



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 : **Science Biologie**

Spécialité : **Biochimie appliquée**

Présenté par :

HOUGA Ahlam

DELAIM Yassamine

Thème

**Etude de l'effet de méthode de séchage sur la qualité biochimique
de l'extrait aqueux de *Tetraclinis articulata***

Soutenu le, 13/06/2023

Devant le Jury :

Mr BEKADA Ahmed Ali	Président	Pr	Univ-Tissemsilt
Mme DRIZI Nadja	Examinatrice	M.A.A	Univ-Tissemsilt
Mme BENZAADI Nawel	Encadrante	M.A.A	Univ-Tissemsilt
Mr ZEMOUR Kamel	Co-encadrant	M.C.B	Univ-Tissemsilt

Année universitaire : 2022-2023

Dédicace



Nous voudrions d'abord remercier le bon Dieu de nous avoir donné la santé, la volonté, la foi et le courage de faire ce travail.

*On tient à exprimer plus vifs remerciements et nos sincère gratitude à notre promotrice **Madame BENSADI Nawal** et le co-encadrant **Monsieur Zemour Kamel** qui à sa manière, a su conseiller et orienter tout au long de la réalisation de ce travail.*

Nous remercions chaleureusement les membres de ce jury :
Monsieur le Président du jury **BEKADA Ahmed Ali**, nous sommes très honorées que vous ayez accepté de présider le jury de ce mémoire. Vous trouverez ici les expressions de nos sincères remerciements et l'affirmation de nos plus profonde gratitude.

Madame **DRIZI Nadjia** merci d'avoir accepté de faire partie du jury de ce mémoire, pour l'intérêt que vous portez à notre travail et pour le temps consacré afin de l'évaluer, nous vous remercions vivement d'avoir accepté d'examiner notre travail, nous vous sommes très reconnaissantes.

Nous remercions Monsieur **Mohamed LAFER** et madame **AIT YAHIA Amel** Ingénieurs de laboratoire dans la faculté des sciences et de la technologie de l'Université de Tissemsilt, pour leur générosité et leur soutien.

Dédicace



Je dédie ce travail qu'est un fruit des longues années de d'études et de travail continue à :

Mes parents qui ont fait beaucoup de sacrifices durant tout mon parcours scolaire et universitaire

Mes soeurs: Assia, Nouelhouda, khadidja

Mes frères : Nassreddine, Hichem, Manssour

Et Je dédie aussi mes fidèles amies, ma chère collègue de travail Yassamine

Sans oublier mes camarades de la promotion

À tout qui m'ont aidé de près ou de loin.

Ahlam

Dédicace



Je dédie cet humble travail à :

Mes très Chères parents pour leur soutien, leurs conseils tout au long de ma vie, j'espère que Dieu leur accordera longue vie, santé et tranquillité d'esprit.

Mes chères frères : Sofiane, AbdulIlah, Yacine, Sohib, je leurs souhaite une vie pleine de succès.

Toute ma famille.

Mes chères sœurs :Amira,Hadjer,Souad.

Sans oublier mon chère binôme Ahlam.

Mes amies Marwa
,Chahrazed,Halima,linda.

Yassamine

Liste des figures

Figure01: Représentation photographique de différentes parties de plante de <i>T.articulata</i>	05
Figure02: Répartition géographique de <i>T. articulata</i>	07
Figure03: La loupe de thuya de Berbérie	08
Figure04: Méthode de séchage à l'ombre (l'air libre)	10
Figure05: matière collectée étalée en fine couche	10
Figure06: Structure générale de flavonoïdes	13
Figure07: Structures Chimiques des différentes classes des Flavonoïdes	15
Figure08: Structures générales des acides benzoïques substitués par hydroxyle	15
Figure09: Structures générales des acides cinnamiques à substitution hydroxyle	16
Figure10: Structure chimique des tanins (a) hydrolysables (b) condensés	17
Figure11: Formule développée de l' α tocopherol	22
Figure12: Formules développées de différentes catéchines	23
Figure13: Matériels utilisés	27
Figure14: Feilles de <i>T.articulata</i> sécher à l'air libre et dans l'étuve 40°C, 60°C	28
Figure15: Protocole de préparation de l'extrait	29
Figure16: Les étapes de préparation de l'extrait aqueux par macération	30
Figure17: Différentes étapes du dosage des polyphénols de l'extrait aqueux	32
Figure18: Incubation à l'obscurité pendant 1h	34
Figure19: rendement de l'extraction des feuilles de <i>Tetraclinis articulata</i> (%)	37
Figure20: Teneur en polyphénols totaux de <i>Tetraclinis articulata</i> étudiée	38
Figure21: Activité antioxydante(%) de <i>Tetraclinis articulata</i> étudiée	40

Liste des tableaux

Tableau 01 :Classification de <i>T.articulata</i>	6
Tableau 02 :Classification des Flavonoïdes	14
Tableau 03 :Matériels et Produits utilisés	26
Tableau 04 : Rendement de l'extrait en pourcentage pour les feuilles de la plante étudiée	35
Tableau 05 : Analyse statistique de la teneur en polyphénols totaux (mg d'AG/ml d'extrait) <i>Tetraclinis articulata</i> étudiée	37
Tableau 06 : Analyse statistique de l'activité antioxydante de <i>Tetraclinis articulata</i> étudiée	40

Liste des abréviations

T° : Température

H : Heure

DPPH : 2,2 diphényle-1-picrylhydrazyl

EtOH: Éthanol

R : Rendement

μL:Microlitre

g : gramme

mg : milligramme

min : minute

ml : millilitre

mm : millimètre

nm : nanomètre

μg: microgramme

μl : microlitre

AG :Acide gallique

ED :Eau Distillée

FV :Flavonoides

FC :Folin-ciocaletu

T.a :*Tetraclinis articulata*

Na₂CO₃:Carbonate de Soduim

AO : agents oxydants

ERO : espèces réactives de l'oxygène

EAO : espèces activées de l'oxygène

GPX : glutathion peroxydase

SOD : superoxydes dismutases

Sommaire

Remerciements

Dédicace

Dédicace

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Résumé

Abstract

الملخص

Introduction générale

Première partie : Étude Bibliographique

Chapitre I Généralités sur la plante

I. Généralités sur la plantes	5
I.1.Description Botanique	5
I.2.Systématique de la plante	6
I.2.1. Classification botanique	6
I.2.2. Étymologie	6
I.3.Distribution géographique	6
I.4.Composition Chimique de <i>Tetraclinis articulata</i>	7
I.5.Domaine d'utilisation	8
I.5.1.Economique	8
I.5.2.Médicinales	8
I.5.3.Artisanale	8
I.6.Séchage des plantes médicinales	9
I.6.1. définition	9
I.6.2. Principe et règle	9
I.6.3. Les méthode de séchage	9

I.6.3.1. séchage à l'air libre	9
I.6.3.2. Séchage au soleil	10
I.6.3.3. Séchage par micro-ondes	11

Chapitre II Les polyphénols

II.1 Définition	13
II.1.1. Les flavonoïdes	13
II.1.2. Les acides phénoliques	15
II.1.2.1. Acides hydroxybenzoïques	15
II.1.2.2. Acides hydroxycinnamiques	16
II.1.3. Les tanins	16
II.1.3.1. Tanin hydrolysable	16
II.1.3.2. Tanin condensé	16

Chapitre III L'activité antioxydante

III. L'activité antioxydante	19
III.1. Le stress oxydatif	19
III.1.1. Définition	19
III.1.2. Origine du stress oxydatif	19
III.2. Les radicaux libres	19
III.2.1. Types des radicaux libres	19
III.2.1.1. Les radicaux libres primaires	19
a. Radicaux hydroxyles (OH ⁻)	20
b. Radicaux superoxydes (O ₂ ⁻)	20
c. Peroxyde d'hydrogène(H ₂ O ₂)	20
d. Oxygène singulet (1O ₂)	20
III.2.1.2. Radicaux libres secondaires	20
III.2.2. Rôles des radicaux libres	20
III.3. Antioxydants	21
III.3.1. Classification des antioxydants	21
III.3.1.1. Les antioxydants endogènes	21

III.3.1.1.1. Les antioxydants enzymatiques	21
a. Les superoxydes dismutases (SOD)	21
b. La catalase	21
c. Le glutathion peroxydases (GPx)	22
III.3.1.2. Les antioxydants exogènes	22
a. La vitamine E	22
b. La vitamine C	22
c. Les catéchines	22
Chapitre IV Matériels et Méthodes	
IV.1. Objectif de notre travail	26
IV.2. Echantillonnage	26
IV.3. Matériels du laboratoire	26
IV.4. Expérimentation	28
IV.4.1. Lieu de travail	28
IV.4.2. Séchage	28
VI.4.3. Préparation de l'extrait aqueux par macération	28
VI.5. Dosage des polyphénols totaux	31
VI.5.1. Mode opératoire	31
VI.5.2. Détermination du rendement	33
VI.5.3. l'activité antioxydante	33
VI.5.3.1. Mode opératoire	33
Chapitre V : Résultats et discussion	
V.1. rendement de l'extrait (%)	36
V.2. Polyphénols totaux (mg d'AG/ml d'extrait)	37
V.3. Activité antioxydante (%)	39
Conclusion	43
Références bibliographiques	

Résumé

L'extraction et l'évaluation phytochimique des polyphénols et de l'activité antioxydante de l'extrait aqueux ont été réalisées sur les feuilles de *Tetraclinis articulata* de deux régions à l'ouest Algérien (Tiaret et Tissemsilt). Cette espèce est considérée comme une plante médicinale et aromatique de grande importance. Pour cela, notre étude a eu comme objectif une évaluation quantitative de l'extrait aqueux préparé par macération. Les résultats ont démontré un rendement de l'ordre de 3.67 % et 2.44 % enregistré à 40°C et 60°C pour l'échantillon de Tiaret. Ces résultats révèlent que l'extrait aqueux de l'espèce étudié a divulgué des teneurs en polyphénols allant de 13.51 à 23.69 mg d'AG/ml d'extrait enregistré pour l'échantillon de Tissemsilt. Par conséquent, cet extrait exhibe une grande activité antioxydante dont la valeur la plus élevée est de 88.6%, une activité inscrite par l'échantillon de Tiaret à 40°C.

Finalemnt, notre étude a mis en évidence la richesse de cette espèce en composées biochimiques ayant une place indéniable dans le domaine pharmaceutique et cosmétique. En outre, la méthode de séchage a eu un impact significatif sur leur accumulation dans l'extrait testé.

Mots clés : *Tetraclinis articulata*, extrait aqueux, polyphénols, activité antioxydante.

Abstact

The extraction and phytochemical evaluation of polyphenols and antioxidant activity of the aqueous extract were carried out on the leaves of *Tetraclinis articulata* from two regions in western Algeria (Tiaret and Tissemsilt). This species is considered a medicinal and aromatic plant of great importance. For this, our study had as objective a quantitative evaluation of the aqueous extract prepared by maceration. The results demonstrated a yield of around 3.67% and 2.44% recorded at 40°C and 60°C for the Tiaret sample. These results reveal that the aqueous extract of the species studied disclosed polyphenol contents ranging from 13.51 to 23.69 mg of FA/ml of extract recorded for the Tissemsilt sample. Therefore, this extract exhibits a great antioxidant activity whose highest value is 88.6%, an activity recorded by the Tiaret sample at 40°C.

Finally, our study highlighted the richness of this species in biochemical compounds having an undeniable place in the pharmaceutical and cosmetic fields. Furthermore, the drying method had a significant impact on their accumulation in the tested extract.

Key words: *Tetraclinis articulata*, aqueous extract, polyphenols, antioxidant activity.

الملخص:

تم إجراء الاستخلاص والتقييم الكيميائي النباتي للبوليفينول والنشاط المضاد للأكسدة للمستخلص المائي على أوراق *Tetraclinis articulata* من منطقتين في غرب الجزائر (تيارت وتيسمسيلت). يعتبر هذا النوع من النباتات الطبية والعطرية ذات أهمية كبيرة. لهذا الغرض، كانت دراستنا موضوعية لتقييم كمي للمستخلص المائي المحضر بالنقع. أظهرت النتائج محصول حوالي 3.67% و 2.44% مسجلة عند 40 درجة مئوية و 60 درجة مئوية لعينة تيارت. أظهرت هذه النتائج أن المستخلص المائي للأنواع المدروسة كشف عن محتويات بوليفينول تتراوح من 13.51 إلى 23.69 مجم من FA / ml من المستخلص المسجل لعينة تيسمسيلت. لذلك، يُظهر هذا المستخلص نشاطاً كبيراً مضاداً للأكسدة تبلغ قيمته الأعلى 88.6%، وهو نشاط سجلته عينة تيارت عند 40 درجة مئوية. أخيراً، سلطت دراستنا الضوء على ثراء هذا النوع في المركبات الكيميائية الحيوية التي لها مكانة لا يمكن إنكارها في المجالات الصيدلانية والتجميلية. علاوة على ذلك، كان لطريقة التجفيف تأثير كبير على تراكمها في المستخلص المختبر. **الكلمات الأساسية:** *Tetraclinis articulata*، مستخلص مائي، بوليفينول، نشاط مضاد للأكسدة.

Introduction

Introduction

Depuis leurs débuts, les sociétés humaines ont maintenu un étroit contact avec leur environnement, utilisant les éléments qui le composent pour se nourrir et se soigner (**Jamshidi-Kia et al., 2018**). Les produits naturels dérivés de plantes, d'animaux et de minéraux ont été utilisés pour traiter diverses maladies chez l'homme (**Jamshidi-Kia et al., 2018**). Les plantes médicinales sont actuellement très demandées et leur acceptation ne cesse de croître. Les plantes jouent un rôle crucial en fournissant des services essentiels dans les écosystèmes, sans lesquels les humains et les autres êtres vivants ne pourraient pas survivre convenablement.

D'après l'OMS, environ 80% de la population mondiale utilise des plantes médicinales pour répondre à leurs besoins de soins de santé de base (**Boakyeet al., 2015**).

Les médicaments traditionnels, principalement dérivés de plantes, font l'objet de nombreuses études cliniques, pharmaceutiques et chimiques, qui ont abouti à la création de nombreux médicaments précoces tels que l'aspirine (issu de l'écorce de saule), la digoxine (issu de la digitale), la morphine (issu du pavot à opium), la quinine (issu de l'écorce de quinquina) et la pilocarpine (issu du jaborandi de Maranhão). Plus de 50% des médicaments disponibles aujourd'hui sont dérivés de substances médicinales d'origine végétale (**Matejić et al., 2020, Frimpong et al., 2021**).

On considère comme plante médicinale toute plante qui contient des substances pouvant être utilisées à des fins thérapeutiques dans l'un ou plusieurs de ses organes, ou qui sert de précurseur pour la synthèse de médicaments utiles. Cette définition permet de distinguer les plantes médicinales dont les propriétés thérapeutiques et les constituants ont été établis scientifiquement de celles considérées comme médicinales mais qui n'ont pas encore fait l'objet d'une étude scientifique approfondie (**Sofowora et al., 2013**).

Parmi ces plantes, *Titraclinis articulata* a été utilisé depuis l'époque phénicienne et romaine pour diverses fins. Le bois de cette plante inflammable a été employé comme source de combustible, des planches dans les mines, et pour créer des sculptures en bois délicates exportées vers les pays méditerranéens. De plus, la résine extraite de cette plante a été très appréciée dans la fabrication de vernis et d'obturations dentaires. Récemment, des recherches ont mis en avant plusieurs applications médicinales de *T. articulata*, telles que l'antioxydation, l'activité antimicrobienne, l'effet anti-inflammatoire, la neuroprotection, la vasorelaxation et l'activité anticancéreuse. Ces études ont également identifié divers composés bioactifs tels que

Introduction

les acides phénoliques, les flavonoïdes et leurs dérivés, les acides gras, les terpènes et les phytostérols (**Khatib et al., 2022**).

Généralement, le séchage est l'une des étapes les plus importantes et les plus importantes lors de la transformation des cultures agricoles, des plantes médicinales et des herbes pour préserver leurs propriétés (**Miao et al., 2022**). Ce processus physique préserve la qualité des herbes en réduisant la teneur en humidité, ce qui inhibe la croissance des micro-organismes et les altérations chimiques pendant le stockage séché (**Grant et al., 2021**).

Cette technique pourrait être conduite par l'exposition directe au soleil ou par d'autres méthodes très développées comme à savoir le séchage au dioxyde de carbone supercritique (**Busic et al., 2014**) et le séchage assisté par pompe à chaleur (**Artnaseaw, et al., 2010**). Ces dernières ont été adoptées dans le but d'améliorer la qualité et d'offrir de nouvelles possibilités pour augmenter l'efficacité du processus de séchage (**Grant et al., 2021**).

Étant donné les larges étages bioclimatiques de l'Algérie ainsi que la diversité et la richesse des espèces végétales, notre objectif est d'évaluer les propriétés d'une plante médicinale, *T. articulata*, qui pousse dans une région semi-aride. Cette étude vise également à déterminer l'effet des différentes méthodes de séchage sur l'accumulation des composés actifs, notamment les polyphénols, dans l'extrait de feuilles de cette plante.

Partie Bibliographique

CHAPITRE I

Généralité sur la plante

I. Généralités sur la plantes

I.1.Description Botanique

Tetraclinis articulata, connue sous le nom de thuya de Berbérie , est un arbre monoïque qui appartient à l'embranchement des Gymnospermes et à la famille des *Cupressaceae* (**Hadjadj et al., 2017 ; Zahir et al., 2020**) et qui essentiellement limité à la région méditerranéenne méridionale occidentale (**Hadjadj et al ., 2017**) constitue un élément important dans la végétation forestière nord-africaine. Le thuya de Berbérie est un arbre qui mesure de 6 à 8 m de hauteur voire 15 m et plus.

L'arbre fleurit en automne (octobre) et fructifie en été suivant (juin, juillet). Cette fructification démarre vers l'âge de 15 ans et se poursuit jusqu'à un âge très avancé. L'ouverture des cônes, qui reste comme pour beaucoup d'espèces conditionnées par les conditions climatiques notamment la haute température à la fin de l'été (**Bouazza et al ., 2020**).



Aspect généra
(<https://www.atlasbota.com>)



Aiguille de *T.a*
(**Kouider Hadjadj**)



Cônes de *T.a*
(**Vahal Mesters**)



écorces de *T.a*
(<https://academia-arabia.com>)

Figure01 : Représentation photographique de différentes parties de plante de *T.articulata*

I.2. Systématique de la plante

I.2.1. Classification botanique

Le thuya de Berbérie (*Tetraclinis articulata*) est une espèce endémique, médicinale et aromatique de la famille des cupressaceae (Hadjadj et al., 2017).

Le tableau ci-dessous représente la classification botanique de thuya de Berbérie :

Tableau 01:Classification de *T.articulata*

Règne	Planta
Embranchement	Spermatophytes
Sous embranchement	Gymnospermes
classe	Pinosida
Ordre	Pinales
Famille	Cupressaceae
Genre	Tetraclinis
Espèce	<i>Tetraclinis articulata</i>

I.2.2. Étymologie

Tetraclinis articulata plusieurs noms à travers le monde

Arabe :Aaraar (عرعار بري) Sandarus (سنضروس), Aaraarberboush(عرعار بريوش), Shajrat el Hayat(شجرة الحياة) (El Bouhtoury et al., 2009).

Anglais :arartree, sandartree, thya, sandartree, sander gum tree,juniper gum tree,alerce,thuja,ghardar ,thuyafromberberie (El Bouhtoury et al., 2009).

Français:thya de Berbérie, thuya, callitis, thuaarticulé, thua à la sandarque, vernix (Hadjadj et al., 2017).

Berbère :Azouka,Imijad,Tazout

I.3. Distribution géographique

Ce conifère à feuilles persistantes est endémique du nord-ouest de l'Afrique dans les montagnes de l'Atlas au Maroc, en Algérie et en Tunisie, avec deux petites populations périphériques à Malte et à l'est de l'Espagne (près de Carthagène et de la province de Murcie) (figure 2) (Khatib et al., 2022).

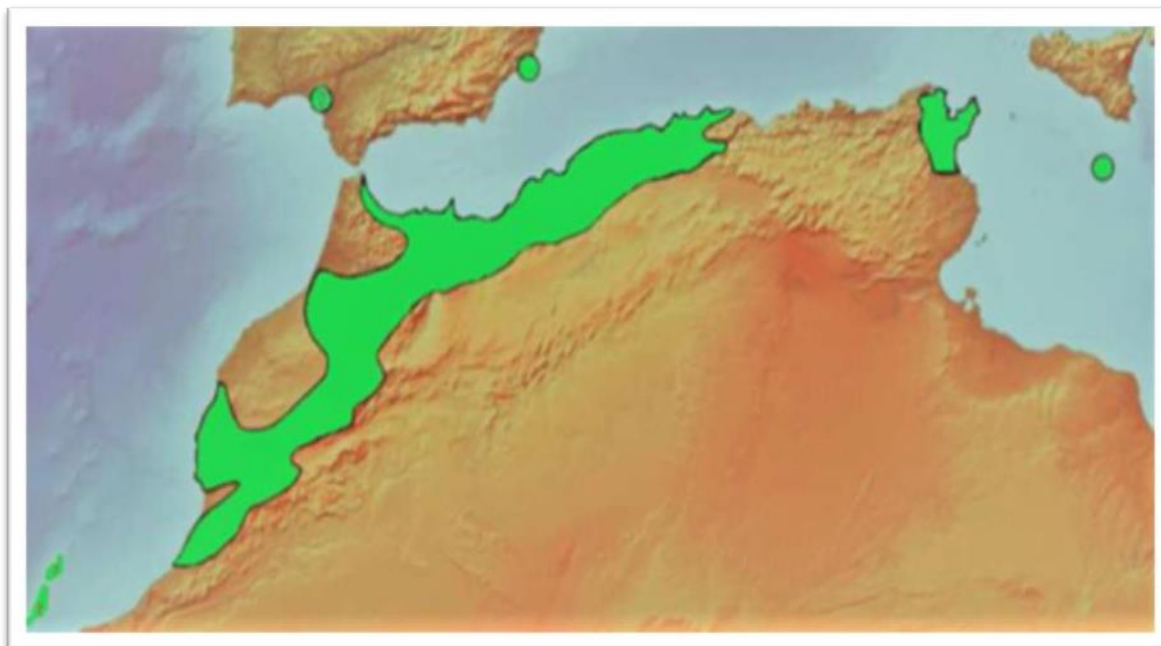


Figure02 :Répartition géographique de *T. articulata* (Vahl 2022)

I.4. Composition Chimique de *Tetraclinis articulata*

L'huile essentielle des feuilles de *Tetraclinis articulata* Vahl Masters et ses fractions obtenues par fractionnement de type flash sont analysées par GC et GC/MS. L'huile essentielle totale des feuilles est constituée de l'acétate de bornyle (30.6 %), le camphre (18.6 %), l' α -pinène (16.8 %), le limonène (5.7 %) et le bornéol (4.7 %) comme composés majoritaires (**Bourkhiss et al .,2021**) Le fractionnement de l'huile a donné une fraction hydrocarbonée (FH) et trois fractions oxygénées FO₁ , FO₂ et FO₃ (**Bourkhiss et al .,2021**) La fraction FH est constituée d'hydrocarbures monoterpéniques principalement l' α -pinène (28.2 %) et le limonène (12.6 %), la fraction FO 1 regroupe principalement l'acétate de bornyle (47.2 %) et le camphre (26.5 %), alors que les fractions FO₂ et FO 3 se concentrent particulièrement le bornéol (37.5 et 32.2 %) et le camphre (20.8 et 15.3 %) de manière respective. L'activité antimicrobienne testée avec l'huile des feuilles et ses fractions montre que l'huile brute et ses fractions oxygénées FO₂ et FO₃ , constituées essentiellement du bornéol et du camphre, sont les plus actifs. La fraction FO₂ en particulier serait donc recommandée pour optimiser l'activité antimicrobienne de l'huile essentielle de *Tetraclinis articulata* (**Benachour., 2020**).

I.5. Domaine d'utilisation

Tetraclinis articulata joue un rôle essentiel dans l'activité artisanale économique, et médicinale.

I.5.1. Economique

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).

I.5.2. Médicinales

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 al., 2020).

I.5.3. Artisanale

Le bois du thuya est un bois résineux parfait, rouge, très lourd, dégageant une odeur vive. 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 (Hadjadj et al., 2017).



Figure03 : La loupe de thuya (Hadjadj., 2017)

I.6. Séchage des plantes médicinales

I.6.1. définition

La technique de séchage des plantes consiste à extraire l'eau contenue dans la plante.

Généralement, le séchage se fait par évaporation de l'eau de la plante dans l'air.

Objectifs de séchage :

Conserver la plante et ses principes actifs, Diminuer son volume et son poids, Permettre la synthèse de certaines molécules recherchées (dans le cas du cacao ou du tabac par exemple)

(Ouedraogo et al., 2021).

Le séchage des végétaux est l'une des opérations les plus importantes dans le processus de production et de commercialisation des plantes aromatiques et médicinales

(Ouedraogo1 et al ., 2021).

I.6.2. Principe et règle

Le séchage des plantes médicinales est une technique très ancienne qui consiste à déshydrater le végétal. . Il faut que la température reste stable et relativement chaude (comprise entre 30 et 40°C) et que l'humidité relative de l'air soit minimal car les constituants biochimiques des plantes, contenus dans les huiles essentielles, sont très sensibles à la chaleur. Des températures de séchages supérieures à 40°C peuvent détruire les composants médicinaux et entraîner la perte de tout intérêt thérapeutique. Il faut assurer une bonne aération dans le lieu de séchage et ne jamais exposer les plantes à sécher directement au soleil **(Labbé ., 2018)**

I.6.3. Les méthode de séchage

I.6.3.1.séchage à l'air libre

- la matière collectée doit être séchée à l'ombre.
- La matière collectée ne doit pas être exposée directement au soleil. Le séchage de la matière collecté à l'air libre doit se faire à l'ombre (hangar, serre) qui doivent être maintenue sec et bien aérés pour conserver la qualité du produit, on étale le produit sur des grillages surélevés de 25 à 30 cm du sol pour faciliter la circulation de l'air **(Zekri., 2020).**
- La matière collectée doit être étalée en fines couches pour un séchage rapide et homogène, on doit aussi la faire retourner régulièrement une à 2 fois par jour **(Zekri., 2020).**

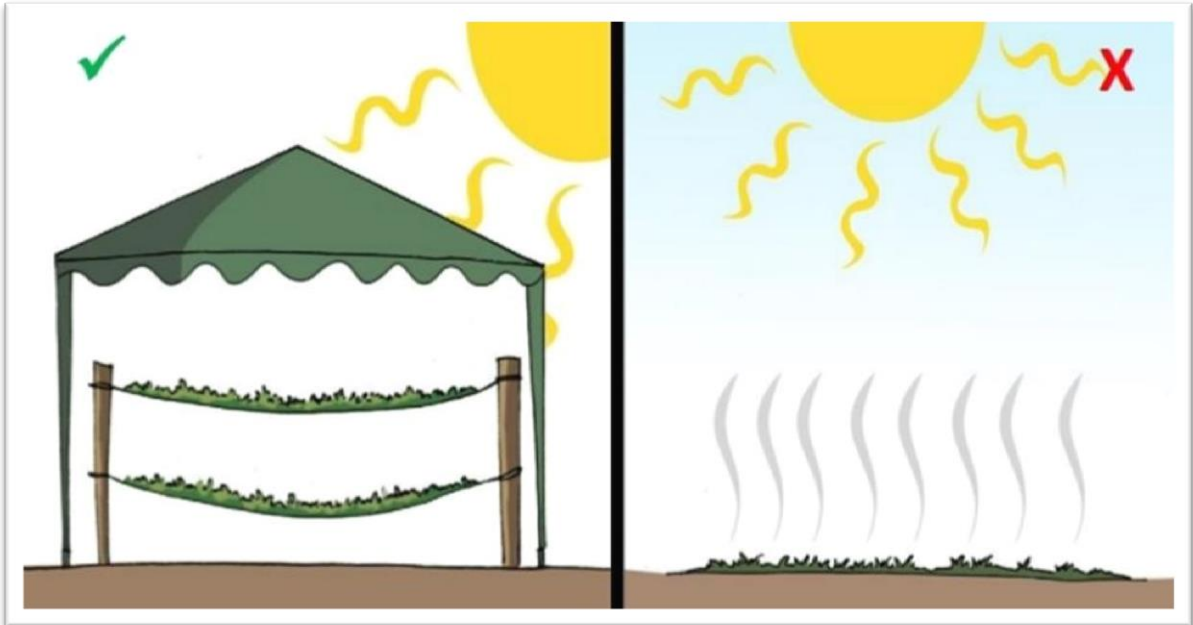


Figure04 : Méthode de séchage à l'ombre (l'air libre) (Zekri., 2020)

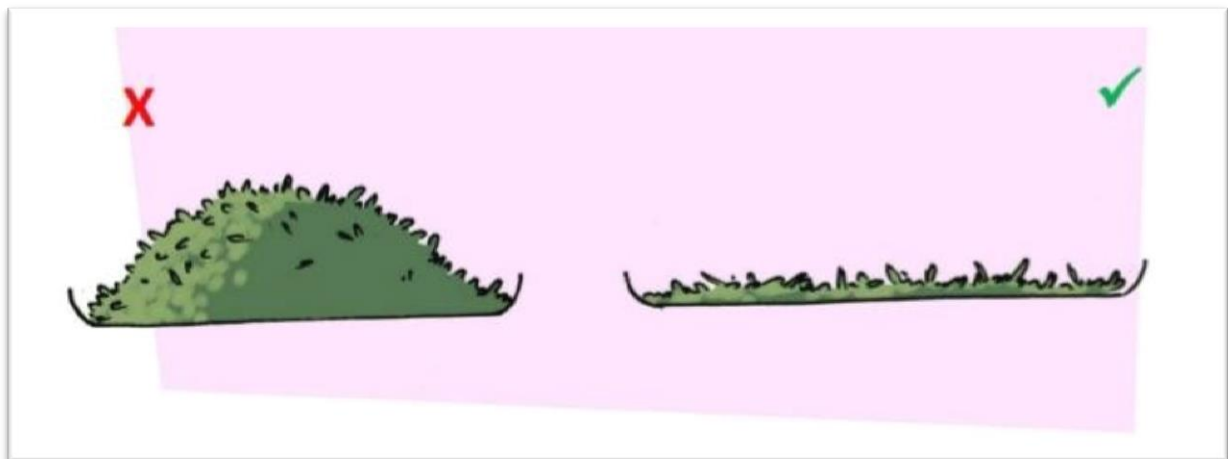


Figure 05: matière collectée étalée en fine couche (Zekri., 2020).

I.6.3.2.Séchage au soleil

Le séchage au soleil est l'une des plus anciennes méthodes de séchage des herbes, et il est encore largement utilisé pour sécher les plantes telles que les herbes et les épices, en particulier dans les zones tropicales et subtropicales. Il est considéré comme une méthode supérieure en raison de son faible investissement nécessaire. Les parties de plantes fraîches sont généralement placées sur des séchoirs et placées sous la lumière directe du soleil, exposant le matériel végétal au rayonnement solaire (Nurhaslina et al., 2020).

I.6.3.3.Séchage par micro-ondes

Le séchage par micro-ondes est une autre méthode de séchage généralement utilisée dans l'industrie de la production en dehors de la méthode de séchage à l'air chaud. Cette méthode de séchage a fourni une évaporation rapide de la teneur en eau des plantes et des herbes pendant une période plus courte. En conséquence, les produits séchés ont présenté moins de retrait et moins d'altération de couleur. Cependant, la méthode de séchage par micro-ondes utilise généralement plusieurs paramètres qui peuvent affecter le produit final, tels que la puissance des micro-ondes et le temps de séchage (Nurhaslina et al., 2020).

CHAPITRE II

Les polyphénols

Chapitre II Les polyphénols

II.1 Définition

Les polyphénols sont des métabolites secondaires qui ont été trouvés dans tous les organes des plantes. C'est une classe constituée d'environ 8000 composés (Isakova *et al.*, 2017). Ils regroupent un grand nombre de composés naturels : les acides phénoliques, les flavonoïdes, les tanins, les stilbènes, les lignanes, les saponines, les phytostérols ou bien phytostanols. Les plus importants sont : les acides phénoliques, les flavonoïdes et les tanins.

II.1.1 Les flavonoïdes

sont une grande classe de composés aromatiques naturels. Ils sont comme il est signalé comme étant le plus courant des composés phénoliques des plantes. L'identification de différents types de flavonoïdes en fonction de la structure de l'hétérocycle central et du degré d'oxydation (Ali-Rachedi *et al.*, 2018).

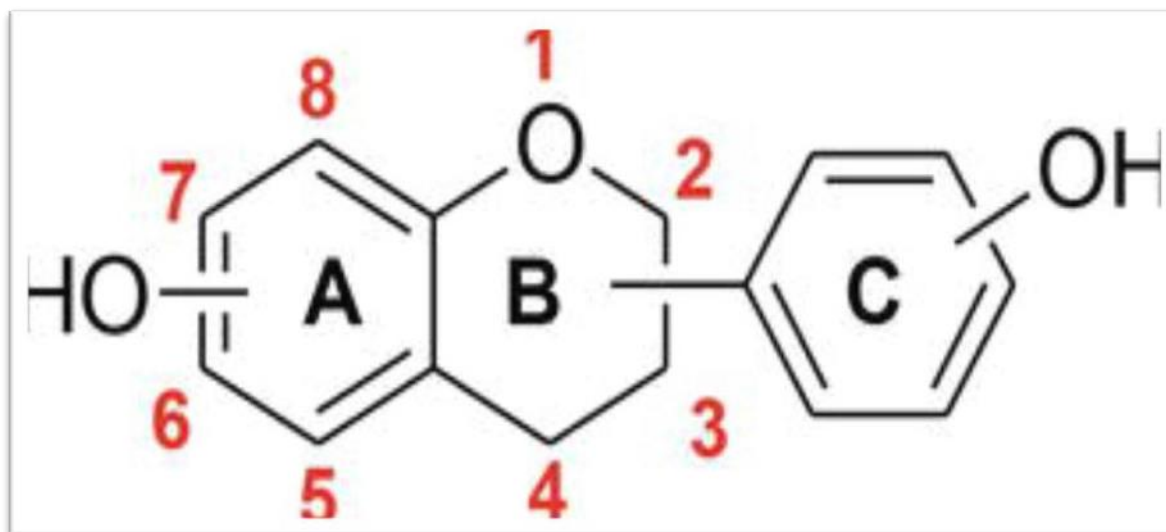


Figure06 : structure générale de flavonoïdes (Al Mamari ., 2021)

Tableau 02 :Classification des Flavonoïdes (Belkhiri et al ., 2017)

<i>Flavonoïdes</i>	<i>Sous classes</i>
<i>Flavanones</i>	Hesperidine,naringinine,naringine,ériodityol,hespéridine
<i>Anthocyanes</i>	Catéchine,épicatéchine,pélargonidine,gallate, d'épicatéchine,(ECG),malvidine,delphinidine, épigallocatechine(EGC)
<i>Flavones</i>	Galangine,apigénine,chrysine,rpoifoline,baicaléine, Nobilétine,mandarinetine,lutéoline
<i>Flavanoles</i>	Galangine,apigénine,chrysine,rpoifoline,baicaléine, Nobilétine,mandarinetine,lutéoline
<i>Chalcones</i>	Arbutine,phlorétine,chalconaringénine
<i>Flavonoles</i>	Quercétine,rutine,myricétine,kaempférol,morine, fisétine,isorhamnétine
<i>Isoflavonoïdes</i>	Génistine,glycitine,daidzine,génistéine

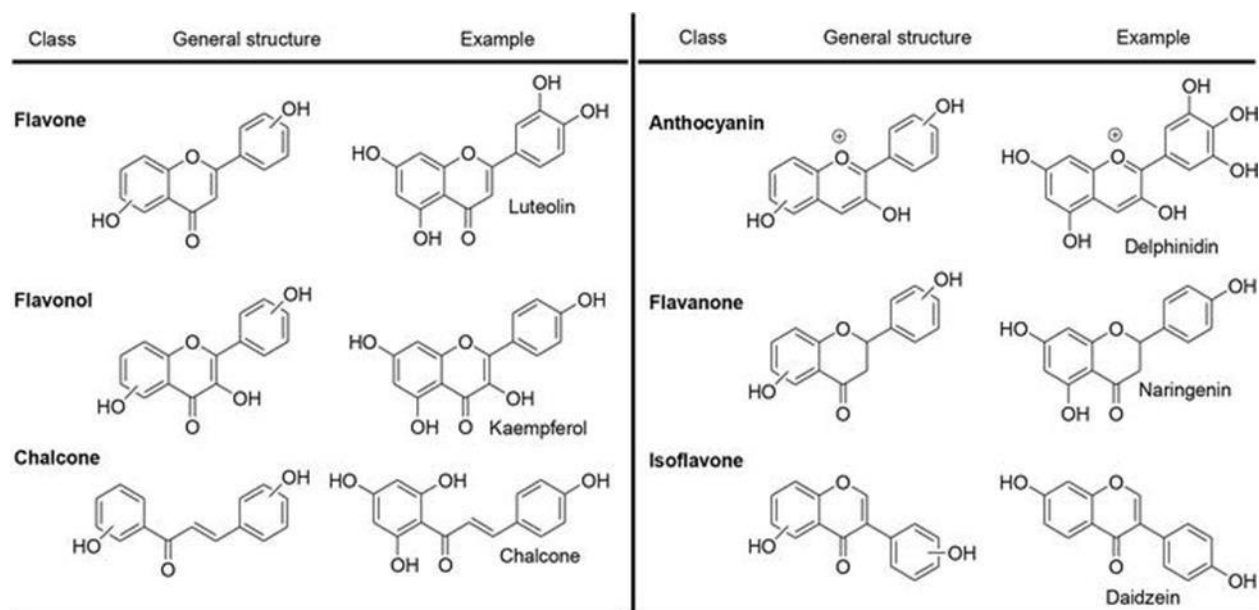


Figure07:Structures Chimiques des différentes classes des Flavonoïdes (Al Mamari ., 2021)

II.1.2 Les acides phénoliques

Les acides phénoliques sont des composé organiques possédant un fonction acide carboxylique et un hydroxyle phénolique .Ces composés phénoliques sont divisés en deux group : Acideshydroxybenzoïques et les acides hydroxycinnamiques(Al Mamari ., 2021) .

II.1.2.1 Acides hydroxybenzoïques

Les acides hydroxybenzoïques sont des acides benzoïques substitués par un groupe hydroxyle. Alternativement, ils peuvent être considérés comme des phénols qui sont substitués par un groupe fonctionnel acide carboxylique qui est directement lié au cycle phénol (Figure8).

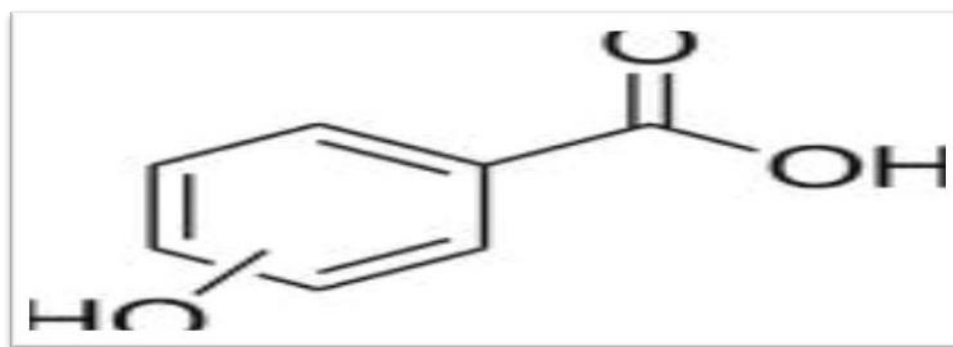


Figure 08:Structures générales des acides benzoïques substitués par hydroxyle (Al Mamari ., 2021).

II.1.2.2 Acides hydroxycinnamiques

Lorsque le groupe fonctionnel acide carboxylique est séparé du cycle phénol par une liaison C=C, les acides phénoliques sont décrits comme des acides hydroxycinnamiques(Figure 6).

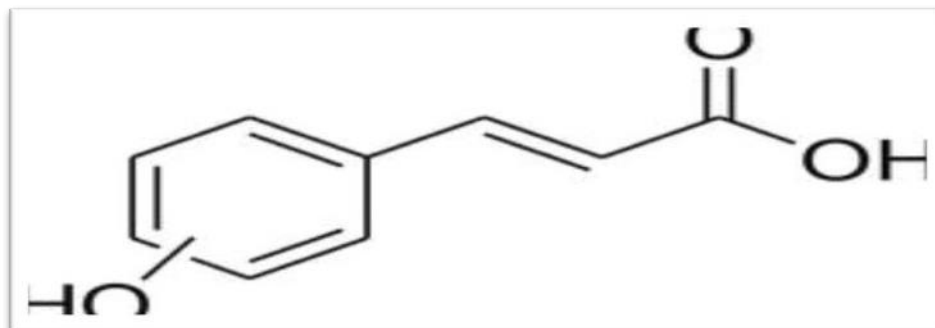


Figure 09: Structures générales des acides cinnamiques à substitution hydroxyle(Al Mamari ., 2021)

II.1.3 Les Tanins

Les tanins sont connus pour se lier et précipiter les protéines et les acides aminés. Ils sont subdivisés en trois types; hydrolysable, condensé et complexe (Al Mamari ., 2021).

II.1.3.1. Tanin hydrolysable

Les tanins hydrolysables peuvent être divisés en gallotanins, qui fournissent du sucre et de l'acide gallique lors de l'hydrolyse, et des ellagitanins, qui lors de l'hydrolyse ne produisent pas seulement du sucre et de l'acide gallique, mais également de l'acide ellagique(Lamy et al., 2016) Ces composés, comme leur nom l'indique, sont hydrolysés par des acides faibles et décomposés par des températures élevées pour donner du pyrogallol, un composé hépatotoxique et très irritant(Antonella Smeriglio et al ., 2017).

II.1.3.2. Tanin condensé

les tanins condensés, également appelés proanthocyanidines, sont les polyphénols d'origine végétale les plus abondants. Ce sont des oligomères de flavan-3-ol (monomères de catéchine) et/ou de flavan-3,4-diol, généralement liés par des liaisons C-C (4–8 ou 6–8) et occasionnellement par des liaisons C-O-C avec un grande diversité structurale (Jesus et al., 2012 ; Lamy et al., 2016) et sont également appelés proanthocyanidines oligomères (OPC). Ces composés ne sont pas facilement hydrolysés ; ils se décomposent dans des conditions alcooliques acides donnant des pigments rouges appelés phlobaphènes. À ce jour, cependant,

la chimie des proanthocyanidines n'est que partiellement connue (Antonella Smeriglio et al., 2017).

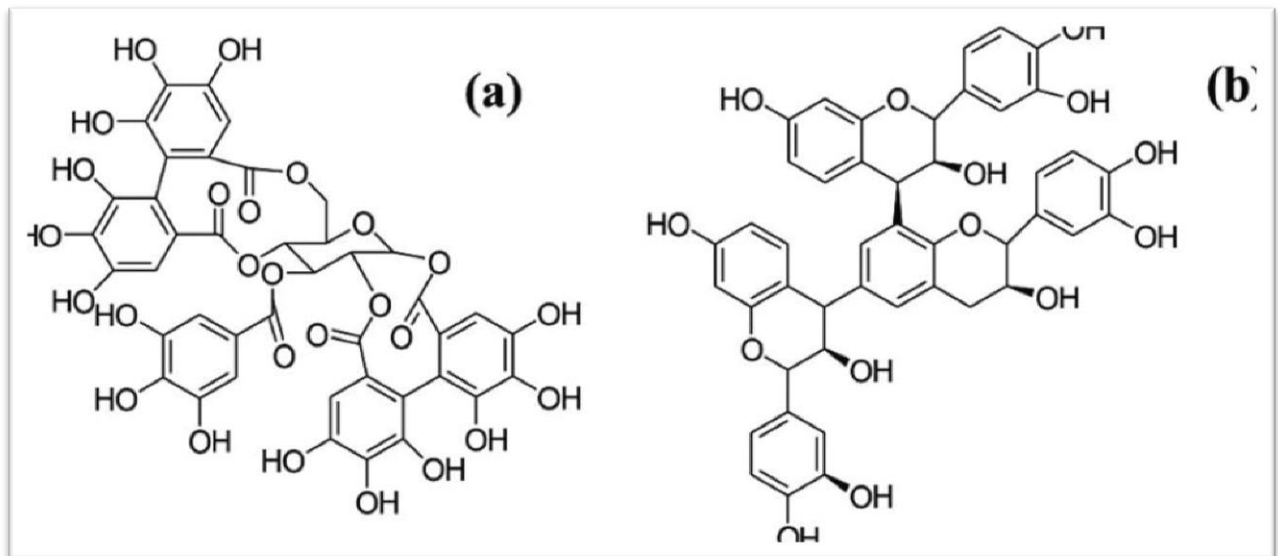


Figure 10: Structure chimique des tanins (a) hydrolysables (b) condensés (Bayard., 2019).

Chapitre III

Activité antioxydante

III. L'activité antioxydante

Le concept selon lequel l'oxygène, molécule indispensable pour la vie, peut entraîner des dommages cellulaires importants par la formation de dérivés oxygénés activés (ex. les fameux radicaux libres) est encore mal perçu dans le milieu médical (**Joël et al., 2002**).

III.1. Le stress oxydatif**III.1.1. Définition**

Le stress oxydant se définit comme l'incapacité de l'organisme de se défendre contre les espèces réactives de l'oxygène (ERO) en raison de la perturbation d'équilibre endogène entre ces derniers et les agents oxydants (AO). Ce déséquilibre conduit potentiellement à des dégâts structuraux et fonctionnels. Les ERO sont des espèces chimiques oxygénées tels que les radicaux libres, ions oxygénés, peroxydes, rendues chimiquement très réactives par la présence d'électrons de valence non appariés dans l'orbitale la plus externe (**Bensakhria, 2018**).

III.1.2. Origine du stress oxydatif

Les mitochondries, au travers de leur fonctionnement normal, produisent des espèces activées de l'oxygène (EAO). Il est en effet généralement reconnu que les mitochondries sont la principale source d'EAO dans les cellules. Les EAO, si elles sont produites en excès, peuvent être à l'origine de dommages oxydatifs à l'encontre de nombreuses molécules de la cellule et de structures cytosoliques. Partant de ce constat, Harman a été le premier, en 1956, à émettre une théorie selon laquelle le vieillissement cellulaire pourrait avoir pour origine une accumulation de dommages moléculaires, à l'intérieur de la cellule, due à l'action oxydante des sous-produits du métabolisme oxydatif (**Julie Faitg et al., 2017**).

III.2. Les Radicaux libres

Les radicaux libres sont des molécules contenant de l'oxygène avec un nombre impair d'électrons. Ce nombre impair d'électrons permet aux radicaux libres de réagir facilement avec d'autres molécules. Les radicaux libres peuvent provoquer des réactions chimiques à grande chaîne dans votre corps car ils réagissent si facilement avec d'autres molécules. Ces réactions sont appelées oxydation. Ils peuvent être bénéfiques ou nocifs (**Megan Nelson et al., 2018**).

III.2.1. Types des radicaux libres**III.2.1.1. Les radicaux libres primaires**

ils sont formés par le transfert d'électrons à l'atome d'oxygène. Ils se caractérisent par une durée de vie moyenne très courte (**Avello et al., 2006**), On peut distinguer différents types de radicaux libres :

a.Radicaux hydroxyles (OH⁻) : ils se forment lors de différentes réactions chimiques cellulaires impliquant l'hydrogène. Ce sont les radicaux libres les plus réactifs, étant parmi les principaux médiateurs impliqués dans l'endommagement des cellules (**Ward JF., 1988**).

b.Radicaux superoxydes (O₂⁻) : ils sont produits lors de réactions métaboliques cellulaires, soit par auto-oxydation, soit par l'action d'enzymes telles que les oxydases. Dans notre organisme, le radical superoxyde est le principal agent dans l'action bactéricide des phagocytes (type de cellules immunitaires), (**Rosen GMais., 1995**) il peut également être un médiateur nuisible de l'inflammation et contribuer à endommager les tissus normaux du corps (**McCord JM., 1983**).

c.Peroxyde d'hydrogène(H₂O₂) :Le peroxyde d'hydrogène est un composé chimique de formule H₂O₂ dont la solution aqueuse est l'eau oxygénée. Incolore, celle-ci a tendance à être instable, car de nombreuses substances agissent comme catalyseur pour sa dismutation en eau et oxygène selon la réaction exothermique $2 \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$. Les plus actives sont les métaux lourds et leurs sels (cuivre, cobalt, manganèse, chrome, nickel, molybdène, plomb, fer...), mais de simples impuretés, une exposition à la chaleur ou à la lumière accélère aussi la réaction. Pour améliorer sa durée de conservation, les solutions d'eau oxygénée vendues dans le commerce sont stabilisées avec des agents permettant de complexer ou d'adsorber les impuretés (**Michell ., 2020**).

d.Oxygène singulet (1O₂) :L'oxygène singulet appartient à la famille des radicaux libres oxygénés. Il est désigné par la formule 1O₂. Très instable, il a une durée de vie très courte, n'excédant pas quelques microsecondes. C'est un oxydant puissant, capable d'altérer de nombreuses molécules biologiques : acides aminés, nucléotides, lipides membranaires, etc (**Gardès et al ., 2003**).

III.2.1.2.Radicaux libres secondaires

ce sont ceux formés par le transfert d'un radical primaire à un atome d'une molécule organique ou par la réaction de deux radicaux primaires entre eux. Ils se caractérisent par une durée de vie moyenne plus longue que celle des radicaux libres primaires (**Avello et al., 2006**).

III.2.2. Rôles des radicaux libres

Par conséquent, les radicaux libres jouent un double rôle dans les systèmes vivants : ils sont des sous-produits toxiques du métabolisme aérobie, provoquant des dommages oxydatifs et un dysfonctionnement des tissus, et servent de signaux moléculaires activant des réponses.

bénéfiques au stress. Cette découverte a également changé notre façon de considérer les antioxydants. Leur utilisation est généralement considérée comme utile pour contrer les effets néfastes des radicaux libres, mais est parfois nocive car elle peut bloquer les réponses adaptatives induites par de faibles niveaux de radicaux (**Sergio Di Meo et al., 2020**).

III.3. Antioxydants

Les antioxydants sont des substances qui retardent ou inhibent l'oxydation d'un substrat quand ils sont présents à faible concentration comparée à celle du substrat (**Halliwell et al., 1990**).

L'organisme dispose d'une large gamme d'antioxydants endogènes sous forme de systèmes enzymatiques, ou non enzymatiques, comme les thiols, le glutathion, la bilirubine, l'urate et divers facteurs nutritionnels, y compris certaines vitamines. Les enzymes antioxydantes agissent en cascade et dépendent d'éléments traces pour leur structure et leur fonctionnement (**Berger et al., 2001**).

III.3.1. Classification des Antioxydants

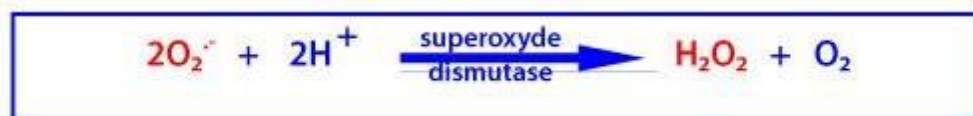
III.3.1.1. Les antioxydants endogènes

III.3.1.1.1. Les antioxydants enzymatiques

La protection de l'organisme contre les radicaux libres est assurée par certaines enzymes appartenant à un groupe distinct, uniquement concerné par la détoxification de ces radicaux. La superoxyde dismutase (SOD), la glutathion peroxydase (GPX) et la catalase sont les principaux antioxydants enzymatiques de ce système de défense par lequel les radicaux libres produits lors des réactions métaboliques sont piégés (**Sathiya et al., 2015**).

a. La superoxyde dismutase (SOD)

Les superoxyde dismutases (SOD) sont des métalloprotéines responsables de la dismutation spontanée du radical superoxyde en peroxyde d'hydrogène (**Michel Démarchez., 2012**) selon la réaction suivante



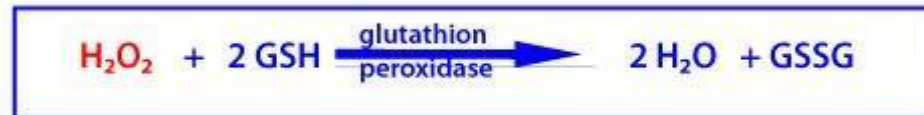
b. La catalase

La catalase est une enzyme hémérique composée de quatre chaînes polypeptidiques. Son site catalytique permet l'élimination du peroxyde d'hydrogène, présent à haute concentration (**Michel Démarchez., 2012**) selon la réaction globale suivante:



c. Les glutathion peroxydases (GPx)

La glutathion peroxydase est une enzyme dépendante du sélénium qui a une forte affinité pour le peroxyde d'hydrogène ; elle permet donc l'élimination du peroxyde d'hydrogène, même présent à faible concentration (**Michel Démarchez ., 2012**) selon la réaction suivante :



III.3.1.2. Les antioxydants exogènes

III.3.1.2.1. La vitamine E

La vitamine E est un antioxydant liposoluble désignant un ensemble de 8 molécules organiques, 4 tocophérols et 4 tocotriénols, la forme la plus active étant l'alpha-tocophérol et celle la plus abondante dans l'alimentation étant le gamma-tocophérol (**Michel Démarchez.,2012**).

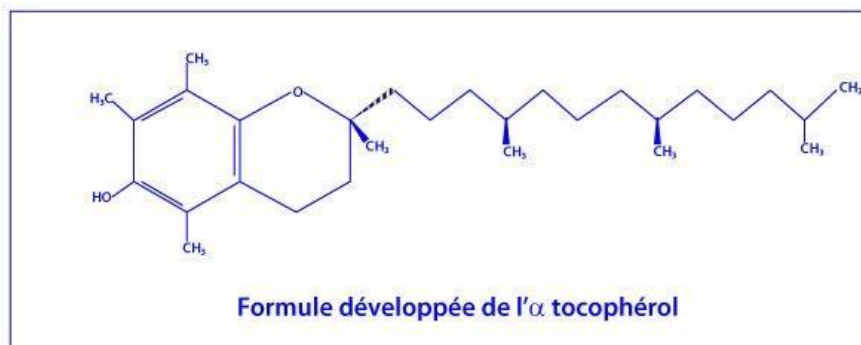


Figure 11:Formule développée de l'α tocopeohérol (**Michel Démarchez., 2012**)

III.3.1.2.2. La vitamine C

La vitamine C ou acide L-ascorbique (AscH) est un antioxydant hydrosoluble, présent sous sa forme ascorbate anionique (AscH⁻) au pH physiologique. Elle est capable de réagir directement sur les DROs et en particulier avec les ions superoxydes O₂^{•-}. Comme la vitamine E, elle limite la peroxydation lipidique en piégeant les radicaux peroxyde. Enfin, elle assure la régénération de la vitamine E par réduction spontanée du radical **tocophéryl** (**Michel Démarchez ., 2012**).

III.3.1.2.3. Les catéchines

Les catéchines sont des molécules polyphénoliques hydrosolubles, composées d'au moins un groupement phénolique.Elles sont abondantes dans certaines plantes, particulièrement dans

les feuilles de thé et dans le vin. Elles ont la capacité de piéger les ions superoxydes $O_2^{\bullet-}$, et l'oxygène singulet 1O_2 , $O_2^{\bullet-}$ étant directement réduit en H_2O_2 (Michel Démarchez ., 2012).

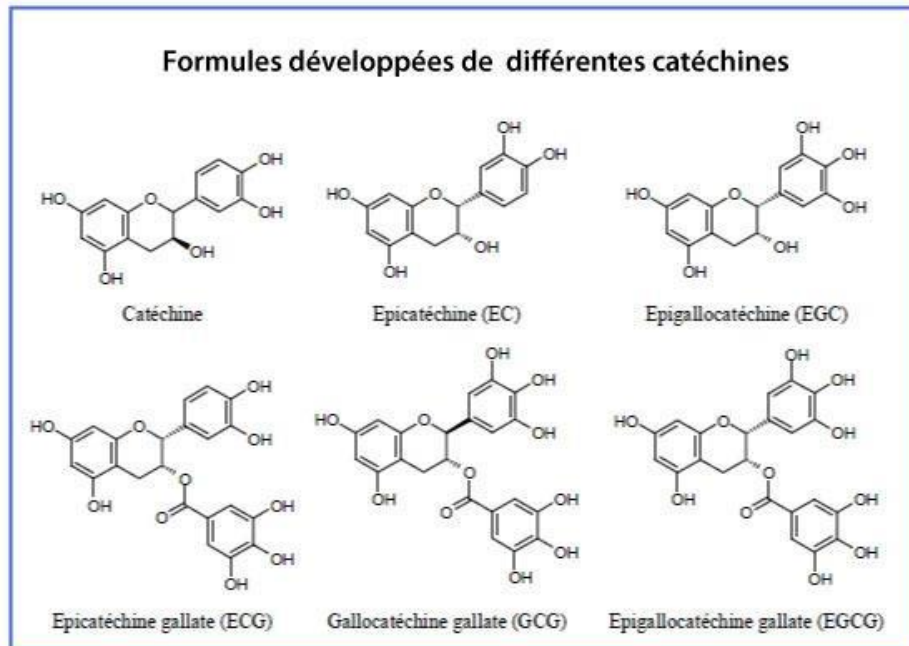


Figure 12:Formules développées de différentes catéchines (Michel ., 2012)

Partie Expérimentale

CHAPITRE IV

Matériels et Méthode

VI.1. Objectif de Notre travail

Cette étude a pour objectif de déterminer l'effet de différentes méthodes de séchage sur l'accumulation de certains composés actifs des feuilles de *Tetraclinis articulata*, notamment les polyphénols et leurs activités antioxydantes.

VI.2.Echantillonnage

Les feuilles de *T. articulata* ont été récoltées en novembre 2022 et janvier 2023 dans deux régions, à savoir Larbaa (Tissemsilt) et Frenda (Tiaret).

VI.3.Matériels du laboratoire

Tableau 03 : Matériels et Produits utilisés

Matériels	Produits
Bicher-éprouvette-spatule-verre de montre Pissette-balance électrique- Tube à essai- Portoir- Para film-micropipette-centrifugeuse Etuve-papier filtre-aluminium-entonnoir-firole Spectrophotomètre	Poudre de la plante –éthanol DPPH - Folin ciocalteu- Na_2CO_3



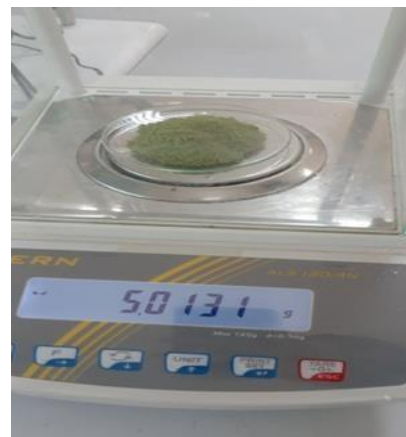
Centrifugeuse



Etuve



Spectrophotomètre



Balance



Micropipette

Figure13:Matériels utilisés (originale., 2023)

VI.4. Expérimentation

VI.4.1.Lieu de travail

Notre travail a été réalisé au sein du laboratoire de la faculté des Sciences et de Technologie, Université de TISEMSILT.

VI.4.2. Séchage

Au cours de notre étude, deux méthodes de séchage ont été effectuées :

- Une partie de feuilles a été séché au laboratoire à l'air libre pendant 8 jours (20 à 25 °C).
- Alors que les deux autres parties ont fait l'objet de séchage dans l'étuve à 40°C et 60°C pendant 5h.



L'air libre



L'étuve

Figure14: Feuilles de *T.articulata* séchées à l'air libre et dans l'étuve 40°C, 60°C
(originale., 2023)

VI.4.3.Préparation de l'extrait aqueux par macération

Mettre 5g de poudre des feuilles de *T. articulata*(après broyage) dans 100mL d'eau distillée et mélanger jusqu'à obtenir un mélange homogène. Laisser-le à l'obscurité et à température ambiante pendant 24h.

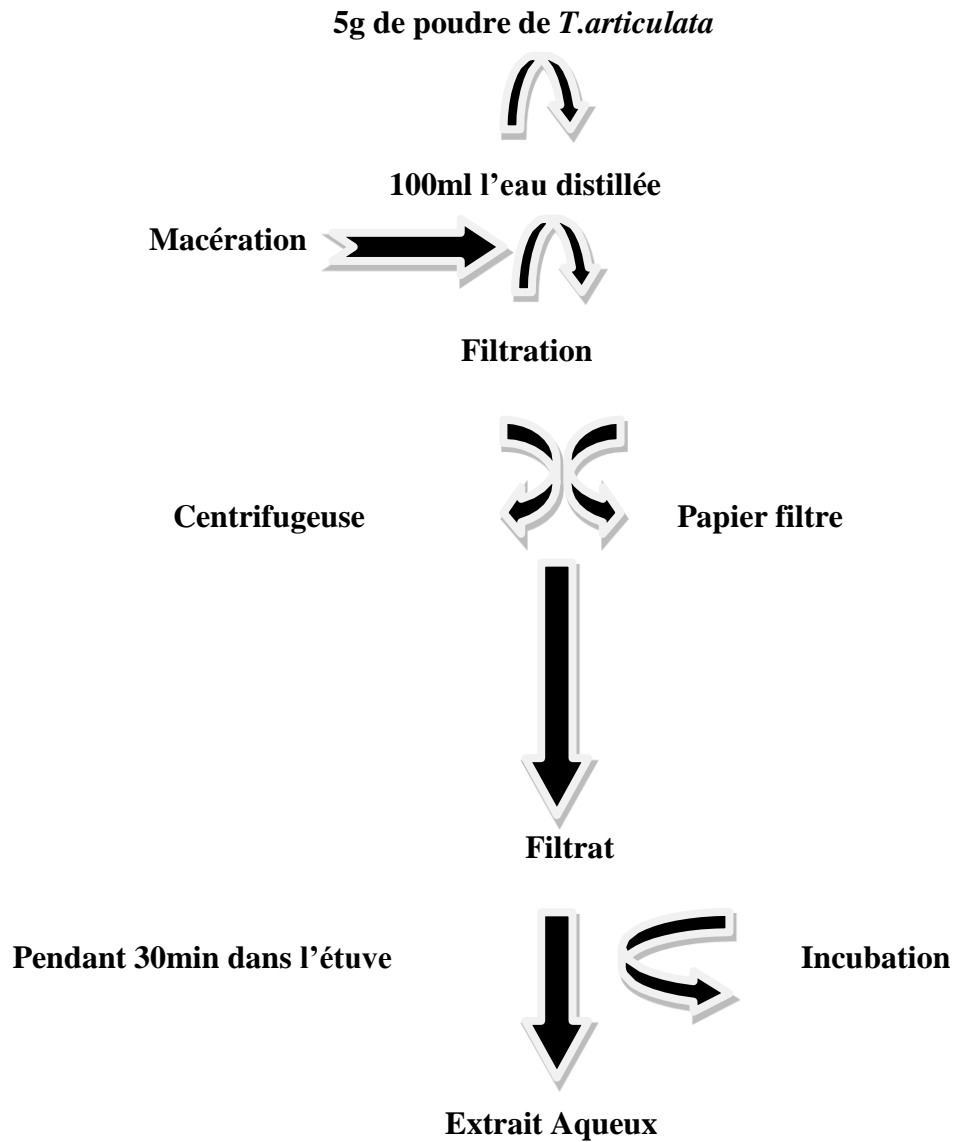


Figure15: Protocol de préparation de l'extrait aqueux

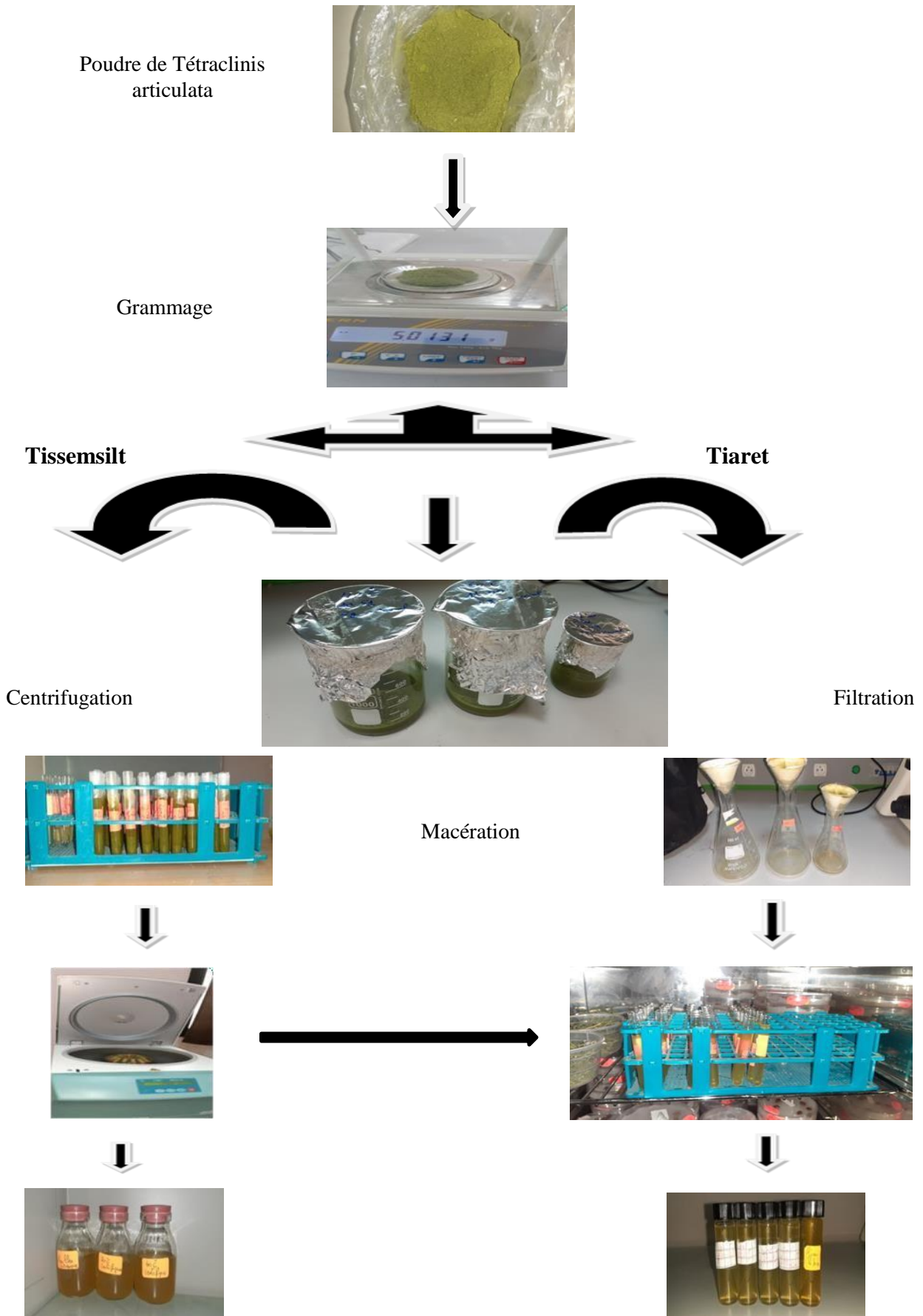


Figure16: Les étapes de préparation de l'extrait aqueux par macération (originale., 2023)

VI.5. Dosage des polyphénols totaux

Le dosage des polyphénols totaux a été déterminé par spectrophotométrie, selon la méthode colorimétrique utilisant le réactif de Folin-Ciocalteu, dont l'absorption maximum est comprise entre 725 et 750 nm est proportionnelle à la quantité de polyphénols présents dans les extraits végétaux.

VI.5.1. Mode opératoire

La teneur totale en phénols a été déterminée selon la méthode décrite par(**Zemour et al., 2019**) en utilisant le réactif de Folin-Ciocalteu et Na_2CO_3 et l'eau distillée comme standard. En bref, 500 μL de réactif de Folin-Ciocalteu et 450 μL d'eau distillée ont été ajoutés dans un tube contenant 50 μL de l'extrait avec une agitation vigoureuse. Après 3 min, 400 μL de Na_2CO_3 ($75 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$) ont été ajoutés. Les tubes étaient incubés à 25°C dans l'étuve pendant 40 min. L'absorbance a été déterminée à 725 nm contre un blanc contenant du Folin-Ciocalteu, l'eau distillée et Na_2CO_3 . Les concentrations des polyphénols totaux contenus dans les extraits sont calculées en 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/ ml d'extrait.

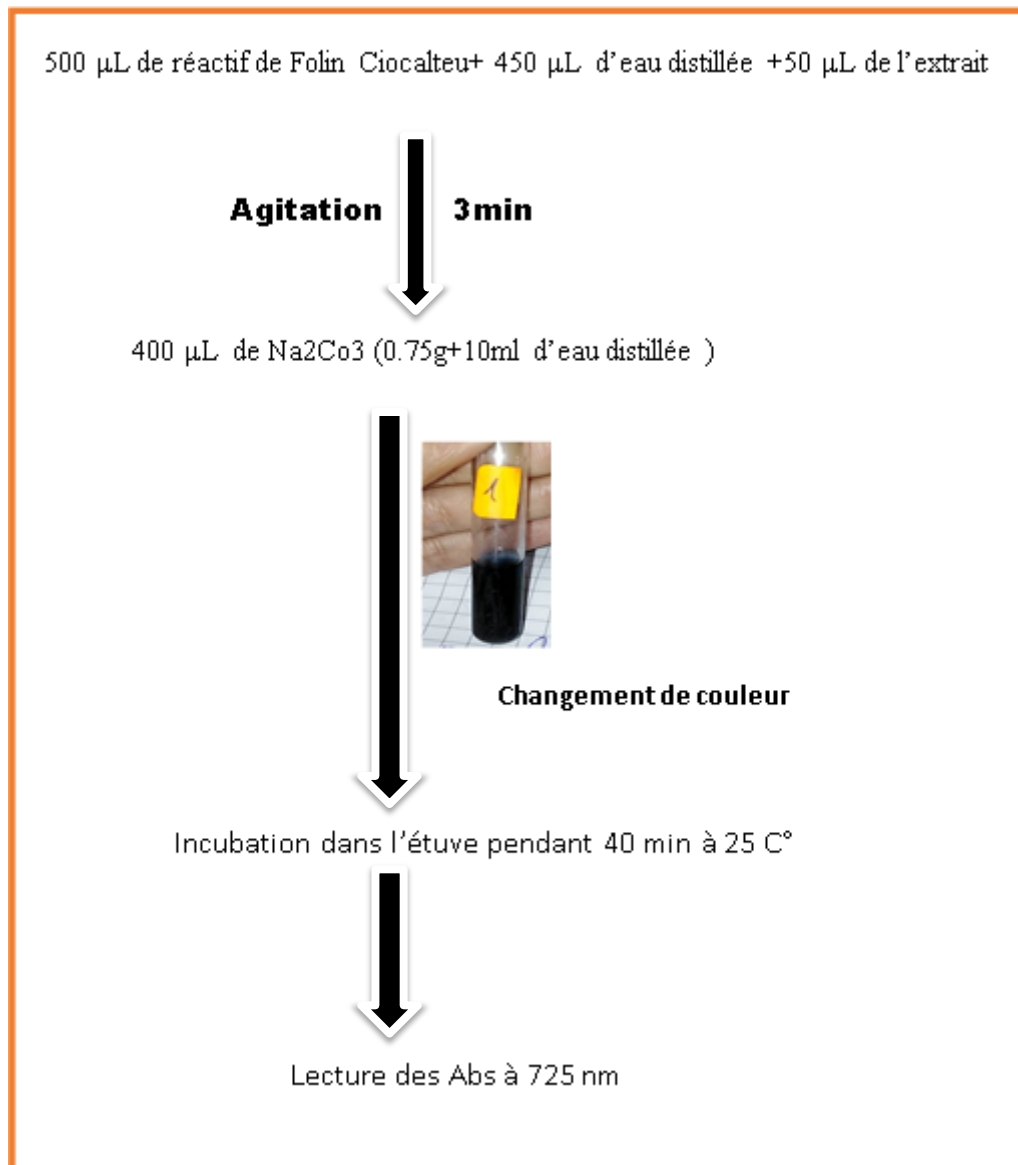


Figure 17: Différentes étapes du dosage des polyphénols de l'extrait aqueux

VI.5.2. Détermination du rendement

Ce paramètre est déterminé en se référant à la méthode de (Alghoraibi et al., 2020). Pour cela, après avoir pesé les lames vides, un poids de 100 µl d'extrait et lame a été réalisé. La reprise de poids a été effectuée après évaporation.

Le rendement de l'extrait a été calculé en fonction du poids de l'échantillon de poudre utilisé (5g) comme indiqué ci-dessous

$$R\% = \frac{P1-P2}{P3} \times 100$$

R : Rendement de l'extrait en %

P1 : poids de la lame avant évaporation

P2 : poids de la lame après évaporation

P3 : poids de la matière végétale de départ (5g)

VI.5.3. L'activité antioxydante

L'activité antioxydante totale de l'extrait de feuilles *T.articulata* a été déterminée en utilisant la technique de l'activité de piégeage des radicaux libres (DPPH).

VI.5.3.1. Mode opératoire

Nous avons adopté ce protocole après avoir fait de petits changements dans les concentrations,

1ml de solution éthanoïque à 5 mg/10ml de 1,1-diphényl-2 picrylhydrazyl (DPPH) ont été mélangés avec 100 µl d'extrait et du éthanol a été ajouté pour obtenir un volume final de 1,5 ml. Un mélange sans extrait a été utilisé comme témoin. Après 60 min, les valeurs d'absorbance des échantillons ont été mesurées à 517 nm en utilisant un spectrophotomètre UV/Vis avec de l'éthanol et l'eau distillée comme blanc (Zemour et al., 2019).

La FRSA des échantillons a été calculée en utilisant l'équation.

$$DPPH(\%) = [(AC-AS)/ AC]*100$$

Ac : valeur d'absorbance pour le contrôle .

As : valeur d'absorbance pour l'échantillon.

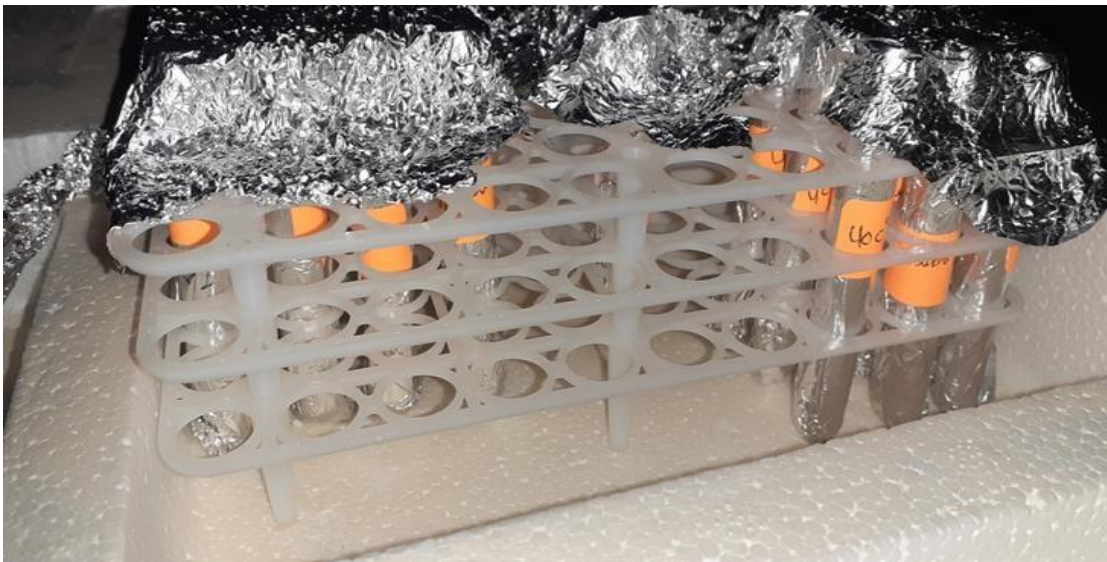


Figure18: Incubation à l'obscurité pendant 1h (originale., 2023)

CHPITRE V

Résultats et discussion

V.1. Rendement de l'extrait (%)

Les analyses statistiques de tableau ci-dessous représentent les résultats de rendement d'extrait obtenus par le teste d'ANOVA.

Tableau 04 : Rendement de l'extrait en pourcentage pour les feuilles de la plante étudiée

ANOVA TwoWay (18/05/2023 18:05:11)
ANOVA
Overall ANOVA

	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	P Value
Region	1	2,22045E-16	2,22045E-16	1,71292E-15	1
Drying method	2	2,41975	1,20988	9,33333	0,00359
Interaction	2	0,44444	0,22222	1,71429	0,22138
Model	5	2,8642	0,57284	4,41905	0,01629
Error	12	1,55556	0,12963		
Corrected Total	17	4,41975			

At the 0.05 level, the population means of **Region** are **not significantly** different.
At the 0.05 level, the population means of **Drying method** are **significantly** different.
At the 0.05 level, the interaction between **Region** and **Drying method** is **not significant**.

L'analyse des résultats a démontré un effet significatif de la méthode de séchage sur le rendement de l'extrait obtenu ($P < 0,05$). En revanche, la région d'étude ainsi que l'interaction entre les deux facteurs d'étude n'exteriorise aucun effet significatif sur ce paramètre ($P > 0,05$).

Les résultats obtenus (figure 19) démontrent que l'augmentation de la température de séchage a entraîné une élévation du rendement de l'extrait obtenu. En effet, les valeurs extrêmes de cette caractéristique sont de l'ordre de 3,67 % et 2,44 % enregistrées respectivement à 40°C et 60°C pour l'échantillon de Tiaret.

Après un séchage à l'air libre, les valeurs de rendement d'extrait sont les plus basses. En effet, ces valeurs se situent autour de 2,67 % (Tissemsilt) et 2,44 % (échantillon de Tiaret).

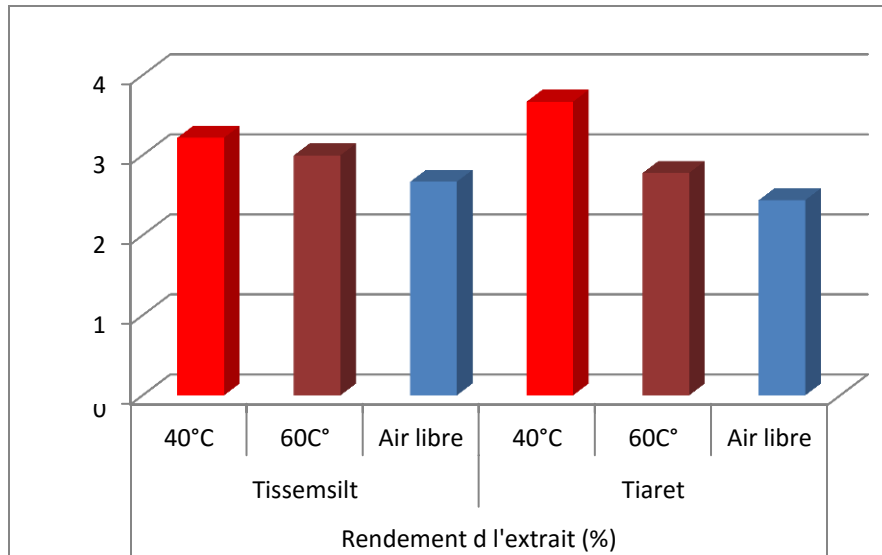


Figure 19: Rendement de l'extrait des feuilles de *Tetraclinis articulata* (%)

V.2. Polyphénols totaux (mg d'AG/ml d'extrait)

Les analyses statistiques de tableau ci-dessous représentent les résultats de dosage des polyphénols totaux d'extrait obtenus par le teste d'ANOVA.

Tableau 05: Analyse statistique de la teneur en polyphénols totaux (mg d'AG/ml d'extrait) de l'extrait des feuilles de *Tetraclinis articulata*

ANOVA TwoWay (07/05/2023 23:27:25)
ANOVA
Overall ANOVA

	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	P Value
Région	1	0,47917	0,47917	0,10165	0,75534
Drying	2	90,34114	45,17057	9,5825	0,00326
Interaction	2	216,70283	108,35141	22,9857	7,86693E-5
Model	5	307,52313	61,50463	13,04761	1,66459E-4
Error	12	56,56635	4,71386		
Corrected Total	17	364,08949			

At the 0.05 level, the population means of **Région** are **not significantly** different.
At the 0.05 level, the population means of **Drying** are **significantly** different.
At the 0.05 level, the interaction between **Région** and **Drying** is **significant**.

L'analyse de la variance des résultats (Tableau 05) de polyphénols totaux a divulgué que la région d'étude n'a impliqué aucun effet significatif sur ce paramètre (P>0.05). Tandis que,

l'accumulation de ces polyphénols est grandement conditionnée par la méthode de séchage conduite ($p < 0.01$).

Les réponses extériorisées par les échantillons testés, en réaction à la méthode de séchage imposé s'avèrent différentes, ce qui se justifie par une influence significative de l'interaction des deux facteurs d'étude sur l'expression de ce paramètre ($p < 0.01$).

Les résultats du dosage des polyphénols totaux de extraits de *Tetraclinis articulata* (Figure 20) montrent que la quantité de polyphénols varie entre 13.51 et 23.69 (mg d'AG /ml d'extrait).

Selon ces résultats, la méthode de séchage induit une variation de la teneur en polyphénols. En effet, l'augmentation de la température conduite s'est soldée par une diminution de ce paramètre. Ainsi, le taux de polyphénols à 60°C est de l'ordre de 13.51 (mg d'AG /ml d'extrait) et 14.75 (mg d'AG /ml d'extrait) pour l'échantillon de Tissemsilt et de Tiaret respectivement.

Au séchage à l'air libre, l'échantillon de Tissemsilt se particularise par la teneur en polyphénols la plus élevée (23.69 mg d'AG /ml d'extrait) par rapport à celui de Tiaret.

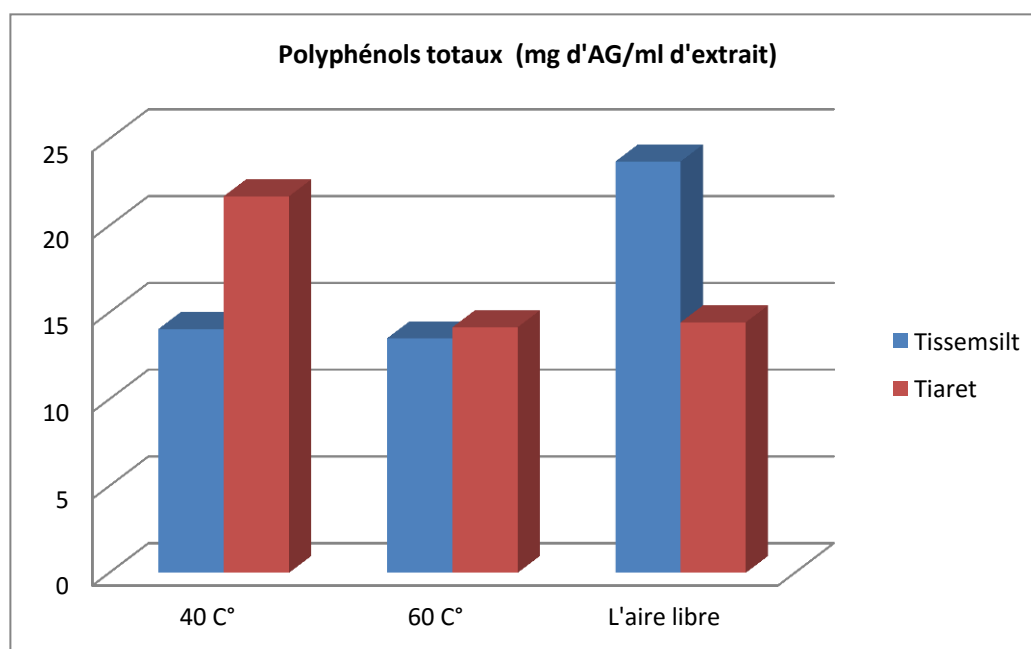


Figure 20 : Teneur en polyphénols totaux (mg d'AG/ml) de l'extrait des feuilles *Tetraclinis articulata* étudiée

V.3. Activité antioxydante (%)

Les analyses statistiques de tableau ci-dessous représentent les résultats de l'évaluation de l'activité antioxydante obtenus par le teste d'ANOVA.

Tableau 06 : Analyse statistique de l'activité antioxydante *Tetraclinis articulata* étudiée

ANOVA 1woWay (07/05/2023 23:28:25)
ANOVA
Overall ANOVA

	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	P Value
Région	1	1546,47234	1546,47234	9,9294	0,00836
Drying	2	525,46003	262,73001	1,68691	0,22615
Interaction	2	528,14044	264,07022	1,69551	0,22464
Model	5	2600,07281	520,01456	3,33885	0,0404
Error	12	1868,96127	155,74677		
Corrected Total	17	4469,03408			

At the 0.05 level, the population means of **Région** are **significantly** different.
At the 0.05 level, the population means of **Drying** are **not significantly** different.
At the 0.05 level, the interaction between **Région** and **Drying** is **not significant**.

L'analyse des résultats obtenus (Tableau 06) de l'activité antioxydante, révèle que les variations de cette caractéristique s'opèrent d'une manière dépendante de la région d'étude ($p < 0.05$). Les variations des températures de séchage n'induisent aucune fluctuation de cette activité ($p < 0.001$).

L'interaction entre les deux facteurs d'étude influe d'une manière faible sur l'élaboration de cette caractéristique ($p > 0.05$), montrant ainsi l'absence de toute distinction entre les échantillons à l'égard des traitements thermiques adoptés.

L'activité antioxydante de l'extrait testé s'est révélée élevée dans les deux régions d'étude, indépendamment de la méthode de séchage utilisée. De plus, cette activité est particulièrement élevée pour les échantillons provenant de Tiaret, avec des valeurs d'environ 88,6 %, 82,7 % et 84,3 % enregistrées respectivement à 40 °C, 60 °C et à l'air libre.

Selon les résultats obtenus (Figure 21) l'optimum de cette activité est inscrit à 40°C. En effet, à cette température, l'activité antioxydante produite est de l'ordre de 70% et 88.6% respectivement révélée pour l'échantillon de Tissemsilt et Tiaret.

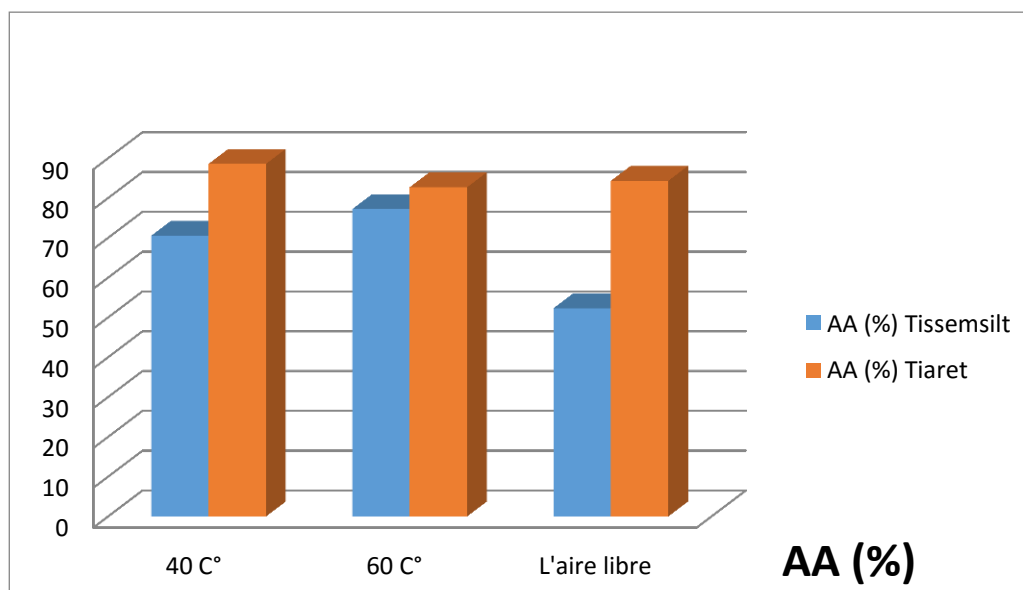


Figure21 : Activité antioxydante (AA %) de *Tetraclinis articulata* étudiée

Discussion :

Le séchage est un processus visant à éliminer l'humidité du matériau frais et à réduire son activité de l'eau, ce qui inhibe la croissance microbienne et minimise les réactions biochimiques de détérioration (**Buchailot et al., 2009**). Cela réduit également le poids et le volume de l'échantillon, réduisant ainsi les coûts de stockage et de transport (**Pham et al., 2015 ; Saifullah et al., 2016 ; Shrestha et al., 2007**).

Notre étude démontre que les feuilles de *Tetraclinis articulata* exhibent une potentielle richesse en polyphénols et leur activité antioxydante conjuguée. Ces composants tiennent une place importante dans le domaine pharmaceutique et nutritionnel (**Zemour et al., 2019 ; Zhang et al., 2022**). En effet, l'évaluation quantitative des composés phénoliques totaux dans les différents extraits de feuilles a révélé des teneurs considérables et variables allant de 13.51 à 23.69 (mg d'AG /ml d'extrait). (Figure 20).

Le rendement de l'extrait de *Tetraclinis articulata* s'est montré élevée à haute température (par rapport à l'air libre), notamment à 40°C, alors qu'il diminue à 60°C. (**Ningsih et al., 2022**) ont démontré que le rendement de l'extrait des feuilles *Gynura pseudochina* (L.) DC a augmenté à 40°C comparativement à celle de 60°C et 25°C.

Selon nos résultats, la méthode de séchage a un impact significatif sur le contenu phénolique total (TPC), entraînant une diminution de ces composés à des températures

élevées. Résultats qui corroborent avec les travaux de (**Hihat et al., 2017; Miranda et al. 2010 ;et Rebey et al., 2020**). Selon ces auteurs, la diminution du contenu phénolique total (TPC) observée avec l'augmentation de la température peut être attribuée à la dégradation thermique. Cette diminution pourrait résulter des interactions entre les polyphénols et d'autres composants, ainsi que de l'altération de la structure chimique des polyphénols qui ne peut pas être extraite ni déterminée à l'aide des méthodes actuellement disponibles. En outre, le processus de séchage peut dégrader les constituants cellulaires des échantillons de plantes, ce qui accélère la libération de composés phénoliques (**Arslan et Özcan., 2010**). De plus, une étude a été menée par (**Tan et al., 2014**) sur les feuilles de mûrier a montré que le principal facteur responsable dans la diminution du TPC sont les enzymes oxydatives après le séchage à l'air libre, alors que la réduction du TPC des feuilles séchées au soleil et au four était principalement causée par la dégradation thermique.

Les résultats de notre étude ont divulgué que l'activité antioxydante de l'extrait des feuilles de *Tetraclinis articulata* se prononce élevée (Figure 21). Néanmoins, il a été observé une augmentation de cette activité après exposition à haute température. Résultats conformes avec ceux rapportés par (**Tan et al., 2014**). Ces auteurs ont confirmé qu'une température de 50°C a induit une augmentation de l'activité antioxydante de feuilles de murier.

Conclusion

Conclusion

Tetraclinis articulata est une plante médicinale ayant un rôle indispensable dans les utilisations pharmaceutiques et nutritionnelles. En Algérie, cette espèce est largement répandue dans l'ouest.

De ce fait, le séchage des feuilles de *Tetraclinis articulata* a été effectué par deux méthodes, la méthode traditionnelle à l'air libre (25°C) et dans l'étuve à deux différentes températures (40°C et 60°C). Pour cette espèce l'extrait aqueux a été préparé par macération.

Les études phytochimiques de cette plante montrent que les extraits aqueux de *Tetraclinis articulata* sont riches en composés phénoliques ainsi que leur activité antioxydante s'est avérée importante.

Selon cette étude, il a été extériorisé que l'effet du séchage a eu un impact sur les teneurs en polyphénols et la capacité antioxydante des extraits de feuilles de *T. articulata*.

Finalement, l'usage de cette plante médicinale comme remède traditionnel peut constituer une méthode complémentaire pour traiter quelques maladies et peut également être introduite dans le système de soins traditionnels.

Références bibliographiques

- Ali-Rachedi F., Meraghni S., Touaibia N. et Mesbah S. 2018. Analyse quantitative des composés phénoliques d'une endémique algérienne *Scabiosa Atropurpurea* sub. *Maritima* L. 87 -DOI: 10.25518/0037-9565.7398.
- AL-MAMRI H. 2021. Composés phénoliques : classification, chimie et techniques d'analyse et de synthèse mises à jour DOI : 10.5772/intechopen.98958.
- AL-ghoraibi Ch., Soukkarieh R., A. Alahmad Z., Walter J-G. et .Daghestani M. 2020. Aqueous extract of *eucalyptuscamalensis* leaves as reducing and capping agent in biosynthesis of silver nanoparticles, inorganic and nano-metal. 50(10):895-902.
- Avello M., Suwalsky M. 2006. Radicales libres, antioxidantes naturales y mecanismos de protección *Atenea* (Concepción), (494), 161-172.
- Arslan, D.; Özcan, M.M. 2010. Study the Effect of Sun, Oven and Microwave Drying on Quality of Onion Slices. *LWT Food Sci. Technol.* 43, 1121–1127.
- Artanaseaw, A., S. Theerakulpisut, and C. Benjapiyaporn. 2010. Thin layer modeling of tom yum herbs in vacuum heat pump drye. *Food Science and Technology International* ¼ *Ciencia y tecnologia de los alimentos internacional* 16 (2):135–46.
- Bouazza N., cherifi K., Babali B., Bouazza M. 2020. Note Bibliographique sur la syntaxonomie des végétation de Tlemcen, Hafir Moutas et sa reserve (Nord-ouest ALGERIE), 27(2): 345-358.
- Bourkhiss M., Lachkar M., Ouakil A., Farah A., Bouachrine A. 2021. Composition chimique et bioactivité de l'huile essentielle des feuilles de thuya de Berberie (*Tetraclinis articulata* Vahl) et de ses fractions chromatographiques, 21 :29-34.
- Bettaieb Rebey, Iness; Bourgou, Soumaya; Ben Kaab, Sofiene; Aidi Wannas, Wissem; Ksouri, Riadh; Saidani Tounsi, Moufida; Fauconnier, Marie-Laure (2019). *On the effect of initial drying techniques on essential oil composition, phenolic compound and antioxidant properties of anise (Pimpinella anisum L.) seeds. Journal of Food Measurement and Characterization*, 9.
- Bourkhiss M., Hnach M., Paolini J., Costa J., Chaouch A. 2022. composition chimique huiles essentielles de la sciure de bois et de feuilles de *Tetraclinis articulata* (vahl) masters du maroc, 91.
- Benachour H., Ramdani M., Lograda T., Chalard P. 2020. Composition chimique et activités antibactériennes des huiles essentielles de *Capparis spinosa* d'Algérie, 21.
- Belkhiri F., Baghiani A. 2017. Plantes médicinales Activités antioxydantes et antibactériennes.

Références bibliographique

- Bensakhria A.2018. Toxicologie Générale - Le Stress Oxydatif .
- Berger M., Chioléro RL. 2001. Apport d'antioxydants en réanimation : pourquoi, lesquels, avec quels objectifs Réanimation, 10 : 527-34.
- Bayard M.2019. Élaboration et caractérisation de biocomposites à base d'acide polylactique et de fibres de lin : compatibilisation interfaciale par dépôt de revêtements à base d'époxy, de dioxyde de titane, de lignine ou de tanin
- Boakye, M.K.; Pietersen, D.W.; Kotzé, A.; Dalton, D.-L.; Jansen, R. 2015. Knowledge and uses of African pangolins as a source of traditional medicine in Ghana. PLoS ONE, 10, e0117199.
- Basic, A A.Vojvodic, D.Komes, C.Akkermans, A.BelscakCvitanovic, M.Stolk, and G Hofland. 2014.. Comparative evaluation of Co2 drying an alternative drying technique of basil (*Ocimum basilicum* L.) – The effect on bioactive and sensory properties. Food Research International 64:34–42
- Bettaieb Rebey, Iness; Bourgou, Soumaya; Ben Kaab, Sofiene; Aidi Wannes, Wissem; Ksouri, Riadh; Saidani Tounsi, Moufida; Fauconnier, Marie-Laure (2019). *On the effect of initial drying techniques on essential oil composition, phenolic compound and antioxidant properties of anise (Pimpinella anisum L.) seeds. Journal of Food Measurement and Characterization*,9.
- Démarchez M. 2012. systèmes anti-oxydants <https://biologiedelapeau.fr>.
- El-Desouky T.2021.Evaluation of effectiveness aqueous extract for some leaves of wild edible plants in Egypt as anti-fungal and anti-toxigenic . Heliyon,7,e06209.
- El Bouhtoury-Charrier F.E., Hakam A., Famiri A., Ziani M., Charrier, B. 2009. Wood characterization of *Tetraclinis articulata* and evaluation of its resistance against ligninolytic fungi. Doc No. IRG/WP, 09-10697.
- Faitg J., Reynaud O.,Philippe J.,Gaudet L. 2017. Gouspillou Dysfonctions mitochondriales et vieillissement musculaire Med Sci (Paris) , 33 : 955–962.
- Frimpong, E.K.; Asong, J.A.; Aremu, A.O. 2021. A Review on Medicinal Plants Used in The Management of Headache in Africa.Plants,10,2038.<https://doi.org/10.3390/plants10102038>.

Références bibliographique

- Grant T., Ingegerd S. et Federico G. G. 2021. A review of drying methods for improving the quality of dried herbs, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 61:11, 1763-1786.
- Hadjadj K., Letreuch Belarouci A. 2017. Synthèse bibliographique sur le thuya de berbérie [*Tetraclinis articulata* (Vahl) Mast.] *Geo-Eco-Trop*, 41, 1: 13-27.
- Halliwell B, Gutteridge JMC. 1990. The antioxidants of human extracellular fluids. *Arch Biochem Biophys*, 280 : 1-8.
- Hihat. S., Remini, H. Madani K. 2017. Effect of oven and microwave drying on phenolic compounds and antioxidant capacity of coriander leaves. *Int. Food Res. J.* 24, 503–509
- Site web (<https://www.atlasbota.com>).
- Site web (<https://academia-arabia.com>).
- Jesus NZ., Falcão H., Gomes IF., Almeida Leite TJ., Morais L Barbosa-Filho JM et al. 2012. Tanins, ulcères peptiques et mécanismes associés . *Int J Mol Sci* 13 : 3203–3228. [Article PMC gratuit] [PubMed] [Google Scholar].
- Jeeva J., Sathiya J., Ananthalakshmi R., Rajkumari S., Ramesh M., Krishnan R. 2015. Enzymatic antioxidants and its role in oral diseases *Journal of Pharmacy and Bioallied Sciences* 7(Suppl 2):p S331-S333, August. | DOI: 10.4103/0975-7406.163438.
- seeds. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 9
- Jamshidi-Kia F., Lorigooini Z. et, Amini-Khoei H. 2018. Medicinal plants: Past history and future perspective. *J Herbméd Pharmacol.* 7(1): 1-7.
- Karine B., Karine C., Olivier J., Defraigne B. 2002. Mécanismes physiologiques de la défense antioxydante *Action physiologique des défenses antioxydantes* 16 :4, 233-239.
- Khatib S, Sobeh M and Bouissane L. 2022. *Tetraclinis articulata* (Vahl) Masters: An insight into its ethnobotany, phytochemistry, toxicity, biocide and therapeutic merits. *Front. Pharmacol.* 13:977726. doi: 10.3389/fphar.2022.977726.
- LoVirginieun V., Isakova B., OI Klein B., Dergachova B., Gessler B et Y., Deryabina I. 2017. Naturel Polyphénols : Biologiquesal Activité, PharmacologiqueAl- Potessentiel, Moyens de Génie Métabolique (Review) 10.1134/S0003683818030.

Références bibliographique

- Lab J. 2018. Les plantes médicinales et l'herboristerie : à la croisée de savoirs ancestraux et d'enjeux d'avenir (Rapport d'information numéro 727 • L'Essentiel synthèse).
- Lamy E., Pinheiro C., Rodrigues L., Capela et Silva F., Lopes OS., Tavares S et al. **2016**. Déterminants de la consommation d'aliments et de boissons riches en tanins perception orale et aspects psychosociaux Dans : Combs CA. (éd.). Tanins biochimie, sources alimentaires et propriétés nutritionnelles . Nova Science Publishers Inc : New York, États-Unis, p. 29–58. [Google Scholar].
- 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.
- Mccord JM. 1983. The superoxide free radical: its biochemistry and pathophysiology. *Surgery*.94(3):412-4. PMID: 6310808.
- Marcia A., Suwalsky M. 2006. Radicales libres, antioxidantes naturales y mecanismos de protección. *Atenea (Concepción)*, (494), 161-172.
- Michel I. 2020. Oxydator et Liquogène.
- Monique G-A., Dominique B-R., Zohreh A., et Jore D. 2003. Espèces réactives de l'oxygène Comment l'oxygène peut-il devenir toxique .
- Margarita M., Vega-Gálvez A., López J., Parada G., Sanders M., Mario A., Uribe E., Di Scala K 2010. Impact of air-drying temperature on nutritional properties, total phenolic content and antioxidant capacity of *quinoa seeds (Chenopodium quinoa Willd.)*, 32(3), 258–263.
- Miao J., Liu J., Gao X., Lu F. et Yang X. 2022. Effects of different drying methods on chemical compositions, antioxidant activity and anti- α -glucosidase activity of *Coreopsis tinctoria* flower tea. *Heliyon*, 8(11), e11784.
- Matejić, J.S.; Stefanović, N.; Ivković, M.; Živanović, N.; Marin, P.D.; Džamić, A.M. 2020. Traditional uses of autochthonous medicinal and ritual plants and other remedies for health in Eastern and South-Eastern Serbia. *J. Ethnopharmacol.*, 261, 113186.
- Nelson M., Jenny Y., FACS M., Shelvin R., Dickens B., Reish L. Thomas M., Machol J., Davis N., Tellez-Duran N. 2018. Tout ce que vous devez savoir sur le stress oxydatif.
- Nurhaslina CR., Andi Bacho CH., Mustapa A-N. 2022. Review on drying methods for

- herbal plants *Materials Today: Proceedings* 63:S122–S139.
- Ningsih A., Sukardiman W., Achmad Syahrani A., Charisma A.M., Wahyuni K.I.
2022 Study of drying methods and extraction methods on phenolic content.
The 2nd International Conference on Government Education Management
and Tourism (ICoGEMT), January 15th, , Bandung City, Indonesia
- Ouedraogo S., Yoda J., Traoré K., Nitiema M., Bavouma C., Sombié H., Diawara Z., Yaméogo
J. Djandé A., Belemnaba L., BKini F., Ouédraogo S., Semdé R. 2021.
Production de matières premières et fabrication des médicaments à base
de plantes médicinales 15:2 .
- Rebey B., Bourgou I., Ben Kaab S., Aidi W ., Ksouri R., Tounsi S., Fauconnier M., La
2019. On the effect of initial drying techniques on essential oil composition,
phenolic compound and antioxidant properties of anise
(*Pimpinella anisum* L) DOI : [10.1016/j.scienta.2018.11.016](https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.11.016)
- Rosen GM., Pou S., Ramos CL., Cohen MS., Britigan BE. 1995. Free radicals
And phagocytic cells. *FASEB J.* 1995 Feb; 9(2):200-9 doi: 10.1096. /fasebj.
9.2.7540156. PMID: 7540156.
- Smeriglio A., Barreca D., Bellocco E., Trombetta D .2017. auteur correspondant,
Proanthocyanidines et tanins hydrolysables : occurrence, apport alimentaire
et effets pharmacologiques *Br J Pharmacol* ; 174(11) : 1244-1262.
- Sergio DM et Venditti P. 2020. Évolution des connaissances sur les radicaux libres
et autres oxydants . Tome | ID : 9829176 | <https://doi.org/10.1155/2020/9829176>.
- Sofowora A., Ogunbodede E. et Onayade A. 2013. The role and place of medicinal plants in
the strategies for disease prevention. *Afr J Tradit Complement Altern
Med.* 10(5):210-229.
- Tan, T.C. Cheng, L.H. Bhat, R. Rusul, G. Easa, A.M. 2014. Composition, physicochemical
properties and thermal inactivation kinetics of polyphenol oxidase and
peroxidase from coconut (*Cocos nucifera*) water obtained from immature
mature and overly-mature coconut *Food Chem.* 142, 121-128.
- Ward JF .1988. "DNA damage produced by ionizing radiation in mammalian cells: identities
mechanisms of formation, and reparability". *Progress in Nucleic Acid
Research and Molecular Biology* 35 (3): 95–125.. doi:10.1016/s0079
-6603(08)60611-x. ISBN 9780125400350. PMID 3065826.
- Zemour, K., Labdelli A., Adda A., Dellal A., Talou T., Merah O. 2019. phenol content and

Antioxidant and antiaging activity of safflower seed oil
(*Carthamus tinctorius* L.). *Cosmetics*, 6, 55, <https://doi.org/10.3390/cosmetics6030055>

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.

Zahir I., ER-rahmany A., Es-sadouny R. et EL hadari I. 2020. Activités biologiques de *Tetraclinis articulata*. *Revue de synthèse*, 89 :91-114.

Zhang Z., Li X., Sang S., Mcclements D.J., Chen L., Long J., Jiao A., Jin Z. and Chao Qiu C. 2022. Polyphenols as Plant-Based Nutraceuticals: Health Effects, Encapsulation, Nano-Delivery, and Application. *Foods*, 11(15), 2189.