillons biologiques. La méthode SPE « solid-phase extraction » est rapide, reproductible et permet d'obtenir des extraits assez clairs. Elle est essentiellement sans émulsion et les petits volumes d'échantillons peuvent être utilisés. La méthode SPE très simple est requise pour toute isolation d'analyte acide et basique de l'extrait végétal «brut». Pour cette procédure des taux de récupération élevés sont communs [16].

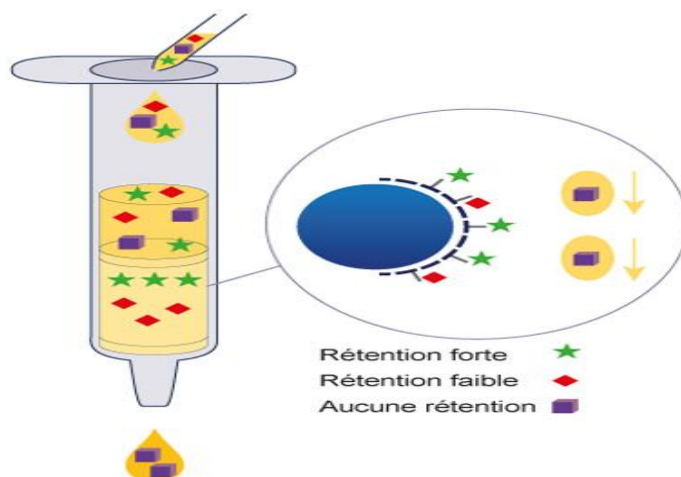


Figure II.6 : Principe de l'extraction en phase solide [23].

II.2.7. Extraction avec de l'eau chaude (extraction solide/liquide)

Cette méthode d'extraction a été effectuée selon le protocole décrit par Nshimiyimana et al. Avec quelques modifications ont été apportées en 2010. Pour cette technique tout d'abord peser la matière végétale, ensuite ajouté cette matière broyée au 200 ml d'eau distillée. Après l'agitation manuelle, chauffer le mélange dans un bain-marie à 77°C pendant 30 minutes et laisser le mélange refroidir à température ambiante. Après filtration, répéter la procédure trois fois (fraction retenue par le filtre dans 200 ml d'eau distillée Chaude). Et finalement les trois filtrats obtenus sont versés dans un seul récipient [19]

II.3. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons étudié les différentes méthodes d'extraction des plantes, Cette extraction s'effectue par plusieurs méthodes telles que la macération, l'infusion, la décoction, l'extraction ultrasonique et par micro-onde ainsi que l'extraction par le dispositif soxhlet. Ces méthodes se diffèrent par leur mode d'utilisation et chaque spécificité, mais elles visent toutes le même objectif. Au cours de notre travail, nous nous sommes intéressés à l'extraction par soxhlet car elle est la plus efficace.



CHAPITRE III
Matériels et méthodes

Cette étude préliminaire a pour but d'étudier la composition de l'extrait méthanolique d'une plante médicinale et prédire la polarité de ses constituants. Cette étude a été effectuée au sein du laboratoire de recherche de chimie organique appliquée (LCOA) au niveau de la faculté des sciences, université Badji Mokhtar Annaba, dans une durée d'un mois (du 01^{er} au 31 mars 2023).

Le matériel végétal utilisé dans le présent travail, comporte la partie aérienne poudre (170 g) de notre plante (Photo III.1) qui est originaire d'Europe centrale et occidentale et Etats-Unis, en Algérie, elle est présente à l'état sauvage en Constantine, Blida, Bordj Bou Arreridj et Msila. Nous l'avons acheté du commerce chez un herboriste à Annaba.



Photo III.1 : Poudre de la plante à étudiée (AROUCI Romaiassa 2023).

Pour la réalisation de ce travail, nous avons utilisé différents Matériels et réactifs qui sont listés dans le tableau III.1

Tableau III.1 : Matériels et produits utilisés

Matériels	Produits
- Balance analytique	- Méthanol
- Dispositif Soxhlet	- Dichlorométhane
- Ballon	- Hexane
- Rotavap	- Eau distillée
- Entonnoir et Papier filtre	- Acétone
- Plaque CCM	- FeCl ₃ (1%)
- Spectrophotomètre (Jenway 6504 UV/VIS)	- NH ₄ OH (8%)
FT-IR Spectromètre Perkin Elmer	- HCl (1%)

III.1. Préparation de l'extrait méthanolique par dispositif Soxhlet

L'extrait méthanolique de notre plante a été préparé à l'aide d'un Soxhlet (Photo III.2). 175 g de la partie aérienne broyées est placé dans une cartouche auquel on l'expose au solvant d'extraction (méthanol). La température d'évaporation est fixée à (64°C) jusqu'aux six cycles d'extraction. Après le retrait de la cartouche, le solvant chargé d'extrait de la plante est récupéré pour l'évaporer à l'aide d'un évaporateur rotatif « HEIDOLPH », l'extrait est conservé au réfrigérateur jusqu'à son utilisation.



Photo III.2 : Dispositif Soxhlet (AROUCI Romaiassa 2023)

III.2. Evaporation

La solution obtenue a été évaporée à l'aide d'un évaporateur rotatif afin d'éliminé le méthanol. Pour cet objectif nous avons pesé le ballon d'évaporation vide et versé l'extrait obtenu dans ce ballon. Ensuite l'évaporé jusqu'à la disparition complète du solvant après le réglage de la température d'évaporation selon le type de solvant (dans notre cas on a choisi la température d'ébullition de méthanol qui est égal à 65°), puis nous avons sécher le contenu de ballon à l'air libre et le pesé afin de calculer le rendement d'extraction. Le montage d'évaporation est illustré dans la photo III.3.



Photo III.3 : Montage d'évaporation (AROUCI Romaiassa 2023)

III.3. Détermination du rendement

Le poids de l'extrait sec est déterminé par la différence entre le poids du ballon plus l'extrait (après évaporation) et le poids du ballon vide (avant évaporation).

$$M_{\text{Extrait}} = m_{\text{Extrait + Ballon}} - m_{\text{Ballon Vide}}$$

Le rendement d'extraction est égal au quotient de la masse de l'extrait sec par la masse de la matière végétale initiale multiplié fois 100.

$$R \% = \left(\frac{\text{la masse d'extrait sec}}{\text{la masse de la matière végétale}} \right) * 100$$

III.4. Chromatographie sur couche mince (CCM)

La chromatographie est une technique d'analyse qui s'appuie sur les différences d'affinités de substances chimiques entre une phase fixe (la plaque) et une phase mobile (l'éluant). Cette différence va permettre la séparation sélective de ces différentes substances sur la plaque. Cette méthode repose sur des phénomènes d'adsorption et la répartition des constituants dans ce cas est en fonction de la nature de la phase mobile, de la nature de la phase stationnaire et des propriétés physico-chimiques des constituants à séparer.

Pour cette analyse il faut introduire l'éluant jusqu'à une hauteur d'environ 0,5 cm dans la cuve à chromatographie, puis la fermer. Les vapeurs d'éluant vont alors saturer la cuve. Si les composés à analyser sont sous forme solide, les dissoudre dans un minimum de solvant. Ensuite préparer la plaque par le traçage d'une ligne délicatement au crayon à environ 1 cm du bas de la plaque, dans une deuxième étape il faut indiquer sur cette ligne les positions des dépôts que vous allez effectuer (Figure III.1a), puis effectuer les dépôts souhaités à l'aide de capillaires (Figure III.1b) [24].

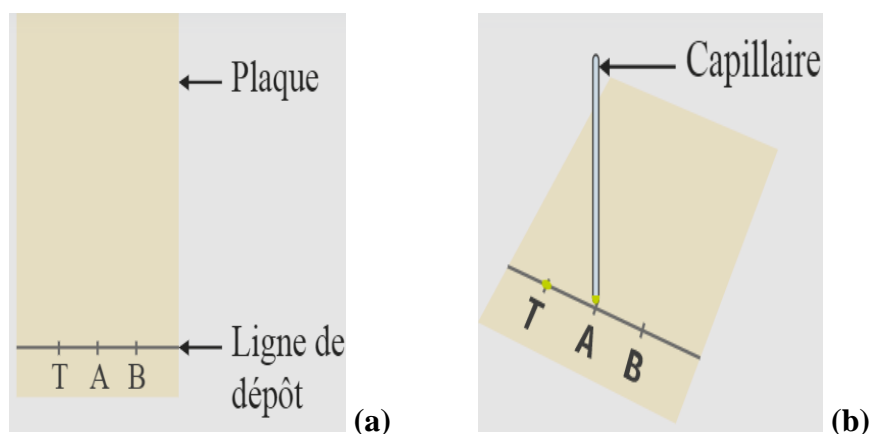


Figure III.1 : Préparation de la plaque CCM [24].

Après la préparation de la plaque placer verticalement cette plaque dans la cuve, et la refermer rapidement (Figure III.2). Au départ, l'éluant ne doit pas toucher les dépôts. Sans bouger la cuve, attendre que l'éluant soit arrivé à environ 1 cm du bord supérieur, puis retirer la plaque et tracer rapidement au crayon un trait indiquant la hauteur atteinte par l'éluant [24].

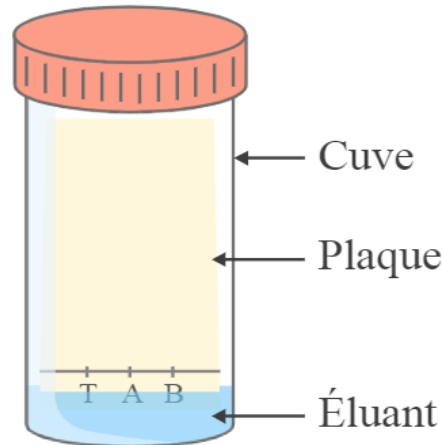


Figure III.2 : Cuve à plaque CCM [24]

III.4.1. Analyse de la plaque CCM et identification

Si on observe qu'un même dépôt s'est divisé en plusieurs taches, alors celui-ci est un mélange (Si le dépôt ne se divise pas, il ne s'agit pas forcément d'un corps pur). À la fin de la CCM, chaque espèce chimique s'est élevée à une hauteur qui lui est propre. Si on observe deux taches situées à la même hauteur, donc c'est la même substance, il s'agit de l'étape d'identification (Figure III.3). Par exemple dans cette figure plusieurs taches obtenues à partir du dépôt B, ce qui confirme que notre produit est un mélange ; La première tâche du dépôt B est située à la même hauteur que la tache témoin donc la substance B contient l'espèce témoin T [24].

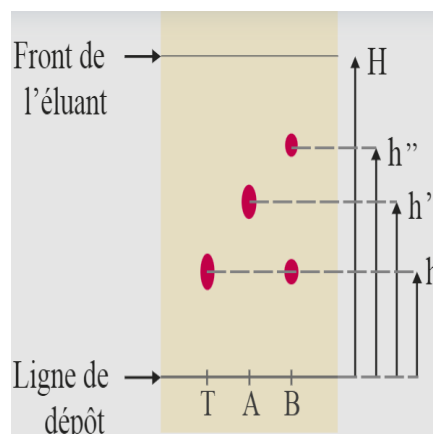


Figure III.3 : Identification des constituants sur la plaque CCM [24].

III.4.2. Rapport frontal

La relation de calcul du rapport frontal est comme suit :

$$R_f = \frac{h}{H}$$

Avec H et h sont respectivement la hauteur du front de l'éluant et celui de la tache du composant (Figure III.3) [24].

III.5. Criblage phytochimique

C'est un ensemble de méthodes qui nous permettent d'avoir une idée sur la présence ou l'absence de différents groupes chimiques dans notre organe végétal à partir des réactions chimiques. Il s'agit d'une analyse qualitative qui se repose sur des réactions de coloration et/ou de précipitation ainsi qu'à des examens en lumière ultraviolette.

Au cours de ce travail nous nous sommes intéressés au screening phytochimique de l'extrait méthanolique de la plante étudiée. Leurs réactions d'identification des groupes chimiques testés ainsi que les indicateurs utilisés sont réunies dans le tableau III.2.

Tableau III.2. Réactions d'identification des groupes chimiques et indicateurs utilisés

Groupes chimiques	Réactifs	Résultats
Flavonoïdes	HCl (1%)	Coloration jaune claire
Coumarines	NH ₄ OH (28%)	Fluorescence sous la lumière UV
Tannins	FeCl ₃ (1%)	Coloration verdâtre ou bleu noirâtre.
Terpènes et Terpénoïdes	H ₂ SO ₄	Coloration marron

III.5.1. Test des flavonoïdes

Dans le but de la recherche des Flavonoïdes, nous avons commencés d'abord par une macération de 10g de l'échantillon évaporé dans 150 ml d'acide chlorhydrique (HCl 1%) pendant 24h. Après filtration nous avons récupéré 10 ml du filtrat, une solution basique de (NH₄OH 28%) a été ajoutée à ce filtrat. Après 3h, une apparition d'une couleur jaune claire dans la partie supérieure du tube, confirme la présence de Flavonoïdes [25].

III.5.2. Test des coumarines

Dans ce test 1ml de l'extrait a été gardé comme témoin et 1ml a été mis dans tube à essai avec 0,1 ml de NH₄OH. Ensuite une tache de chaque préparation a été mise sur un papier filtre et examinée sous la lampe UV. La présence des coumarines est prouvée par une fluorescence intense [26].

III.5.3. Test des tannins

Dans un tube à essai, nous avons introduit 2 ml de l'extrait à analyser avec quelque goutte d'une solution aqueuse de chlorure de fer (FeCl_3) à 1%. La présence des tanins est dévoilée par une coloration verdâtre pour les tanins catéchiques ou bleu-noirâtre pour les tanins galliques [27].

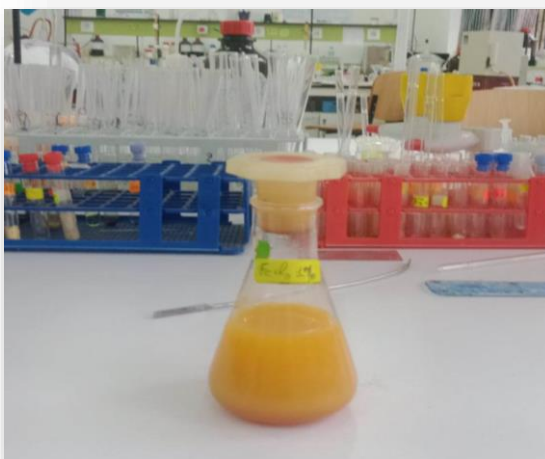


Photo III.4 : Solution FeCl_3 (1%) (AROUCI Romaiassa 2023)

III.5.4. Test des Terpènes et Terpénoïdes

La présence des Terpénoïdes a été réalisée par l'ajout de 0.4 ml du Dichlorométhane et 0.6 ml d'acide sulfurique (H_2SO_4) concentré à 1 ml d'extrait. Le test positif est indiqué par l'apparition de deux phases et une couleur marron à l'interface.

Test de confirmation de Libermann-Burchard

Afin de confirmer le test des Terpènes et Terpénoïdes, 0,1 ml anhydre acétique et 0,1 ml de H_2SO_4 ont été ajoutés à 1 ml d'extrait. Après incubation de 15 min, leur présence est indiquée par la couleur mauve, verte ou violette [28].

III.6. Analyse spectroscopique

Dans cette analyse nous avons identifié notre extrait par spectroscopie Infra rouge (IR), elle est effectuée expérimentalement par l'appareil FT-IR Spectrometer PerkinElmer (photo III. 5).



Photo III 5 : Appareil Infra Rouge (AROUCI Romaiassa 2023).

III.7. Etude théorique DFT

III.7.1. Logiciels utilisés

Dans cette étude nous avons utilisés différents logiciels qui sont :

III.7.1.1. ChemDraw Professional 16

Le ChemDraw Professional 16 [29] est un logiciel essentiel et préféré pour le dessin précis des structures chimiques et des éléments biologiques tels que les membranes, l'ADN, les enzymes ... etc. Il est utilisé afin de connaître la structure chimique des molécules à partir de leur nomenclature et réciproquement, l'assimilation des spectres de masse, RMN (^1H / ^{13}C), ainsi que le calcul des propriétés physicochimiques. Les avantages de ce logiciel sont la présentation claire et simple des options et les menus complets de logiciel pour modifier les structures.

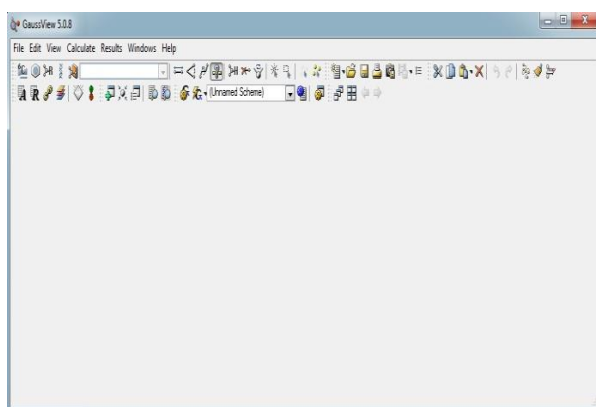
III.7.1.2. Gaussian

C'est un logiciel de chimie computationnelle, créé à l'origine par John Pople en 1970. Il a été depuis sans cesse mis à jour, il est utilisé pour optimiser les géométries moléculaires, prédire les charges, visualiser les orbitales moléculaires et prédire les spectres IR et RMN. Dans ce travail on a utilisés deux versions de Gaussian, le programme Gaussview5.0 pour construire et visualiser les molécules [30] et le programme Gaussian09 pour optimiser les géométries et calculer les descripteurs [31]. Appliquant les lois fondamentales de la mécanique quantique, Gaussian09 peut prédire les énergies, les structures des molécules, les fréquences de vibration, les propriétés moléculaires et électroniques des molécules, ainsi que les propriétés des réactions. Il étudie également les molécules et les réactions dans un large éventail de conditions pour des espèces stables, composés complexes ainsi que les composés où impossibles de l'étudier expérimentalement tels que les intermédiaires de courte durée de vie et les états de transition. Le Gaussian09 présente plusieurs avantages tels que son exécution des calculs

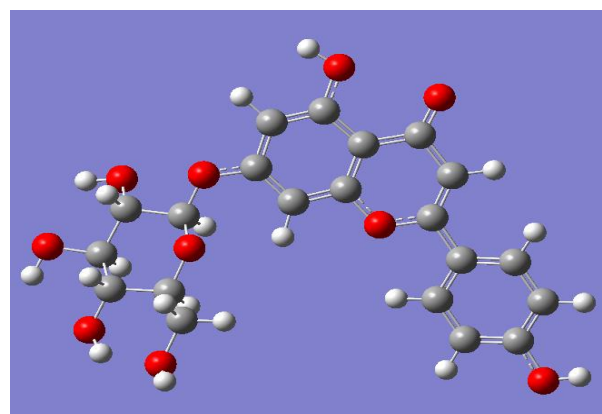
simples et directs, ses techniques complexes sont entièrement automatisées, la précision et la fiabilité de ses modèles et les résultats de tous les types de calcul sont présentés sous forme graphique naturelle et intuitive par Gaussview05.

III.7.1.3. Utilisation de Gaussian

L'utilisation de l'interface graphique Gaussview05 simplifie la manipulation du Gaussian09, commençant d'abord par la représentation de la structure spatiale de la molécule étudiée, la visualisation de cette structure en trois dimensions (3D) sera effectuée dans un fichier « in-put » (photo III.6).



(a)



(b)

Photo III.6 : Représentation de Gaussview05 (a) et la structure 3D de cosmosiine (b).

Après la représentation de la molécule, sa structure sera optimisée par la base et la méthode choisies, ainsi que le mode opératoire désiré tel que la fréquence IR, RMN et solvation (photo III.7). Un fichier « out-put » qui contient les informations du calcul est obtenu, à la fin de ce calcul. Ces informations sont directement accessibles à la lecture.

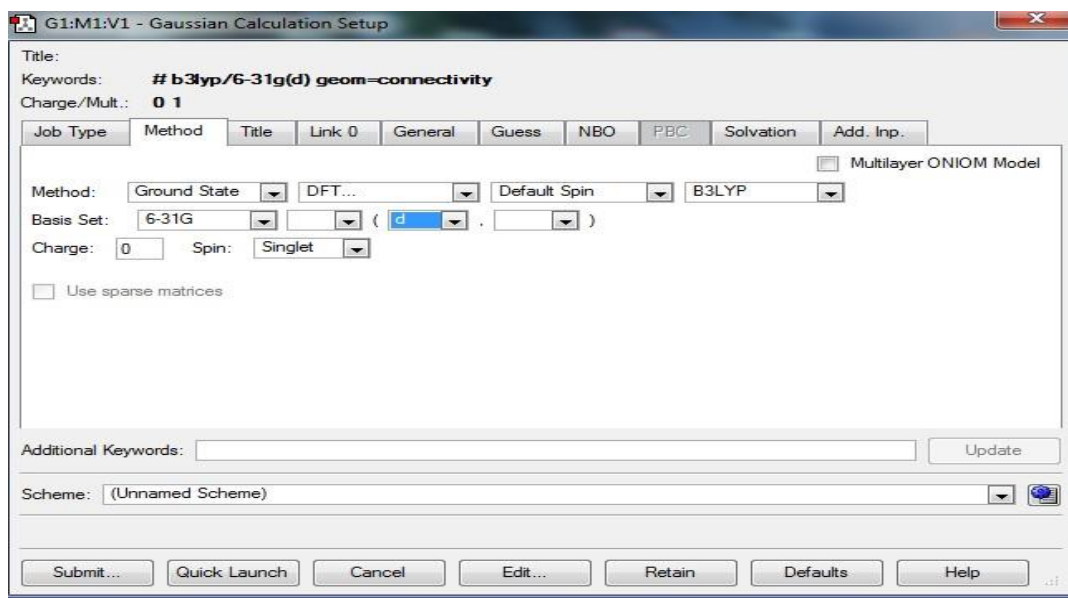


Photo III.7 : Représentation des étapes de calcul du logiciel Gaussian09.

III.7.2. Calcul de descripteurs

III.7.2.1. Plus haut orbitale moléculaire occupé (HOMO) et plus bas orbitale moléculaire inoccupé (LUMO)

L'HOMO et LUMO sont des paramètres très importants pour une réaction chimique. L'HOMO est l'orbitale qui traduit le caractère électro-donneur de la molécule et LUMO est l'orbitale qui traduit le caractère électro-accepteur. L'écart entre HOMO et LUMO appelé "gap énergétique" est un indice important qui permet de décrire la réactivité chimique et la stabilité de la molécule. Une molécule présentant un gap étroit est associée à une réactivité chimique élevée et à une faible stabilité [32].

III.7.2.2. Le moment dipolaire

On utilise le moment dipolaire d'une molécule pour étudier les interactions intermoléculaires électrostatiques. Il mesure la susceptibilité d'interaction avec les molécules voisines à proximité d'un champ électrique. Plus le moment dipolaire d'une molécule est élevé, plus elle sera capable d'interagir fortement avec ses voisines en induisant à sa proximité un champ électrique [33].

III.8. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté la méthode d'extraction utilisée dans ce travail, et la méthode de calcul ainsi que les programmes et les logiciels employés. Au cours de ce travail nous avons préparé l'extrait méthanolique de notre plante étudiée par le dispositif Soxhlet. Pour connaître la constitution de notre extrait un criblage phytochimique et une analyse Infra rouge ont été effectués. Une étude théorique a été réalisée utilisant le logiciel Gaussian09 qui constitue un outil puissant pour l'étude des molécules. Nous avons employé également le logiciel ChemDraw professional 16.0 pour dessiner les structures des molécules. L'optimisation de la géométrie a été effectuée par la méthode DFT (B3LYP/(6-31G(d,p))) du logiciel Gaussian09. Les différentes méthodes de calculs permettent de prédire la réactivité des composés étudiés. Les détails de résultats obtenus sont démontrés dans le chapitre V.



CHAPITRE IV
Résultats et discussions

L'illustration et la discussion des résultats ont été effectuées dans ce chapitre. Notre travail comporte a étudié un extrait méthanolique d'une plante médicinale, ensuite étudié théoriquement la réactivité de ses composés.

IV.1. Le rendement

L'extraction de notre extrait a été effectuée par le dispositif Soxhlet à partir de la poudre de notre plante. Le rendement de cette extraction est de **1.72 %**.

$$M_{EX} = m_{EX + Ballon} - m_{Ballon Vide} = 81.2463 - 78.3195 = 2.9268 \text{ g}$$

$$REX \% = \left(\frac{m_{EX}}{170} \right) * 100 = \left(\frac{2.9268}{170} \right) * 100 = 1.72\%$$

avec : REX est le rendement de l'extrait de notre plante (%).

- m_{EX} , $m_{EX + Ballon}$ et $m_{Ballon Vide}$ sont respectivement la masse en gramme (g) de l'extrait obtenu, l'extrait plus le ballon et la masse de ballon vide.

De nombreux facteurs influent sur la teneur d'un extrait végétal. La matière première est l'un des paramètres les plus importants. Le rendement des extractions dépend également de la qualité du solvant, choix de l'équipement et propriétés liées aux procédés. Dans le cas de l'extraction par solvant organique «Soxhlet», plusieurs facteurs interviennent tels que la nature du solvant, le temps d'extraction ou le nombre de cycles nécessaire, le débit de condensation, le rapport solvant/matière végétale et le taux de remplissage du cartouche [34].

L'extrait obtenu (photo IV. 1), présente les caractéristiques suivantes :

Tableau IV.1 : Caractéristiques organoleptiques de l'extrait obtenu

Aspect	Pate
Couleur	Vert foncé
Odeur	Arôme de la plante peppermint

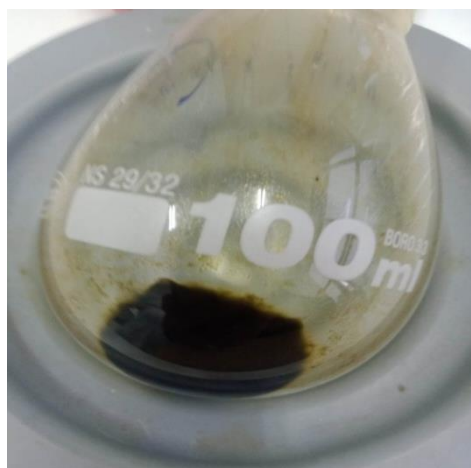

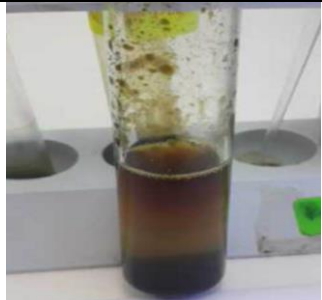




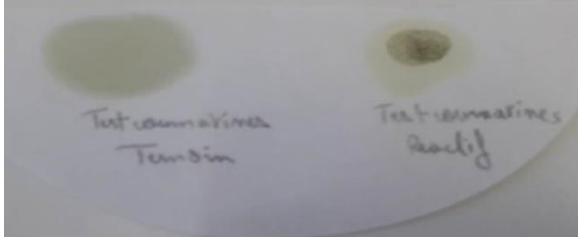


Photo IV.1 : Extrait méthanolique de la plante étudiée (AROUCI Romaiassa 2023)

IV.2. Criblage (screening) phytochimique

Afin de déterminer les différentes familles de métabolites secondaires présentes dans notre extrait, nous avons effectué un screening phytochimique en utilisant des réactifs appropriés. Les résultats obtenus sont regroupés dans le Tableau IV.2.

Tableau IV.2 : Résultats de screening phytochimique

Famille	Présence/absence	Observation	
		Témoin	Test
Flavonoïdes	+++		
Tanins	+		
Terpènes et Terpénoïdes	-		
Coumarines	-		

(-) Teste négatif

(+++ Teste fortement positif

Les résultats de screening phytochimique de notre extrait, montrent qu'il est riche en flavonoïdes et tanins, tandis que les coumarines, terpènes et terpénoïdes sont absents.

IV.3. Analyse chromatographique sur couche mince

IV.3.1. Analyse de la plaque CCM

Dans l'objectif d'identifier les composants de notre extrait, nous avons réalisé une chromatographie sur couche mince (CCM). L'éluant est un mélange de dichlorométhane (DCM) et de méthanol (8 : 2). Après élution, le résultat de la plaque CCM (photo IV.2) montre la présence de six spots, dont les spots 5 et 6 sont de polarité proche. Ces derniers sont de couleur verte, ce qui nous laisse penser que ces deux spots correspondent aux deux chlorophylles A et B.

D'après les résultats de screening notre extrait méthanolique est riche en flavonoïdes et tanins, pour cette raison, basant sur la littérature nous suspectons que ces molécules sont les flavonoïdes (cosmosiine et cynaroside) [13] et les tanins (catéchol ou épicatechol et proanthocyanidol) [14].

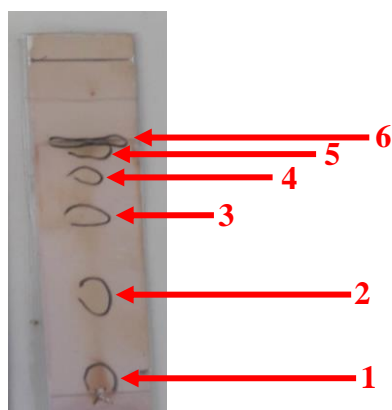


Photo IV.2 : Plaque CCM de constituants de l'extrait méthanolique après révélation.

IV.3.2. Résultats de Rf

Selon la plaque CCM le rapport frontal (tableau IV.3) des spots trouvés sur la plaque CCM sont comme suit :

Tableau IV.3 : Le rapport frontal des spots trouvés sur plaque CCM.

Spot	Spot 1	Spot 2	Spot 3	Spot 4	Spot 5	Spot 6
Rf	0.04	0.27	0.53	0.65	0.72	0.74

La littérature montre que le Rf de la chlorophylle A est de 0.9 et celui de la chlorophylle B est de 0.67 [35] ce qui nous amène à conclure que le spot 5 et le spot 6 sont respectivement correspond à la chlorophylle B et la chlorophylle A, pour confirmer ces résultats, une analyse spectroscopique a été effectuée.

IV.4. Analyses spectroscopiques

Le spectre d'adsorption infrarouge d'une espèce comporte des pics plus ou moins larges. Identifier le nombre d'onde associé à ces pics permet d'identifier les liaisons chimiques liant les atomes formant la molécule.

La spectrométrie IR, permet par interprétation des spectres obtenus, de déceler les groupements fonctionnels contenus dans une molécule : alcool, aldéhyde, cétone, acide..., ainsi que les liaisons entre les carbones d'une chaîne (chaîne saturée, insaturée, caractère aromatique d'une molécule). Les étapes pour interpréter le spectre IR sont comme suit :

Etape 1 ; Vérifier l'unité utilisée pour graduer l'axe des abscisses

Sur l'axe des abscisses σ représente le nombre d'onde exprime en cm^{-1}

Etape 2 ; Repérer les pics sur le spectre

On repère les zones du spectre pour lesquelles la transmittance (représentée en ordonnée) devient minimale. Ces zones ont des formes de bandes plus ou moins larges qui correspondent aux pics d'absorption.

Etape 3 ; Relever le nombre d'onde correspondant à chaque pic

On relève pour chaque pic la valeur du nombre d'onde correspondant au minimum de transmittance.

La composition de l'extrait méthanolique de notre plante a été identifié par le spectre de l'infrarouge et représenté dans la figure IV.1

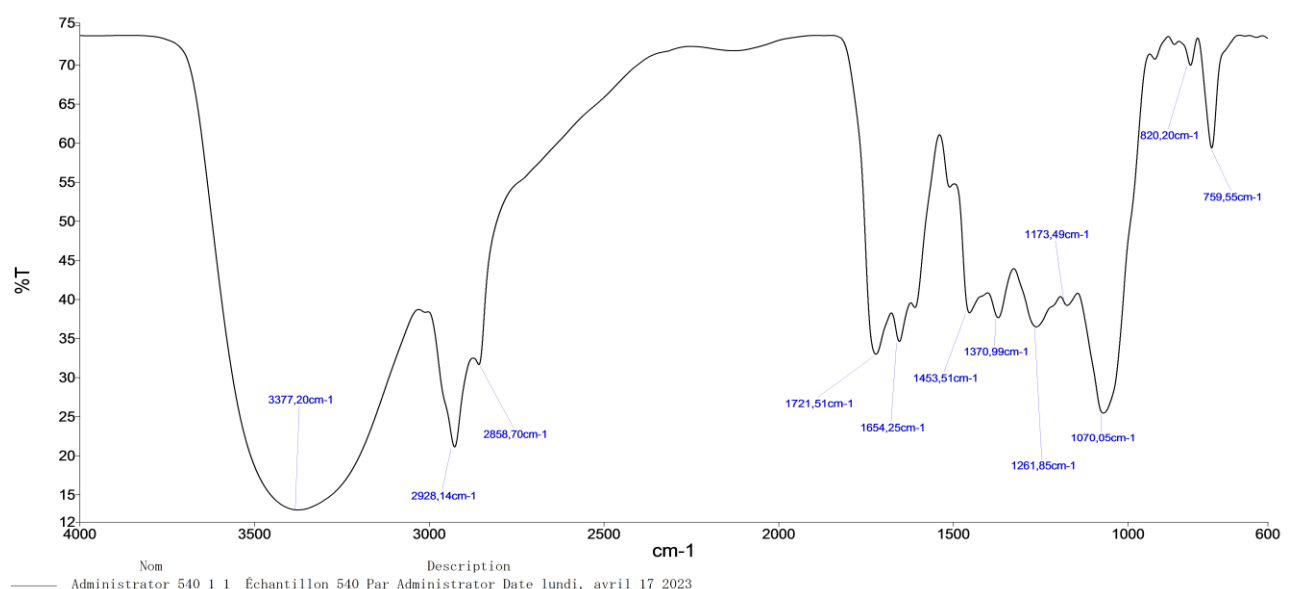


Figure IV.1 : Spectre IR de l'extrait méthanolique de notre plante.

En IR, la présence des **Flavonoïdes** et les **Tanin** dans l'extrait méthanolique de la plante étudié sont confirmés par les bandes d'absorptions suivantes,

- ✓ Une large bande d'absorption vers 3377.20cm^{-1} qui caractérise la présence des groupements OH.
- ✓ L'apparition d'une bande d'absorption entre 2928.14 et 2858.70 cm^{-1} confirme la présence des carbones hybridés en sp^3 .
- ✓ La bande d'absorption de la fonction carbonyle apparaisse à 1721.51 pour le carbonyle (C=O) et 1664.25 cm^{-1} pour pour le carbonyle (C=O) α, β -insaturé.
- ✓ La bande de carbone simple liaison oxygène C-O sort vers 1261.85 cm^{-1} jusqu'au 1070.06 cm^{-1} .

IV.5. Etude DFT

Dans notre travail une étude théorique a été effectuée par la théorie de la densité fonctionnelle (DFT) pour étudier la réactivité chimique des composés de l'extrait méthanolique d'une plante médicinale. Les structures de ces molécules sont présentées dans la figure IV.2

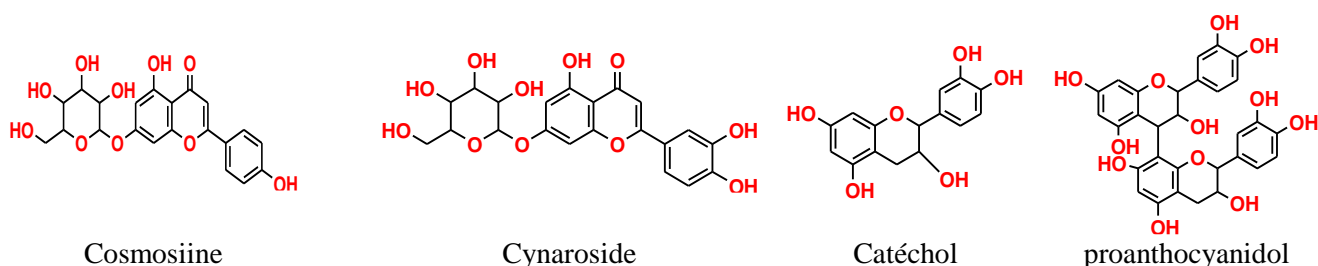


Figure IV.2 : Structure des composés étudiés

IV.5.1. Optimisation de la géométrie

La méthode DFT en utilisant (B3LYP) /6-31G (d,p) [36-37] a été employée afin d'optimiser les structure des molécules étudiées. Tous les calculs ont été effectués en utilisant le programme de visualisation moléculaire de Gauss view [30] et le Gaussian09 [31].

Le tableau IV.4 regroupe les valeurs des descripteurs ; niveau d'énergie (HOMO, LUMO), l'énergie gap, l'énergie totale, le moment dipolaire (MOD) calculées à partir des structures optimisées par la méthode DFT, utilisant la B3LYP / 6-31G (d,p).

Tableau IV.4 : Paramètres calculés des molécules étudiées obtenus par la méthode B3LYP / 6-31G (d,p).

Descripteurs Moléculaires	Cosmosiine	Cynaroside	Catéchol	Proanthocyanidol
MOD (D)	7.0543	7.3609	1.6038	4.5611
E_{HOMO} (eV)	- 5.8200	- 5.7242	- 5.7152	- 5.2308
E_{LUMO} (eV)	- 1.3423	- 1.3331	- 0.1505	- 0.2375
ΔE_{gap} (eV)	4.4777	4.3911	5.5647	4.9933

La molécule Cynaroside possède la plus faible valeur de gap. Donc, elle est la moins stable et la plus réactif par rapport aux autres composés étudiés.

IV.5.2. Analyse des orbitales moléculaires frontières

Les orbitales moléculaires frontières HOMO et LUMO et les structures des molécules après optimisations géométriques sont représentés dans IV.3.

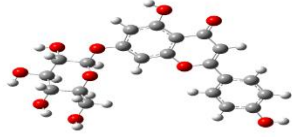
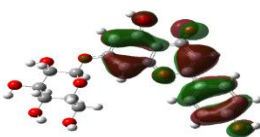
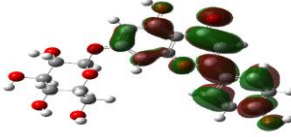
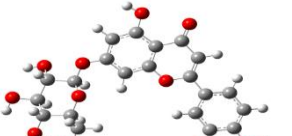

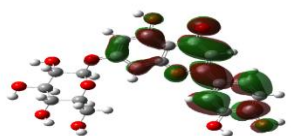
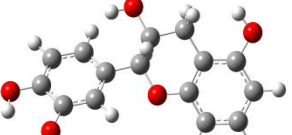
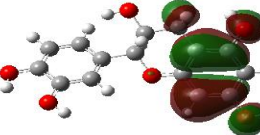
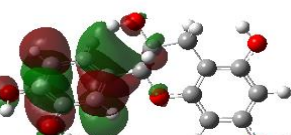
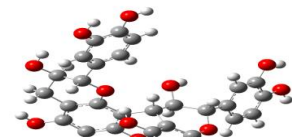
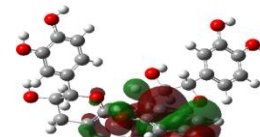
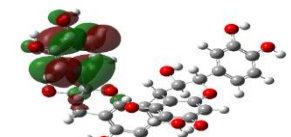
	Composé	HOMO	LUMO
● O ● C ○ H			
Cynaroside			
Catéchol			
Proanthocyanidol			

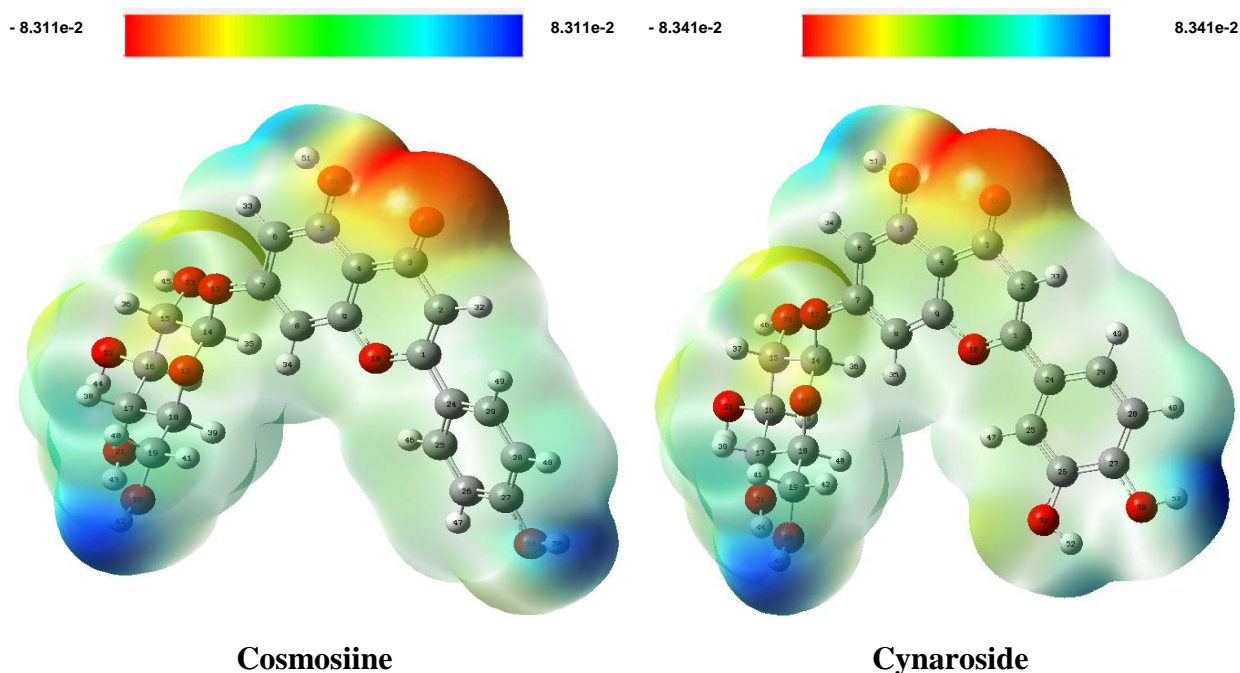
Figure IV. 3 : Structures optimisées ainsi que les orbitales HOMO, LUMO et leur gap d'énergie (ΔE_{gap}) des molécules étudiées obtenues par la méthode B3LYP /6-31G (d,p).

La représentation des orbitales moléculaires frontières montre que les orbitales HOMO et LUMO des flavonoïdes (Cynaroside et Cosmosiine) se distribuent sur la partie conjuguée de la molécule, ce qui confirme la réactivité de cette partie.

IV.5.3. Potentiel électrostatique moléculaire (MESP)

Le potentiel électrostatique moléculaire est important pour dessiner les structures des médicaments par ordinateur. Il donne des informations sur les régions moléculaires des attaques électrophiles ou nucléophiles. Dans cette carte graphique les régions de la molécule à

charge négative sont colorées en rouge et celles à charge positive sont colorées en bleu. La couleur verte correspond à un potentiel intermédiaire situé entre les deux extrêmes (rouge et bleu foncé). Les couleurs jaune et bleu clair partagent la différence entre la couleur moyenne (vert) et les extrêmes (rouge / bleu foncé). Selon le potentiel électrostatique, le sens d'augmentation de la couleur à la surface de la molécule est comme suit : rouge → jaune → vert → bleu clair → bleu. Basant sur ces considérations, d'après la figure IV.4, nous constatons que pour les flavonoïdes (Cynaroside et Cosmosiine), les atomes d'oxygènes (**O11** et **O31**) seront associés à la région rouge du diagramme, ce qui confirme que ces régions présentent des sites nucléophiles, tandis que la région bleue correspond aux atomes d'hydrogènes liés aux oxygènes (**O30** et **O20**) ; Concernant les tanins, la zone bleue pour le catéchole est autour des atomes hydrogènes hydroxyles (**H38** et **H35**) et, celle pour le proanthocyanidol correspond à l'hydrogène hydroxyle (**H50**), ce qui indique que ces dernières régions sont considérées comme des sites électrophiles.



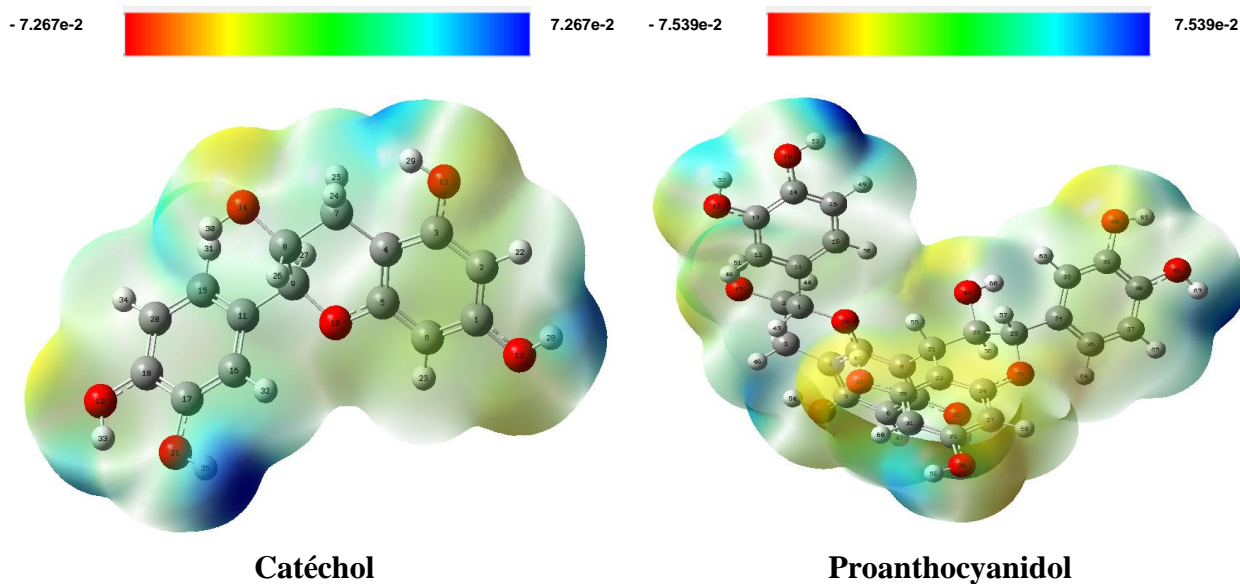


Figure IV.4 : Potentiel électrostatique moléculaire des densités totales des molécules étudiées

IV.6. Conclusion

Dans ce chapitre nous nous sommes intéressées à la discussion des résultats d'un extrait d'une plante médicinale. Les résultats de cette étude montrent que notre extrait méthanolique est riche en flavonoïdes et Tannins, et pauvre en coumarines et terpènes et terpénoïdes. Nous pouvons constater donc que l'extrait méthanolique obtenu par dispositif soxhlet contient vraiment les métabolites secondaires de la plante étudiée, c'est un extrait de bonne qualité et qui représente une matière première pour l'activité potentielle anti-inflammatoire et anti-oxydante. Une étude théorique de la réactivité des composés de cet extrait a été réalisée, cette étude confirme que le flavonoïde Cynaroside est le plus réactif par rapport aux autres composés étudiés.

La famille des Labiées (Lamiaceae) contient une très large gamme de composés comme les terpénoïdes, les polyphénols, les flavonoïdes qui possèdent des activités biologique et pharmacologique très importantes, sur ce, nous avons effectué une extraction de l'une de ces plantes afin d'étudier la qualité de son extrait méthanolique. L'extrait issu de la partie aérienne de notre plante, a été extrait par le dispositif Soxhlet avec un rendement de l'ordre de 1.72 %. Un screening phytochimique a été réalisé, les résultats de ce screening ont confirmés la présence des tanins et flavonoïdes et l'absence de coumarines, terpènes et terpénoïdes dans notre extrait.

A partir de la littérature, nous avons suggéré que notre extrait contient deux flavonoïdes (Cosmosiine et Cynaroside) et deux tanins (Catéchol, Proanthocyanidol), plus la chlorophylle A et B, ce qui nous laisse penser que notre extrait est de bonne qualité et doté d'une activité potentielle anti-inflammatoire et anti-oxydante.

Un deuxième objectif de ce travail consiste à étudier théoriquement la réactivité des composés de cet extrait. Les résultats de cette étude confirment que le flavonoïde (Cynaroside) est le plus réactif.

Les perspectives de cette étude est d'identifier les composantes de cet extrait expérimentalement et isoler ses composés actifs afin de les exploiter dans différents domaines.

- [1] P. Delphine, thèse de doctorat, université de Lille 1, **2016**.
- [2] G. Jacques, S.A. Paltz, Le fascinant pouvoir des huiles essentielles ». Fascicule du laboratoire, jacque paltz, **1997**.
- [3] K. Boudjema, N. E. Nahoui, K. Temmimi, K. Azine, L. Hali, F. Fazouane, *JARST.*, 8, 1-10, **2021**.
- [4] R. Kocherane, mémoire de master, université de Blida, **2011**.
- [5] <https://www.google.com/search?q/photo+&sxsrf> (consultée le 16/03/2023).
- [6] R. Nathalie, thèse de doctorat, université de Grenoble aples, **2001**.
- [7] L.Z. ADIMI, thèse de doctorat, université de Sétif, **2018**.
- [8] <https://www.google.com/search?q/Parti+souterraine+de+la+&sxsrf> (consultée le 20/03/2023).
- [9] https://www.myrtea-formations.com/modules/aromatheque/Fichiers_pdf/Monographies_longues (consultée le 18/03/2023).
- [10] <https://www.google.com/search?q/FLEUR+de+la+&tbm=isch&ved> (consultée le 20/03/2023).
- [11] <https://www.doctissimo.fr/html/sante/phytotherapie/plante-medicinale.htm> (Consultée le 18/03/2023)
- [12] Z. Neche, mémoire de master, université de M'sila, **2019**.
- [13] S. Pineau, thèse de doctorat, université d'Angers, **2012**.
- [14] Sahraoui, Les tanins, Laboratoire de pharmacognosie.
- [15] A. Burgat, Paul Scotto, Extraction et séparation de la chlorophylle, Rapport de stage, de Floriane Cere, **2014**.
- [16] H. Chalabi, mémoire de master, université de Mostaganem, **2020**.
- [17] <https://www.google.com/search?sxsrf/Photo+de+soxhlet&tbm>
- [18] Extracteur de soxhlet, wikipédia, L'encyclopédie libre.
- [19] R. Lehout. M. Laib, mémoire de master, université de Constantine, **2015**
- [20] <https://www.google.com/search?q/différence+décoction+et+infusion&sxsr> (Consultée le 26/03/2023).
- [21] <https://www.google.com/search?q/extraction+par+micro+onde+photo&oq> (Consultée le (Consultée le 18/03/2023)/03/2023).
- [22] Extraction assistée par ultrasons, wikipédia, L'encyclopédie libre
- [23] <https://www.google.com/search?q/photo+extraction+en+phase+solides&oq> (Consultée le 18/03/2023).

- [24] La chromatographie sur couche mince (CCM), Physique-Chimie 2de. (<https://www.lelivrescolaire.fr/page/6226010>). (Consulter le 20/04/2023).
- [25] C.N. Sitati, K.O. Ogila, R. W. Waihenya, L.A. Ochola, *Evid.-Based Complement. Alternat. Medic.*, **2021**.
- [26] Z. André, V.S. Hervé, B. Zakaria, K. Adama, T. Aristide, T.H. Hamadou, B. A. M. Gaston, *J. Drug Deliv. Ther.*, 9, 273-279, **2019**.
- [27] H. Kouchache, H. Diar, C. Mosbah, mémoire de master, université d'Oum el Bouaghi **2021**.
- [28] J. A. Noumedem, J. D. D. Tamokou, G. N. Teke, R. C. Momo, V. Kuete, J.R. Kuate, *Springer Plus*, 2, 1-6, **2013**.
- [29] http://www.cambridgesoft.com/Ensemble_for_Chemistry/ChemDrawChemDrawProfessional/Default.aspx.
- [30] Æ. Frisch, H. P. Hratchian, R. D. Dennington II, T. A. Keith, J. Millamwith, A. B. Nielsen, A. J. Holder, J. Hiscocks, Gaussian, Inc. 340 Quinipiac Street, Building 40, Wallingford, CT 06492 USA.
- [31] M. J. Frisch, Gaussian-09 Revision A. 02 Wallingford CT: Gaussian Inc, **2009**.
- [32] I. Fleming *Frontier orbitals and organic chemical reactions*, Wiley, John Wiley & Sons, New York, **1977**.
- [33] J. P. Conde, M. J. Ramos, *J. chem. Ed.*, 63, 823-826, **1986**.
- [34] N. Herzi, Institut national polytechnique de Toulouse, **2013**.
- [35] Pigments et colorants, TP2, Séparation des colorants d'une feuille d'épinard, **2019**.
- [36] A. D. Becke, *J. Chem. Phys.*, 98, 5648-5652, **1993**.
- [37] M. M. Francl, W. J. Pietro, W. J. Hehre, J. S. Binkley, M. S. Gordon, D. J. DeFrees, J. A. Pople, *J. Chem. Phys.*, 77, 3654-3665; **1982**.

Résumé

Ce travail consiste à extraire un extrait méthanolique d'une plante médicinale par le diapositif Soxhlet. Cette plante appartenant à la famille des lamiacées qui est très répandue au nord d'Algérie. Le rendement de cette extraction est de 1.72%. Un screening phytochimique de cet extrait a été effectué. Les résultats indiquent que l'extrait étudié contient les flavonoïdes (cosmosiine et cynaroside) et les tanins (catéchol ou épicatechol et proanthocyanidol), ce qui confirme sa qualité anti-oxydante et anti-inflammatoire. Une étude DFT de cet extrait confirme que le composé cynaroside est le plus réactif en comparaisons aux autres composés étudiés.

Mots clé : Extrait méthanolique, Soxhlet, flavonoïdes, tanins, DFT

Abstract

This work consists in extracting a medicinal plant's methanolic extract by the Soxhlet. This plant belongs to the lamiaceae family that is very widespread in the north of Algeria. The yield of this extraction is 1.72%. A phytochemical screening of this extract was carried out. The results indicate that the studied extract contains the flavonoïds (cosmosiin and cynaroside) and the tannins (catechol or epicatechol and proanthocyanidol), confirming its antioxidant and anti-inflammatory quality. A DFT study of this extract confirms that the cynaroside compound is the more reactive compared to the other studied compounds.

Keywords: Methanolic extract, Soxhlet, flavonoïds, tannins, DFT.

المخلص

يتمثل هذا العمل في استخلاص مستخلص ميثانولي من نبات طبي باستخدام جهاز السوكسلي. تنتمي هذه النبتة إلى فصيلة اللاميات المنتشرة بكثرة في شمال الجزائر. مردود هذا الاستخلاص يقدر بـ 1.72%. تم إجراء فحص كيميائي نباتي لهذا المستخلص. تشير النتائج إلى أن المستخلص المدروس يحتوي على مركبات الفلافونويد (كوزموسيين وسيناروسيد) والعفص (كاتيكول أو إبيكاتيكول وبروانثوسيانيدول)، مما يؤكد جودته كمضاد للأكسدة ومضاد للالتهابات. تؤكد دراسة DFT لهذا المستخلص أن مركب سيناروزيد هو الأكثر تفاعلاً مقارنة بالمركبات الأخرى التي تمت دراستها.

الكلمات المفتاحية: مستخلص ميثانولي، جهاز السوكسلي، فلافونويد، عفص ، DFT