



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**

Présentée par :

**BIAZ** Soulaf

**BELLA** Faiza

*Thème*

---

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

Soutenu le : 21/06/2022

**Devant le Jury :**

BEGHALIA Mohamed	Président	Prof.	Univ-Tissemsilt
BENSAADI Nawal	Encadrante	M.A.A.	Univ-Tissemsilt
IMOUSSAOUDANE Asmahane	Examinatrice	M.C.B.	Univ-Tissemsilt

**Année universitaire : 2021-2022**

# *Remerciements*

Nous remercions d'abord, Allah Dieu le tout puissant de nous avoir donner la santé, le courage, la volonté et la patience de compléter dans ce travail.

Pour mener à terme ce travail À *M<sup>me</sup> BENSAADI NAWAL* pour nous avoir encadrer et orienter ce travail.

*Nous remercions aussi Dr. BEGHALIA Mohamed d'avoir accepter de présider le jury de notre soutenance et nous remercions aussi Dr. IMOUSSOUDANE Asmahane qui nous a fait l'honneur de juger notre travail.*

*Sans oublier d'adresser nos remerciements au Dr. ZEMOUR Kamel Pour leur aide précieuse et leur disponibilité.*

*Nous tenons à remercier également toute personne ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de notre travail, Tous les membres du service de laboratoire de l'université.*

Tous les enseignants qui nous ont enseigné au long de toutes les années d'étude. Enfin, nous remercions tous ceux et celles qui étaient à notre côté durant

La réalisation de notre projet.

Avec tous nos remerciements et croyez à notre sincère gratitude.

# *Dédicaces*

*Je dédie ce modeste travail*

*A l'exemple de courage et de patience, à la  
lumière de ma vie la source de tendresse ma mère*

*FAIZA*

*A mon très cher père ABDELKADER*

*Ce travail est le fruit de ses sacrifices qu'ils ont  
consentis pour mon éducation*

*A mon très cher grand père AHMED et ma grand  
mère*

*A mes chers frères AYOUB et ZAKARIA*

*Et ma copine GHANIA*

*A mes oncles et mes tantes et toute la famille de BIAZ et ALLAK*

*A mon binôme FAYZA qui a été très coopérative et compréhensive tout  
le long de la réalisation de ce travail et à sa famille*

*A mes amies sans exception*

*Soulaf*

# *Dédicaces*

*Je dédie ce modeste travail*

*A mon très cher père*

*A la lumière de ma vie, à la source de tendresse ma mère*

*A mes sœurs et mon frère*

*A mon binôme **Soulef**, à ma proche amie Ghania et tous qui*

*participent pour réaliser ce travail*

*A toute ma famille*

***Fayza***

## Résumé

Le *Tetraclinis articulata* (Vahl) Masters est une espèce de la famille de Cupressacées connu pour ses effets thérapeutiques multiples, il est particulièrement utilisé pour le traitement de certaines pathologies.

Les polyphénols constituent un ensemble de molécules très largement répandus dans le règne végétal sous forme de métabolites secondaires, interviennent dans de nombreuses activités biologiques notamment antioxydante

L'objectif de ce travail est l'étude phytochimique des extraits de *Tetraclinis articulata* (vahl) Masters de la Wilaya de Tiaret.

Les résultats montrent que l'étude phytochimique des extraits organiques et aqueux obtenus à partir des feuilles de *Tetraclinis articulata* (vahl) Masters de la Wilaya de Tiaret, ont mis en évidence la présence des polyphénols à des concentrations variables selon le solvant d'extraction. Néanmoins, l'extrait méthanolique présente le taux le plus élevé avec 0,01816 mg EAG/g contre 0,0164 mg EAG/g et 0,0141mg EAG/g respectivement pour l'extrait éthanolique et aqueux.

**Mots clés :** *Tetraclinis articulata*, etude phytochimique , extraits, polyphénols .

## Abstract:

The *Tetraclinis articulata* (Vahl) Masters is a species of the Cupressaceae family known for its multiple therapeutic effects, it is particularly used for the treatment of certain pathologies.

Polyphenols are a set of molecules widely distributed in the plant kingdom in the form of secondary metabolites, involved in many biological activities including antioxidant.

The objective of this work is the phytochemical study of extracts of *Tetraclinis articulata*

(vahl) Masters of the Wilaya of Tiaret.

The results show that the phytochemical study of organic and aqueous extracts obtained from the leaves of *Tetraclinis articulata* (vahl) Masters of the Wilaya of Tiaret, demonstrated the presence of polyphenols at concentrations varying with the extraction solvent. Nevertheless, the methanol extract has the highest level with 0.01816 mg EAG/g versus 0.0164 mg EAG/g and 0.0141mg EAG/g respectively for the ethanolic and aqueous extract.

**Keywords:** *Tetraclinis articulata*, phytochemical study, extracts, polyphenols .

## المخلص:

( *Tetraclinis articulata* (Vahl) Masters): هو نوع من عائلة Cupressaceae المعروفة بتأثيراتها العلاجية المتعددة، ويستخدم بشكل خاص لعلاج بعض الأمراض.

البوليفينول هي مجموعة من الجزيئات الموزعة على نطاق واسع في المملكة النباتية على شكل مستقلبات ثانوية، تشارك في العديد من الأنشطة البيولوجية بما في ذلك مضادات الأكسدة.

الهدف من هذا العمل هو الدراسة الكيميائية النباتية لمستخلصات *Tetraclinis Articulata* (vahl) Masters لولاية تيارت.

تظهر النتائج أن الدراسة الكيميائية النباتية للمستخلصات العضوية والمائية التي تم الحصول عليها من أوراق *Tetraclinis Articulata* (vahl) Masters في ولاية تيارت، أظهرت وجود البوليفينول بتركيزات متفاوتة مع مذيب الاستخراج. ومع ذلك، فإن مستخلص الميثانول لديه أعلى مستوى مع 0.01816 ملغ EAG/g مقابل 0.0164 ملغ EAG/g و 0.0141 ملغ EAG/g على التوالي للمستخلص الإيثانولي والمائي.

**الكلمات المفتاحية:** *Tetraclinis articulata* : دراسة كيميائية نباتية، مستخلصات، بوليفينول.

## Liste des figures

Figure 1 : Aspect général de <i>Tetraclinis articulata</i> .....	09
Figure 2 : Ecorce de <i>Tetraclinis</i> .....	10
Figure 3 : Rameaux et feuille de <i>Tetraclinis articulata</i> .....	11
Figure 4 : Cônes de <i>Tetraclinis articulata</i> .....	11
Figure 5 : Structure des diterpénoides identifiés dans les différents organes du <i>Tetraclinis articulata</i> (Vahl) Masters .....	17
Figure 6: Structure chimique des polyphénols .....	18
Figure 7 : Structure des coumarines .....	19
Figure 8: Acide gallique.....	24
Figure 9 : Acide ellagique .....	24
Figure 10: Exemple de structure de tanins condensés.....	24
Figure 11 : Plante de <i>Tetraclinis articulata</i> .....	27
Figure 12 : Poudre de <i>Tetraclinis articulata</i> .....	28
Figure 13 : les étapes de preparation d'extrait aqueux .....	29
Figure 14: les étapes de preparation d'extrait methanolique .....	30
Figure15: les étapes de preparation d'extrait ethanolique.....	31
Figure 16 : histogramme du rendement des extraits.....	35
Figure 17 : Courbe d'étalonnage de l'acide gallique.....	36
Figure 18 : Histogramme de dosage des polyphénols.....	37

## Liste des tableaux

Tableau n° 1 : Classification des flavonoïdes .....	19
Tableau n° 2 : Exemple d'anthocyanes 3, 5 ,7 hydroxylés.....	20
Tableau n° 3 : Quelques exemples de quinones .....	21
Tableau n° 4 : Rendement des extraits en pourcentage pour les feuilles de la plante étudiée .....	34
Tableau n° 5 : Teneurs en phénols totaux dans les extraits utilisés (aqueux, méthanolique et éthanolique).....	36

## Liste d'abréviations

**%** : Pourcentage.

**°C** : degrés Celsius.

**g** : gramme.

**h** : Heure.

**mg** : milligramme.

**min** : minute.

**ml** : millilitre.

**mm** : millimètre.

**nm** : nanomètre.

**µl** : microlitre.

**ha** : hectare.

**m** : mètre.

**Cm** : centimètre.

**UV** : ultraviolet

**Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>** : carbonate de sodium.

**S<sub>aq</sub>** : solution aqueux.

**GAE** : Equivalent acide gallique.

**C** : carbone.

**EA<sub>q</sub>** : extrait aqueux.

**(V/V)** : volume par volume.

**R** : rendement.

**ME** : masse d'extrait.

**MMS** : masse de la matière sèche.

**Eq** : équivalent.

**SM** : solution mère.

**OH** : groupement hydroxyle

**HE** : huile essentiel



# Tableaux de matière

Remerciements

Dédicaces

Résumé

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste d'abréviations

Tableaux de matière

Introduction ..... 1

## Rappel bibliographique

### Chapitre I : Description botanique de la plante *Tetraclinis articulata*

I.1-Historique.....5

I.2. Généralités sur le Thuya de Berbérie (*Tetraclinis articulata*).....5

I.3 Régénération du thuya.....5

I.4. Cycle végétatif ..... 6

I.5. Répartition géographique de *Tetraclinis articulata* ..... 6

Dans le monde ..... 6

En Algérie ..... 6

I.6. Description botanique de *Tetraclinis articulata* ..... 7

I.7. Etymologie..... 7

I.8. Description systématique de *Tetraclinis articulata* ..... 8

I.9. Description géomorphologiques ..... 8

I.9.1. Climat..... 8

I.9.2. Sol..... 8

I.9.3. Altitude..... 9

I.10. Description morphologique ..... 9

I.10.1. Aspect générale .....	9
I.10.2. Ecorce .....	10
I.10.3. Rameaux et feuilles .....	10
I.10.4. Fruit (Cônes).....	11
I.10.5. Floraison.....	12
I.11. Importance Economique Du Thuya .....	12
I.12. L'utilisation de Titracelinis articulata .....	13
I.13. Usage thérapeutique de Tetraclinis articulata .....	13

## **Chapitre II : Les composés phénoliques**

II.1. Définition de la phytochimie .....	16
II. 2. Description des métabolites secondaires.....	16
II. 3. Présentation de quelques métabolites secondaires .....	17
II.3.1. Les polyphénols.....	17
II.3.1.1. Les coumarines .....	18
II.3.1.2. Les flavonoïdes .....	19
II.3.1.3. Les Anthocyanes.....	21
II.3.1.4. Les quinones.....	22
II.3.1.5. Les tanins.....	23
II.3.2. Acides phénoliques .....	24
II.4. Importance et fonctions naturelles des métabolites secondaires.....	25

## **Chapitre III : Matériels et Méthodes**

III.1. Objectif principal.....	26
III.2. Matériels végétal.....	26
III.3. Préparation de matériel végétale.....	27
III.4. Préparation des extraits.....	27
III.4.1. Extrait aqueux.....	27
III.4.2. Extrait méthanolique.....	28

III.4.3. Extrait Ethanoïque.....	29
III.5. Calcul de rendement d'extraction .....	30
III.6. Dosage des polyphénols totaux .....	31
III.7. Méthode de dosage des polyphénols totaux .....	31
III.7.1. Acide gallique.....	31
III.7.2. Les Extraits.....	31
III.8. Calcul du taux de polyphénols totaux.....	32

### **Chapitre IV : Résultats et discussion**

IV.1. Calcul des rendements des extractions .....	34
IV.2. Dosage des polyp.....	35
IV.2.1. Teneur en polyphénols totaux .....	35
IV.3. La teneur en polyphénols .....	35
<b>Conclusion.....</b>	<b>39</b>
<b>Références bibliographique.....</b>	<b>41</b>

# *Introduction*

## Introduction

---

### Introduction

Le monde végétal est plein de ressources et de vertus d'où l'homme puisse non seulement sa nourriture mais aussi des substances actives qui procurent souvent un bienfait à son organisme parfois affecté de troubles insidieux (**Baba aissa, 2000**).

La connaissance par l'homme de l'utilisation des plantes, qu'il s'agisse de plantes alimentaires, médicinales ou toxiques, est très ancienne (**Sévenet et al., 1994**).

De nos jours, plus de 10000 espèces de plantes différentes sont utilisées à des fins thérapeutiques, et de nombreux médicaments sont élaborés à partir de leurs principes actifs (**Dellile, 2007**).

Parmi ces plantes ; *Tetraclinis articulata*, connue sous le nom de thuya de barbarie, est un arbre monoïque qui appartient à l'embranchement des Gymnospermes et à la famille des Cupressacées (**Hadjadj et Letreuch Belarouci, 2017 ; Zahir et Rahmani, 2020**) et qui est essentiellement limité à la région méditerranéenne méridionale occidentale (**Hadjadj et Letreuch Belarouci, 2017**), constitue un élément important dans la végétation forestière nord-africaine.

Les polyphénols constituent l'un des groupes les plus nombreux et largement distribués des substances dans le royaume des végétaux, avec plus de 8000 structures phénoliques connues (**Lugasi et al., 2003**). Les polyphénols sont des produits du métabolisme secondaire pouvant être considérés comme des substances indirectement essentielles à la vie des plantes (**Sarnimancho et Cheynier, 2006**).

*Tetraclinis articulata* est parmi les principales plantes qui contiennent les composés phénoliques, ces derniers forment le groupe des composés phytochimiques le plus important des plantes (**Beta et al., 2005**).

L'objectif de ce travail est l'étude phytochimique de l'espèce *Tetraclinis articulata* de la région de Sidi-Bakhti, Wilaya de Tiaret, Algérie, et cela à travers la quantification du taux de polyphénol constituant les différents extraits (aqueux, méthanoïque et éthanoïque) obtenus par macération.

## **Introduction**

---

Le présent manuscrit est divisé en deux parties, nous entamons dans la première une étude bibliographique qui comporte deux chapitres : étude descriptive de la plante et étude phytochimique de l'espèce *Tetraclinis articulata*.

La deuxième partie regroupe deux autres chapitres : le matériel nécessaire et les méthodes qui ont été exploitées dans cette expérience, ainsi que les résultats obtenus et leurs discussions

Le travail se termine par une conclusion

# *Rappel bibliographique*

# *Chapitre I*

Description botanique de la  
plante *Tetraclinis articulata*



## I.1-Historique

L'installation du *Tetraclinis articulata* (Vahl) Master en Méditerranée occidentale remonte au Tertiaire, au cours de laquelle son aire était importante en Europe centrale. Il est ainsi que le dernier survivant de la forme qui s'étendait jusqu'au Groenland à l'époque jurassique et qui peuplait encore l'Europe occidentale au Tertiaire (**Maire, 1952**).

Le thuya de Berbérie (*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**.

## I.2. Généralités sur le *Thuya de Berbérie (Tetraclinis articulata)*

Le *Thuya de Berbérie* « *Tetraclinis articulata* », espèce résineuse, de la famille des *Cupressacées*, encore porte l'appellation de *Thuya articulé*, est un arbre de 5-15m de hauteur (**Tassin, 2012**). Cet arbre est endémique de l'Afrique du nord occidentale, et forme un élément essentiel de la végétation en Maroc, Algérie et en Tunisie (**Haddad et al., 2006**). Ses principaux peuplements positionnant au Maroc (565798 ha), en Algérie (environ 143000 ha) et en Tunisie (près de 30000 ha) (**Mhirit et Blerot, 1999**).

## I.3 Régénération du *thuya*

Le *thuya de Berbérie* est une essence forestière qui a une faculté d'émettre des rejets de souches jusqu'à un âge très avancé. La régénération des *Tétracлинаies* est donc assurée non seulement par semis mais aussi par rejet de souche. Cependant malgré que la fructification de l'arbre est d'une manière raisonnable, la régénération par voie sexuée est irrégulière, cette irrégularité tenant vraisemblablement à la nature de substratum (**Boudy, 1952**).

**Benabid (1977)**, révélait qu'une pluviométrie très irrégulière et souvent mal répartie ajoutée à une saison sèche parfois trop prolongée, conditionnent la germination des graines et la survie des semis en été. Aussi l'exploitation des souches mortes qui apportent la loupe de thuya, est une pratique qui met en danger la survie de cette essence dont la régénération est difficile et la croissance est lente (**H.C.E.F.L.C.D, 2013**).

A ce propos, **Hadjadj-aoul (1995)**, signale que les expositions chaudes sont propices à l'installation des semis, entre les arbustes (cistes, romarins, lavandes) ; la germination apparaît mieux s'y réaliser que dans les vides et les petites clairières. Sous l'arbre lui-même, c'est-à-dire sous un léger feuillage, on observe aussi le maximum de régénération.

#### I.4. Cycle végétatif

Feuillage permanent, fleurit en automne, et la graine mure au printemps de l'année suivante ; La dissémination se fait de septembre à octobre (Seigue, 1984).

#### I.5. Répartition géographique de *Tetraclinis articulata*

##### Dans le monde

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 de disparition (Quézel et al., 2003). En Afrique du Nord, où ses peuplements atteignent un million d'hectares environ, il est surtout présent au Maroc (900 000 ha), absolument sur le plateau central, depuis le nord du Rif au l'Anti-Atlas et dans la région d'Ifni. En revanche, il fait défaut au Maroc sud-oriental steppique. En Tunisie, il est bien présent entre Bizerte et Zaghuan (Quézel, et al., 2003). En Algérie, il ne exprime actuellement que moins de 140 000 ha (Letrech, 1991, Maatoug et al., 2004 ; Boussaid; 2017).

##### En Algérie

Les Tétracлинаies recouvraient une superficie de 161.000 ha vers le début du siècle dernier (Benabdelli, 1992), alors que vers la fin de cette période les chiffres avancés par l'administration des forêts varient entre 143.000 ha et 130.000 ha (Letreuch-Belarouci, 1991). Quézel et de Santa (1962, 1963) ont rapporté 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 qu'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 détermine dans les circonscriptions de Cherchel, Média, Ténes et Theniet el Had sous forme de vieux taillis dégradés par les incendies ; ils se trouvent aussi dans les régions de Delys et Lakhdaria sous forme de pieds isolés et de petits bouquets, puis dans la vallée de l'oued sahel vers M'Chandellah sur le piémont sud de Lalla Khadîdja du Djurdjura (Lapie et Maige, 1914 ; Hadjadj-aoul, 1995).

### I.6. Description botanique de *Tetraclinis articulata*

*Tetraclinis articulata* (Vahl) Masters, couvre de grandes superficies dans les basses montagnes d'Algérie. Arbre ou arbuste persistant qui peut atteindre 15 m d'altitude et un mètre de diamètre, à la couronne large et à l'écorce brun grisâtre. Feuilles imbriquées, sur 4 rangs, squamiformes. Les feuilles des jeunes sujets sont des aiguilles bleutées de 1-2 cm de longueur. Les feuilles adultes sont persistantes, opposées, sensiblement verticillées par quatre, enveloppant les tiges et inégales; une paire de feuilles est en forme d'écaille triangulaire et luisante. Cônes fructifères quadrangulaires de 10 à 12 mm de diamètre, solitaires et terminaux, bruns, avec 4 écailles ligneuses, triangulaires, avec des graines aillées. Les rameaux sont dressés et minces. Les petites branches sont plates, vertes, articulées selon la disposition des feuilles. Elles sont minces, flexibles, cassantes aux articulations formées entre les feuilles. Les fleurs mâles sont groupées en chatons à l'extrémité des rameaux courts; les fleurs femelles sont groupées sur les rameaux latéraux. Le fruit sensiblement globuleux est constitué de quatre écailles ligneuses en forme de cœur, de 1 à 2 cm de diamètre. La graine est petite, avec des poches de résines et deux ailes latérales. Le tronc est droit, l'écorce gris clair, plus sombre avec l'âge et fendillée longitudinalement. Le système racinaire est développé et puissant (Rached, 2009).

### I.7. Etymologie

*Tetraclinis articulata* a plusieurs noms à travers le monde

- **Nom commun (France)** : Thuya de Berbérie, Thuya articulé, Thuya d'Algérie, Sandarac (Bärtels, 1998 ; Brosse, 2004 ; Farjo, 2010).
- **Nom Arabe** : Aaraar (عرعار) , Sandarus (سنضروس) , Araar berboush (عرعار بربوش) , Shajarat-el-hayat (شجرة الحياة) (Abi Faraj, 2005 ; Baba-Aissa, 2011).
- **Nom Latin** : « *Tetraclinis articulata* (Farjo, 2010 ; Farjon et Filer, 2013).
- **En anglais** : Cartagena cypress (Buhagiar et al., 2000 ; Barbary Thuya (El Bouhtoury-Charrier et al., 2009) ; Sandarac tree (El Bouhtoury-Charrier et al., 2009 ; Ben Jemia et al., 2012).
- **Noms scientifiques** : *Tetraclinis articulata* (Vahl) Masters ; *Callitris quadrivalvis* Vent. ; *C. articulata* (Vahl) Link (Quézel et Santa, 1962) ; *Thuja articulata* (Vahl) (Buhagiar et al., 2000 ; ElBouhtoury-Charrier et al., 2009).

### **I.8. Description systématique de *Tetraclinis articulata***

- Embranchement : Spermaphytes
- Sous Embranchement : Gymnospermes
- Classe : Conifères
- Ordre : Coniférales
- Sous ordre : Taxales
- Famille : Cupressacées
- Genre : *Tetraclinis*
- Espèce : *Tetraclinis articulata*(Vah)

### **I.9. Description géomorphologiques**

#### **I.9.1. Climat :**

*Le thuya* est une essence de lumière thermophile et xérophile marquée par ses faibles exigences en eau, de 300 à 500 mm par an. Son optimum écologique est lié à l'étage bioclimatique semi-aride à variante tempérée douce, et très chaude ; il se développe aussi en étage sub-humide à variante chaude, douce et tempérée sur sol filtrant (calcaire) ; il craint les froids humides et préfère les expositions chaudes (**Quézel, 2000**).

#### **I.9.2. Sol :**

*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.9.3. Altitude :

L'espèce de *T. articulata* est située dans les fentes larges des roches, entre le niveau de la mer et 1500 m d'altitude (Tahraoui, 2014).

## I.10. Description morphologique

### I.10.1. Aspect générale

L'espèce de *T. articulata* est un arbre de 5-8m de hauteur et 0,30 m de diamètre en Moyenne, parfois de 12-15m de hauteur pour 0,50 m de diamètre (Bärtels, 1998 ; Tassin, 2012), quelques vieux sujets peuvent aller jusqu'à 20 m de hauteur pour 1m de diamètre mais cela reste très rare. L'arbre possède souvent deux ou plusieurs troncs à la base (Hadjadj et al., 2009) (Figure2). Le port est conique, aux ramifications érigées, aux ramilles écailleuses disposées sur un même plan et verticalement aplaties. Le tronc parfumé fournit un bois marron clair finement strié de veines parallèles (Sibony, 2004). Ces branches sont denses, érigées et aux ramules divisés en articles aplatés (Figure 4).

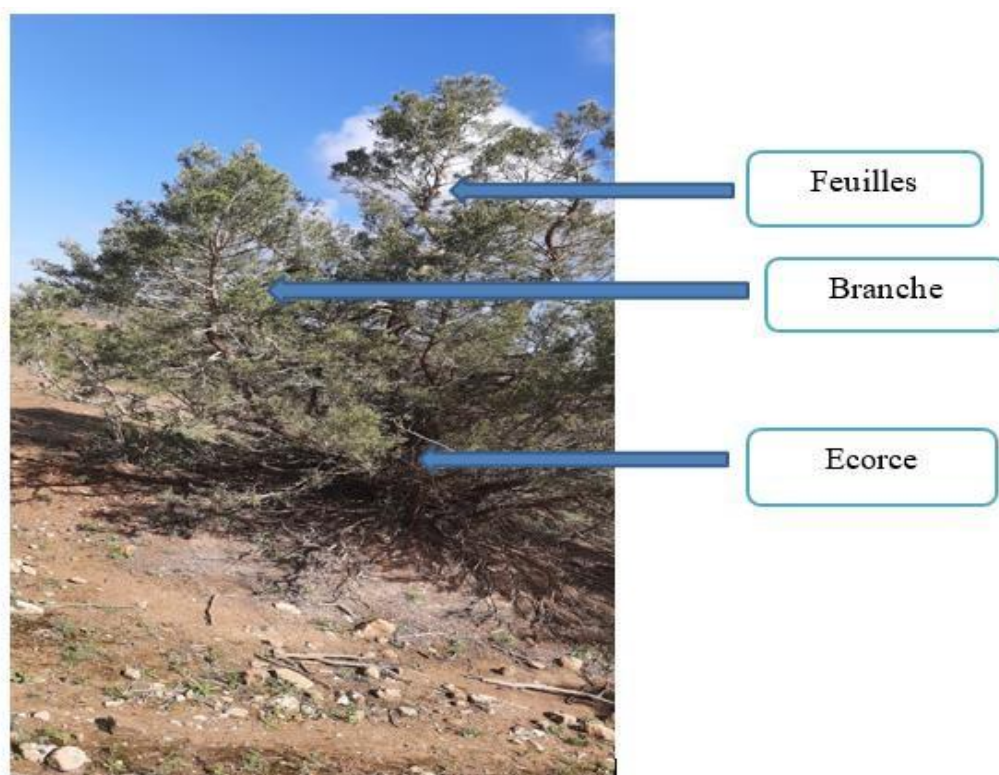


Figure 1 : Aspect général de *Tetraclinis articulata* (Originale, 2022).

### I.10.2. Ecorce

L'écorce de *T. articulata* (**Figure 2**) est brune rougeâtre, épaisse résistante au feu, anguleux et partagée en compartiment réguliers (**Bärtels, 1998 ; Brosse, 2004**).



**Figure 2 :** Ecorce de *Tetraclinis articulata* (**Originale, 2022**).

### I.10.3. Rameaux et feuilles

Les rameaux de *T. articulata* sont verts, aplatis et couverts par les feuilles, ils sont articulés, d'où le nom de *T. articulata* (**Quezel et Medail, 2003**) (**Figure4**). Les feuilles sont squamiformes, aplatis et pointues et sont groupées par quatre, les feuilles latérales plus grosses que les feuilles basales, les pointes libres en forme d'écailles et aigués (**Bärtels, 1998 ; Brosse, 2004**) (**Figure4**).





**Figure 3 :** Rameaux et Feuilles de *Tetraclinis articulata* (Originale, 2022).

#### I.10.4. Fruit (Cônes)

Les cônes sont petits arrondis de 10-12mm de diamètre, glauques et cireux, formés de 4 écailles ligneuses triangulaires, mucronés sur le dessus. Les écailles s'écartent les unes des autres à maturités, libérant des graines ailées (Bärtels, 1998 ; Brosse, 2004).

L'ouverture des cônes, qui reste comme pour beaucoup d'espèces conditionnée par la chaleur, n'a lieu qu'à la fin de l'été (Hadjadj et al., 2009) (Figure 4).



**Figure 4:** Cônes de *Tetraclinis articulata*(Originale, 2022).

### I.10.5. Floraison

La plante est monoïque, elle fleurit au début du printemps (mars), et fructifie en été (juin-juillet), la maturation des fruits est presque totale en juillet (**Quezel et Medail, 2003**).

Cette fructification commence vers l'âge de 15 ans et se répète tous les deux à trois ans jusqu'à un âge très avancé (**Hadjadj et al., 2009**).

### I.11. Importance Economique Du Thuya

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 fabrique 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**).

Les madriers et loupes constituent le bois d'œuvre destiné à la production d'objets artisanaux.

Le goudron végétal, préparé par distillation des racines et du collet, est employé en pharmacie vétérinaire (**Benabid, 1976**). La Tétracлинаie a un rôle considérable aussi dans la production de miel, car elle est riche en lamiacées (*Thymus algeriensis* Boiss. & Reut., *Artemisia herba-alba* Asso, *Lavandula dentata* L., etc.). Elle permet un rendement élevé en nectar, ce qui donne au miel qui en résulte une admirable qualité.

Le thuya présente également un grand intérêt pour les reboisements des terrains médiocres, c'est une essence locale qui s'accommode au climat sec déshérité, très rustique et offre le grand avantage de rejeter de souche (**Boudy, 1952**).

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 sére et pivotant (**Ayache, 2007**). Au Maroc, le thuya joue un rôle essentiel dans la protection des sols.

En effet, cette espèce constitue des peuplements bien venants dans des conditions très difficiles comme celle des dunes d'Essaouira (**D.R.E.F., 2002**).

Les populations locales utilisent cette essence dans la médecine traditionnelle en raison de ces multiples effets thérapeutiques, 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 infantiles (**Bourkhiss et al., 2016**).



### **I.12. L'utilisation de *Tetraclinis articulata***

L'espèce de *Tetraclinis articulata* ou *Thuya de Barbarie*, est un arbre monoïque qui appartient à la famille des *Cupressacées* ( **Hadjadj , Letreuch, 2017 ; Zahir , Rahmani , 2020**), constitue un élément important dans la végétation forestière nord-africaine.

Cet arbre joue un rôle socio-économique important dans le domaine de l'artisanat, et ce grâce à son bois de grande valeur employé en ébénisterie et à son écorce riche en résine dont les extraits sont utilisés dans la fabrication de certains vernis ( **Montassir et al., 2017 ; Mhirit et Benchekroun, 2006**).

Par ailleurs, cette essence forestière est très utilisée en médecine traditionnelle en raison de ses multiples effets thérapeutiques. En effet, différentes parties du *thuya* sont préconisées dans le traitement des infections intestinales, des douleurs gastriques, des maladies respiratoires, du diabète, de l'hypertension et de la fièvre ( **Zahir et Rahmani, 2020**). Ces utilisations relèvent que les extraits ou les huiles essentielles (HE) de *Tetraclinis articulata* possèdent des composés actifs qui exercent de nombreuses activités biologiques ( **Dane et al., 2015 ; El-Jemli et al., 2016 a ; Montassir et al., 2017 ; Rached et al., 2018 ; Sadiki et al., 2018** ).

En effet, plusieurs activités biologiques ont été rapportées pour les extraits et les HE de *Tetraclinis articulata*, notamment des activités anti-oxydantes, antibactériennes, antifongique, anticorrosion, cytotoxiques, insecticides, leishmanicides, anti-inflammatoires, anti-diarrhéiques, vasorelaxantes et protectrices. Cependant, d'autres investigations concernant la toxicité, la pharmacocinétique et la pharmacodynamique de *Tetraclinis articulata* et de ses principaux composés bioactifs sont nécessaires pour valider son utilisation pharmacologique. *Tetraclinis articulata* contient également certains éléments nutritionnels tels que des composés minéraux, du sucre et des protéines qui pourraient indiquer son utilisation potentielle dans le domaine nutraceutique. Toutes ces propriétés de *Tetraclinis articulata* ont un intérêt économique majeur qui est effectivement utilisé dans la fabrication de vernis de luxe, de produits pharmaceutiques et dans d'autres usages industriels, il est généralement utilisé sous forme de poudre pour préparer la surface de certains papiers ( **Hadjadj et al., 2017**).

### **I.13. Usage thérapeutique de *Tetraclinis articulata*:**

Cette essence forestière est très utilisée en médecine traditionnelle en raison de ses multiples effets thérapeutiques.

En effet, différentes parties du thuya sont préconisées dans le traitement des infections intestinales, des douleurs gastriques, des maladies respiratoires, du diabète, de l'hypertension et de la fièvre (**Zahir et al., 2020**). Il est conseillé également comme anti-diarrhéique, fébrifuge, diurétique, antirhumatismal et hypoglycémiant oral (**Bellakhdar et al., 1982 ; Ait Igri, 1990 ; Bellakhdar et al., 1991 ; Ziyat et al., 1997 ; Farjon, 1998**).

Par ailleurs, une décoction de poudre des rameaux mélangée à la poudre de l'écorce de *Pistachier lentisque* (*Pistacia lentiscus 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 (**Salhi et al., 2010**) ainsi que pour guérir des contusions et des blessures (**Djouahri et Boudarene, 2012**).

Les feuilles en poudre associées au henné (*Lawsonia inermis L.*) sont appliquées en cataplasme, sur le cuir chevelu comme adoucissant et comme traitement antichute (**Lahsissene et al., 2009 ; Salhi et al., 2010**). En usage externe, les feuilles sont utilisées sur les blessures et sur la plaie ombilicale du nouveau-né, comme cicatrisant (**Bellakhdar, 1997**).

# *Chapitre II*

Les composés phénoliques

## II.1. Définition de la phytochimie

Chimie des substances naturelles : Etude du métabolisme, de la structure, du rôle des substances produites par les végétaux. (Boutefnouchet, 2017).

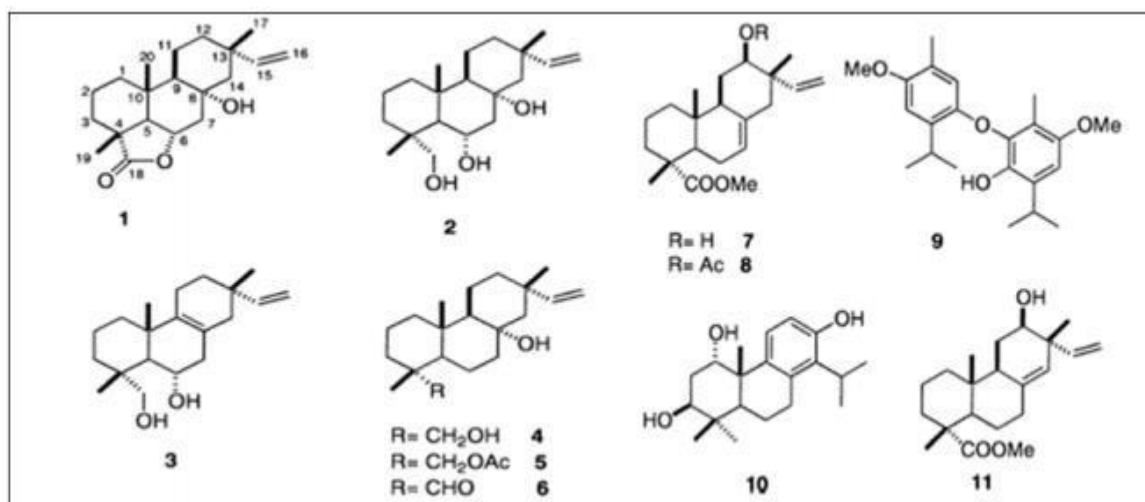
## II.2. Description des métabolites secondaires

Dans le monde végétal, les molécules naturellement synthétisées peuvent être classifiées en deux grandes catégories. En premier lieu, il y a des composés qui sont produits dans toutes les cellules et qui jouent un rôle central dans le métabolisme et la reproduction de ces cellules.

Ces molécules comprennent les acides nucléiques, les acides aminés communs, les acides gras et les sucres. Ils sont connus sous le nom de métabolites primaires. En second lieu, il y a des molécules qui peuvent être parfois caractéristiques de certaines familles et/ou espèces végétales et qui ne sont pas indispensables à la survie de la plante. Ces molécules correspondent aux métabolites secondaires qui peuvent être classés en trois grands groupes : les huiles essentielles (terpènes), les polyphénols, et les alcaloïdes (Guignard, 2006).

La plupart des métabolites primaires exercent leurs effets biologiques au sein de la cellule ou de l'organisme qui est responsable de leur production, tandis que les métabolites secondaires, bio-synthétisés en réponse un stress biotique et/ou abiotique, ont la particularité d'avoir des effets biologiques sur d'autres organismes, d'où leur intérêt dans les domaines cosmétique, pharmaceutique et agronomique (Guignard, 2006). Comme mentionné ci-dessus, ces molécules sont synthétisées par les plantes en réponse aux variations de leur environnement proche. Leur teneur peut donc être fortement influencée au sein de la plante avec parfois des localisations spécifiques.

Les études phytochimiques antérieures montrent que les huiles essentielles des différents organes du *Tetraclinis articulata* (Vahl) Master sont composées en majorité de monoterpène, diterpènes et sesquiterpènes. Quant à la fraction non volatile, elle est composée de tannins catéchiques, de flavonoides (flavones et flavanones sans hydroxyle en 5, flavonols substitués en 3 et sans hydroxyle en 5, flavonols possédant un hydroxyle en déhydroxyflavonols ou flavonols substitués en 5). Différentes diterpènes ont été identifiées. Leurs structures sont représentées dans la figure suivante (Djouahri, 2013).



**Figure 5:** Structure des diterpénoides identifiés dans les différents organes du *Tetraclinis articulata* (Vahl) Masters (Djouahri, 2013).

### II.3. Présentation de quelques métabolites secondaires

Les produits des métabolites secondaires se trouvent dans toutes les plantes, depuis les racines jusqu'aux fruits, ce qui signifie qu'ils n'exercent pas de fonction directe au niveau des activités fondamentales de l'organisme végétal, comme la croissance ou la reproduction. Ce sont des composés organiques qui, à la différence des métabolites primaires, ne sont pas présents de façon permanente chez les plantes. Ils constituent, souvent, les principes actifs des végétaux (Naas, 2008).

#### II.3.1. Les polyphénols

##### Définition

Les composés phénoliques ou les polyphénols constituent une famille de molécules très largement répandues dans le règne végétal. Sont des produits du métabolisme secondaire des plantes, depuis les racines jusqu'aux fruits. Ce qui signifie qu'ils n'exercent pas de fonctions directes au niveau des activités fondamentales de l'organisme végétal, comme la croissance, ou la reproduction (Fleuriel, 1982 ; Yusuf, 2006).

Les polyphénols sont des produits de la condensation de molécules d'acétyl- coenzyme A et de phénylalanine. Cette biosynthèse a permis la formation d'une grande diversité de molécules qui sont spécifiques d'une espèce de plante, d'un organe ou d'un tissu partiulaire (Nkhili, 2009).

Ils ont largement distribués et comportant au moins 9000 structures connues différentes (Bahorun, 1997). Ces corps jouent un rôle fondamental car sont des éléments importants de

qualité sensorielles (couleur et caractère organoleptiques) et nutritionnelles des végétaux, tels que les légumes, les fruits, les céréales ou les fruits secs, ainsi que dans les boissons, café, le cacao ou le thé. Une alimentation équilibrée fournit à l'homme environ un gramme de polyphénols chaque jour, soit dix fois plus que de vitamine C et 100 fois plus que de caroténoïdes ou vitamine E (Scalbert *et al.*, 2005).

### Structure chimique

La structure chimique des polyphénols est comparable à tous les polyphénols. Ils sont caractérisés par un ou plusieurs noyaux aromatiques hydroxylés. Les polyphénols sont classés en différents groupes en fonctions du nombre de noyaux aromatiques qui les composent et des substitutions qui les relie (Manallah, 2012) (figure 6).

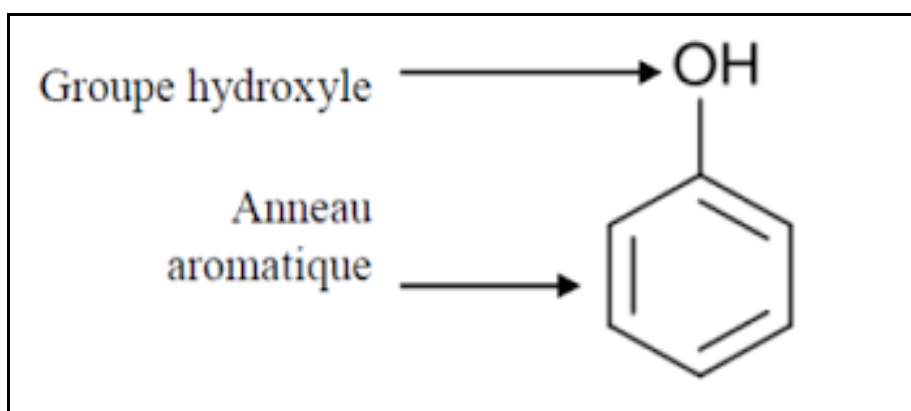


Figure 6 : Structure chimique des polyphénols (Yeza, 2013).

#### II.3.1.1. Les coumarines

Les coumarines appartiennent à une famille répandue de métabolites végétaux appelés les benzopyrannes, avec plus de 1500 représentants dans plus de 800 espèces (Tiwari, 2015). Chez les plantes, ces composés peuvent être présents dans les téguments,

Les fruits, les fleurs, les racines, les feuilles, les tiges, bien qu'en général la plus grande concentration se trouve dans les fruits et les fleurs (Tiwari, 2015). Leurs rôles chez les plantes semblent être principalement liés à la défense, compte tenu de leurs propriétés antimicrobiennes, anti-UV et anti-germinatives (Tiwari, 2015).

Les coumarines sont des composés aromatiques dérivant de l'acide O-hydroxy-Z-cinnamique. Connue dans la nomenclature internationale comme I-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

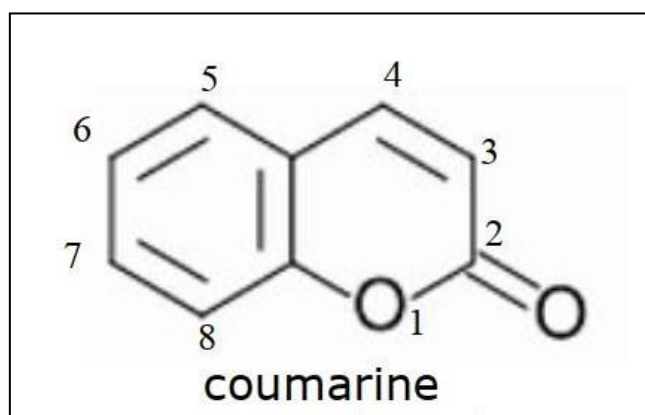


Figure 7 : Structure des coumarines (Zerrouki, 2009).

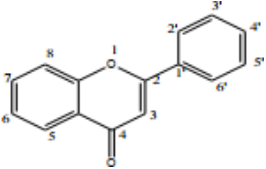
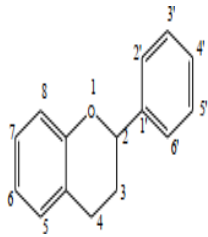
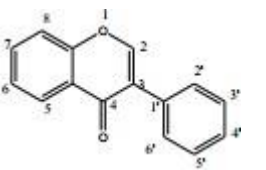
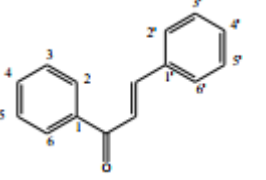
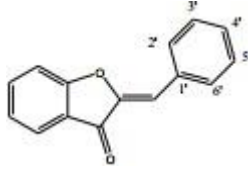
### II.3.1.2. Les flavonoïdes

Les flavonoïdes constituent une énorme classe de produits naturels phénoliques. Présents dans la plupart des tissus végétaux, souvent dans des vacuoles, les flavonoïdes peuvent se présenter sous forme de monomères, de gradateurs et d'oligomères supérieurs (Tiwari, 2015).

Les flavonoïdes comprennent un ensemble diversifié de composés et remplissent un large éventail de fonctions. Des flavonoïdes spécifiques peuvent également fonctionner pour protéger les plantes contre l'irradiation UV-B (Tiwari, 2015).

Les flavonoïdes sont constitués de divers groupes de métabolites végétaux qui comprennent les chalcones, les aurones, les flavones, les isoflavonoïdes, les flavonols, les leucoanthocyanides, les catéchines et les anthocyanines (Tiwari, 2015).

Tableau 1 : Classification des flavonoïdes (Ababsa, 2017).

CLASSES		Nom de la famille	Nom	Hydroxylation
Dérivés	Structure			
Phenyl-2-chromone		Flavone Flavonol Flavanone (C <sub>2</sub> -C <sub>3</sub> liaison simple)	Apigénine Myricétine Butine	5, 7, 4' 3, 5, 7, 3', 4', 5' 7, 3', 4'
Phenyl-2-chromone		Catéchines (flavanols-3)	Gallocatechine	5, 7, 3', 4', 5'
Phenyl-3-Chromone		Isoflavone	Genisteine	5, 7, 4'
Chalcone		Chalcone	Buteine	3, 4, 2', 4°'
Aurone		Aurone	Aureusidine	4, 6, 3', 4'



### II.3.1.3. Les Anthocyanes

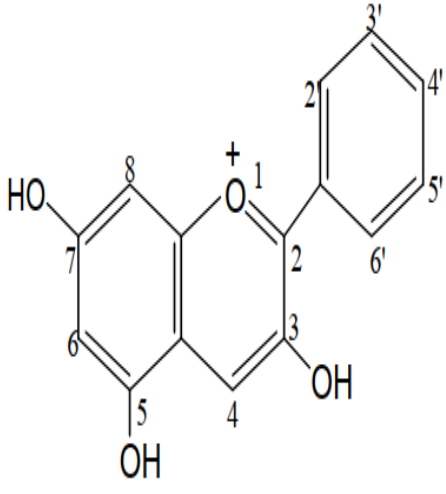
Les anthocyanes du grec antos : fleur et kuanos : bleu violet, fait partie de la famille des flavonoïdes, capables d'absorber la lumière visible, colorent les plantes en bleu, rouge, rose, ou orange (**Pascal, 1968 ; Harbone et al., 1967 ; Bruneton, 1999**).

Les anthocyanes sont caractérisés par des pétales des fleurs, des fruits et des baies rouges ou bleues. Elles sont localisées dans les vacuoles des cellules épidermiques qui sont de véritables poches remplies d'eau (**Mc-Clure, 1979 ; Harbone, et al., 1988**).

Les anthocyanes ont une structure de base commune : la cation flavylium ou les 2-phényl-1-benzopyrilim (**Mc-Clure, 1979 ; Harbone, et al., 1988**).

Quelques exemples d'anthocyanes 3, 5, 7 hydroxylés sont donnés dans le tableau suivant :

**Tableau 2** : Exemple d'anthocyanes 3, 5, 7 hydroxylés (**Zerrouki, 2009**).

	anthocyane	3	4	5
	pélagonidine	H	OH	H
	cyanidine	OH	OH	H
	malvidine	OCH <sub>3</sub>	OH	OCH <sub>3</sub>

### II.3.1.4. Les quinones

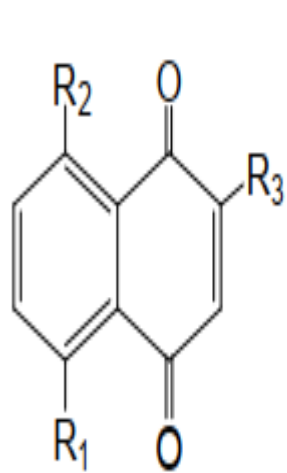
Les quinones sont des composés du benzène dans lequel deux atomes d'hydrogène du noyau sont remplacés par deux atomes d'oxygène (**Bruneton, 1999**).

La benzoquinone ou la quinone est l'un des deux isomères du cyclohexadienedione de formule moléculaire  $C_6 H_4 O_2$ .

La quinone est également le nom donné à la classe des composés contenant l'un ou l'autre des isomères de la benzoquinone. Les quinones ne sont pas aromatiques, mais sont des diènes.

Les quinones sont classées en benzoquinones, naphthoquinones, anthraquinones, anthracyclinones selon le noyau présent dans la molécule (**Charles, 1997**).

**Tableau 3** : Quelques exemples de quinones (**Zerrouki, 2009**).

	Quinone	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>
	Plumbagone	OH	H	CH <sub>3</sub>
	Juglone	OH	H	H
	Lawsonie	H	H	OH

Les quinones libres sont solubles dans les solvants organiques et insolubles dans l'eau. Leurs hétérosides sont solubles dans l'eau et les solutions hydro alcooliques et absorbent dans le domaine UV (**Bruneton, 1999**).

### II.3.1.5. Les tanins

Les tanins sont des composés qui ne sont pas présents dans les tissus végétaux à l'état libre ou sous forme de combinaison simple (hétérosides ou esters), mais sous forme de polymères ayant des structures plus ou moins complexes (**Bruneton, 1999**).

En plus des réactions classiques des phénols, ils ont la propriété de précipiter les alcaloïdes, la gélatine et de rendre la peau imputrescible en se fixant sur les protéines (**Bruneton, 1999**).

L'expression tanin groupe sous ce nom un ensemble de corps qui possèdent certaines propriétés communes, mais qui n'ont pas forcément des analogies de structure.

Il existe deux groupes de tanins différents par leur structure aussi bien que par leur origine biosynthétique :

Les tanins hydrolysables sont caractérisés de dicotylédones, rencontrés notamment chez les Rosidae, dans tous les organes (racine, tige, feuille, fruit avant maturité).

Les tanins condensés rencontrés chez l'ensemble des végétaux : des fougères aux plantes à fleurs complexes (**Guignard, 2000**).

#### II.3.1.5.1. Tanins hydrolysables

Les tanins hydrolysables donnent par hydrolyse un ose et un nombre variable de molécules d'acide phénolique, acide gallique ou acide ellagiques (**Bruneton, 1999**).

Les tanins hydrolysables sont des esters de glucides et d'acides phénols, ou de dérivés d'acides phénols. La molécule glucidique est en général du glucose mais dans certains cas des polysaccharides ont été identifiés (**Ribéreau, 1968**).

Ces tanins se différencient en tanins galliques (ou gallotanins) qui donnent uniquement de l'acide gallique par hydrolyse et en tanins ellagiques (ou ellagitanins) qui, dans les mêmes conditions, donnent à côté de l'acide gallique, différents dérivés de l'acide gallique, parmi lesquels l'acide ellagique est le plus important (**Pascal et al, 1968**).

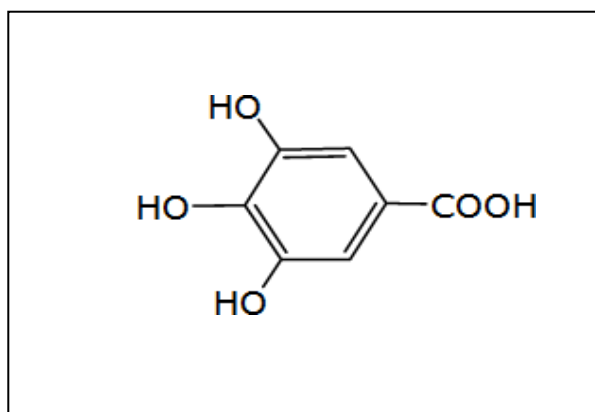


Figure 8 : Acide gallique

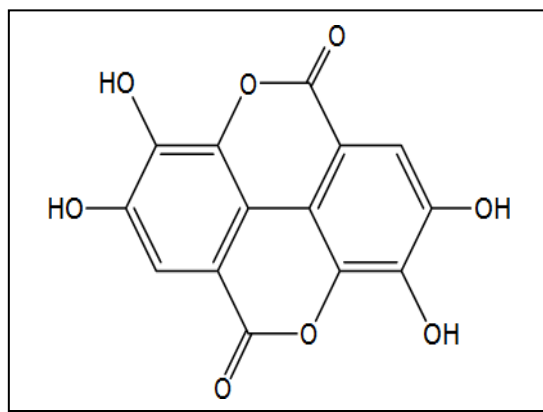


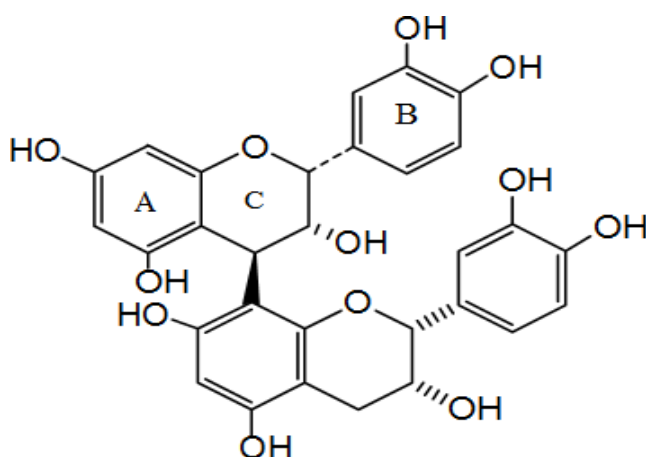
Figure 9 : Acide ellagique.

Les tanins galliques sont constitués d'un noyau central -le glucose- et de chaînes latérales (en position 1, 2, 3, 4, ou 6 du glucose) comprenant à un monomère d'acide gallique.

Les tanins ellagiques sont des molécules complexes et rigides, constitués par des liaisons carbone-carbone entre les noyaux benzéniques de l'acide gallique et une molécule de glucose (**Bruneton, 1999**).

### II.3.1.5.2. Tanins condensés ou proanthocyanidoles

Ce sont des polymères constitués par des unités de flavan-3-ols (catéchol, épicatechol,...) liées entre elles par des liaisons carbonées – carbone le plus souvent  $4 \rightarrow 8$  ou  $4 \rightarrow 6$ . Ils ont un faible degré de polymérisation (<50). Les dimères appelés procyanidoles sont très répandus (**Bruneton, 1999**).

Figure 10 : Exemple de structure de tanins condensés (**Zerrouki, 2009**).

### II.3.2. Acides phénoliques

Les plantes produisent une grande variété de produits secondaires contenant un groupe phénol, et un groupe de fonctionnement hydroxyle (Saurbh, et *al.*, 2015) et possédant au moins une fonction carboxylique, dérivés de l'acide benzoïque (C<sub>6</sub> – C<sub>1</sub>) ou de l'acide cinnamique (C<sub>6</sub> – C<sub>3</sub>) (Zerrouki, 2009)

### II.4. Importance et fonctions naturelles des métabolites secondaires

Les métabolites secondaires, caractéristiques des plantes, sont particulièrement importants et peuvent protéger les plantes contre une grande variété de microorganisme (virus, bactéries, champignons) et d'herbivores (arthropodes, vertèbres) (Wink, 1988).

Les composés phénoliques sont considérés comme substance phytochimique avec des effets prébiotiques, antioxydants, de chélation et anti-inflammatoire. Leur toxicité est faible et considérée comme non toxique (Postova et *al.*, 2003).

# *Chapitre III*

## Matériels et Méthodes

### III.1. Objectif principal

Ce travail est réalisé afin d'effectuer une analyse phytochimique des extraits aqueux, méthanoïques et éthanoïques de *Tetraclinis Articulata*, et cela à travers le dosage des polyphénols totaux de ces différents extraits.

### III.2. Matériels végétal

Cette étude se fait sur la partie aérienne de *Tetraclinis Articulata*, spécifiquement sur les feuilles, les échantillons ont été récoltés durant le mois d'Avril, dans la région de Sidi- Bakhti, wilaya de Tiaret.



**Figure 11** : Plante de *Tetraclinis articulata* (originale, 2022).

### III.3. Préparation de matériel végétale

La récolte s'est faite sur la partie aérienne de l'arbre, à savoir les feuilles saines. Le séchage était à l'air libre et à l'abri de la lumière pendant deux semaines, pour éviter toute dégradation des constituants chimiques. Une fois ces feuilles sèches, elles sont rendues en poudre en utilisant un broyeur électrique. La conservation est à température ambiante et l'abri de la lumière.



Figure 12 : Poudre de *Tetraclinis articulata* (originale, 2022).

### III.4. Préparation des extraits

#### III.4.1. Extrait aqueux

L'extrait aqueux (EAq) a été préparé en ajoutant 10g de poudre de *Tetraclinis articulata* dans 100 ml d'eau distillée par homogénéisation dans un agitateur pendant 24h à l'obscurité.

L'homogénat obtenu a été filtré successivement trois fois sur papier filtre.

La phase aqueuse obtenue a été déshydratée à l'aide d'une étuve à température de 55°C. L'extrait aqueux a été déterminée selon la méthode décrite par (Zirihi et al., 2003)

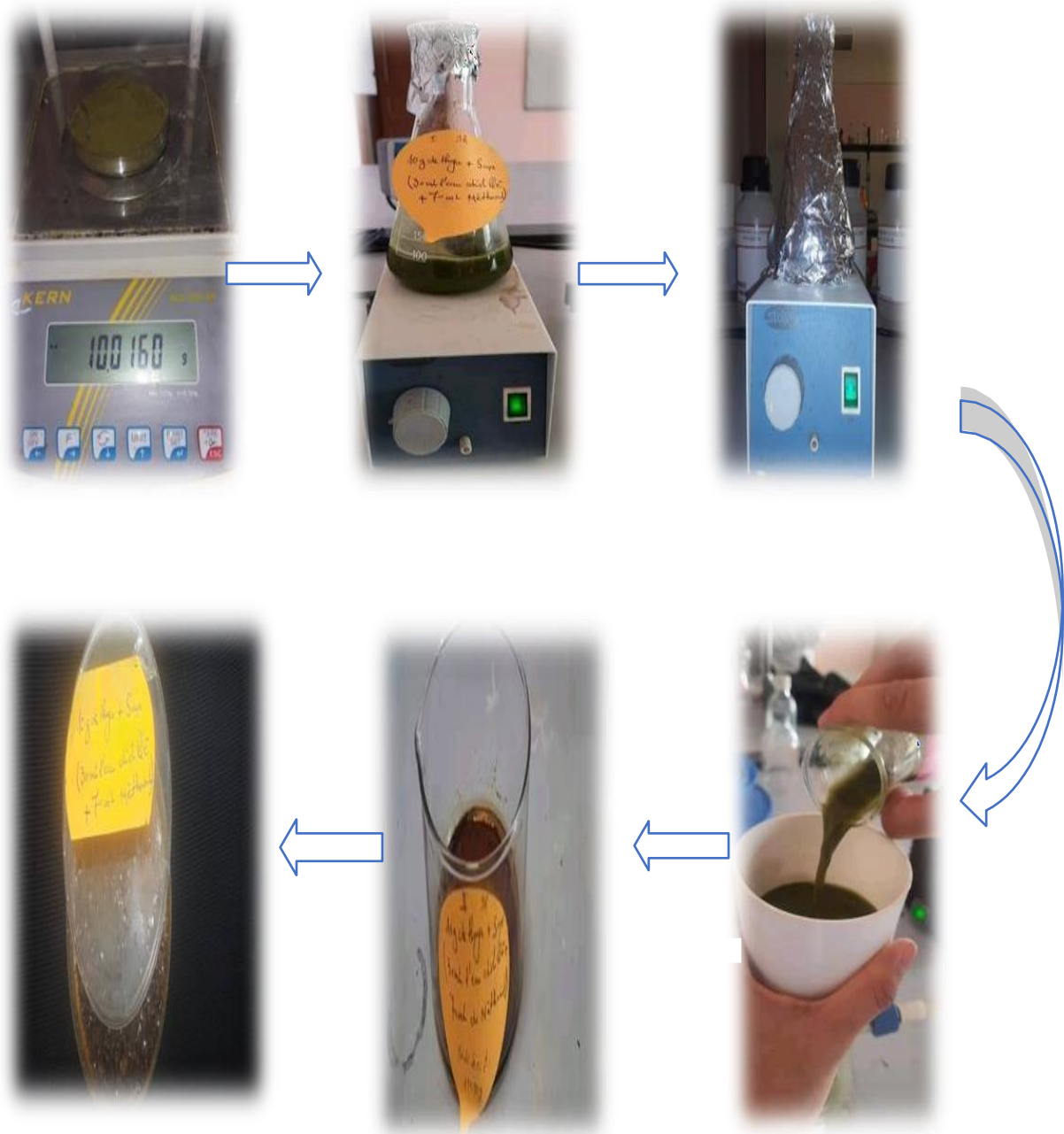




**Figure 13** : les étapes de preparation de l'extrait aqueux (originale, 2022).

### III.4.2. Extrait méthanolique

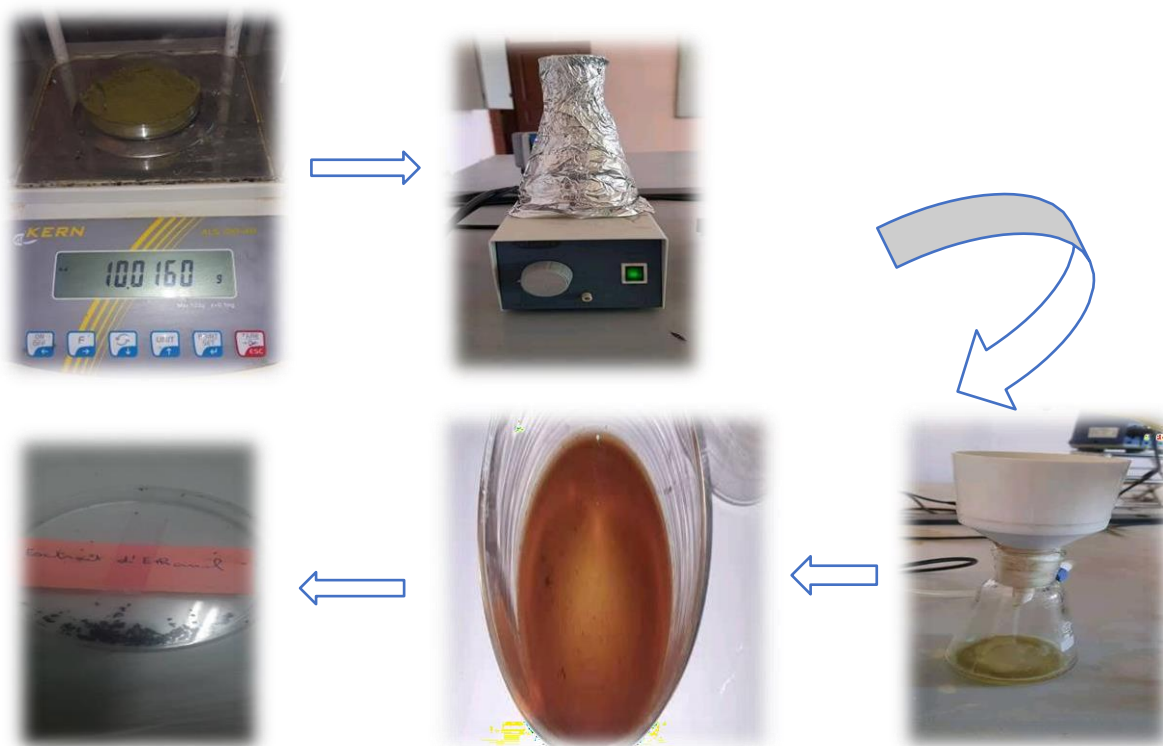
L'extrait méthanolique a également été préparé selon la méthode de (Zirihi et al., 2005). Pour la préparation de l'extrait méthanolique, dix grammes (10g) de poudre de *Tetraclinis articulata* ont été mélangés avec 100 ml de méthanol dilué (70 ml de méthanol + 30 ml de l'eau distillé) par homogénéisation dans un agitateur pendant 24h à l'abri de la lumière. L'homogénat obtenu a été filtré sur papier filtre. Le filtrat obtenu a été évaporé à l'aide d'une étuve à température de 55 °C.



**Figure 14 :** Les étapes de préparation de l'extrait méthanolique (originale, 2022).

### III.4.3. Extrait Ethanologique

L'extrait éthanologique a été préparé par le mac récupéré de l'extrait méthanolique avec 100 ml d'éthanol dilué (70 ml d'éthanol + 30 ml de l'eau distillé), par l'agitation pendant 24h à l'obscurité. Suivie d'une filtration sur papier filtre, l'évaporation de filtrat a été réalisé dans une étuve à température de 55 °C (Zirih et al., 2005).



**Figure 15** : les étapes de préparation de l'extrait éthanolique (originale, 2022).

### III.5. Calcul de rendement d'extraction

Le rendement est la quantité d'extrait obtenue à partir d'une matière végétale (Bssaibis et al., 2009 ; Dinzedi, 2015). Il est exprimé en pourcentage par rapport à la matière sèche utilisée (poudre végétale) et a été calculé selon la formule :

$$R (\%) = (ME / MMS).100$$

**R** : le rendement d'extrait (en pourcentage).

**ME** : la masse d'extrait obtenue (en gramme).

**MMS** : la masse de la matière sèche (en gramme).

### III.6. Dosage des polyphénols totaux

Le dosage des poly phénols totaux dans les différents extraits a été préparé par la méthode de Folin-Ciocalteu (**Singleton et al., 1999**). Le réactif de Folin-Ciocalteu est composé du mélange de phosphomolibdique ( $H_3PM_{012}O_{40}$ ) et d'acide phosphotungstique ( $H_3PW_{12}O_{40}$ ), il est réduit par les phénols en un mélange d'oxydes bleus de tungstène et de molybdène ( $MogO_{23}$ ) (**Ribéreau et al., 1972**). L'apparition de couleur bleu montre la présence de composés phénoliques donne un maximum d'absorption à 760 nm. Les concentrations des polyphénols totaux contenus dans les extraits sont calculées on se référant à la courbe d'étalonnage obtenue en utilisant l'acide gallique comme standard.

Les résultats sont exprimés en mg équivalent d'acide gallique/ par gramme de la matière végétale sèche (mg Eq d'acide gallique /g).

### III.7. Méthode de dosage des polyphénols totaux

#### III.7.1. Acide gallique

La teneur en phénols totaux a été déterminée selon la méthode décrite par (**Zemour et al., 2019**). Cette expérience a été réalisée par l'utilisation de réactif de de Folin-Ciocalteu et l'acide gallique comme standard. En suite, 500 uL de réactif de Folin-Ciocalteu et 450  $\mu$ L d'eau distillée ont été ajoutés dans un tube contenant 50  $\mu$ L d'extrait sous agitation vigoureuse. Après 3 min, 400  $\mu$ L de  $Na_2CO_3$  (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 765 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 par 10g de matière végétale sèche (mg GAE/10g de poudre).

#### III.7.2. Les Extraits :

200  $\mu$ l de chaque extrait à été mélangés à 1 ml de réactif de Folin-Ciocalteu dilué 10 fois et à 2 ml de  $H_2O$ , et incubé à température ambiante pendant 4 minutes. Après l'addition de 0,8 ml de bicarbonate de sodium de 7,5% au mélange, les polyphénols totaux étaient déterminés après 2 heures d'incubation à la température ambiante. L'absorbance de la couleur bleue en résultant a été mesurée au  $\lambda_{max} = 765$  nanomètres avec un spectrophotomètre.

La quantification a été faite en ce qui concerne la courbe standard de l'acide gallique. Les résultats ont été exprimés en milligrammes d'équivalents d'acide gallique (EAG) par 10g d'extrait (Wong *et al.*, 2006).

### III.8. Calcul du taux de polyphénols totaux

L'équation suivante représente la concentration des polyphénols totaux et calculée à partir de régression de la gamme d'étalonnage établie avec l'acide gallique (AG).

Elle est traduite en mg équivalent d'acide gallique par gramme de matière sèche (mg EAG/g de matière sèche MS) :

$$T_{pt} = C.V / M$$

**T<sub>pt</sub>**: le teneur en polyphénols totaux (mg EAG/g d'extrait sec de plante ;

**C** : la 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*

Résultats et discussion

## IV.1. Calcul des rendements des extractions :

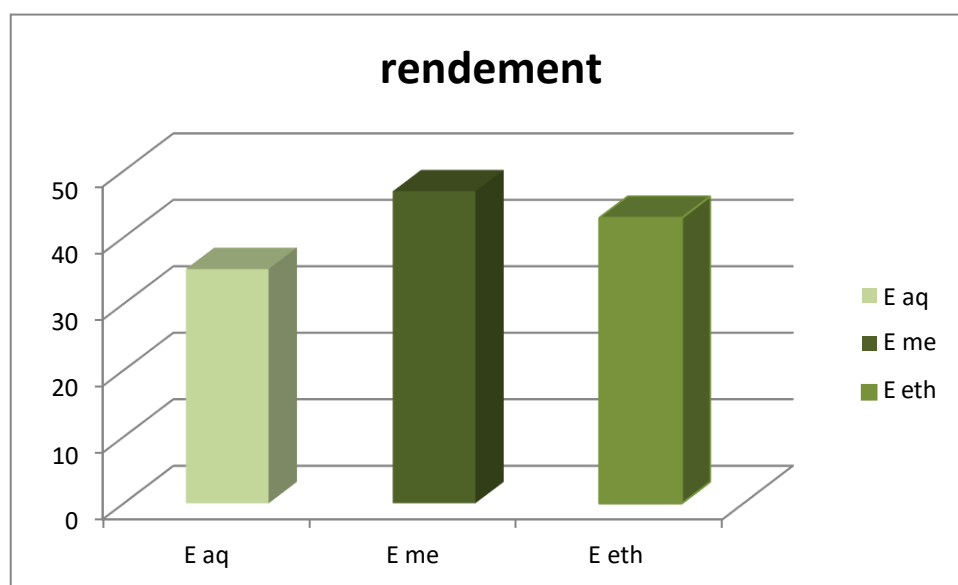
La formule suivante a été exprimée pour la détermination des rendements d'extraction :

$$R\% = \frac{\text{masse d'extrait}}{\text{masse de matière végétale sèche}} \times 100$$

Les résultats des rendements des différents extraits utilisés dans notre travail sont regroupés dans le tableau suivant :

**Tableau 04 :** Rendement des extraits en pourcentage pour les feuilles de la plante étudiée.

Extraits	Rendement%
Aqueux	35.2
Méthanolique	46.9
Ethanolique	42.9



**Figure 16 :** histogramme du rendement des extraits.

Nous pouvons remarquer à partir de ces résultats que le meilleur rendement est enregistré au niveau de l'extrait préparé avec du méthanol avec 46,9 %, suivi 42,9% et 35,2% pour les extraits éthanoliques et aqueux respectivement.

Selon le travail effectué par **El Jemli (2020)**, le taux de rendement le plus bas était celui de l'extrait aqueux avec 16,86%, cela concorde avec nos résultats.

Cette variation dans le rendement peut être due à plusieurs facteurs entre autre : la période de récolte, l'organe de la plante, la durée de séchage et la méthode d'extraction, la polarité de solvants utilisés (Salminen, 2003)

## IV.2. Dosage des polyphénols

### IV.2.1. Teneur en polyphénols totaux

Les teneurs en polyphénols totaux de l'extrait de feuille de l'espèce *Tetraclinis articulata* ont été obtenues par extrapolation des valeurs des densités optiques obtenues à 760nm pour les polyphénols totaux e par la méthode colorimétrique de folin-ciocalteu.

La courbe d'étalonnage suivante obtenu avec l'équivalent d'acide gallique (l'équation standard de la courbe :  $y = 2,4811x + 0,0718$  ;  $R^2 = 0,9991$ ) Les résultats obtenus pour la concentration des polyphénols totaux sont exprimées en mg EAG/10 g d'extrait.

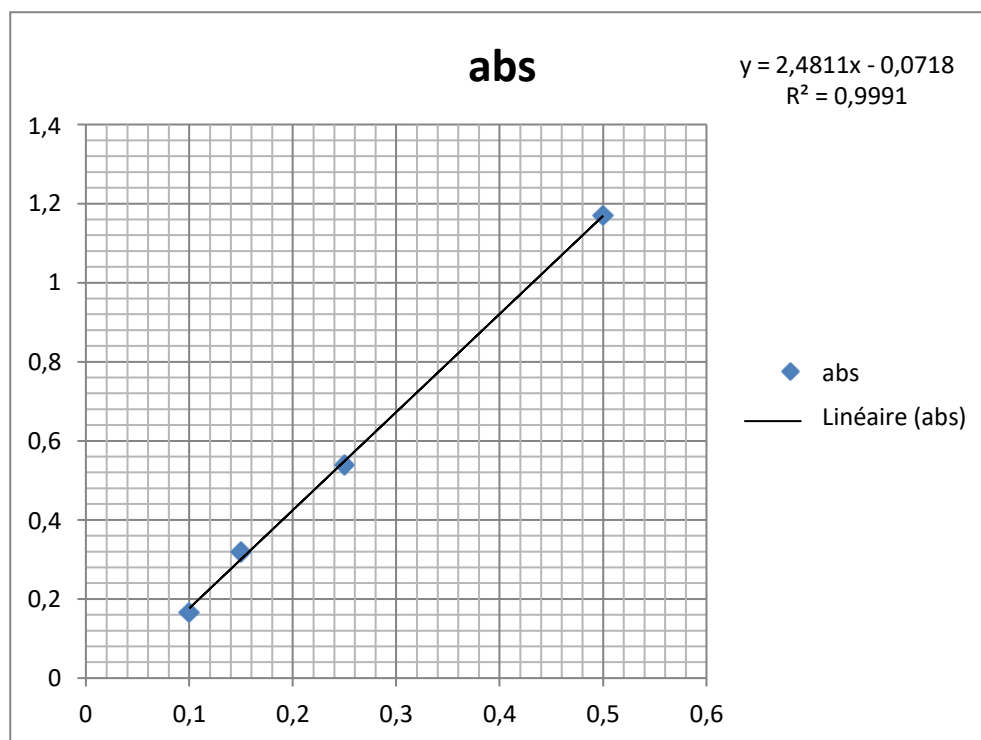


Figure 17 : Courbe d'étalonnage de l'acide gallique.

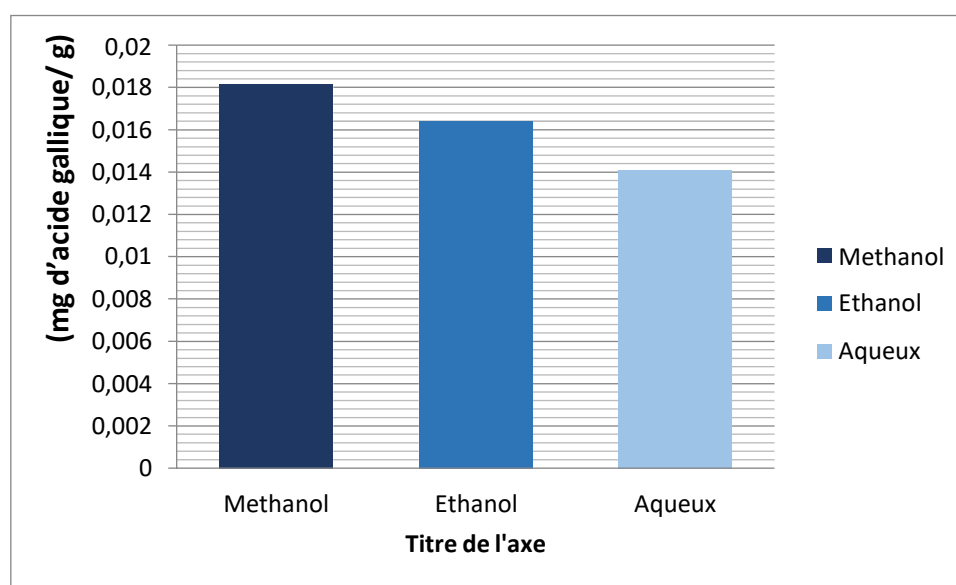
## IV.3. La teneur en polyphénols

La teneur en polyphénols des feuilles de *Tetraclinis articulata* calculée est montrée dans le tableau suivant :



**Tableau 05** : Teneurs en phénols totaux dans les extraits utilisés (aqueux, méthanolique et éthanolique)

Phase	Teneurs en phénols totaux (mg d'acide gallique/ g)
Méthanol	0,01816
Ethanol	0,0164
Aqueux	0,0141



**Figure 18** : Histogramme de dosage des polyphénols.

Les résultats du dosage des polyphénols totaux illustrés dans la figure 17, permettent de dire que les extraits préparés contiennent tous les trois des composés phénoliques ; de concentration allant de 0,01816 mg EAG/g à 0,0164 mg EAG/g pour les extraits méthanoliques et éthanoliques respectivement, et de 0,0141 mg EAG/g pour l'extrait aqueux.

Nos résultats peuvent être confirmés par les travaux réalisés par **Djouahri (2013)**, où le taux des composés phénoliques des extraits organiques obtenus par des solvants à polarité croissante, l'extrait méthanolique enregistre le taux le plus élevé (125,95 µg EAG/mg) suivi par l'extrait du dichlorométhane.

Les feuilles de *Tetraclinis articulata* sont riches en polyphénols, ces résultats sont en accord avec ceux de **wachter et al., (1999)**, qui confirment par leurs études la richesse de ces feuilles en polyphénols.

Les feuilles de *Tetraclinis articulata* sont riches en polyphénols, ces résultats sont en accord avec ceux de **wachter et al., (1999) et El Jemli (2020)**, qui confirment par leurs études la richesse de ces feuilles en polyphénols.

# *Conclusion*

## Conclusion

---

### Conclusion :

Selon l'Organisation Mondiale (OMS), environ 4000 millions de personnes utilisent les plantes médicinales. Ces plantes sont des pharmacies naturelles pour guérir nos maladies, et malgré le développement technologique considérable, les plantes médicinales n'ont jamais perdu leur charme et importance.

La flore Algérienne est très riche de ces plantes car la position géographique est très ambiante. Dans le cadre de la volarisation du monde végétal Algérien, nous nous sommes intéressé à l'étude de *Tetraclinis articulata* (vahl) Masters, qui est très présente en Afrique du Nord.

L'objectif de ce travail est de faire une caractérisation phytochimique en mesurant le taux de l'un des ces métabolites secondaires, particulièrement les composés phénoliques.

Pour cette espèce, plusieurs types d'extraits ont été préparés par macération : extrait aqueux, extrait méthanolique et extrait éthanolique.

La détermination du rendement d'extraction indique que l'extrait méthanolique a présenté le meilleur pourcentage avec 46,2% suivi de 42,9 % pour l'extrait éthanolique et finalement 35,2 % pour l'extrait aqueux.

L 'analyse quantitative de la présence des polyphénols dans les trois extraits testés a révélé que la teneur la plus élevée se trouve dans l'extrait méthanolique (0,01816 mg EAG/g) contre 0,0164 mg EAG/g pour l'extrait éthanolique, et 0,0141mg EAG/g pour l'extrait aqueux.

Ce travail peut être considéré comme un point de départ pour d'autres recherches sur l'étude phytochimique de la plante de *Tetraclinis articulata*, en utilisant d'autres solvants d'extraction et éventuellement s'intéressé aux différentes activités biologiques que peuvent avoir ces extraits.

# *Références bibliographique*

### Références bibliographique

1. **Ababsa, Z. (2017)**. Etude phytochimique et biologique de l'espèce *Tetraclinis articulata* de la famille des Cupressaceae et Synthèse d'acides aminés et de peptides thioglycosylés par couplage de Buchwald-Hartwig. Université des Frères Mentouri, Constantine. 97.
2. **Abri Faraj C, (2005)**: A guide to medicinal plants in north africa. Edition: IUCN, Malaga (Spain). P256, pp 23-25.
3. **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.
4. **Alejandro, F., Barrero, F., Del Moral, Q., Lucas, R., Paya, M., Akssira, M., Akaad, S. and Mellouki, F. (2003)** *J. Nat. Pro.*, **66**, 844-850.
5. **Ayache, F., (2007)**. Les résineux dans la région de Tlemcen (aspect écologique et cartographie). Thèse de Magistère, Univ Abou Bekr Bekaid Tlemcen, 147 p.
6. **Baba Aissa, F (2000)** : Encyclopédie des plantes utiles ( Flore d'Algérie et du Maghreb, substance végétales, d'Orient et d'occident), EDAS-Librairie Modernes- Rouiba, Algérie. 45p.
7. **Baba Aissa F, (2011)**: Encyclopédie des plantes utiles: Plantes médicinales, Plantes aromatiques et Plantes alimentaires. Flore d'Algérie( Méditerranéenne, Mghrébine et sahariennes). P471, pp 357-358.
8. **Baba Aissa, F. (1994)**. Medicinal plants in Algeria. *Identification, Description of Active Ingredient Properties and Traditional Use of Common Plants in Algeria*. Algiers: Bouchene and Ad. Diwan, 181.
9. **Benabdeli K., (1992)**. Le thuya: une essence noble en voie de disparition. *El. Ardh.* **21**:38-42.
10. **Bartels A, (1998)**: Guide des plantes du bassin méditerranée. Edition : Eugen Ulmer. P 400, pp 99.
11. **Bahorun, T. (1997)**. Substances naturelles actives. La flore Mauricienne. Une source d'approvisionnement potentielle. *Food And Agricultural Research council Mauritis.* P55, 123-37.
12. **Bellakhdar J, Claisse R, Fleurentin J, Yaunos C. (1991)** Repertory of standard herbal drugs in the Moroccan pharmacopoeia. *Journal of Ethnopharmacology*, **35**, 123-143.
13. **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.
14. **Bellakhdar J. (1997)** La pharmacopée marocaine traditionnelle. Médecine arabe ancienne et savoirs populaires-Saint-Etienne, Edition Ibis Press, 764.

## Références bibliographique

---

15. **Benabid, A., (1976).** Etude écologique, phytosociologique et sylvo-pastorale de la Tétracлинаie de l'Amisttène. Thèse 3ème cycle. Univ. Aix-Marseille III, 155 p.
16. **Benabid, A., ( 1977).** Etude sylvo-pastorale de la tétraclinaie de l'Amisittène (Maroc). ECO Medit. 3: 125-129.
17. **Ben Jemia M, Chaabane S, Senatore F, Bruno M, Kchouk ME. (2012).** Studies on the antioxidant activity of the essential oil and extract of Tunisian *Tetraclinis articulata* (Vahl) Mast. (Cupressaceae). Natural Product Research, 27, 1419-1430.
18. **Beta, T., nam S., Dexter J. E. et Saperstein H.D., (2005).** phenolic Conent and Antioxidante Activity of pearled Wheat and Roller-Milled Fractions. Journal of Cereal
19. **Boudy P. (1950).** Economie forestière Nord Africaine. Tome II : monographies et traitementdes essences forestières, Fasc. 2 : monographie et traitement du Thuya de Berbérie. Edition Larousse, 707-739.
20. **Boudy, P., (1952).** Guide du forestier en Afrique du Nord. Paris, La maison rustique, xi + 505 p.
21. **Boudy, P.,( 1950).** Economie forestière Nord Africaine. Tome II : Monographies et traitement des essences forestières, Fasc. 2 : Monographie et traitement du thuya de berbérie. Paris, Larousse, 707-739.
22. **Bourkhiss, M., Lakhlifi T., Chouach A., Ouhssine M., ( 2016).** Intérêt del'huile essentielle du thuya de berberie. Phytothérapie 14(2) : 109-111.
23. **Boussaid M, (2017).** Caractérisation des huiles essentielles de *Tetraclinis articulata* (Vahl) Masters (Thuya de Barbarie) de la région de Tlemcen et étude de leursactivités biologiques. Université de Corse. P 08.
24. **Boutefnouchet, S. (2017).** Intrapduction à la phytochimie, Methodes innovantes d'extracyion, de purification et d'identification des composés (déréplication), 2, 1-63.
25. **Brosse J, (2004):** Larousse des arbres: Dictionnaire des arbres et des arbustes. Eddition: LAROUSSE. Préface de pelt J.M. P576, pp478- 479.
26. **Brosse J, (2004):** Larousse des arbres: Dictionnaire des arbres et arbustes. Edition: LAROUSSE. Préface de Pelt J.M. P576, pp478-479.
27. **Bruneton,J, (1999).** «pharmacognosie,phytochimie, plantes »médicinales,Ed. Lavoisier. Technique et documentation, Paris, 3<sup>ème</sup> Edition, p 301-309.
28. **Buhagiari J, Podesta MTC, Cioni PL, Flamini G, Morelli I. (2000)** Essential oil composition of different parts of *Tetraclinis articulata*. Journal of Essential Oil Research, 12, 29-32.

## Références bibliographique

---

29. **Buhagiar J, Podesta MTC, Cioni PL, Flamini G, Morelli I. (2000)** Essential oil composition of different parts of *Tetraclinis articulata*. *Journal of Essential Oil Research*, **12**, 29-32.
30. **Charles A. Q., Linden, G, (1997).** « *Abrégé de biochimie alimentaire* », 4<sup>e</sup> édition, 124-125.
31. **D.R.E.F. (Direction Régionale des Eaux et Forêts), (2002).** Thuya : importance écologique et économique. *Terre et Vie* 52: 4.
32. **Dane Y., Mouhouche F., Canela-Garayoa R., Delpino-Rius A. ( 2015).** Phytochemical Analysis of Methanolic Extracts of *Artemisia absinthium* L. 1753 (Asteraceae), *Juniperus phoenicea* L., and *Tetraclinis articulata* (Vahl) Mast, 1892 (Cupressaceae) and evaluation of their biological activity for stored grain protection. *Arab J Sci Eng*, 1-12. DOI : <https://doi.org/10.1007/s13369-015-1977-2>
33. **Dellile L, (2007) :**Plante medecinale d'algerie . Eddition : BERTI . P 409, pp 5-11.
34. **Djouahri A, Boudarene L. (2012)** Antioxidant and anti-inflammatory activity of methanolic, chloroform and ethyl acetate extracts of leaves *Tetraclinis articulata* (Vahl) Masters Algerian. *International Journal of Research in Pharmacology and Phytochemistry*, **2(1)**, 7-11.
35. **Djouahri, A. (2013)** Etude Phytochimique du *Tetraclinis articulata* Algérien et Valorisation des Activités Biologiques des Extraits. Université des sciences et de la technologie Houari Boumediene, Alger 9. 86.
36. **Djouahri, A., Boudarene, L., & Meklati, B. Y. (2013).** Effect of extraction method on chemical composition, antioxidant and anti-inflammatory activities of essential oil from the leaves of Algerian *Tetraclinis articulata* (Vahl) Masters. *Industrial Crops and Products*, **44**, 32–36.
37. **El Bouhtoury-Charrier F, Hakam A, Famiri A, Ziani M, Charrier B. (2009)**Wood characterization of *Tetraclinis articulata* and evaluation of its resistance against lignilolytic fungi. The International Research Group On Wood Protection, Beijing, China.
38. **El Bouhtoury-Charrier F, Hakam A, Famiri A, Ziani M, Charrier B. (2009)**Wood characterization of *Tetraclinis articulata* and evaluation of its resistance against lignilolytic fungi. The International Research Group On Wood Protection, Beijing, China.



## Références bibliographique

---

39. **El Jemli M., Kamal R., Marmouzi I., Doukkali Boudida EH, Touati D, et al., (2016 )a.**  
Chemical composition, acute toxicity, antioxidant and anti-inflammatory activities of Moroccan *Tetraclinis articulata* L. J Tradit Complement Med; 7(3): 281-287.
40. **Farjo A et Filer D, (2010):** A handbook of the world's Conifers. Vol: 2. Edition: Brill. P1111, pp 986-987.
41. **Farjo A et Filer D, (2010):** A handbook of the world's Conifers. Vol: 2. Edition: Brill. P1111, pp 986-987.
42. **Farjo A et Filer D, (2013):** An atlas of the world's conifers: An analysis of their Distribution, biogeography, diversity and conservation status. Edition: Copyright. P 512, pp 168.
43. **Farjon A. (1998)** World Checklist and Bibliography of Conifers. In: Royal Botanic Gardens Press, Kew, London, 55-83.
44. **Fleuriet, A. (1982).** Thèse Doc. Etat, Montpellier.
45. **Guignard, J.L. (2006)** Biochimie végétale. Dunod, 2ème éd., Paris, pp. 274.
46. **H.C.E.F.L.C.D. (Haut-Commissariat des Eaux et Forêts et de Lutte Contre la Déforestation du Maroc), (2013).** Etat des ressources génétiques forestières. Rapport national. Projet TCP/RAB/3303-BABY 2, 38 p.
47. **Haddad A; Lachenal D; Marechal A ; Kaid-Harche M et Janin G, (2006) :**  
Caractéristiques papetières de la pâte de bois de Thuya de Berbérie (Algérie) (*Tetraclinis articulata* Vahl) obtenue par un procédé soude-anthraquinone. Université de Tlemcen. Algérie. Ann. For. Sci, 63, 493-498.
48. **Hadjadj A.S; Chouieb M. & Loisel R, (2009):** Effet des facteurs environnementaux sur les premiers stades de la régénération naturelle de *Tetraclinis articulata* (Vahl, Master) en Oranie, *Ecologia mediterranea*, 35:19-31.
49. **Hadjadj K., Letreuch Belarouci A., ( 2017) :** Synthèse bibliographique sur le thuya de berbérie [*Tetraclinis articulata* (Vahl) Mast.]. *Geo-Eco-Trop.* 41 (1): 13-27. Herzi N., Bouajila J., Camy S., Romdhane M., Condoret J. 2013. Comparison of different methods for extraction from *Tetraclinis articulata*: Yield, chemical composition and antioxidant activity. *Food Chemistry*, 141 (4) : 3537-3545.
50. **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.

## Références bibliographique

---

51. **Harbone. J. B., (1967).** “Comparative biochemistry of the flavonoids, Academic Press. New York, 1-30.
52. **Harbone. J. B., Grayer R., J., ( 1988).** “The flavonoids”, Advances in research since, Ed Harbone. J. B Chapman and Hall. London, p 1-20.
53. **J.B.Harbone et C.FVan sumere.** Plenum Press, New york, p 525.
54. **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.
55. **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.
56. **Letreuch-belarouci N., ( 1991).** Les reboisements en Algérie et leur perspective d’avenir. Vol. I. Alger, Office des Publications Universitaires (O.P.U.), 294 p.
57. **Lugasi, A., Hovari, G., Sagi K. V. et Biro L. (2003).** The role of antioxidante phytonutrients in the prevention of diseases. Acta Biologica Szegediensis, Vol. 47, n 1-4, p.p.119-125.
58. **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.
59. **Manallah, A. (2012).** Activités Antioxydante et anticoagulante des polyphenols de la pulpe d’olive *Olea europaea* L. Pour obtenir le Diplôme de magister, Option : Biochimie Appliquée. Université Ferhat Abbas-sétif, 87p.
60. **Mairer., (1926).** Principaux groupements de végétaux d’Algérie. Station centrale de recherche en Ecologie forestière, CNREF, I.N.R.A. d’Algérie, 7 p.
61. **Maire R., (1952).** Flore de l’Afrique du Nord (Maroc, Algérie, Tripolitaine, Cyrénaïque et Sahara). Tome XXXIII., Vol I, Paris, Paul Lechevalier, 366 p.
62. **Mc-Clure, J .WW, (1979).** ”Biochemistry of the plants phenolics” .Eds.T. Swain,
63. **Mhirit O et Blerot P, (1999) :** Le grand livre de foret Marocaine. Edition: MARADAGA. P282, pp80 -81.

## Références bibliographique

---

64. **Mhirit O., Benchekroun F., ( 2006)**. Les écosystèmes forestiers et péri-forestiers : situation, enjeux et perspectives pour 2025, Contribution au Rapport sur le Développement Humain (RDH50) Maroc, GT8-7, 397-483.
65. **Montassir L., Berrebaan I., Mellouki F., Zkhiri F., Boughribil S., Bessi H. (2017)**. Acute toxicity and reprotoxicity of aqueous extract of a Moroccan plant (*Tetraclinis articulata*) on freshwater cladoceran *Daphnia magna*. Journal of Materials and Environmental Sciences. 8(2) : 770-776.
66. **Naas née zerrouki, N. (2009)**. Contribution à l'étude phytochimique de la plante *Tetraclinis articulata* Activité biologique et biochimique de la plante. Faculté des sciences departement de chimie université d'oran. 16.102.
67. **Nkhili, Ez-zohra. (2004)**. Polyphénols de l'Alimentation : Extraction, Interactions avec les ions du Fer et de cuivre, Oxydation et pouvoir antioxydant. Diplôme de Doctorat, Spécialité : Sciences des aliments. Université Cadi Ayyad. Marrakech Université D'avignon Et Des Pays Vaucluse Ecole doctorale 306-SPSA, Montpellier. 378p.33
68. **Pascal.Riberau.Gayon, (1968)**. « les composés phénoliques des végétaux » Ed.Dinod. p173-200.
69. **Quezel P et Santa S, (2003)**: Ecologie et biogéographie de la forêt du bassin méditerranéen. Edition scientifiques et médicales Elsevier SAS, Paris. P 571, pp 28- 125.
70. **Quézel P, Médail F. (2003)** Ecologie et biogéographie des forêts du bassin méditerranéen. Editions Technique et Documentation. Edition Lavoisier, 576.
71. **Quézel P, Santa S. (1962)** Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Edition CNRS, Tome I, Paris, 1091.
72. **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.
73. **Rached W., Zeghadab F., Bennaceurb M., Barrosa L., Calhelhaa R., Helenoa S., Alvesa M., Carvalho A., Maroufe A., Ferreira I. (2018)**. Phytochemical analysis and assessment of antioxidant, antimicrobial, antiinflammatory and cytotoxic properties of *Tetraclinis articulata* (Vahl) Masters leaves. Industrial corps & product. 112 : 460-466.
74. **Rached Wahiba , (2009)**. Evaluation du potentiel antioxydants de plantes médicinales et analyses phytochimiques. Université d'Oran.ES- Sénia. P 173.
75. **Ribéreau-Gayon, P, (1968)**. « les composés phénoliques », Ed.Dunod, p 13-15.
76. **Sadiki F., El Idrissi M., Cioanca O., Trifan A., Hancianu M., Hritcu L., Postu PA. (2018)**. *Tetraclinis articulata* essential oil mitigates cognitive deficits and brain oxidativestress in an Alzheimer's disease amyloidosis model, Phytomedicine, 1-15. DOI

## Références bibliographique

---

: <https://doi.org/10.1016/j.phymed.2018.10.032>.

77. **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.

## Références bibliographique

---

78. **Salminen ,J.P., (2003) ,**Effects of sample drying and storage? and choice of extraction solvent and analysis method on the yield of brich leaf hydrolysable tannins. *Journal of chemical ecology* , 29, 6,1289-1305.
79. *Science*, Vol. 82, n.4, p.p. 390-393.
80. **Scalbert, A.,Manach, C., Morand, C., Rémésy, C., ( 2005).** Dietary polyphenols and the prevention of diseases. *Critical Reviews in Foods and Nutrition*. P45, 287-306.
81. **Seigue A., (1985).** La forêt circumméditerranéenne et ses problèmes. *Maisonneuve & Larose*, ed., Paris. P. 137-170.uè-j
82. **Sibony J, (2004):** Essouira et sa marqueterie de thuya. Edition: IBIS-BRESS P78, pp70- 71.
83. **Singleton,V. L., Orthofer, R., & Lamuela-Raventós, R. M. (1999).** Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin ciocalteu reagent. *Methods in Enzymology*, 152–178
84. **Tassin C, (2012) :** paysages végétaux du domaine méditerranéen. Edition : IRD. Préface Yann Arthus-Bertrand. P 1090, pp 110.
85. **Tassin C, (2012):**ux de domaine Payasages végétaux du domaine méditerranéen. Edition: IRD. Préface Yann Arthus-Bertrand. P1090, pp 110.
86. **Tiwary, R .C .S .Rana. (2015).** Department of Biotechnology, IMS Engineering College, Ghaziabad, U.P., India. *International Journal of Engineering Research and General Science* Volume 3, Issue 5.661-670.
87. **Wächter, G. A., Wangmaneerat, A., Caple, K. M., Montenegro, G., & Timmermann, B.N. (1999).**Flavonoids and terpenoids from *Luma gayana*(Barn.) Burret. *Zeitschrift Für Naturforschung C*,  
88. 54(12), 1140–1142.
89. **Wink, (1988).** Plant breeding: importance of plant secondary metabolites for protection against pathogens and herbivoresll, *Volume 75, Issue 2*, pp 225-233.
90. **Wong SP, Leong LP, William-Koh JH (2006)** Antioxidant activities of extracts of selected plants. *Food Chem* 99: 775–83.
91. **Yusuf, Y. (2006).** *Trends Food Sci. Tech.* p17, 64-71.
92. **Zahir I., Rahmani A .( 2020).** Premier cas clinique d’eczéma de contact causé par *Tetraclinis articulata*. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 28 (2) : 342-346 .
93. **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.

## Références bibliographique

---

94. **Zirihi GN, Grenier P, Guédé- Guina F, Bodo B, Manbu L, (2005).** Isolation, characterization and antiplasmodial activity of steroidal alkaloids from *Funtumia elastica* (Preuss) Stapf. *Bioorganic and Medicinal Chemistry Letters*, 15: 2637-2640.
95. **Zirihi, Kra AKM, Guédé- Guina F, (2003).** Evaluation de l'activité antifongique de *Microglossa pyrifolia* (Lamarck) O. Kantze (Astéracées)\*PYMI\* sur la croissance in vitro de *Candida albicans*, *Revue de Médecine et Pharmacie Afrique*, 17: 11-18.
96. **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, 45-54.