



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



Faculté des Sciences et de la Technologie
Département des Sciences de la Nature et de la Vie

Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme
de Master académique en

Filière : biologie

Spécialité : biochimie appliquée

Présenté par : M^{elle} MEZIANI Kamilia

M^{elle} KHATIR Siham

Thème

**Etude phytochimique des extraits de *Tetraclinis articulata* de la région de Tissemsilt
(Dosage des polyphénols)**

Soutenu le, 21.06.2022.

Devant le Jury :

HALLAL Nouria	Présidente	M.C.B	Univ-Tissemsilt
BENSAADI Nawal	Encadrant	M.A.A.	Univ-Tissemsilt
ZEMOUR Kamel	Examineur	M.C.B.	Univ-Tissemsilt

Année universitaire : 2021-2022



Remerciements

Tout d'abord, tout louange à **ALLAH** qui nous a éclairé le chemin du savoir et notre grand salut sur le premier éducateur notre prophète Mohamed.

Nous voudrions remercier particulièrement notre promoteur **M me BENSAADI NAWAL**, d'avoir accepté de nous encadrer, pour toute son aide, sa disponibilité, son suivi et sa confiance.

Nous remercions aussi chaleureusement et avec sincères à l'égard de **Mlle HALLAL Nouria**, d'avoir accepté de présider le jury de notre soutenance et nous remercions aussi **Mr ZEMOUR Kamel** qui nous a fait l'honneur de juger notre travail.

Nous tenons à remercier également toute personne ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de notre travail.

Nous remercions aussi tout particulièrement monsieur le conservateur des forêts (Tissemsilt) qui a autorisé mon accès, ainsi que tout le personnel qui a facilité les tâches tout au long de ce travail, notamment sur le terrain.

Ainsi qu'à tous les responsables de la conservation des forêts de la wilaya de Tissemsilt et la Circonscription des forêts de Lardjem

Sans oublié tous les responsables de laboratoire de notre faculté.

Nous associons à ces remerciements tout mes amis de la promotion master 2022 .Chacun à sa manière a contribué à la bonne réalisation de ce travail dans une ambiance constructive et chaleureuse.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail :

À mon père l'homme de ma vie , mon exemple éternel , mon source de joie et de bonheur , celui qui toujours sacrifié pour me voir réussir , que dieu te garde pour moi ,merci pour tout ce que tu as fait et tu fais pour moi

À ma mère la lumière de mes jours, ma source d'inspiration, de tendresse et d'amour , ma vie et mon bonheur ,merci d'être toujours là à mes côtés et merci pour tous tes sacrifices et tes prière que dieu te garde pour moi

À ma famille, elle qui m'a doté d'une éducation digne ,son amour a fait de moi ce que je suis aujourd'hui

À mes chères frères : Abdelkader et Nasreddin ; À ma petite sœur Ryma , que dieu vous protège

À mes oncles et leurs petites familles, mes tante particulièrement a djamila qui m'a donné toujours l'espoir...

À mes sœurs et amies yassmine et Kamilia, que dieu vous accorde le bonheur

À tous mes professeurs de primaire à nos jours

À tous mes collègues de promotion master biochimie appliquée

À ceux qui m'ont encouragé et m'ont fourni la bonne ambiance

À tous ceux que j'aime et qui m'aiment

Siham



Dédicace

*J'exprime ma reconnaissance envers mon **DIEU** le Tout Puissant. Pour chaque début il y a une fin, et ce qui est beau dans toute Fin c'est la réussite et l'atteinte du but.*

Je dédie ce modeste ouvrage, fruit de très longues années de travail à : Ceux qui méritent le plus ma reconnaissance, ma gratitude et mon grand amour, ceux qui m'ont apporté toujours soutien et bonheur dans la vie :

*Je dédie cet humble travail spécialement à l'âme de **mon père**, que j'ai souhaité être avec moi en ce moment et qui ma soutenu toutes ces années et qui a toujours voulu me voir dans les plus hauts ranges*

*A ma **maman** la source de ma vie qui m'a soutenu et encouragé durant ces années d'études*

Qu'elle trouvé le témoignage de ma profonde reconnaissance

*A mes chers frères, **Ali** et **Khaled** m'ont toujours soutenu et cru en moi le long de mes jours.*

A toute ma petite famille pour leur soutien tout au long de mon parcours universitaire.

*Et sans obligé mais chère amis et sœurs **Siham**, **Yasmina** qui ma accompagnait tous ces années et tous les beaux moments quand la passé ensemble.*

A tous ceux qui ont fait un bout de chemin avec moi, amis d'un jour ou d'une vie.

Kamilia



Résumé :

Le Thuya de Berberie « *Tetraclinis articulata* » c'est une espèce de plante qui appartient à la famille des cupressacées, utilisée largement dans la médecine traditionnelle de plusieurs pays méditerranéens.

Les polyphénols forment une grande classe de produits chimiques trouvés dans les plantes où elles constituent la base des principes actifs, lui conférant des propriétés dans divers activités biologiques.

Le but de ce travail est l'étude phytochimique des extraits de *Tetraclinis articulata* de la région de Lardjam, wilaya de Tissemsilt.

Dans ce contexte, des extraits bruts ont été obtenus par macération avec des solvants de polarité différente (Méthanol et Ethanol, ainsi qu'un extrait aqueux. Les rendements d'extraction sont respectivement (32,057%, 11,128% et 16,13 %).

L'analyse quantitative des extraits pour la détermination de la teneur phénolique totale a démontré que l'extrait éthanolique contenait un taux légèrement plus élevé (0,0075mg EAG/g) en comparaison avec l'extrait méthnolique (0,00734mg EAG/g) et aqueux (0,00718mg EAG/g),

Mots clé : *Tetraclinis articulata* , composés phénoliques, extrait.

Summary:

Thuya of Berberie "*Tetraclinis articulata*" is a species of plant that belongs to the Cupressaceae family, widely used in traditional medicine in several countries Mediterranean.

Polyphenols form a large class of chemicals found in plants where they constitute the basis of the active principles, giving it properties for various activities biological.

The aim of this work is the phytochemical study of the extracts of *Tetraclinis articulata* from the Lardjam region, wilaya of Tissemsilt.

In this context, crude extracts were obtained by maceration with solvents of different polarity (Methanol and Ethanol, as well as an aqueous extract. The yields of extraction are respectively (32.057%, 11.128% and 16.13%).

The quantitative analysis of the extracts for the determination of the total phenolic content has demonstrated that the ethanolic extract contained a slightly higher rate (0.0075mg EAG/g) in comparison with the methanol extract (0.00734mg EAG/g) and aqueous extract (0.00718mg EAG/g),

Keywords: *Tetraclinis articulata*, phenolic compounds, extract.

الملخص

العراعر « *tetraclinis articulata* » هو نوع من النباتات التي إلى عائلة cupressaceae ويستخدم على نطاق واسع في الطب التقليدي في العديد من بلدان البحر الأبيض المتوسط.

تشكل البوليفينول فئة كبيرة من المواد الكيميائية الموجودة في النباتات حيث أنها تشكل أساس المبادئ النشطة, مما يمنحها خصائص للأنشطة المختلفة مادة الأحياء.

الهدف من هذا العمل هو الدراسة الكيميائية النباتية لمستخلصات العراعر منطقة لرجام بولاية تسمسيلت.

في هذا السياق تم الحصول على المستخلصات الخام عن طريق النقع بمذيبات قطبية مختلفة (ميثانول و ايثانول و مستخلص مائي) عائدات كل منهم على التوالي (32,057 % , 11,128 % , 16,13 %) .

التحليل الكمي للمستخلصات لتقدير المحتوى الفينولي الكلي اظهر أن المستخلص الايثانولي يحتوي على معدل اعلى قليلا (0,0075 ملجم EAG /g) بالمقارنة مع المستخلص الميثانولي (0,00734mg EAG/g) و المائي (0,00718EAG/mg)

الكلمات المفتاحية : *Tetraclinis articulata* , مركبات فينولية , مستخلص .

Liste des tableaux

Tableau 01 : Principales classes des composés phénoliques.....	17
Tableau 02: teneurs en phénols totaux dans les extraits préparé (aqueux, Méthanolique, Ethanolique).....	42

Liste des figures

Figure 01 : Aire de répartition du thuya de Berbérie en Méditerranée sud-occidentale.	07
Figure 02 : Squelette de base des polyphénols	15
Figure 03 : Structures chimiques des acides hydroxybenzoïques.	16
Figure 04 : Structures chimiques des acides hydroxycinnamiques	16
Figure 05 : Les grandes lignes de la biosynthèse des principaux groupes de composés phénoliques.	20
Figure 06 : Structure des coumarines.	21
Figure 07 : Structure de base des flavonoïdes.	22
Figure 08 : Les principales classes de flavonoïdes.	24
Figure 09 : Structure chimique de l'acide gallique.	25
Figure 10 : Structure d'un tanin condensé.	26
Figure 11 : Classification des tanins.	26
Figure 12 : les feuilles ont été sèche à l'air libre et de la lumière.	30
Figure 13 : générale de la procédure expérimentale effectuée sur <i>T .articulata</i>	31
Figure 14 : les verreries utilisées dans l'expérience.	32
Figure 15 : Protocole de préparation des extraits.	33
Figure 16 : la filtration de l'extrait aqueux a l'aide de la pompe sous vide.	34
Figure 17 : le filtrat de l'extrait aqueux.	34
Figure 18 : Préparation de l'extrait 10g de poudre broyé dans 100ml d'éthanol.	33
Figure 19 : l'extrait méthaolique après le séchage.	35
Figure 20 : préparation de la dilution du méthanol.	36
Figure 21 : Différentes étapes du dosage des polyphénols totaux (PPT) des deux extraits aqueux et méthanolique et Éthanolique	38
Figure 22 : agitation de l'extrait aqueux.	38
Figure 23 : incubation à l'obscurité pendant 2h.	39
Figure 24 : Histogramme du rendement de l'extraction.	41
Figure 25 : Courbe d'étalonnage de l'acide gallique	1
Figure 26 : Histogramme de dosage des polyphénols	1

Liste des abréviations

% : Pourcentage

Absr: Absorbance

AC: Acide.

AG: Acide gallique.

EAG: Equivalent d'acide gallique.

ED: Eau Distillée.

Eq: Extrait aqueux.

EXT AQ : Extrait aqueux

FCR : Folin-Ciocalteu

FV : Flavonoïdes.

g: Gramme

h : Heure

HE: Huile essentielle

M éch : la masse de la matière sèche végétale en mg.

M ext : la masse de l'extrait après évaporation en mg

M: Poids en g

Mg : Milligramme

ml : millilitre

MS : Métabolites secondaires

MS: Matière sèche

nm : Nanomètre

PP: Polyphénols.

PPT: Polyphénols totaux.

R: Rendement.

SM: Solution Mère

UV: Ultra-Violet

µl : Microlitre

Sommaire

Remerciements

Dédicace

Résumé

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des abréviations

Sommaire

Introduction 1

Partie bibliographique

Chapitre I : Généralité sur la plante

I. 1 Présentation de La plante : 5

I. 1.1 historique : 5

I. 2 Description botanique : 5

I. 3 Systématique de *Tetraclinis articulata* 6

I. 4 Origine et répartition géographique 6

I. 4.1 En Algérie : 6

I. 5 Caractéristique écologique 8

I.5.1. Facteurs climatiques 8

I.5.2. Facteurs édaphiques 8

I.5.3. Facteurs orographiques 8

I.5.4. Facteurs lithologiques 9

I.6- Importance de thuya 9

I.6.1- écologique et industriel du thuya 9

I.6.2 économique 9

I.7 Régénération du Thuya 10

I.7.1. Régénération par semi 10

I.7.2. Régénération par rejets de souche 10

I.7.3. Régénération par plantation	10
I.9. Usages thérapeutiques.....	10
I. 8. Utilisation traditionnelle	11
I.8.1. Autres utilisation :	12
I.9 Propriétés pharmaceutiques :	12

Chapitre II : Les métabolites secondaires

II.1. Généralité sur les métabolites secondaires	14
II.2 Généralité sur les polyphénols.....	14
II.2.1. Définition :	14
II.2.2. Classification des polyphénols :	15
II.2.2 .1Polyphénol simple :	15
II.2.2 .2. Acides phénoliques.....	15
II.2.3. Rôle, intérêt et propriétés.....	17
II.2.4. Biosynthèse des polyphénols	18
II.2.5. activité des polyphénols.....	20
II.2.1. Activité antioxydante.....	20
II. 3. Les coumarines :	21
II.3.1. Définition :	21
II.3.2. Structure chimique :	21
II.4. Les flavonoïdes(FV):	21
II.4.1. Structure chimique.....	22
II.5. Les chalcones et les aurones :	23
II.5.1. Chalcones et dihydrochalcones	23
II.5.2 . Aurones :	23
II.5.3. Propriété :	24
II.6. Les tanins	24
II.6.1.Tanins hydrolysables :	25
II.6.2.Tanins galliques (Gallo tanins).....	25

II.6. 3.Tanins ellagiques (Ellagitanins)	25
II.6.3 .Tanins condensés :.....	25
II.6.4. Classification :	26
II.7. Lignines	27
II.8. Alcaloïdes	27

Partie expérimentale

Chapitre III: matériel et méthode

Objectif principal.....	30
III .1. Préparation des échantillons :.....	30
III .1 .1. Matériel végétal.....	30
III .2.1. Matériel utilisée :.....	31
III .2. Préparation des extraits :	33
III .3. Détermination du rendement d'extraction.....	36
III .4 .Analyses quantitatives des extraits.....	37
III .4 .1.Dosage des polyphénols totaux (PPT)	37
III .4 .2. Détermination de teneur des polyphénols totaux	39

Chapitre IV : résultat et discussion

IV.1.Résultats d'étude des extraits.....	41
IV.1.Détermination du rendement des extraits.....	41
IV.1Dosage des composés phénolique totaux.....	41
IV.1.1.Teneurs en polyphénols totaux	41
Conclusion :.....	45
Références bibliographiques	47
Références	58

Introduction

Introduction

La nature comprend un grand nombre de plantes, qui constituent la source de nourriture, de cosmétiques et de médicaments, et jouent un rôle important dans la vie humaine et animale (Cseke et al., 2016).

Malgré l'hétérogénéité du continent africain, en particulier l'Algérie, il possède une énorme biodiversité dans la richesse de la flore mondiale, avec un grand nombre de plantes utilisées comme phytothérapie, alimentation naturelle et thérapeutique. Ces plantes représentent un réservoir immense de composés potentiels attribués à des métabolites secondaires qui ont l'avantage de la diversité de structure chimique, et elles ont une très large gamme d'activités biologiques (Lamer et Massey, 2017).

Actuellement, l'Organisation mondiale de la santé (OMS) estime qu'environ 81 % de la population humaine utilise des préparations traditionnelles à base de plantes pour les soins primaires (OMS, 2000). Les plantes médicinales sont encore largement utilisées et revêtent une importance considérable dans le commerce international (Cordell et Colvard, 2005).

Parmi ces plantes, citons le thuya de bérberie « *Tetraclinis articulata* », c'est un arbre monoïque appartenant à l'embranchement des gymnospermes et à la famille des cupressacées (Zahir et Rahmani, 2020 ; Hadjadj et Letreuch Belarouci, 2017), largement limité au sud-ouest de la Méditerranée (Hadjadj et Letreuch Belarouci, 2017), et constitue une partie importante de la végétation forestière en Afrique du Nord.

De plus, cette espèce forestière est largement utilisée en médecine traditionnelle pour ses nombreuses propriétés curatives. En fait, différentes parties du thuya sont recommandées pour les infections intestinales, les douleurs d'estomac, les problèmes respiratoires, le diabète, l'hypertension artérielle et la fièvre (Zahir et Rahmani, 2020).

Les diverses propriétés curatives de *tetraclinis articulata* (Vahl) lui accordent le nom d'Arbre de Vie (Rebahi, 2015).

Les peuples du monde, notamment en Afrique, sont de plus en plus confrontés à une résurgence de certaines maladies telles que les maladies cardiovasculaires, le cancer et le diabète (Aseervatham et al., 2013). Face à cette situation, de nombreuses études sont menées pour trouver de nouvelles sources de biomolécules dans les plantes médicinales (Soro et al., 2012 ; Liu et al., 2017).

Introduction

En effet, ces plantes contiennent des métabolites secondaires responsables de leurs activités biologiques, telles que l'activité antioxydante, antidiabétique (**Croteau et al., 2000 ; Crozier et al., 2008 ; Smith, 2007 ; Verpoorte et Memelink, 2002**) et microbienne (**Bie et al., 2005 ; Biradar, 2016 ; Goly et al., 2015 ; Julien et al., 2015**). Ainsi, les propriétés biologiques des extraits végétaux ont fait l'objet de plusieurs études scientifiques (**Golly et al., 2015 ; Coulibaly et al., 2020**).

Les métabolites végétaux secondaires sont obtenus par plusieurs méthodes d'extraction, dont la macération et la décoction (**Stashenko et al., 2004 ; Jones et Kinghorn, 2006**).

Les polyphénols, dénommés aussi composés phénoliques, sont des molécules spécifiques du règne végétal et qui appartiennent à leur métabolisme secondaire (**Torreggiani A. et al., 2005 ; Hynes M.J. et O'Coinceanainn M., 2001**)

On les trouve dans les plantes, depuis les racines jusqu'aux fruits. Leurs fonctions ne sont pas strictement indispensables à la vie du végétal, cependant ces substances jouent un rôle majeur dans les interactions de la plante avec son environnement (**Hynes M.J. et O'Coinceanainn M. 2004**).

L'intérêt de notre travail est porté sur l'étude phytochimique des extraits aqueux, méthanoïque et éthanoïque préparés avec les feuilles de *Tétraclinis articulata* rendues en poudre, et cela en estimant le taux des polyphénols totaux dans ces différents extraits.

La première partie de ce mémoire est consacrée à une étude bibliographique comportant deux chapitres : le premier est une description botanique de la plante « *Tétraclinis articulata* (Vahl) Masters », le deuxième chapitre traite des généralités sur les métabolites secondaires surtout les polyphénols.

La deuxième partie quant à elle, comprend un chapitre consacré à la description du matériel nécessaire et des méthodes utilisées dans cette étude, et un autre exprimant les différents résultats obtenus.

Enfin, une conclusion générale et des perspectives viendront clôturer ce travail.

Partie bibliographique

Chapitre I

Généralité sur la plante

I. 1 Présentation de La plante :

Le thuya (*Tetraclinis articulata* (Vahl) Masters), est un Cupressacées quasiment endémique de l'Afrique du Nord. Cette espèce végétale est essentiellement centrée sur le Maghreb, puisqu'en dehors de cette région, il ne se rencontre à l'état résiduel que sur le littoral du sud-est de l'Espagne dans la région de Carthagène, et à Malte, où il est en voie d'extinction (Quézel et Médail, 2003). En Algérie, il ne représente actuellement que moins de 140 000 ha (LetrechBelarouci, 1991, Maatouget *al.*, 2004) alors qu'il couvrait plus de 160 000 ha autrefois (Boudy, 1950). Il offre quelques stations isolées dans l'Algérois, notamment en situation littorale à l'ouest d'Alger, par contre, il est assez largement présent en Oranie littorale (Quézel et Médail, 2003).

I. 1.1 historique :

Thuya de Berbère (*Tetraclinis articulata*), a été décrit par Vahl en 1791, sous le nom de *Thuya articulata* = *Callitris articulata* (Vahl) Link ; par la suite il a été reporté au genre *Tetraclinis* par Maire en 1926. Aussi, Quézel et Santa (1962-1963), rattachent l'espèce au genre *Callitris* qui a été décrit par Vent en 1808. Ce dernier lui donne le nom de *Callitris quadrivalvis* Vent (Hadjadj et Letreuch, 2017).

I. 2 Description botanique :

Le Thuya est une espèce résineuse à croissance très lente, longévive et qui peut dépasser 400 ans. En hauteur, l'accroissement annuel est estimé de 20 cm/an jusqu'à 25 ans, et de 10 cm/an jusqu'à 60 ans. En diamètre, il est de 3 à 4 mm/an jusqu'à 30 ans et de 1,5 à 2,5 mm/an jusqu'à 60 ans (El Mouridi, 2011). Le thuya de Berbérie est une plante rustique et xérophile de la famille des conifères « qui porte des cônes ». On dit également un résineux, c'est-à-dire qui produit de la résine (ex : cèdres, cyprès, pins, sapins, thuya...) (Garcia, 2011).

Il est caractérisé par une cime claire et un port pyramidal irrégulier, son feuillage est persistant ; les feuilles paraissent verticillées par quatre, longuement soudées à la tige. Les rameaux, verts, aplatis et couverts par les feuilles, sont articulés, d'où leur nom de *Tetraclinis articulata* (Hedjal, 2014).

I. 3 Systématique de *Tetraclinis articulata*

1- Systématique :

Le thuya de berbérie (*Tetraclinis articulata*), a été décrit par **Vahl (1791)**, sous le nom de thuya articulata, par la suite il a été reporté au genre *Tetraclinis* par **Maire (1926)**.

Embranchement	Spermaphytes
Sous Embranchement	Gymnospermes
Classe	Conifères
Ordre	Coniférales
Sous ordre	Taxales
Famille	Cupressacées
Genre	<i>Tetraclinis</i>
Espèce	<i>Tetraclinis articulata</i>

Synonymes :

Nom latin : *Callitris quarivalvis* Vent ;

Nom français : Thuya de Berbérie, Thuya de Maghreb ;

Nom arabe : Arar.

I. 4 Origine et répartition géographique

➤ Origine :

Le thuya est un arbre isolé dans l'hémisphère septentrional, alors qu'il a une trentaine de parents dans l'hémisphère austral. Il est le dernier survivant de formes qui s'étendaient jusqu'au Groeland à l'époque du Jurassique et qui peuplaient encore l'Europe occidentale au tertiaire (**Maire, 1952**).

➤ Répartition géographique :

I. 4.1 En Algérie :

En Algérie, les tétraclinaies couvraient une superficie de 161000 ha vers le début de siècle dernier (**Benabdelli, 1992**), alors que vers la fin de cette période les chiffres avancés par l'administration des forêts varient entre 143000 ha et 130000 ha (**Letrechb-n, 1991 ; Quézelet al.,**

1962-1963) ont mentionné que le thuya est très commun dans le secteur Oranais, assez commun dans le secteur Algérois et dans le sous secteur des hauts plateaux et il est très rare dans la grande Kabylie. Dans la région Algéro-Ouarsienne, les peuplements de thuya ne s'individualisent pas et sont le plus souvent en mélange avec le Pin d'Alep. On les trouve dans les circonscriptions de Cherchel, Média, Ténès, et Theniet el Had sous forme de vieux taillis dégradés par les incendies, ils se trouvent aussi dans les régions de Delles et Lakhdaria sous forme de pied isolé et petit bouquet puis dans la vallée de l'oued sahel vers M'Chandella sur le piémont sud de lalla Khadidja du Djurdjura (**Lapie et Maige, 1914 ;Hadjadjaoual, 1995**).

En Oranie et plus particulièrement à l'ouest algérien, le thuya se cantonne exclusivement dans l'étage bioclimatique semi-aride à variante chaude, douce, et même fraîche pouvant se développer à une altitude maximale de 1400 m. Peu résistant au froid, il est largement répandu sur les sols calcaires où il se présente en formation pure mais le plus souvent en mélange avec le chêne et le pin d'Alep (**Fennane, 1982 ; Benabdeli, 1996**). Ses exigences sont donc assez proches de celles du pin d'Alep, mais ces deux espèces offrent, au Maghreb, des répartitions bien différentes (**Medail et Quezel, 2003**). En effet, le thuya supporte mal les précipitations élevées (supérieures à 800 mm par an).

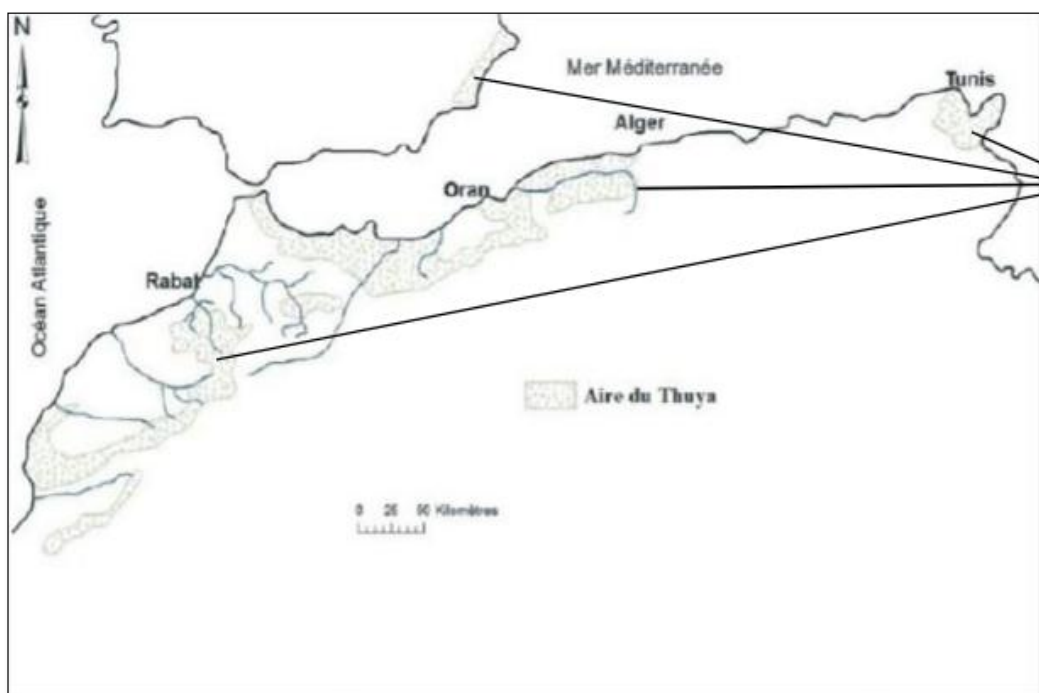


Figure 01 : Aire de répartition du thuya de Berbérie en Méditerranée sud-occidentale (**Hadjadj, 2016**).

I. 5 Caractéristique écologique

I.5.1. Facteurs climatiques

Du point de vue bioclimatique, l'espèce a certaines exigences, elle est très largement préférentielle du bioclimat semi-aride, mais va, localement, jusque dans l'aride supérieur. (Terras et al.,2008).

La forêt de Thuya est le groupement le plus caractéristique de l'étage semi aride de la Méditerranée occidentale (Emberger, 1930) et d'après Benabib (1976), c'est une essence thermo-xérophile liée aux bioclimats semi-aride chaud, tempéré ou frais et subhumide tempéré ou frais

Le froid, surtout le froid humide l'empêche de s'élever plus haut (White, 1986).

En Algérie, le thuya occupe essentiellement l'étage semi aride, étage le plus répandu d'ailleurs en Oranie, il peut déborder dans le subhumide à la faveur de l'altitude ou à latitude sensiblement plus élevée de l'Algérois plus humide (Hadjadj et al., 1988).

I.5.2. Facteurs édaphiques

Le thuya se rencontre sur les sols les plus secs et les plus pauvres, mais il semble cependant préférer le calcaire, plus sec, il redoute les sables mobiles mais pousse bien sur les dunes fixes (Boudy, 1952).

En Algérie, on le rencontre sur tous les étages, sur le crétacé, dans les régions de l'Ouarsenis et Ténès, sur le Jurassique dans celles de Frenda, Saida et Tlemcen, Sur le quaternaire et pliocène dans celle de Mostaganem (Boudy, 1950).

I.5.3.Facteurs orographiques

Il est présent, du point de vue altitudinal, du littoral jusqu'à 1100 m. Il s'observe essentiellement au thermo-méditerranéen, mais pénètre au méso-méditerranéen.

Il pousse à des hauteurs qui oscillent du niveau de la mer jusqu'à 1800 m d'altitude dans un climat méditerranéen en zone semi-aride (Terras et al., 2008).

I.5.4. Facteurs lithologiques

Sur le plan lithologique, le thuya se trouve aussi bien sur les roches siliceuses que sur les roches calcaires et les sols fersiallitiques meubles plus au moins profonds. Il a cependant une préférence pour les sols calcaires, qui sont plus aérés et plus chauds (**Hadjadj-Aoul, 1995 ; Boudy, 1952**).

En Algérie, on le rencontre sur tous les étages, sur le crétacé, dans les régions de l'Ouarsenis et Ténès, sur le Jurassique dans celles de Freneda, Saida et Tlemcen et sur le quaternaire et pliocène dans celle de Mostaganem (**Boudy, 1950**).

I.6- Importance de thuya

I.6.1- écologique et industriel du thuya

Tetralinis articulata joue un rôle écologique très important grâce à sa capacité à former des rejets de souches, il résiste bien aux incendies. Ses racines développées permettent la stabilisation des sols et limitent ainsi les effets de l'érosion. Il est vigoureux et pratiquement indifférent aux substrats.

Du point de vue industriel et économique ; le Thuya produit un bois d'excellente qualité qui est utilisé en menuiserie, en ébénisterie, en industrie et comme bois de chauffage (**Kacem, 1991**).

I.6.2 économique

L'espèce trouve essentiellement sa place dans l'activité artisanale surtout maghrébine, qui joue un rôle économique et social crucial. Le bois du thuya est un bois résineux parfait, rouge, très lourd, dégageant une odeur vive (**Lapie et Maige, 1914**). Il fournit un excellent bois d'ébénisterie et de menuiserie fine, un bois dur et supportant assez bien l'écrasement, il est encore utilisé comme bois de chauffage (**Boudy, 1950**).

Le bois de service comprend les perches et les perchettes destinées généralement à la construction d'habitat (toiture) en milieu rural et en agriculture, le bois de feu assure le chauffage et la production du charbon (**El alami, 2013**).

Il convient, dans les travaux de défense et de restauration des sols (Ayache, 2007), du fait qu'il peut s'accrocher à même la roche sur les pentes les plus fortes, grâce à son système racinaire séré et pivotant (Ayache, 2007).

Les populations locales utilisent cette essence dans la médecine traditionnelle en raison de ces multiples effets thérapeutique, les différentes parties de l'arbre, particulièrement les feuilles et les rameaux sont connues par leurs propriétés sudorifiques, diurétiques et antirhumatismales, ils sont aussi préconisés dans les traitements des infections intestinales, les maladies respiratoires, le diabète, l'hypertension et les fièvres enfantines (Bourkhiss et al., 2016).

I.7 Régénération du Thuya

La régénération de thuya est assurée par rejet de souche, par semi et par plantation

I.7.1. Régénération par semi

La régénération naturelle par semis ne participe qu'à titre occasionnel et complémentaire aux autres modes de multiplication de thuya (Boudy, 1950).

Elle ne se manifeste que rarement en raison de l'influence du surpâturage, de la dégradation du couvert végétal et par conséquent l'érosion du sol (Benabib, 1976).

I.7.2. Régénération par rejets de souche

Le Thuya est parmi les rares résineux qui ont la faculté d'émettre des rejets de souches. La régénération est assurée par rejets de souche, il en résulte qu'à l'état actuel, la majorité des tétraclinaies est traitée en taillis. La faculté de rejeter les souches peut aller jusqu'à l'âge de 250 ans (El-Mouridi, 2011).

I.7.3. Régénération par plantation

À l'exception de quelques plantations réalisées au cours des années 1950-1960 à l'Est du pays, cette essence a été délaissée par le reboiseur (El-Mouridi, 2011).

I.9. Usages thérapeutiques

Différentes parties de thuya sont employées en médecine populaire en raison de ses multiples effets thérapeutiques.

En effet, il est principalement utilisé contre les infections respiratoires et intestinales, les douleurs gastriques, le diabète, l'hypertension. Il est conseillé également comme anti-diarrhéique, fébrifuge, diurétique, antirhumatismal et hypoglycémiant oral (**Bellakhdaret *al.*, 1982 ; Ait Igri, 1990 ; Bellakhdaret *al.*, 1991; Ziyyat *et al.*, 1997 ; Farjon, 1998**).

Par ailleurs, une décoction de poudre des rameaux mélangée à la poudre de l'écorce de Pistachier lentisque (*Pistacialentiscus* L.) est utilisée en bain contre la fièvre infantile. Le cataplasme de feuilles est utilisé en cas de migraines. Une décoction de feuilles est indiquée dans le traitement des douleurs gastro-intestinales (**Salhiet *al.*, 2010**) ainsi que pour guérir des contusions et des blessures (**Djouahri et Boudarene, 2012**).

En usage externe, les feuilles sont utilisées sur les blessures et sur la plaie ombilicale du nouveau né, comme cicatrisant (**Bellakhdar, 1997**).

Le thuya de Berbérie est réputé dans la médecine traditionnelle marocaine, il est employé comme émétique, anti-diarrhéique. Il est conseillé également contre le vertige et la fièvre, et pour traiter l'inflammation des yeux (**Bellakhdar, 1997**).

Dans la région de Tlemcen (Algérie), une macération des feuilles de thuya est utilisée contre le diabète (**Azzi *etal.*, 2012**)

Enfin, il est à noter que le thuya est un abortif dangereux à fortes doses (**Hmamouchi, 1999**).

I. 8. Utilisation traditionnelle

Le Thuya de Berberie est réputé dans la médecine traditionnelle des populations locales maghrébines. Les différentes parties de l'arbre, principalement les feuilles et les rameaux, sont utilisées dans le traitement des infections intestinales et respiratoires (**Bellakhdar *et al.*, 1991**) et aussi comme hypoglycémiantes et hypotensives (**Ziyyat *et al.*, 1997 ; Bnouham *et al.*, 2002**).

Toutes les parties des plantes sont utilisée pour les maladies de la peau, y compris le prurit, les parasitoses, les mycoses, les piqûres d'insectes et la pathologie de la sphère bucco-dentaire (maux de dents, prévention des épidémies) (**Bellakhdar, 1997 ; Bourkhiss *et al.*, 2007**).

Les feuilles en décoction sont utilisées contre la fièvre (**Lahsissene, 2009**). La poudre de feuilles est utilisée, en usage externe, sur les blessures et sur la plaie ombilicale du nouveau-né, comme cicatrisant. La résine est utilisée pour colmater les dents cariées ou perforées.

Un morceau de sandaraque humecté d'eau de rose est passé sur les paupières, contre l'inflammation des yeux (**Bellakhdar, 1997**). Traditionnellement, elle est utilisée comme insecticide (**Aouinty et al., 2006**).

On extrait du Thuya une résine «la gomme sandaraque » qui est utilisée pour la fabrication de vernis. Autrefois, les Egyptiens l'employaient pour embaumer les momies (**Seigue, 1985**).

I.8.1. Autres utilisation :

Le bois de Thuya est surtout utilisé dans le secteur artisanal en menuiserie et en ébénisterie ou comme bois de chauffage. En phytothérapie, différentes parties de la plante sont utilisées contre les fièvres infantiles, les douleurs gastriques, les fortes diarrhées, le diabète, l'hypertension, etc. (**Bourkhiss et al., 2007**). La gomme sandaraque qui y est produite est totalement exportée à l'étranger. Elle est utilisée dans la fabrication de vernis de luxe et en industrie pharmaceutique et cosmétique (**Hadjadj et Letreuch, 2015**).

I.9 Propriétés pharmaceutiques :

Elle exerce des activités anthelminthique, antipyrétique, antipaludéenne, antiseptique, anti-infectieuse, laxative et purgative. Ainsi que des propriétés antimicrobiennes, antifongiques (**Bourkhiss et al., 2007 ; Ben Ghnaya et al., 2016**), antitumorales et anti-inflammatoires, ont été signalées par l'utilisation de ses huiles essentielles **Buhagiar et al., 1999 ; Djouahri et al., 2014**.

Le potentiel le plus important a été représenté par son activité antioxydante (**Rached et al., 2010**).

Autrefois, les Egyptiens l'employaient pour embaumer les momies (**Seigue, 1985**).

Chapitre II

Les métabolites secondaires

II.1. Généralité sur les métabolites secondaires

Les plantes produisent divers composés organiques, dont la grande majorité ne semble pas participer directement à leurs croissance et développement. Ces substances, traditionnellement appelées métabolites secondaires, sont souvent distribuées différemment parmi des groupes taxonomiques limités dans le règne végétal (**Hanson, 2003**). Ils sont responsables des activités biologiques des plantes médicinales (**Croteau *et al.*, 2000; Hanson, 2003**). Sur la base de leurs origines biosynthétiques, les métabolites secondaires des plantes peuvent être divisés en trois grands groupes : les composés polyphénoliques, les terpénoïdes et les alcaloïdes (**Crozier *et al.*, 2008**).

Les métabolites secondaires (MS) sont caractéristiques des plantes supérieures (arbres, plantes à fleurs, etc.). Ils interviennent dans leur structure (lignines et tanins) et ils exercent une action déterminante sur l'adaptation des plantes à leur environnement. Beaucoup de métabolites secondaires sont toxiques, ils sont alors stockés dans des vésicules spécifiques ou dans la vacuole (**Louis, 2004**).

Les métabolites secondaires sont des molécules organiques complexes synthétisées par les plantes autotrophes, qui sont divisés principalement en trois familles : les polyphénols, les terpènes, les alcaloïdes (**Lutge *et al.*, 2002 ; Abderrazak et Joël., 2007**)

II.2 Généralité sur les polyphénols

II.2.1. Définition :

Les polyphénols se caractérisent par la présence au moins d'un cycle aromatique à 6 carbones dans leur structure, lui-même porteur d'un nombre variable de fonction hydroxyles OH (**Hennebelle *et al.*, 2004**).

En effet les composés phénoliques, constituent le groupe le plus nombreux et le plus largement distribué dans le royaume des végétaux, avec plus de 8000 structures phénoliques connus (**Lugasi *et al.*, 2003**).

Ils sont constitués de composés chimiques aromatiques contenant au moins une fonction phénol, c'est-à-dire d'un noyau aromatique lié à un ou plusieurs groupement(s) Hydroxyle(s) (**Lattanzio *et al.*, 2006**).

Ils sont divisés en plusieurs catégories :

Les acides phénoliques.

Les flavonoïdes.

Les tanins condensé et hydrolysables (SFA, 2005).

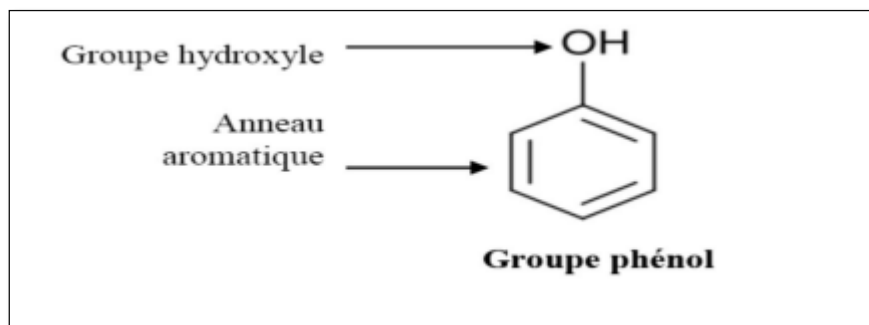


Figure 02 : Squelette de base des polyphénols (Manallah, 2012)

II.2.2. Classification des polyphénols :

Les composés phénoliques peuvent être regroupés en de nombreuses classes, qui se différencient par la complexité du squelette de base, le degré de modification de ce squelette et les liaisons possibles de ces molécules de base avec d'autres (glucides, lipides, protéines...etc.) (Herbert, 1989 ; Beta *et al.*, 2005 ; Macheix *et al.*, 2005).

II.2.2 .1 Polyphénol simple :

II.2.2 .2. Acides phénoliques

Ils appartiennent à deux groupes, acides hydroxybenzoïques ou acides hydroxycinnamiques (Bernal *et al.*, 2010).

➤ Acides hydroxybenzoïques

Dérivés de l'acide benzoïque avec une formule de base de type (C6-C1), existent fréquemment sous forme d'esters ou de glucosides et peuvent également être intégrés dans des structures complexes comme certains tanins (Bernal *et al.*, 2010).

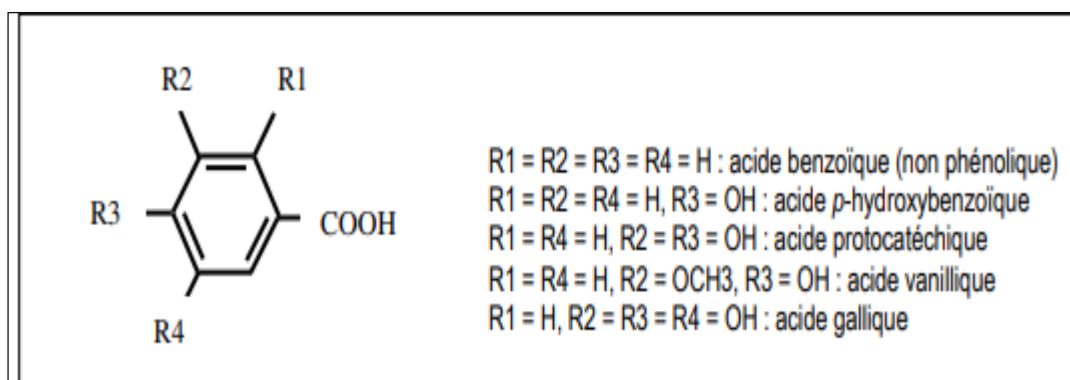


Figure 03: Structures chimiques des acides hydroxybenzoïques (Bruneton, 2008)

➤ **Acides hydroxycinnamiques :**

Dérive de l'acide cinnamique dont la structure de base (C₆-C₃). Les molécules de base de la série hydroxycinnamiques sont l'acide *p*-coumarique et ses isomères (acides *o*-et *m*-coumarique) et les acides caféique, férulique et sinapique. Ces acides sont rarement présents à l'état libre et existent généralement sous forme d'ester (avec le glucose, l'acide quinique, l'acide tartrique ...) ou de glycosides (Pascale et Veronique, 2006).

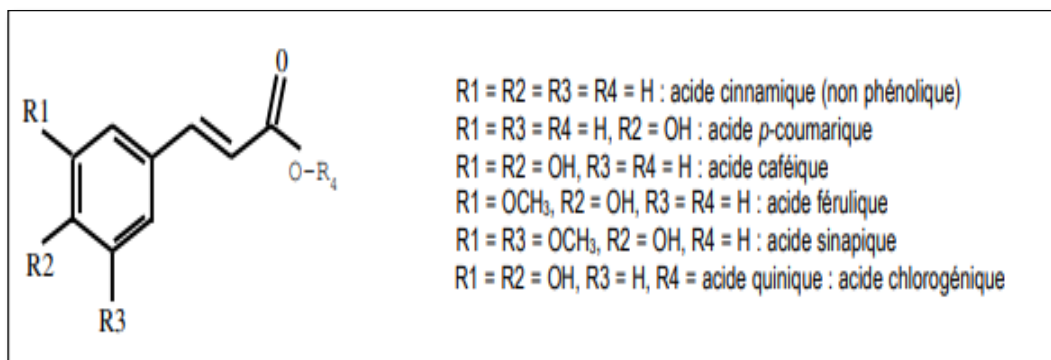


Figure 04 : Structures chimiques des acides hydroxycinnamiques (Han X et al., 2007)

Tableau 01 : Principales classes des composés phénoliques (Macheix et al., 2005 ; Daayf et Lattanzio, 2008) .

Nombre de Carbone	Structure de base	Classe	Origine « exemple »
6	C6	Phénols simples. Benzoquinones.	Busseroles.
7	C6-C1	Acides phénoliques.	Épices, fraises.
8	C6-C2	Acétophénones. Acides benzoïques.	/
9	C6-C3	Acides hydroxyci- namiques. Coumarines. Polypropènes.	Pomme de terre. Pommes. Les fruits du genre <i>citrus</i> .
10	C6-C4	Naphtoquinones.	Noix.
13	C6-C1-C6	Xanthones.	Racines de <i>Gen- tiane</i> . <i>Centaurée</i> .
14	C6-C2-C6	Stilbènes et anthra- quinones.	Vignes.
15	C6-C3-C6	Flavonoïdes. Isoflavonoïdes.	Fruit et légume. Soja et pois.
18	(C6-C3) ₂	Lignanes Néolignana	Pin.

II.2.3. Rôle, intérêt et propriétés

Le rôle des composés phénoliques est maintenant reconnu, au cours l'évolution de la vie des plantes, dans l'utilisation de l'homme des végétaux (Maury et Legrand 2000 ; Macheix et al., 2005). Les techniques modernes d'isolement des molécules et d'exploration médicale, montrent que ces dernières ont beaucoup de propriétés thérapeutiques :

La pigmentation, la signalisation et la protection contre des agents biotiques et abiotiques (Brouillard et al., 1997 ; Maury et Legrand, 2000 ; Macheix et al., 2005 ; Stalikas, 2007).

Ils sont associés à de nombreux processus physiologiques : croissance cellulaire, différenciation, organogenèse, floraison et tubérisation (Nitsch et Nitsch, 1961 ; Misirli et al., 2001).

Ils exercent un effet majeur sur les caractères organoleptiques des produits (Sarni et Cheynier, 2006)

Ils diminuent la perméabilité des vaisseaux capillaires en renforçant leur résistance (Nissiotis et Tasioula-Margari, 2002 ; Lahouel, 2004).

Ils ont une propriété anti-cancéreuse (Li et al., 2008), antiulcéreuses (Martin et al., 2007), anti-inflammatoire (Nowakowska, 2007) et analgésiques (Borsato et al., 2000).

Ils sont également utilisés dans l'industrie agro-alimentaire comme additif, colorant, arôme ou agent de conservation (Bruneton, 1999).

II.2.4. Biosynthèse des polyphénols

Les connaissances concernant les voies de biosynthèse des composés phénoliques ont d'abord été obtenues en utilisant des approches classiques ; identification des intermédiaires métaboliques, fourniture de précurseurs radioactifs, action métabolique, caractérisation et purification des enzymes qui catalysent des réactions de biosynthèse, modulation possible par les facteurs externes, biotiques ou abiotiques. Ces approches ont permis d'établir les grandes lignes du métabolisme phénolique et de montrer comment il est relié au métabolisme primaire (Harborne, 1980). La production des composés phénoliques par des suspensions cellulaires végétales passe d'abord par une phase d'optimisation, plusieurs approches sont souvent utilisées de manières conjointes :

Sélectionner la meilleure lignée végétale ;

- Agir sur les facteurs de l'environnement dont certains peuvent déclencher l'expression de plusieurs gènes du métabolisme phénolique ;
- Agir sur le milieu de culture par apport de substances de croissances, de sucres précurseurs métaboliques des composés phénoliques (phénylalanine, tyrosine) ;
- Modifier les plantes par des méthodes de génie génétique.

En combinant plusieurs des approches ci-dessus, on peut obtenir une production stable et de haut niveau.

Les organismes disposent de plusieurs voies réactionnelles pour synthétiser les cycles aromatiques des composés phénolique à savoir:

a- la voie du shikimate:

L'acide cinnamique se forme par l'intermédiaire de l'acide shikimique, cette voie est responsable de la synthèse des acides aminés, parmi eux la phénylalanine qui sert directement de précurseur direct à l'acide cinnamique. Elle est contrôlée par une modulation de l'activité des enzymes clés par le biais d'un feed-back (**Baucheret *al.*,1998**).

b- la voie acétate malarate :

Les systèmes aromatiques sont aussi formés par condensation répétée d'unités acétate, c'est le malonyl COA qui fournit, par décarboxylation, les unités en C2 pour allonger le complexe acylCOA (**Hahlbrocket *al.*, 1976**).

c- la voie acétate-mavalonate:

Ce fait par la synthèse de monoterpènes cycliques, ces derniers acquièrent un caractère aromatique par déshydrogénation, exemple thymol (**Hahlbrocket *al.*, 1976**).

Les grandes lignes des voies de biosynthèse des principaux composés phénoliques sont maintenant bien connues, les deux acides aminés aromatiques, phénylalanine et tyrosine sont à l'origine de la formation de la plupart des molécules phénoliques chez les végétaux (**Harborne, 1980**). Ils sont eux-mêmes formés à partir de sucres simples issus du métabolisme primaire, par la voie bien connue de l'acide shikimique. la désamination de la phénylalanine est une première étape primordiale de la biosynthèse de l'immense majorité des composés phénolique naturels (**Harborne, 1980**).

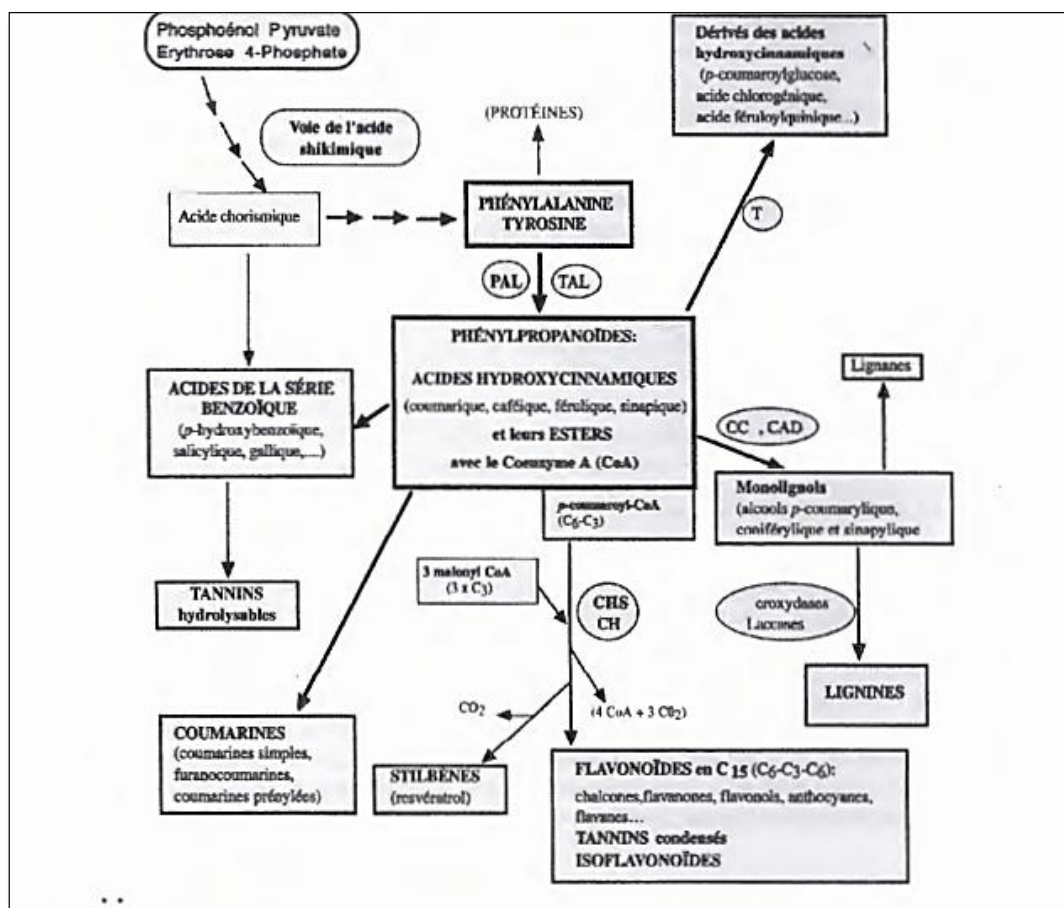


Figure 05 : Les grandes lignes de la biosynthèse des principaux groupes de composés phénoliques (Winkel-Shirley, 2001)

Abréviations des principales enzymes: PAL: phénylalanine; TAL: tyrosine ammoniolyase ; CCR : chalcone flavanone isomérase ; TR : transférases.

II.2.5. activité des polyphénols

II.2.1. Activité antioxydante

La principale caractéristique des polyphénols est qu'ils sont des agents antioxydants très puissants (Frei et Higdon, 2003 ; Oszmianski et al., 2007). En effet, ils sont capables de piéger les radicaux libres et d'activer les autres antioxydants présents dans le corps. Cette activité antioxydante permet aux polyphénols de réguler les radicaux bon-mauvais (qui peuvent être les deux), comme l'oxyde nitrique qui favorise une bonne circulation sanguine, coordonne l'activité du système immunitaire avec celle du cerveau et module la communication entre les cellules de ce dernier (Srivastava et al., 2000 ; Kenny et al., 2007). Les principaux mécanismes d'activité antioxydante sont : le piégeage direct des radicaux libres (EOR), l'inhibition enzymatique et la chélation des ions métalliques (Halliwell, 1994).

II. 3. Les coumarines :

II.3.1. Définition :

Ce sont des substances naturelles, organiques et aromatiques constituées de neuf atomes de carbone caractérisées par le noyau 2H-1- benzopyrane-2-one. Les coumarines, très largement distribuées dans le règne végétal, ont la capacité de prévenir la peroxydation des lipides membranaires et de capter les radicaux hydroxyles, superoxydes et peroxydes (Mpondo *et al.*, 2015).

II.3.2. Structure chimique :

Les coumarines sont des composés aromatiques dérivant de l'acide Ohydroxy-Z-cinnamique. Connue dans la nomenclature internationale comme 1-benzopyrane-2-one ou 1, 2-benzopyrone. Elles sont très répandues chez de nombreuses Apiacées et Rutacées au niveau des feuilles, racines et écorces. (Guignard, 1996).

Les coumarines sont des composés phénoliques ayant un squelette de base en C6-C3.

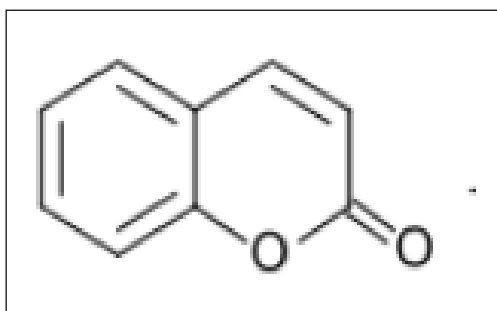


Figure 06 : Structure des coumarines (Richter, 1993).

II.4. Les flavonoïdes(FV):

Les flavonoïdes dérivent de la flavone. Les structures des flavonoïdes sont constituées de deux anneaux de benzène séparés par une unité de propane. Ils sont généralement hydrosolubles. On les trouve généralement dans les plantes sous forme glycosilées. Les différentes classes dans le groupe se distinguent par des anneaux hétérocycliques contenant de l'oxygène et des groupes hydroxyles. Il s'agit notamment des chalcones, des flavones, des flavonols, des flavanones, des anthocyanines et des isoflavones (figure)(Williams et Grayer, 2004).

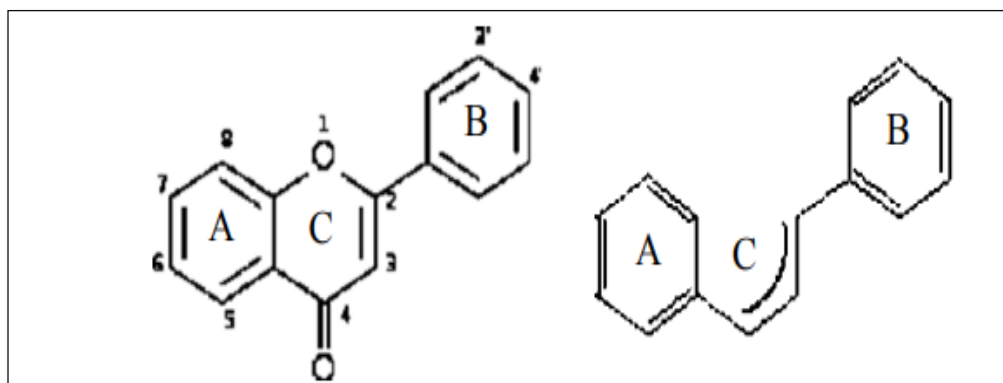


Figure 07 : Structure de base des flavonoïdes (Bruneton,1999)

II.4.1. Structure chimique

Structuralement, les flavonoïdes se répartissent en plusieurs classes de molécules (Harbone, 1988) dont les plus importantes sont : les flavones, les flavonols, les flavanones, les isoflavones et les anthocyanidines. Ces diverses substances se rencontrent à la fois sous la forme libre (génine) ou sous la forme de glycoside (C ou O glycosylés). On les retrouve dans toutes les plantes vasculaires où elles peuvent être localisées dans divers organes : racines, tiges, feuilles et fruits (Bruneton, 1999).

➤ Les flavones :

Les flavones sont des sous familles des flavonoïdes dont la structure est basée sur la présence de la fonction carbonyle en C4. Ils ont une structure semblable à celle des flavonols sans le groupement hydroxyle en C3.

Les flavones ont des propriétés antitumorales (Cabrera et al., 2007).

➤ Les flavonols:

Dans cette famille, on peut citer la quercétine, la myricétine, et le kaempférol. Ils se différencient des flavones par l'existence d'un hydroxyle en position 3 (Nultsch, 1969).

➤ Les flavanones:

C'est la classe qui a le plus grand nombre de composés dans la catégorie des « flavonoïdes mineurs ». Les flavanones sont très réactives et peuvent subir des réactions d'hydroxylation, de glycosylation et d'O-méthylation. Les flavanones sont des composants alimentaires présents dans les agrumes. La flavanone glycosylée la plus courante est l'hésperétine-7-O-rutinoside (hésperidine) qui se trouve dans les écorces d'agrumes (Crozier et al., 2008).

➤ **Les isoflavones:**

Les isoflavonoïdes sont des isomères des flavonoïdes. Elles sont caractérisées par le fait que le cycle B est attaché au cycle C en position 3 plutôt qu'en position C2 (**Crozier et al., 2008**).

Ces composés présentent des activités œstrogénique, insecticide et antifongique (**Cornwell, 2004**), en plus d'une activité antifongique (**Rivera-Vargas et al., 1993**).

II.5. Les chalcones et les aurones :

II.5.1. Chalcones et dihydrochalcones

Les chalcones et les dihydrochalcones sont des composés C6-C3-C6 qui n'ont pas d'hétérocycle central. Les positions sur ces composés, sont identifiées à l'aide d'un système de numérotation unique à ces groupes (figure 08) (**Bohm, 1988**). Les dihydrochalcones se distinguent des chalcones par l'hydrogénation de la double liaison exocyclique en position α et β (**Portet et al., 2007**).

Ces composés sont présents en abondance dans les fruits comestibles, les légumes, les épices, le thé et ont également montré des effets pharmacologiques tels que des activités anticancéreuses, anti-inflammatoire, antimicrobienne et antioxydante (**Gutierrez et al., 2015 ; Chimenti et al., 2009**).

II.5.2 . Aurones :

Les aurones sont une sous classes des flavonoïdes dit mineurs. Les aurones sont basées sur la 2-benzylidencoumaranone (figure 08). Les positions dans les aurones sont identifiées à l'aide de nombres pour le cycle B et des nombres primés sur le cycle C ; Les aurones sont à cet égard des flavonoïdes « normaux ». Des activités anticancéreuses, antiparasitaires, et antimicrobiennes ont été révélées pour les aurones (**Boumendjel, 2003**).

Ces composés sont présents en abondance dans les fruits comestibles, les légumes, les épices, le thé et ont également montré des effets pharmacologiques tels que des activités anticancéreuses, anti-inflammatoire, antimicrobienne et antioxydante (**Gutierrez et al., 2015 ; Chimenti et al., 2009**).

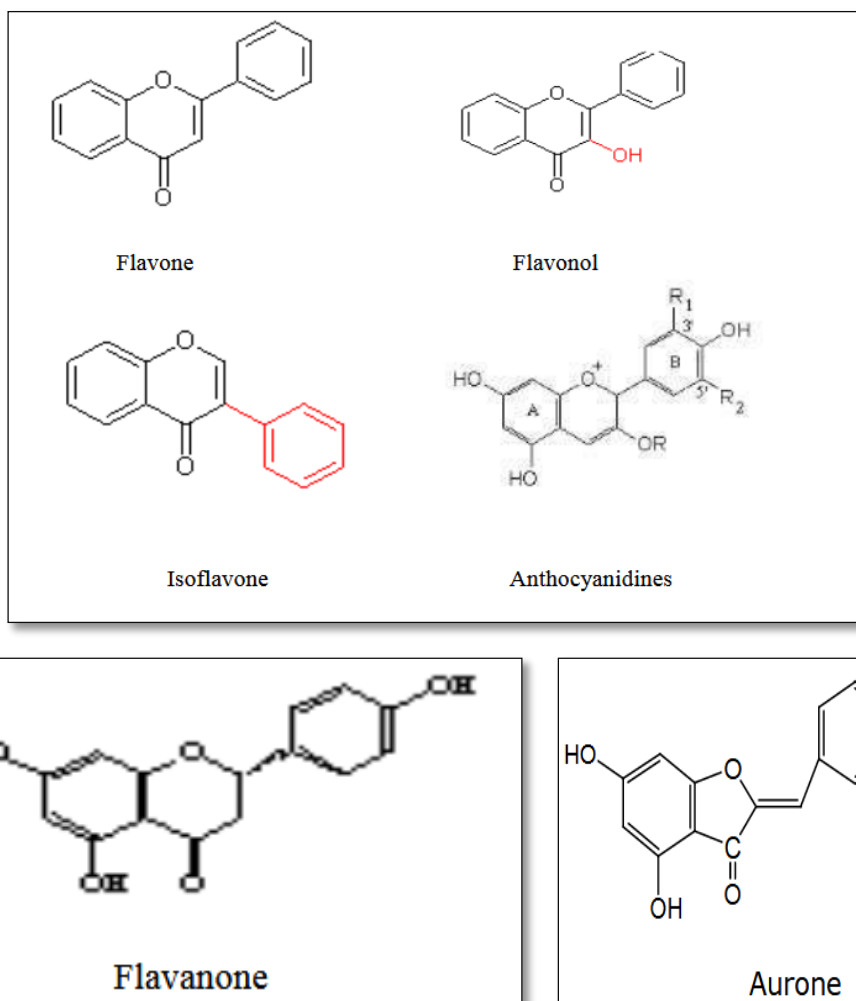


Figure 08: Les principales classes de flavonoïdes (Harbone, 1988).

II.5.3. Propriété :

Généralement, les hétérosides sont hydrosolubles et solubles dans l'eau et les alcools. Les génines sont solubles dans les solvants organiques apolaires quand ils ont au moins un groupe phénolique libre (Bruneton, 1999).

II.6. Les tanins

Les tanins sont des substances polyphénoliques de structure variée, de saveur astringente ayant en commun la propriété de tanner la peau, cette aptitude est liée à leur propriété de se combiner aux protéines. Leur poids moléculaire est compris entre 500 et 3000 Da (Paris et Hurabielle, 1981). Les tanins sont très répandus dans le règne végétal, mais ils sont particulièrement abondants dans certaines familles comme les conifères, les fagacées, les rosacées (Ghesterm *et al.*, 2001). Ils peuvent exister dans divers organes: l'écorce, les feuilles, les fruits, les racines et les graines (Khanbabae et Ree, 2001).

II.6.1. Tanins hydrolysables :

Ce sont des oligo ou des polyesters d'un sucre et d'un nombre variable d'acide phénol. Le sucre est très généralement le D-glucose et l'acide phénol est soit l'acide gallique dans le cas des gallotanins soit l'acide éllagique dans le cas des tanins classiquement dénommés éllagitanins (Bruneton, 2009).

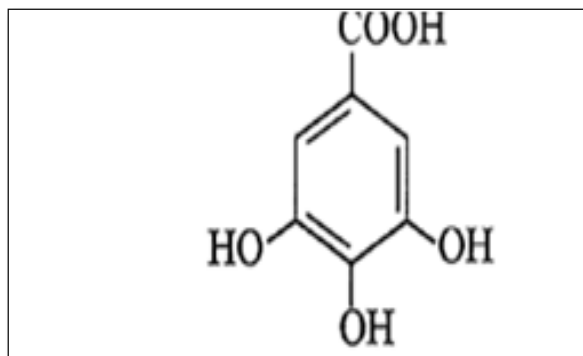


Figure 09: Structure chimique de l'acide gallique (Bruneton, 2009)

II.6.2. Tanins galliques (Gallo tanins)

Les tanins galliques donnent par l'hydrolyse des oses et de l'acide gallique.

II.6.3. Tanins ellagiques (Ellagitanins)

Les tanins ellagiques sont scindés par les enzymes en oses et en acide ellagique (Paris et Hurabielle, 1981).

II.6.3. Tanins condensés :

Se différencient fondamentalement des tanins hydrolysables car ils ne possèdent pas de sucre dans leurs molécules et leur structure est voisine de celle des flavonoïdes. Il s'agit des polymères flavaniques constituées d'unités de flavan-3-ols liées entre elles par des liaisons carbone-carbone (Bruneton, 2009)

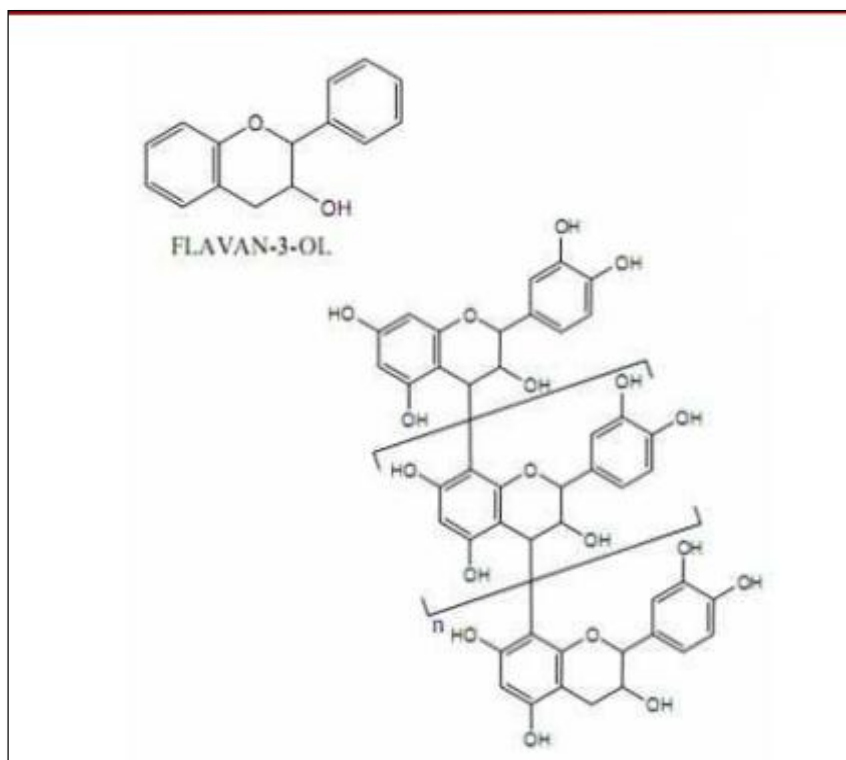


Figure10 : Structure d'un tanin condensé (Peronny, 2005).

II.6.4. Classification :

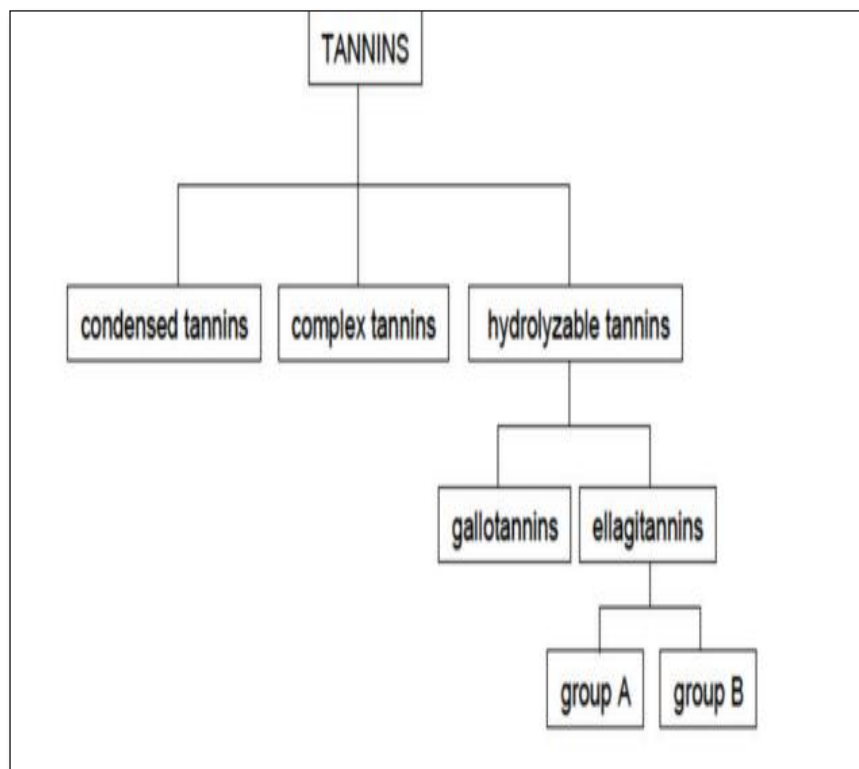


Figure 11: Classification des tanins (Wilfred et Ralph., 2006)

II.7. Lignines

Composés qui s'accumulent au niveau des parois cellulaires (tissus sclérenchymes ou le noyau des fruits), au niveau de la sève brute qu'ils permettent la rigidité des fibres, ils sont le résultat d'association de trois unités phénoliques de base dénommées monolignols de caractère hydrophobe (**Sarni-Manchado et Cheynier, 2006**).

II.8. Alcaloïdes

Ce sont des substances organiques azotées d'origine végétale, de caractère alcalin et de structure complexe (noyau hétérocyclique), on les trouve dans plusieurs familles de plantes, la plupart des alcaloïdes sont solubles dans l'eau et l'alcool et ont un gout amer et certains sont fortement toxiques (**Wichtl et Anton, 2009**). Certains alcaloïdes sont utilisés comme moyen de défense contre les infections microbiennes (nicotine, caféine, morphine, lupinine) (**Hopkins, 2003**). Des anticancéreux (vincristine et la vinblastine) (**Iserin et al., 2001**).

Partie expérimentale

Chapitre III

Matériel et méthode

Objectif principal

L'étude phytochimique a pour but de détecter les différents composés chimiques existants au sein de l'espèce *Tetraclinis articulata* entre autre ; les polyphénols

III .1. Préparation des échantillons :

III .1 .1. Matériel végétal

La partie aérienne (feuilles) de *Tetraclinis articulata* a été récoltée durant le mois de mars 2022 dans la région de Larjam, wilaya de Tissemsilt –Algérie

L'identification de la plante a été faite au niveau de la direction générale des forêts d'après un botaniste spécialisé.

Le séchage des feuilles est effectué directement après la collecte, à l'aire libre, à l'abri et de la lumière pendant 15 à 20 jours sur un papier, puis broyées et conservées jusqu'à utilisation .



Figure 12 : les feuilles ont été sèche à l'air libre et de la lumière (originale,2022)

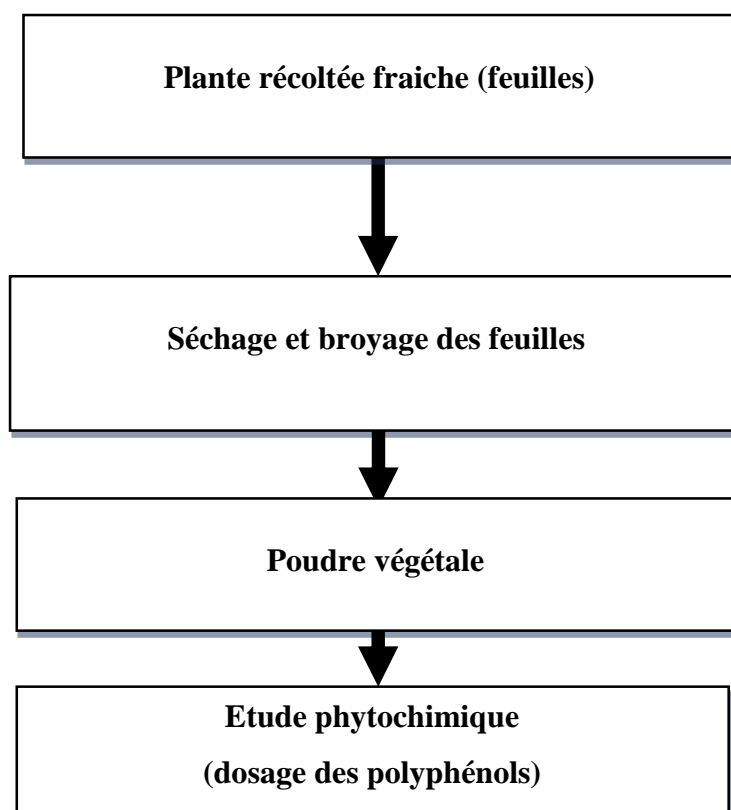


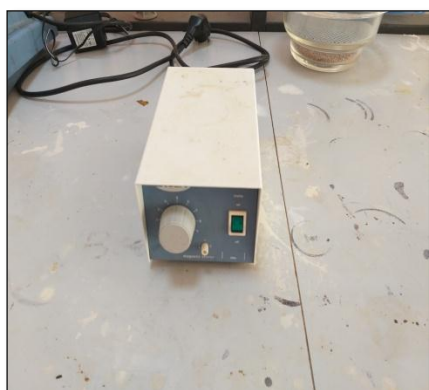
Figure 13: générale de la procédure expérimentale effectuée sur *T. articulata*

III .2.1. Matériel utilisée :

Agitateur magnétique , barreau magnétique , spatule , erlenmeyer, entonnoir , pipette ,

Boite de pétrie, tube a essai, éprouvette , balance électronique , papier filtre , aluminium ,

Cristallisatiore , micropipette , étuve , spectrophotomètre , plaque chauffant , fiole à vide , rotavapeur –sous vide , verre de montre .



Agitateur magnétique



micropipette (originale, 2022)



Spectrophotomètre



étuve (originale,2022)



Balance électronique



boite de pétrie (originale,2022)



Figure14 : les verreries utilisée dans l'expérience (originale,2022)

III .2. Préparation des extraits :

La macération est une opération qui consiste à laisser la poudre du matériel végétal en contact prolongé avec un solvant pour en extraire les principes actifs. C'est une extraction qui se fait à température ambiante (Lagnika,2005 ; Djabou, 2006)

Les extraits bruts ont été obtenus par extraction avec des solvants de polarités différentes, il s'agit de l'eau, méthanol et éthanol.

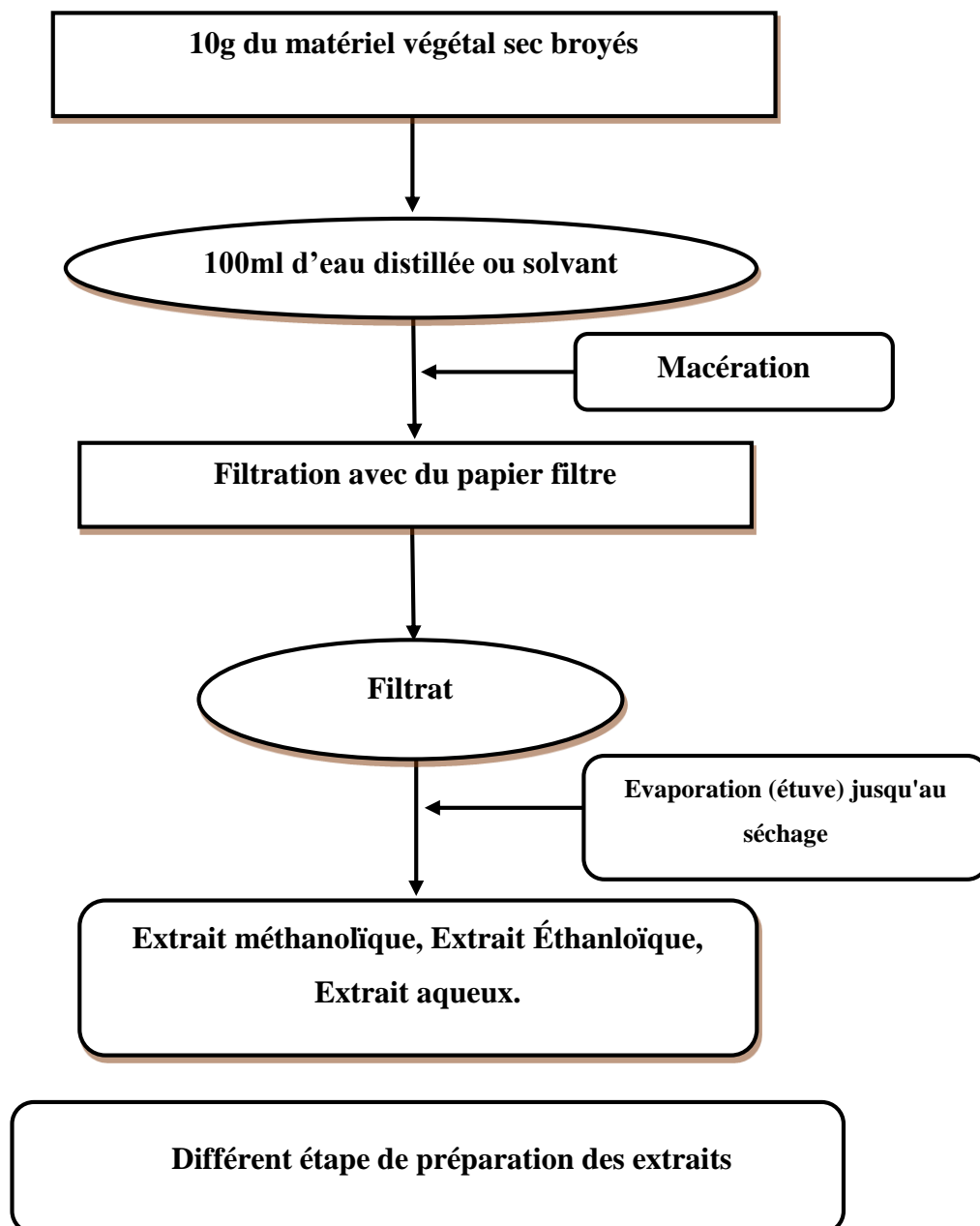


Figure 15 : Protocole de préparation des extraits

a. Extraction aqueux

Un extrait aqueux est préparé par la macération de 10g de poudre de feuilles de *Tétraclinis articulata* dans 100 ml d'eau distillée (Salhi, 2012), sous agitation douce pendant 24 heures.

Le mélange obtenu est filtré à l'aide de papier filtre pour avoir un filtrat.



Figure16 : la filtration de l'extrait aqueux a l'aide de la pompe sous vide (originale, 2022)



Figure17 : le filtrat de l'extrait aqueux (originale,2022)

b. L'extrait méthanolique :

10 g de poudre de plante (feuils) sont macérés dans 100 ml de solvant (méthanol). Sous agitation 24 h à température ambiante, le mélange est filtré sur un papier filtre. (HAMA HAMADOU *et al.*, 2018).



Figure 18: Préparation de l'extrait 10g de poudre broyé dans 100ml d'éthanol (originale, 2022)



Figure 19: l'extrait méthanolique après le séchage (originale, 2022).



Figure20 : préparation de la dilution du méthanol (originale,2022).

C .L'extrait éthanoliques :

Le mac récupéré de l'extraction méthanolique, est macéré dans 100 ml d'éthanol. Après 24 h d'agitation à température ambiante, le mélange est filtré sur papier filtre (HAMA Hamdou et al, 2018)

III .3. Détermination du rendement d'extraction

Le rendement désigne la masse de l'extrait déterminée après évaporation du solvant, il est exprimé en pourcentage par rapport à la masse initiale de la plante soumise à l'extraction selon l'équation suivante décrite par (Mahmoudi et al., 2013)

$$R (\%) = (M \text{ ext} / M \text{ éch}) \times 100$$

Où :

R : le rendement en % ;

M ext : la masse de l'extrait après évaporation en mg

M éch : la masse de la matière sèche végétale en mg.

III .4 .Analyses quantitatives des extraits

Des déterminations quantitatives des principaux groupes de métabolites secondaires ont été effectuées sur les extraits de notre plante.

III .4 .1.Dosage des polyphénols totaux (PPT)

Les polyphénols totaux ont été déterminés par spectrophotométrie en utilisant le réactif colorimétrique Folin-Ciocalteu, suivant le protocole appliqué en 2006 par Wong et ses collaborateurs.

➤ **Principe :**

La teneur phénolique totale est habituellement déterminée colorimétriquement avec le spectrophotomètre UV-Vis en utilisant l'essai de Folin-Denis ou généralement Folin-Ciocalteu. Cette méthode est basée sur la réduction en milieu alcalin de la mixture phosphotungstique (WO₄²⁻) phosphomolybdique (MoO₄²⁻) de réactif de Folin par les groupements oxydables des composés phénoliques, conduisant à la formation de produits de réduction de couleur bleue. Ces derniers présentent un maximum d'absorption à 765 nm dont l'intensité est proportionnelle à la quantité de polyphénols présents dans l'échantillon (**Georgé et al., 2005**).

➤ **Mode opératoire**

(200 µl) chaque extrait dans les tube a essai et on ajoute 2 ml d'eau distillée et 1ml de réactif Folin-Ciocalteu dilué 10 fois dans chaque tube, on agitant voigoursement puis on laisse à agir 6 min après on ajoute 0,8ml de carbonate de sodium à 7.5%.

Après 2 heures d'incubation à température ambiant et à l'abri de la lumière, on fait la lecture Des absorbance avec un spectrophotomètre à 765 nm.

➤ **Préparation de l'acide gallique :**

La teneur en phénols totaux a été déterminée selon la méthode décrite par (**Merouane et al, 2013**), en utilisant le réactif de Folin-Ciocalteu et l'acide gallique comme standard. En bref, 500 uL de réactif de Folin-Ciocalteu et 450 µL d'eau distillée ont été ajoutés dans un tube contenant 50 µL d'extrait sous agitation vigoureuse. Après 3 min, 400 µL de Na₂CO₃ (75 g/L) ont été ajoutés. Les tubes ont été incubés à 25°C dans l'obscurité pendant 40 min.

L'absorbance a été déterminée à 725 nm contre un blanc qui contenait du méthanol au lieu de l'extrait. La teneur en phénol de l'extrait a été déterminée à partir de la courbe d'étalonnage de l'acide gallique, et les résultats ont été exprimés en mg d'équivalent acide gallique



Figure21 : Différentes étapes du dosage des polyphénols totaux (PPT) des deux extraits aqueux et méthanolique et Éthanloïque (Singleton et al., 1965).

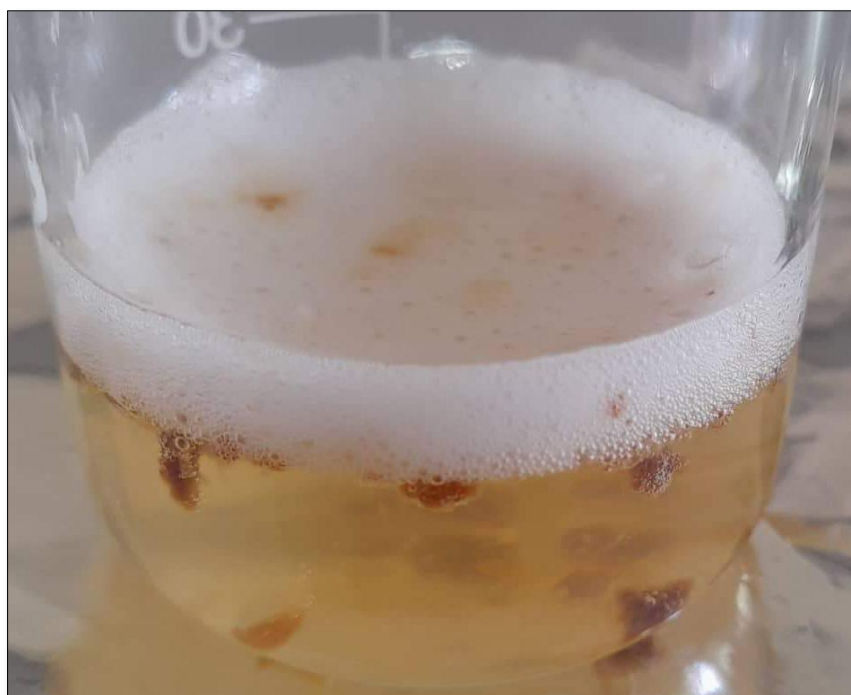


Figure 22: agitation de l'extrait aqueux (originale, 2022)



Figure 23 : incubation à l'obscurité pendant 2h (originale, 2022)

III .4 .2. Détermination de teneur des polyphénols totaux

La concentration des polyphénols totaux est calculée à partir de l'équation de régression de la gamme d'étalonnage établie avec l'acide gallique (AG). Elle est exprimée en mg équivalent d'acide gallique par gramme de matière sèche (mg EAG/g de matière sèche « MS ») selon l'équation suivante :

$$\mathbf{Tpt = C. V / M}$$

Tpt : Teneur en polyphénols totaux (mg EAG/g d'extrait sec de la plante) ;

C : Concentration de l'extrait équivalente à l'acide gallique, obtenue à partir de la courbe d'étalonnage (mg/ml) ;

V : Volume de l'extrait (ml) ;

M : Poids sec de l'extrait de la plante (g).

Chapitre IV

Résultat et discussion

IV.1.Résultats d'étude des extraits

IV.1.Détermination du rendement des extraits

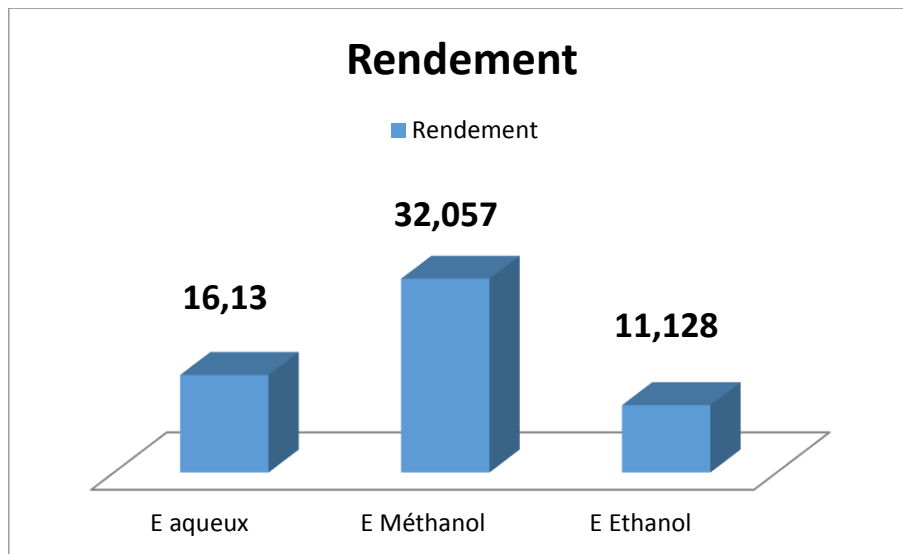


Figure24 : histogramme du rendement de l'extraction

Le résultat du rendement est meilleur lorsque les solvants utilisés sont polaires

A la lecture du résultat obtenu, on peut avancées que le meilleur rendement a été atteint avec l'extrait méthanolique (32,057%) suivi de celui issu dans l'extrait aqueux (16,13%),en finalement de celui de l'extrait éthanolique (11,128%).

IV.1.Dosage des composés phénolique totaux

IV.1.1.Teneurs en polyphénols totaux

L'estimation des teneurs en polyphénole totaux a été effectuée par la méthode spectrophotométrique de Folin-Ciocalteu. Les résultats obtenus sont exprimés en milligramme équivalent acide gallique par gramme de la matière sèche (mg GAE/g MS), en utilisant l'équation de la régression linéaire de la courbe d'étalonnage tracée de l'acide gallique

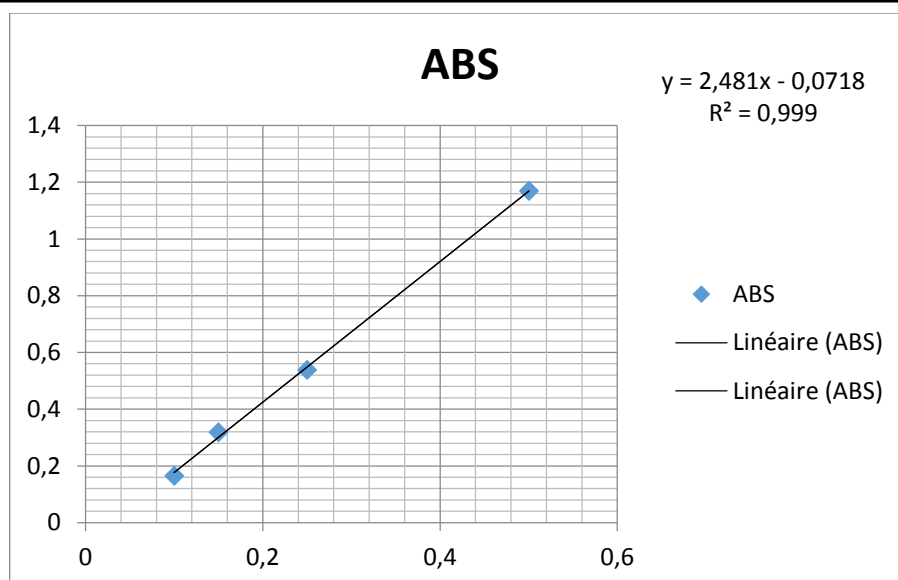


Figure25 : courbe d'étalonnage de l'acide gallique

Les quantités de polyphénol correspondant à chaque extrait ont été rapportées en équivalent d'acide gallique et déterminées par l'équation de type $y=2,481x- 0,0718$, $R^2 = 0,999$.

Cette courbe d'étalonnage prouve que l'absorbance est proportionnelle à la concentration.

Les Résultats obtenus sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau 02: teneurs en phénols totaux dans les extraits préparé (aqueux, Méthanolique, Ethanolique)

Phase	Teneurs en phénols totaux (mg d'acide gallique /g)
aqueux	0,00718
méthanol	0,00734
éthanol	0,0075

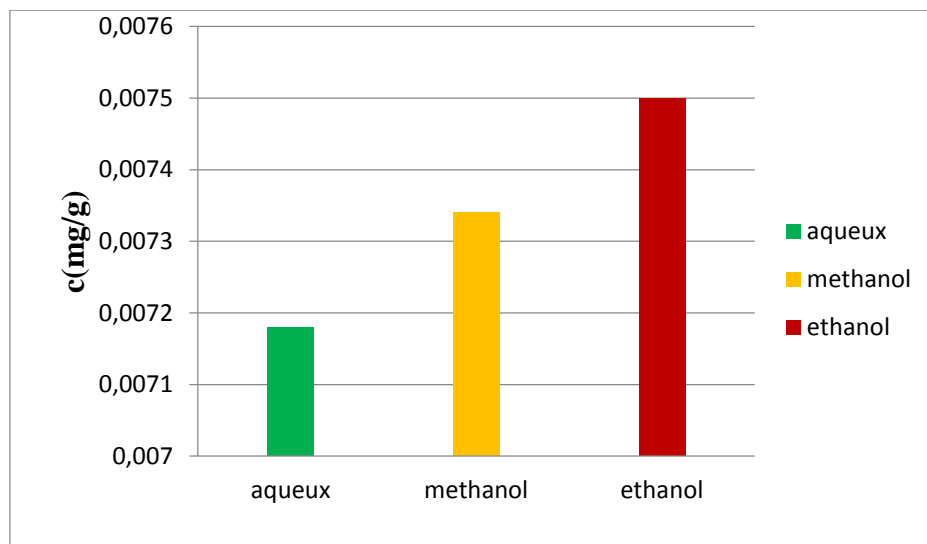


Figure26 : Histogramme de dosage des polyphénols

Les résultats du tableau ci-dessus indiquent une légère variation en composés phénoliques avec des valeurs de 0,00718 et 0,00734 et 0,0075 mg EAG/g pour les extraits aqueux, méthanoliques et éthanoliques successivement.

Il est intéressant de mentionner que l'extrait éthanolique présente une petite hausse de ces composés phénoliques par rapport aux autres extraits.

Des travaux antérieurs, réalisés par **Mahmoudi et al., (2013)**, sur les différentes parties de la fleur d'artichaut, confirment nos résultats. L'extrait éthanolique additionné d'eau présentait le meilleur pourcentage en polyphénols par rapport aux autres extraits.

En ajoutant de l'eau aux différents solvants d'extraction, la solubilité des polyphénols augmente (**Spirad et al., 1982**).

Selon (**Rahmani, 2020**), la variation de la teneur des polyphénols au sein des différents extraits utilisés peut-être à certains facteurs, entre autre à la période de récolte, la région choisie, la qualité de solvant (polarité/solubilité) et la durée et les conditions de stockage.

Conclusion

Conclusion

Conclusion :

L'Algérie dispose d'une diversité floristique exceptionnelle, plusieurs espèces sont utilisées en pharmacopée traditionnelle comme remède pour soigner les différentes maladies et infections.

Le travail présent s'inscrit dans le cadre de recherche des plantes médicinales algériennes afin de valoriser leur utilisation sur le point thérapeutique et économique.

L'extraction des composés polyphénoliques est une étape cruciale pour la valorisation de ces principes actifs, elle dépend de la méthode et du solvant approprié qui préservent leurs propriétés biologiques.

De cette étude, il ressort que la macération par l'éthanol additionné d'eau distillée (70%) est la meilleure technique d'extraction des polyphénols totaux.

Quantitativement, l'évaluation du contenu des phénols totaux en adoptant la méthode de Folin ciocalteu révèle que nos trois extraits contiennent principalement des polyphénols à des concentrations variables, allant de 0,0075 mg EAG/g, 0,00734 mg EAG/g et de 0,00718 mg EAG/g pour les extraits éthanolique, méthanolique et aqueux respectivement.

Pour conclure, la variation dans les résultats obtenus pour les extractions étudiées est principalement due à une variabilité de la composition chimique de l'extrait, cette variabilité, elle-même est corrélée avec la différence dans les régions, la période de la récolte, les conditions environnementales et agronomiques et la méthode d'extraction.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

1. **Zemour .k.,Labdelli.A.,Adda.A.,Dellal.,Talou.T.,Merah.O.(2019)**. Phenol content and antioxidant and antiaging Activity of Saower Seed Oil (*carthamus tinctorius* L.).p 1-20.
2. **Abderrazak M. et Joël R., 1983**.La botanique de A à Z. Ed. Dunod. Paris. 177p.
3. **Abi-Ayad, F. Z. (2009)**. Analyse de l'huile essentielle du thuya de Berbérie (*Tetraclinis articulata*) de la région de Tlemcen et étude de son pouvoir antimicrobien. Mémoire de magister, Univ de Tlemcen, 112
4. **Ait Igri M, Holeman M, Ildrissi A, Berrada M. (1990)** .Contribution à l'étude des huiles essentielles des rameaux et de bois de *Tetraclinis articulata* (Vahl) Masters. Plantes Médicinales et Phytothérapie, 24, 36-43.
5. **Amigues S., 1991**. Le témoignage de l'antiquité classique sur des espèces en régression. Revue forestière française 43(1): 47-58
6. **Aouinty, B., Oufara, S., Mellouki, F., Mahari, S., (2006)**. Evaluation préliminaire de l'activité larvicide des extraits aqueux des feuilles du ricin (*Ricinus communis* L.) et du bois de thuya (*Tetraclinis articulata* (Vahl) Mast.) sur les larves de quatre moustiques culicidés : *Culex pipiens* (Linné), *Aedes caspius* (Pallas), *Culiseta longiareolata* (Aitken) et *Anopheles maculipennis* (Meigen). Biotechnologie, Agronomie, Société Et Environnement, 10,2, 67-71.
7. **Aseervatham GS, Sivasudha T, Jeyadevi R, Arul AD. 2013**. Environmental factors and unhealthy lifestyle influence oxidative stress in humans-an overview. Environ Sci Pollut Res., 20(7): 43564369. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s11356-0131748-0>
8. **Ayache F., 2007**. Les résineux dans la région de Tlemcen (aspect écologique et cartographie). Thèse de Magistère, Univ Abou Bekr Bekaid Tlemcen, 147 p.
9. **Azzi R, Djaziri R, Lahfa F, Sekkal FZ, Benmehdi H, Belkacem N. (2012)**. Ethnopharmacological survey of medicinal plants used in the traditional treatment of diabetes mellitus in the North Western and South Western Algeria. Journal of Medicinal Plants Research, 6(10), 2041-2050.
10. **Baba aissa F., 2000**. Encyclopédie des plantes utiles flore d'Algérie et du Maghreb libérie Moderne- Rouiba. ed., Alger 368 p.
11. **Bajaj y.P.S., 1996.,** Biotechnology in agriculture and forestry . Sapringer. ed., New York., 428.
12. **Baucher M. ,Monties B., Van montagh M., Boerjan W .,1998**. Biosynthèse and genetic engineering of lignin. Crit .Rev, plant sci 17, PP.125-197.

Références bibliographiques

13. **Bellakhdar J, Claisse R, Fleurentin J, Yaunos C.** (1991) Repertory of standard herbaldrugs in the Moroccanpharmacopoeia. *Journal of Ethnopharmacology*, 35, 123-143.
14. **Bellakhdar J, Honda G, Miki, W.** (1982) *Herb–Drugs and Herbalists in the Maghrib.* Institute of the Study of Languages and Cultures of Asia and Africa, Tokyo.
15. **Bellakhdar J.** (1997) *.La pharmacopée marocaine traditionnelle. Médecine arabe ancienne et savoirs populaires-Saint-Etienne, Edition Ibis Press, 764.*
16. **Bellakhdar, J., Claisse, R., Fleurentin, J., Younos,C.,** (1991). Repertory of standard herbaldrugs in the Moroccanpharmacopoea.*Journal of Ethnopharmacology*, 35, 2, 123- 143.
17. **Benabid A.,** 1976. Etude écologique, phytosocio-écologique et sylvo-pastorale de la tétraclinaie de l’Amsitten (Essaouira). Aix-Marseille III.155 p.
18. **Benabid A.,** 1977. Etude sylvo-pastorale de la tétraclinaie de l’Amisittène (Maroc). *ECO Medit.* 3: 125-129.
19. **Benabid, A.** (1976). Etude phytoécologique, phytosociologique et sylvopastorale de la tétraclinaie de l’Amisittène. Doct. 3ème cycle, Fac. Sci. St. Jérôme, Marseille III.
20. **Bernal J., Mendiola E., Ibanez A.,** 2010- Advanced analysis of nutaceuticals.
21. **Beta T., Nam S., Dexter J. E., et Sapirstein H. D.** (2005). Phenolic content and antioxydants Activity of Pearledwheat and Roller-Milled. Fractions. *Cereal chem*, 82 (4) : 390-393.
22. **Bie, X., Lu, Z., Lu, F., Zeng, X.,** 2005. Screening the Main Factors Affecting Extraction of the Antimicrobial Substance from *Bacillus sp. fmbJ* using the Plackett–Burman Method. *World J. Microbiol. Biotechnol.* 21, 925–928. <https://doi.org/10.1007/s11274-0046722-z>
23. **Biradar, V.,** 2016. Extraction of Phytochemicals from Local Selected Plants and their Antibacterial Role. *Int. J. Curr. Microbiol. Appl. Sci.* 5, 707–720. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2016.511.082>
24. **Bnouham M., Mekhfi H., Legssyer A et Ziyyat A.,** 2012. Medicinal plants used in the botanicals and plant allelochemicals in integrated pest management. *Pharmaceutical*
25. **Bnouham, M., Mekhfi, H., Legssyer, A. Ziyyat, A.** (2002). Ethnopharmacology Forum Medicinal plants used in the treatment of diabetes in Morocco.*International Journal of Diabetes and Metabolism*,10, 33-50.
26. **Boudy P.** (1950) *.Economie forestière Nord Africaine. Tome II : monographies et traitement des essences forestières, Fasc. 2 : monographie et traitement du Thuya de Berbérie. Edition Larousse, 707-739*
27. **Boudy P.,** 1952. *Guide du forestier en Afrique du Nord.* Paris, La maison rustique, xi + 505 p.

Références bibliographiques

28. **Boudy, P. (1950).** Economie forestière nord-africaine, T II, Monographie et traitement des semences forestières. La Rose, 420-9.
29. **Boudy, P. (1950).** Economie forestière Nord-africaine-Tome 2: monographies et traitements des essences forestières. E. larose, 878.
30. **Boudy, P. (1952).** Guide Foristier en Afrique du Nord, Lamaiso roustique, Paris, p 273.
31. **Bourkhiss M., Lakhilfi T., Chouach A., Ouhssine M., 2016.** Intérêt de l'huile essentielle du thuya de berberie. *Phytothérapie* 14(2) : 109-111.
32. **Bourkhiss, M., Hnach, M., Bourkhiss, B., Ouhssine, M., & Chaouch, A. (2007).** Composition chimique et propriétés antimicrobiennes de l'huile essentielle extraite des feuilles de *Tetraclinis articulata* (Vahl) du Maroc. *Afrique Science: Revue Internationale des Sciences et Technologie*, 3(2).
33. **Bruneton J. (2008).** Acides phénols. In: *Pharmacognosie, phytochimie et plantes médicinales*. Ed: Tec & Doc. Lavoisier, Paris. pp 198-260.
34. **Bruneton, J. (1999).** *Pharmacognosie, Phytochimie – Plantes médicinales – 3ème Ed* Techniques et documentations. Paris. pp: 227-310-312-313-314.494.
35. **Buhagiar J, Podesta MTC, Cioni PL, Flamini G, Morelli I. (2000)** .Essential oil composition of different parts of *Tetraclinis articulata*. *Journal of Essential OilResearch*, 12, 29-32.
36. **Buhagiar, J.A., Podesta, M.T. Wilson, A.P., Micallef, M.J., Ali, S. (1999).** The induction of apoptosis in human melanoma, breast and ovarian cancer cell lines using an essential oil extract from the conifer *Tetraclinis articulata*. *Anticancer Research*, 19, 6, 5435-5443
37. **Chakir A., 1999.** Contribution à l'étude de la consommation de bois d'œuvre de thuya par la marqueterie dans la ville d'Essaouira. Thèse de Doct. 3ième cycle, Ecole Nationale Forestière d'Ingénieurs, Salé (Maroc), 142 p.
38. **Cherif.I., 2012 .,** Contribution à une étude phytoécologiques des groupements à *Tetraclinis articulata* du littoral de Honaine (Algerie occidentale). These. Mag., Dep. Eco., Univ. Tlemcen., 168+ Annexes
39. **Chikhoun A., Hazzit M., Kerbouche L., Baaliouamer A. & Aissat K. (2013).** *Tetraclinis articulata* (Vahl) Masters essential oils: chemical composition and biological activities. *The Journal of Essential Oil Research*, 1-8.
40. **Chira K., Such J., Saucier C., Teissèdre L. (2008).** Les polyphénols du raisin. Ed :Springer. 6 :75-82.
41. **Cordell G.A., et Colvard M.D. (2005).** Some thoughts on the futures of ethnopharmacology, *Journal of Ethnopharmacology*, 100: 5-14

Références bibliographiques

42. **Coulibaly O, Yapo-crezoit C, Ira B, Toure A, Soro Y. 2020.** Evaluation de l'activité antifongique des extraits totaux de *Hugonia platysepala* sur les pathogènes responsables de cryptococcoses chez les sujets infectés par le VIH. *J. Appl. Biosci.*, 146: 15046-15054.
DOI: <https://doi.org/10.35759/JABs.v146.7>
43. **Croteau, R., Kutchan, T.M., Lewis, N.G., 2000.** Natural products (secondary metabolites). *Biochem. Mol. Biol. Plants* 24, 1250–1319.
44. **Croteau, R., Kutchan, T.M., Lewis, N.G., 2000.** Natural products (secondary metabolites). *Biochem. Mol. Biol. Plants* 24, 1250–1319.
45. **Crozier, A., Clifford, M.N., Ashihara, H., 2008.** Plant secondary metabolites: occurrence, structure and role in the human diet. John Wiley & Sons.
46. **Crozier, A., Clifford, M.N., Ashihara, H., 2008.** Plant secondary metabolites: occurrence, structure and role in the human diet. John Wiley & Sons.
47. **Cseke, L.J., Kirakosyan, A., Kaufman, P.B., Warber, S., Duke, J.A., Briemann, H.L., 2016.** Natural products from plants. CRC Press.
48. **Daayf F., et Lattanzid V. (2008).** Recent Advances in Polyphenol Research 1. Edition WILEY BLACKWELL. p 1-24.
49. **Djabou, N.,** “*Sambucusnigra* L., une plante de la pharmacopée traditionnelle du nord africaine”, Thèse de magister en chimie organique appliquée, Faculté des Sciences - Département de Chimie, université Abou BakrBelkaid - Tlemcen, (2006), 123p.
50. **Djouahri A, Boudarene L. (2012)** Antioxidant and anti-inflammatory activity of methanolic, chloroform and ethylacetate extracts of leaves *Tetraclinis articulata* (Vahl) Masters Algerian. *International Journal of Research in Pharmacology and Phytochemistry*, 2(1), 7-11.
51. **Djouahri, A., Boualem, S., Boudarene, L., & Baaliouamer, A. (2015).** Geographic's variation impact on chemical composition, antioxidant and anti-inflammatory activities of essential oils from wood and leaves of *Tetraclinis articulata* (Vahl) Masters. *Industrial crops and Products*, 63, 138-146.
52. **EL alami S., 2013.** Contribution à la caractérisation physique et mécanique et à la valorisation par le séchage du bois de la forêt marocaine cas des eucalyptus et la loupe de thuya. Thèse Doct., Faculté des Sciences. Rabat-Maroc, 129 p.
53. **El Mouridi, M. (2011).** Caractérisation mécanique de la loupe de thuya (*Tetraclinis articulata* (Vahl) Masters) en vue de sa valorisation. Thèse de Doctorat, Université de Rabat, Maroc, 119.
54. **Farjon A. (1998)** World Checklist and Bibliography of Conifers. In: Royal Botanic Gardens Press, Kew, London, 55-83.

Références bibliographiques

55. **Farjon A., 2005.**, A .Monograph of cupressaceae and sciadopitys. Royal Botanic Gardens., Kew. ISBN 1842460684<http://www.conifers.org/refs/farjon05.htm> (consult: 08.02.2016).
56. **Fasla B., 2009.**, Evaluation du potentiel antimittotique et génotoxique de plantes médicinales et analyse photochimique., Thèse. Mag., Dép. Bio., Fac. Sc., Univ. Es-Senia .Oran ., 172 p +annexes
57. **Fennane, M., Barbero, M., & Quézel, P. (1984).** Le Thuya de Berberie au Maroc: aperçu phytogéographique et écologique. Bulletin de l'Institut Scientifique de Rabat, 8, 115–134.
58. **Fennane, M., Ibn Tattou, M., Mathez, J., Ouyahya, A., & Oualidi, J. (1999).** Flore Pratique du Maroc, Vol. 1: Pteridophyta, Gymnospermae, Angiospermae (Lauraceae-Neuradaceae): Manuel de Détermination. Travaux de l'Institut Scientifique, série botanique, 36.
59. **Galiber L., 1844.** L'Algérie ancienne et moderne depuis les premiers établissements des carthaginois jusqu'à la prise de la Smalah d'Abd-el-Kader. Ed. Furne et cie. Paris. 637 p.
60. **Georgé, S., Brat, P., Alter, P., et Amiot, M. J. (2005).** Rapid determination of polyphenols and vitamin C in plant-derived products. Journal of Agricultural and food chemistry, 53:5, 1370-1373.
61. **Ghestem A., Seguin E., Paris M., and Orecchioni A.M. (2001).** Le préparateur en pharmacie dossier 2èmeEd TEC&DOC. Paris. pp275. (cited in Djemai Zoueglache S, 2008).
62. **Ghnaya, A. B., Amri, I., Hanana, M., Gargouri, S., Jamoussi, B., Romane, A., & Hamrouni, L. (2016).** *Tetraclinis articulata* (Vahl.) Masters essential oil from Tunisia: Chemical characterization and herbicidal and antifungal activities assessment. Industrial Crops and Products, 83, 113-117.
63. **Golly KJ, Siaka S, Soro Y, Guessennd N, Dosso M, Djaman AJ. 2015.** Phytochemical Study and Antimicrobial Activity of Bark Extracts of *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn. (Bombacaceae) from Côte d'Ivoire on Antibiotic Resistant *Staphylococcus aureus* and *Pseudomonas aeruginosa*. British Microbiology Research Journal, 9(1): 17.
64. **Goly, C., Soro, Y., Kassi, B., Dadié, A., Soro, S., Dje, M., 2015.** Antifungal activities of the essential oil extracted from the tea of savanna (*Lippia multiflora*) in Côte d'Ivoire. Int. J. Biol. Chem. Sci. 9, 24–34.
65. **Hadjadj-Aoul S., 1995.** Les peuplements du thuya de berbérie (*Tetraclinis articulata*, Vahl, Master) en Algérie : phytoécologie, Syntaxonomie et potentialités sylvicoles. Thèse Doc. d'Etat, Université Aix-Marseille III, 159 p.
66. **Hahlbrock K., Knobloch K.H., Kreuzaler F., Potts J.R.M., Wellmann E., 1976.** Coordinated induction and subsequent activity changeses of two groupes of metabolically intenelated enzymes, Eur J. Biochem, VOL 61, PP.199.

Références bibliographiques

67. **Hamadou, H. H., KallO, M. S., Manzo, L. M., Moussa, I., Adamou, R., & Ikhiri, K. (2018).** Criblage phytochimique et dosage des polyphénols du *Detarium microcarpum* Guill. et Perr. utilisé dans le traitement des maladies parasitaires au Niger. *Afrique science*, 14(5), 390-399.
68. **Han X.H., Hong S.S., Hwang J.S., Lee M.K., Hwang B.Y., Ro J.S. (2007).** Monoamine oxidase inhibitory components from *Cayratia japonica*. *Archives Pharmacal Research*. 30: 07- 13.
69. **Hanson, J.R., 2003.** Natural products: the secondary metabolites. Royal Society of Chemistry.
70. **Harborne J.B.,1980 .** Plant phenolics in:secondary plant products encyclopedia of plant physiology,bell EA, charlwood BV, eds,spinger verlay,berlin,VOL 8,PP.329-402.
71. **Hennebelle, T., Sahpaz, S., & Bailleul, F. (2004).** Polyphénols végétaux, sources, utilisations et potentiel dans la lutte contre le stress oxydatif. *Phytothérapie*, 2 :1, 3-6.
72. **Herbert R. B. (1989).** The Biosynthesis of secondary metabolites. 2ème Edition: Chapman and Halle. p 2, 11-115.
73. **Hmamouchi M. (1999)** Les plantes médicinales et aromatiques marocaines. Utilisations, biologie, écologie, chimie, pharmacologie, toxicologie. Imprimerie de Fédala, Mohammedia (Maroc), 389.
74. **Hurabielle. M., Malsot. M, Paris. M., 1981.** Contribution à l'étude chimique de deux huiles d'Artémisia : *Artémisia herba alba* asso et *Artémisia vulgaris* linnaeus; intérêt chimiotaxonomique, rivista italiana E.P.P.OS, LXIII (6), 296-299.
75. **Iucn., 2005.** A guide to Hadjadj A. S., 2009., Effet des facteurs environnementaux sur les premiers stades de la régénération naturelle de *Tetraclinis articulata* (Vahl, Master) en Oranie (Algérie). *ecologia mediterranea*. Vol. 35 – 2009. Pp : 20 – 31. medicinal plant in North Africa, Public par international union for conservation of Nature and natural resources. 133 p.
76. **Jones, W.P., Kinghorn, A.D., 2006.** Extraction of Plant Secondary Metabolites, in: *Natural Products Isolation, Methods in Biotechnology*. Humana Press, pp. 323–351. <https://doi.org/10.1385/1-59259-955-9:323>
77. **Julien, G.K., Sorho, S., Yaya, S., Nathalie, G., Mireille, D., Joseph, D.A., 2015.** Phytochemical Study and Antimicrobial Activity of Bark Extracts of *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn.(Bombacaceae) from Côte d'Ivoire on Antibiotic Resistant *Staphylococcus aureus* and *Pseudomonas aeruginosa*. *Br. Microbiol. Res. J.* 9.

Références bibliographiques

78. **Kacem, N.E. (1991).** Germination ; Croissance ; Caractéristiques ; Anatomiques et Histochimique de la tige de thuya. (*Tetraclinis articulata* (vahl) Mast). Thèse de Magister, Université d'Es-Senia, Oran.
79. **Khanbabae K and Ree T.R. (2001).** Tannins:Classification and Defenition. Journal of Royal Society of Chemistry. 18: 641-649.(cited in Djemai Zoueglache S, 2008).
80. **Khatabi A., 1997.** Filière bois au Maroc : Production forestière, exploitation et valorisation. Terre et Vie, 29.
81. **Lagnika, L.,** “Etude phytochimique et activité biologique des substances naturelles isolées de plantes Béninoises”, Thèse de doctorat, Faculté de pharmacie, université Louis Pasteur Strasbourg, (2005), 268p.
82. **Lahmer N., Messai S., 2017,** Étude phytochimique et biologique des extraits aqueux et méthanolique des écorces des racines du *Zizyphus lotus* (L), mémoire master, Biochimie/Biochimie moléculaire et santé, Université des Frères Mentouri Constantine, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie.
83. **Lahsissene H, Kahouadji A, Tijane M, Hseini S. (2009)** Catalogue des plantes médicinales utilisées dans la région de Zaër (Maroc Occidental). Edition Lejeunia, 186, 1-27.
84. **Lahsissene, H., Kahouagji, A., Hseini, S., (2009).** Catalogue des plantes médicinales utilisées dans la région de Zaër (Maroc Occidental). Lejeunia, Revue de Botanique, 1-26.
85. **Lamnaour, D., Botanouny K. (2005).** écrivaint sur *Tetraclinis articulata* in A guide to medicinal plant in north africain, éditeur IUCN (centre for mediteranean corporation, international union for conservation of nature and nature ressources)
86. **Lapie G., maige A., 1914.** Flore illustrée comprenant les espèces ligneuses de l'Algérie, et les espèces ligneuses les plus répandues en Tunisie, au Maroc, et dans le midi de la France. Paris, Orlhac, 357 p.
87. **Le Floc'h E. (1983)** Contribution to ethnobotanicalstudy of the flora of Tunisia. Program flora and vegetation in Tunisia. Tunisian Scientific Publications, Printing officially the Republic of Tunisia, 36-37.
88. **Letrech-Bellarouci N. (1991)** Les reboisements en Algérie et leur perspective d'avenir.. OPU, Alger, Volume I, 294.
89. **Liu Z, Mo K, Fei S, Zu Y, Yang L. 2017.** Efficient approach for the extraction of proanthocyanidins from *Cinnamomum longepaniculatum* leaves using ultrasonic irradiation and an evaluation of their inhibition activity on digestive enzymes and antioxidant activity in vitro. Journal of Separation Science, 40(15): 31003113. DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/jssc.201700342>

Références bibliographiques

90. **Louis, S. (2004).** Diversité structurale et d'activité biologique des albumines entomotoxiques de type 1b des graines de légumineuses. Thèse de doctorat Spécialité : Analyse et Modélisation des systèmes biologiques. Institut national des sciences appliquées de Lyon. France.27-44.
91. **Lugasi A., Hovari J., SagiK., and Biro L. (2003).** The role of antioxidant phytonutrients in the prevention of diseases.J.Acta.biologica. szegediensis. 47 (1-4):119-125.(Cited in Mohammedi Z, 2005)
92. **Lutge U., Kluge M., Bauer G. (2002).** Botanique 3ème Ed : Technique et documentation. Lavoisier .Paris. 211p.
93. **Maatoug M, Keller R, Benabdeli K, Dilem A. (2004)** .Études microdensitométriques du bois de thuya de Maghreb *Tetraclinis articulata* Vahl Masters et effets des facteurs stationnels sur sa qualité. Sciences & Technologie, 19-28
94. **Macheix J., Fleuriet A., et Jay allemand C. (2005).** Les composés phénoliques des végétaux, un exemple de métabolites secondaires d'importance économique. Presses polytechnologiques et universitaires romandes. p 4-5.
95. **Macheix, J. J., Fleriet, A., et Christian, A. (2005).** Les composés phénoliques des végétaux : un exemple de métabolites secondaire d'importance économique. PPTUR Lausanne.
96. **Mahmoudi S., Khali M. et Mahmoudi N. (2013).** Etude de l'extraction des composés phénoliques de différentes parties de la fleur d'artichaut (*Cynarascolumus L.*). Nature et Technologie., 09 : 35-40.
97. **Maire, R. (1952).** Flore de l'Afrique du Nord. Vol I. Ed. Lechevalier, Paris. 366P
98. **Manallah, A. (2012).** Activités antioxydante et anticoagulante des polyphénols de la Pulpe d'olive *Olea europaea L.* mémoire de magister en Biologie spécialité : Biochimie appliquée. Université Ferhat Abbas- Sétif. 22-24.
99. **Naili M.B., Alghazeer O.A., Saleh N.A. & Al-Najjar A.Y. (2010).** Evaluation of antibacterial and antioxidant activities of *Artemisia campestris* (Astraceae) and *Ziziphus lotus* (Rhamnaceae). Arab. J. Chem. 3: 79–84.
100. **Paris M et Hurabielle. (1981).** Abrégé de matière médicale. Pharmacognosie. Tome 1. Ed Masson. Paris.pp: 102-103-104-107.
101. **Pascale S., Veronique C., 2006-** Les polyphénols en agroalimentaire. (Edition TEC & DOC) Lavoisier: 2.
102. **Quézel P, Médail F. (2003)** Ecologie et biogéographie des forêts du bassin méditerranéen. Editions Technique et Documentation. Edition Lavoisier, 576.
103. **Quézel P., Santa S., 1962-1963.** Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Paris, C.N.R.S., 2 vol., 1170 p.

Références bibliographiques

104. **Rached, W., Benemara, H., Bennaceur, M., Marouf, A., (2010).** Screening of the antioxidant potential of some Algerian indigenous plants. *Journal of Biological Sciences*, 10, 316-324.
105. **Rebahi A, 2015.** Répertoire des noms des plantes du Maghreb, Alger-Livres Editions. ed. Alger.
106. **Salhi S, Fadli M, Zidane L, Douira A. (2010)** Etudes floristique et ethnobotanique des plantes médicinales de la ville de Kénitra (Maroc). *Lazaroa*, 31, 133-146.
107. **Salhi, 2012:** Allelochemicals from some medicinal and aromatic plants and their potential use as bioherbicides. P 39.
108. Seigue, A. (1985). La forêt circumméditerranéenne et ses problèmes [The circum-Mediterranean forest and its problems]. In : "Techniques agricoles et productions méditerranéennes (Coste R ed). Maisonneuve et Larose, Paris, 5, p. 230-232.
109. **Seth M. K., 2004.** Trees and their Economic importance. *The Botanical review*. 69 (4): 321-376.
110. **SFA. Société Française des Antioxydants. (2005).** Compte rendu de la conférence polyphenols (23/24 NOV2005). Institut des corps gras. ITERG.
111. **Singleton V.L. et Rossi J.A (1965)** Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdicphosphotungstic acid reagents. *American Journal of Technology and Viticulture*. 16, 144-153. (Statistiques).
112. **Smith, E., 2007.** Plant secondary metabolites: occurrence, structure and role in the human diet. Wiley Online Library.
113. **Soro Y, Kassi ABB, Bamba F, Siaka S, Touré SA, Coustard J-M. 2012.** Flavonoids and gallic acid from leaves of *Santaloides afzelii* (Connaraceae). *Rasayan Journal of Chemistry*, 5(3): 332-337.
114. **Starmans, D.A.J., Nijhuis, H.H., 1996.** Extraction of secondary metabolites from plant material: A review. *Trends Food Sci. Technol.* 7, 191–197.
[https://doi.org/10.1016/09242244\(96\)10020-0](https://doi.org/10.1016/09242244(96)10020-0)
115. **Stashenko, E.E., Jaramillo, B.E., Martínez, J.R., 2004.** Comparison of different extraction methods for the analysis of volatile secondary metabolites of *Lippia alba* (Mill.) N.E. Brown, grown in Colombia, and evaluation of its in vitro antioxidant activity. *J. Chromatogr. A, ExTech 2003 - The 5th International Symposium on Advances in Extraction Technologies* 1025, 93–103. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2003.10.058>
116. **Terras Abderrahmane, L., Kheloufi, B., Nadia ADDA, H. (2008).** Dynamique phytoécologique du *Thuya* de Berbérie face à l'incendie. 2008, p. 34.

Références bibliographiques

117. **Vermerris W., et Nicholson R. (2007).** Phenolic compound biochemistry. Springer Science & Business Media.
118. **Verpoorte, R., Memelink, J., 2002.** Engineering secondary metabolite production in plants. *Curr. Opin. Biotechnol.* 13, 181–187.
119. **Wilfred .V et Ralph .N. (2006).** Phenolic compound biochemistry Ed Springer .USA. 24p.
120. **Winkel-Shirley B., 2001.**Flavonoid biosynthesis A,colorfyl model for genetics ,biochemistry,cell biology and biotechnology,plant physiol,VOL 126,PP.722-727.
121. **Wong SP, Leong LP, William-Koh JH (2006)** Antioxidant activities of extracts of selected plants. *Food Chem* 99: 775–83.
122. **World Health Organisation (WHO). (2000).** A report of the consultation meeting on traditional and modern medicine. Harmonizing two approaches, Beijing, China. p 22-26.
123. **Zineb RAHMANI,**contribution à l'étude phytochimique et Electrochimique et biologique des extraits de cuperssus semperirens (L) ,These doctorat,analyse physico-chimique et réactivité des espèces moléculaire ,université kasdi Merbah-ourgla,Faculté des Mathématique et des sciences de la matière.
124. **Ziyyat, A., Legssyer, A., Mekhfi, H., Dassouli, A., Serhrouchni, M., & Benjelloun, W. (1997).** Phytotherapy of hypertension and diabetes in oriental Morocco. *Journal of ethnopharmacology*, 58(1), 45-54.

Annexes

Annexes

Annexe 01 : Tableau d'Analyses de la variance

Solvant	ddl	MS	F	P
	2	0,021378	1,7733	0,248265

Selon les analyses de la variance, l'effet de solvant s'avère faible sur la teneur en polyphénols de l'espèce étudiée ($P < 0,05$).

Annexe 02 : Tableau de Moyenne et Ecart type des répétition

	Aqueux	Méthanol	Ethanol
Répétition 1	0,89	0,98	0,85
Répétition 2	0,78	0,73	1,09
Répétition 3	0,75	0,81	0,96
Moyenne \pm Ecart type	0,81 \pm 0,07	0,84 \pm 0,13	0,97 \pm 0,12