

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة مولاي الطاهر، سعيدة

Université MOULAY Tahar, Saïda



N° d'Ordre

كلية العلوم

Faculté des Sciences

قسم البيولوجيا

Département de Biologie

Mémoire pour l'obtention du diplôme de Master

En Sciences biologiques

Spécialité : Biochimie

Thème

Etude des activités biologiques de la plante *Cichorium intybus* L.

-Méta synthèse-

Présenté par :

- Mlle : ARIBI Asmaa
- Mlle : HADEF Nour Fatiha

Soutenu le :

Devant le jury composé de :

Président
Examinatrice
Rapporteur

Mr. KAHLOULA Khaled
Mme. HADJAJ Hassina
Mr. ADLI Djallal Eddine Houari

Pr Université UMTS
MCB Université UMTS
MCA Université UMTS

Invité d'honneur : Mlle. REGGAD Nawel

Année universitaire 2022/2023

Remerciements

En premier lieu, nous remercions Allah le tout puissant pour nous avoir accordé le courage, la volonté, la force et la patience de bien réaliser ce travail.

Nous tenons à remercier notre encadrant Mr. ADLIDjallal Eddine Houari, pour avoir accepté la supervision de notre mémoire, pour l'aide précieuse, les conseils pertinentes ainsi que toutes qualités scientifiques et humaines, nous remercions également Mlle REGGAD Nawel pour son aide, ses conseils et ses encouragements.

Notre plus profonde gratitude s'adresse à :

Mr. KAHLOULA Khaled d'avoir accepté la présidence du jury, Veuillez trouver ici l'expression de notre respect.

Mme. HADDJAJ Hassinade bien vouloir examiner ce travail, qu'elle trouve ici les expressions de notre reconnaissance.

Nos remerciements vont aussi à :

Tous les enseignants de la faculté de biologie pour nous avoir transmis leurs connaissances et assuré notre formation.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail, qui est le fruit de mes efforts à :

A mes parents : Amel et Baghdad

A mes frères : Mustapha et Farouk

A ma sœur : Amina Ferdouse

*Tous mes collègues de la promotion Biochimie (2022-2023) A tous ceux
qui de loin ou de près m'ont aidé à arriver à ce stade.*

ARIBIAsmaà

Dédicace

Je dédie ce modeste travail, qui est le fruit de mes efforts à :

A mes parents : TALBI Aicha et Bentlidjane

A mes frères : Mohamed et Youness

A ma sœur : TALBI Mebarka Khansaa

*Tous mes collègues de la promotion Biochimie (2022-2023) A tous ceux
qui de loin ou de près m'ont aidé à arriver à ce stade*

HADEF Nour Fatiha

Résumé

La chicorée (*Cichorium intybus L.*) est une plante médicinale appartient à la famille des Astéracées.

L'objectif de ce travail est de présenter, à la lumière de la littérature récente, une synthèse bibliographique rassemblant les résultats des études réalisées sur la composition, et les différentes activités biologiques.

L'analyse systématique des travaux antérieurs a révélé que la chicorée constitue une source pertinente de composés bioactifs : l'inuline, sesquiterpène lactones, acide cichorique, acides phénoliques....etc., De plus, elle est riche en extraits ,d'huiles essentielles, Chloroforme , Ethanol , Acétone , Hydro-éthanol et Méthanol dont la nature, le rendement et les composants diffèrent d'une région à l'autre et en fonction de plusieurs facteurs. Tous ces composés confèrent à la plante différentes propriétés pharmacologiques diverses telles une activité antimicrobienne, antidiabétique, antitumorale, activité antivirale et antiparasitaire, outre à des effets hépatoprotecteur, anti-inflammatoire, analgésique et immunomodulateur.

En conclusion, la présente étude montre que la chicorée est considérée comme une excellente source en phytothérapie.

Mots clés: *Cichorium intybus L.* , composés bioactives, activités biologiques.

Abstract

The Chicory (*Cichorium intybus L.*) is a medicinal plant of the Asteraceae family.

The aim of this study is to present, in the light of recent literature, a systematic review which revealed on the composition and the biological activities of the chicory.

It has demonstrated from the previous studies that chicory considered as a relevant source of bioactive compounds like inulin, sesquiterpene lactones, cichoric acid, phenolic acids....etc., In addition, it is rich in extracts, essential oils, Chloroform, Ethanol, Acetone, Hydro-ethanol and Methanol whose nature, yield and components differ from one region to another and according to several factors. All these compounds confer on the plant various pharmacological properties such as an antimicrobial activity, antidiabetic, antitumor, antiviral and antiparasitic activity, in addition to hepatoprotective, anti-inflammatory, analgesic and immunomodulatory effects.

The current study highlights the fact that chicory is an excellent source in phytotherapy.

Keywords: *Cichorium intybus L.*, bioactive molecules, biological activities.

ملخص

الهندباء البرية (*Cichorium intybus* L.) نبات طبي ينتمي إلى عائلة النجمية (Asteraceae) .

في ضوء الدراسات الحديثة ، يهدف هذا العمل إلى تقديم ،ملخص ببيولوجرافي مجمعا نتائج الدراسات التي أجريت على التركيب الكيميائي و مختلف الأنشطة البيولوجية.

أظهرت نتائج تحليل الدراسات السابقة أن الهندباء هي مصدر مهم للمركبات النشطة بيولوجيًا: الإنولين ، واللاكتونات سيسكيتيربينية ، حمض السيکوريك ، والأحماض الفينولية ، وما إلى ذلك ، بالإضافة إلى أنها غنية بالمستخلصات والزيوت الأساسية والكلوروفورم والإيثانول والأسيتون والهيدرو إيثانول والميثانول التي تختلف طبيعتها وإنتاجيتها ومكوناتها من منطقة إلى أخرى ووفقًا لعدة عوامل. كل هذه المركبات تمنح للنبات خصائص دوائية مختلفة مثل مضادات للميكروبات ، خافضة للمستوى السكري ، مضاد للأورام، مضاد للفيروسات و الطفيليات، بالإضافة إلى التأثيرات الوقائية للكبد، والمضادة للالتهابات، المسكنة للألام، والتأثيرات المناعية أخرى.

في الختام ، تظهر الدراسة الحالية أن الهندباء تعتبر مصدرًا علاجيًا ممتازًا في مجال التداوي بالإعشاب.

الكلمات المفتاحية : الهندباء البرية ، مركبات فعالة ، أنشطة بيولوجية

Table des matières	
Remerciements	I
Dédicace	II
Résumé	IV
Liste des abréviations et des acronymes	X
Liste des tableaux	XI
Liste des figures	XII
Introduction	1
<i>Chapitre I : Phytothérapie et les activités biologiques</i>	
Introduction	4
1. Phytothérapie	4
1.1. Définition de la phytothérapie	4
1.2. Intérêt de la phytothérapie	4
1.3. Historique	5
1.4. Phytothérapie en Algérie	5
1. 5. Différents types de la Phytothérapie	6
1.5.1. La phytothérapie pharmaceutique	6
1.5.3. L'homéopathie	6
1.5.4. L'aromathérapie	6
1.5.5. La. Gemmothérapie	6
1.5.6. La phytothérapie chinoise	6
2.1. Les plantes médicinales	7
2.2. Les méthodes principales de préparation des plantes médicinales	7
2.2.1. Infusion	7
2.2.2. Décoction	7
2.2.3. Macération	7
2.2.3.1. La macération à l'huile froide	7
2.2.3.2. La macération à l'huile chaude	8
2.2.4. Les huiles	8
3. Métabolites secondaires	8
3.1. Définition	8
3.2. La classification des métabolites secondaires	9
3.2.1 Terpènes	9

3.2.2 Les composés phénoliques	10
3.2.3. Principales classes des composés phénoliques	14
3.2.3. Les alcaloïdes	19
4. Les méthodes d'analyse et d'identification des métabolites secondaires	19
5. Le rôle biologique des métabolites secondaires	20
5.1. Activité antimicrobienne	20
5.2. Activité antioxydant	21
5.3. Activité anticancéreuse	21
5.4. Activité anti-inflammatoire	21
5.5. Activité antiallergique	21
Chapitre II: Généralités sur La chicorée (<i>Cichorium intybus</i> L.)	
Introduction	23
1. La famille des Astéracées	23
1.1. Etymologie et caractéristiques de la famille Astéracée	23
2.1. Le genre <i>Cichorium</i>	24
2.2 L'espèce <i>Cichorium intybus</i> L.	24
2.2.1 Description botanique et répartition géographique	24
2.2.2. La taxonomie de la chicorée	26
2.2.3. Utilisation en phytothérapie	27
3. Les principes actifs majeurs	28
3.1. L'huile essentielle de <i>Cichorium intybus</i> L.	28
3.1.1. Composition chimique de l'huile essentielle de <i>Cichorium intybus</i> L.	28
3.1.1.1. Composés terpéniques	29
3.1.1.2. Les composés aromatiques	29
3.1.2. Procédés d'extraction d'huile essentielle de <i>Cichorium intybus</i> .L	30
3.1.2.1. Hydrodistillation	30
3.1.2.2. Entraînement à la vapeur	30
3.1.2.3. Hydro-diffusion	31
3.1.2.4. Extraction par CO2 super critique	31
3.1.2.5. Extraction assistée par micro-ondes	31
3.1.2.6. Extraction par les ultrasons	32
3.1.3. Analyses des huiles essentielles et critères de qualité	32
3.2. Les extraits de <i>Cichorium intybus</i> .L	33

3.2.1. Les activités biologiques des extraits de <i>Cichorium intybus</i> .L	33
Chapitre III: Résultats et discussion	
1. Rendement d'extraction	38
2. Composition chimique de <i>Cichorium intybus</i> L.	39
3. Les activités biologiques des extraits de <i>Cichorium intybus</i> L.	45
3.1. Activité antioxydant	45
3.2. Activité antimicrobienne	47
3.2.1. Activité antifongique	47
3.2.2. Activité antibactérienne	47
3.2.3. Activité antivirale et antiparasitaire	48
3.3. Activité antidiabétique	48
3.3. Effet hépatoprotecteur	49
3.4 Effet anti inflammatoire, analgésique et immunomodulateur	49
3.5. Activité antitumorale et cytotoxique	49
Conclusion	52
Références bibliographiques	54
Annexes	71

Liste des abréviations et des acronymes

ABTS : Acide 2,2'-azino-bis (3-éthylbenzothiazoline-6-sulphonique)

AFNOR : Association Française de Normalisation - Norme Française.

CI50 : Concentration inhibitrice 50.

CMI : Concentration minimale inhibitrice

CPG : Chromatographie en phase gazeuse

DPPH : 2,2-Diphényle -1- Picryl-Hydrazyle.

DZI : Diamètre de zone d'inhibition

HE : Huiles essentielles.

ml : millilitre

mm : millimètre

SM : Spectrophotométrie de masse

µg : microgramme

C.intybus: *Cichoriumintybus L.*

HepG2: la lignée cellulaire du cancer du foie.

SKOV-3: les cellules cancéreuses de l'ovaire.

PC: la lignée cellulaire du cancer de la prostate.

Liste des figures

Figure 01 : Structure de l'unité isoprène (Fillatre, 2011)

Figure 02 : La biosynthèse des terpène (Szöke et al., 2022)

Figure 03 : Groupe phénol (Aaref et Haded, 2015)

Figure 04 : Biosynthèse des composés phénoliques par la voie de shikimate (Floss, 1997)

Fig 05 : Condensation d'acide shikimique et de malonate en flavonoïde (Hoffman et al., 2004)

Fig 06 : Structure de base des flavonoïdes (Amić et al., 2003)

Figure 07 : Structures de l'acide gallique et l'acide éllagique (Cowan, 1999)

Figure 08 : Structure des tanins condensés (cas de tanins condensés à base de flavan3-ols) (Bruneton, 2009)

Figure 09 : Structure chimique d'une unité de phénylpropanoïde (C6-C3) (A) et d'un lignane (B) (Sainvitu et al., 2012)

Figure 10 : Partie aérienne de *Cichorium intybus*.L (Iris., 2022)

Figure 11 : Les racinaires de *Cichorium intybus*.L (Jeong., 2016)

Figure 12 : Fleur de *Cichorium intybus*.L (Bernard., 2019)

Figure 13 : L'hydrodistillation

Figure 14 : Entraînement à la vapeur d'eau

Figure 15 : montage d'extraction assistée par micro-onde (Vian et al., 2008).

Liste des tableaux

Tableau 01 : Classification des terpènes et leurs fonctions (González et al., 2019)

Tableau 02: Les différentes classes des composées phénoliques (Madi et Belkhiri, 2018)

Tableau 03 : Principaux dérivés d'acide benzoïque (Sarni-Manchado et Cheynier, 2006)

Tableau 04 : Principaux dérivés d'acide cinnamique (Sarni-Manchado et Cheynier.,2006)

Tableau 05 : Principaux dérivés de coumarines (Macheix et al., 2005)

Tableau 06 : Principaux dérivés de Stilbènes (Jean-Denis., 2005)

Tableau 07 : Principales classes des flavonoïdes (Narayana et al., 2001 ; W-Erdman et al., 2007)

Tableau 08 : Les principales classes des composés phénoliques (Crozier et al., 2006)

Tableau 09 : Quelques alcaloïdes dérivés de plantes (González et al., 2019)

Tableau 10:Quelques méthodes d'analyse, avantages et inconvénients

Tableau 11 : Les espèces d'Astéracées les plus fréquentes dans les jardins et les fermes maraîchères.

Tableaux 13 : Utilisations médicinales de *Cichorium intybus* d'après (Street et al., 2013)

Tableau 14:Les activités biologique des extraits de *Cichorium intybus* L.(Perović et al.,2021)

Tableau 15 : Rendements en huile essentielle de *Cichorium intybus* L.

Tableau 16 : le rendement d'extraction des extraits de *Cichorium intybus*

Tableau 17 : La composition chimique de la plante *Cichorium intybus*

Tableau18:La composition chimique des huiles extraites de la plante *Cichorium intybus* L.

Tableau19 : Présentation des compositions chimiques de l'huile essentielle de *Cichorium intybus* L. dans certains pays

Tableau 20 : L'activité antioxydant de l'extrait de *C.intybus*

Introduction :

Depuis la préhistoire, l'homme n'utilise pas seulement les plantes pour l'alimentation et l'habillement, il les utilise également pour se soigner, ces plantes médicinales ont une longue histoire qui est associée à l'évolution des civilisations dans le monde, mais aussi elles se distinguent par leurs utilités dans tous les domaines (**Amartiet al., 2011**), par ailleurs elles occupent toujours une place importante en médecine en raison de sa capacité à prévenir, à atténuer ou à traiter les maladies (**Girard, 2010 ; Ismaili et al., 2016**).

À cet effet, de nombreuses études ont été orientées et focalisées sur la recherche de médicaments naturels, de ce fait des biomolécules, des extraits et des huiles de plantes médicinales essentiellement font l'objet d'un intérêt particulier (**VyudaMartos, Mohamed et al., 2011**).

Les plantes contiennent dans leurs organes (racines, tiges, feuilles, fleurs, etc.) des métabolites secondaires soit des terpènes, des composés phénoliques, des flavonoïdes, des alcaloïdes, des tannins...ect, dont ils procurent de multitudes propriétés biologiques (antioxydantes, antimicrobiennes, anti-inflammatoire et des effets pour divers systèmes biologiques de même dans la lutte biologique comme des acaricides et des insecticides...) (**Pamo et al., 2004**).

L'Algérie recèle environ 4 000 espèces et sous-espèces de plantes vasculaires appartenant à des familles botaniques diverses, ce qui en fait un véritable réservoir floristique (**Dobignard et Chatelain, 2013**), citant parmi eux la famille des Astéracées, l'une des familles les plus connues pour ses vertus culinaires et médicinales (**Barreda et al., 2015**).

La *Cichorium* (*Cichorium intybus* L.) appartenant à la famille des Astéracées, il s'agit d'une plante herbacée, bisannuelle d'où le nom : chicorée (**Choudhary et al., 2021**), elle est répandue en Europe et en Asie et se caractérise par des feuilles basales et des fleurs bleu vif (**Pais & Ravishankar, 2001 ; Wake et al., 2009**).

Sur le volet thérapeutique ; une activité anti-hépatotoxique, anti-inflammatoire, antibactérienne et antifongique, activité antiparasitaire et activité antitumorale ont été rapportées par les travaux antérieurs (**Hazra et al., 2002 ; Mares et al., 2005 ; Ripoll et al., 2007 ; Koner et al., 2011 ; Li et al., 2014 ; Peña et al., 2015**).

Le thème de la recherche abordé est en relation avec l'aspect de la phytothérapie de l'espèce *Cichorium intybus*, pour cela nous avons proposé la problématique suivante :

- Quelles sont les activités biologiques de la plante *Cichorium intybus* ?

Le but ultime de cette étude est d'approfondir les connaissances pharmacologiques de la chicorée, de ce fait notre objectif vise à la réalisation d'une synthèse des études menées antérieurement à propos de propriétés médicinales de la *Cichorium*.

Notre travail se compose des parties suivantes : la première partie est tenté à aborder des concepts généraux sur les plantes médicinales, ces métabolites et son rôle biologique, la deuxième partie évoque des généralités sur la chicorée: sa taxonomie, son usage thérapeutique...ect, tandis que la troisième partie se concentre sur une analyse systématique de différents résultats scientifiques des activités biologiques de la plante d'intérêt qui se termine par une conclusion.

Chapitre I

Phytothérapie et les activités biologiques

Introduction :

Depuis l'antiquité, l'être humain utilise quotidiennement les plantes dans divers domaines, notamment la médecine traditionnelle, la pharmacologie, la parfumerie et l'alimentation, en raison de leurs bienfaits, elles contiennent de nombreux composés dont le rôle n'a pas été découvert il n'y a pas si longtemps, ces derniers ne sont pas produits directement lors de la photosynthèse mais par le biais des réactions chimiques ultérieures, d'où le nom de métabolites secondaires. Après le grand développement de la chimie et que l'extraction, l'identification des principaux métabolites ont été mis en point, actuellement, plus de 100 000 substances connues existent avec des modes et des caractéristiques d'utilisation distincts, à partir desquels la branche de la phytothérapie a émergé (Girard, 2010 ; Ismaili et al., 2016).

1. Phytothérapie :

1.1. Définition de la phytothérapie :

Le mot phytothérapie est dérivé des étymons grecs (Phyton= végétal et Therapein= soigner) qui signifie « soigner avec les plantes » ; cette médecine est déterminée sur la base des ingrédients naturels actifs et d'extraits de plantes (Fetayah, 2015), il s'agit d'une médication de divers troubles d'une manière curative ou préventive par le biais de préparations obtenues à partir d'organes de plantes : feuilles, fleurs, racines, fruits et graines ou des plantes entières.

Les plantes utilisées sont qualifiées de plantes médicinales (Fintelmann et Weiss, 2004 ; Pribitkin, 2005).

1.2. Intérêt de la phytothérapie :

Cette discipline a un privilège particulier elucidant son utilité :

En économie : les médicaments à base de plantes généralement sont moins chers,

En écologie et environnement : les plantes sont issues de nature et lui retournent après métabolisme, contrairement aux produits pharmaceutiques qui peuvent être nocifs à l'environnement,

En santé publique : c'est une médecine dite douce, complémentaire voire alternative, moins nocive que les médicaments de l'industrie chimique, à ce titre le traitement à base de plantes permet d'éviter l'iatrogénie, il n'entraîne pas une addiction médicamenteuse nécessitant après l'arrêt du traitement un sevrage (Grenez, 2019).

1.3. Historique :

L'enracinement des plantes médicinales dans des volets thérapeutiques est ancré dès les traditions ancestrales, à travers les indices ostéologiques de l'homme de Neandertal, les textes anciens (lapharmacopée sumérienne de Nippur et le Papyrus d'Ebers des plantes des bords du Nil), de même l'Ayurveda en Inde et la médecine traditionnelle chinoise élucident également l'utilisation de préparations à base de plantes (Jorite, 2015 ; Delhami et al., 2022).

Un autre témoignage d'utilisation antique des plantes médicinales vient de l'empire gréco-romain, les écrits d'Hippocrate a séparé la médecine des croyances religieuses et magiques, alors que Théophraste répertoria une classification des drogues végétales par ses ouvrages « *Historia Plantarum* » et « *De Causis Plantarum* », tandis que Dioscoride décrira le premier herbier dans son ouvrage « *De Materia Medica* » (Jorite, 2015).

Après les chutes des empires romains et perses, les musulmans héritèrent ces connaissances et développent cette médecine d'une façon surprenante, rappelons : Djaber Ibn Hayan, Abu Bakr Arazi, Ibn Sina et Ibn Al Baytar (Delhami et al., 2022).

Avec l'avènement des découvertes en chimie et à la fin du XIX^{ème} siècle, l'usage des plantes médicinales s'avança à grands pas, actuellement la phytothérapie connaît un nouvel élan.

1.4. Phytothérapie en Algérie :

La phytothérapie est très populaire en Algérie quedans le monde entier, elle attire un large éventail de personnes, de ceux qui croient fermement aux alternatives douces (Hammiche et al., 2013), de même que la majorité des praticiens de santé algérienne adhèrent aux médicaments naturels due au pouvoir de guérison de la nature (Boudina et Choya, 2019), en effet l'Algérie, avec sa diversité floristique et écologique, des milliers d'hectares de forêt et de pâturage regorgent de richesses plantes condimentaires et médicinales, de ce fait, l'utilisation des plantes médicinales et aromatiques pour la production alimentaire et l'industrie cosmétique et pharmaceutique reste majoritaire (Miara et al., 2013).

En 2003, le laboratoire de Maugham génère une filiale de « phytopharm » qui est l'une des sociétés médicales utilisant des produits naturels au service de la beauté et du bien-être (Mohammedi., 2013).

1. 5. Différents types de la Phytothérapie :

1.5.1. La phytothérapie pharmaceutique :

La pharmacie de phytothérapie est représentée par des médicaments à base de plantes, ils sont dosés en quantités suffisantes afin de maintenir une action soutenue et rapide, ils sont dérivés d'extraits de plantes dilués dans un solvant donné tel que l'alcool éthylique et ils sont présentés sous forme de diverses formes comme : sirop, de gouttes, de gélules, de nébuliseurs et lyophilisats... (Pirard.,2016)

1.5.3. L'homéopathie :

C'est une autre forme de médecine alternative qui consiste à utiliser de plus ou moins 75% des souches végétales trempées dans l'alcool et de 25% des souches d'origine minérale et/ou animale. Puis les agrégats, seuls ou en synergie sont fortement dilués avant de les utiliser pour imbiber les granulés commercialisés par les laboratoires pharmaceutiques et les pharmacies. Le traitement homéopathique peut viser à réguler la fonction hépatique pour qu'en cas de carence énergétique il soit très efficace. L'homéopathie est le remède parfait contre le rhume même pour les femmes enceintes et allaitantes et pour les jeunes enfants (Pirard.,2016).

1.5.4. L'aromathérapie :

L'aromathérapie est basée sur l'utilisation de jeunes tissus végétaux extraits par distillation, ces substances permettent d'obtenir des huiles essentielles ou des extraits de plantes. Une huile essentielle doit être utilisée avec précaution car c'est un produit complexe qui est efficace soit il est utilisé par inhalation, par voie orale ou par la peau. En cas d'insomnie, l'aromathérapie peut donner de bons résultats (Pirard.,2016).

1.5.5. La Gemmothérapie :

Elle se fonde sur l'utilisation de jeunes organes végétaux (les bourgeons et les radicules) extraits par l'alcool (Zaibet, 2016 ; kerboub, 2017).

1.5.6. La phytothérapie chinoise :

La phytothérapie chinoise, qui comprend l'acupuncture et la nutrition chinoise, fait partie d'un groupe de médecines traditionnelles chinoises, elle dépend du cercle des énergies de l'organisme. (Pirard.,2016)

2.1. Les plantes médicinales :

Une plante médicinale est une plante aux propriétés médicinales qui est utilisée dans le traitement où n'importe quelle parties végétales (feuilles, racines, graines, fruits, fleurs) puissent être utilisée, leurs subtilités remontent à des milliers d'années, lorsque l'humain les utilise pour prendre soin de lui-même (**Petrovska, 2012**).

2.2. Les méthodes principales de préparation des plantes médicinales :

2.2.1. Infusion :

Elle est considérée comme une méthode simple et facile à préparer, elle se réalise en versant de l'eau bouillante sur des parties de plantes fraîches pour en extraire leurs principes actifs, alors que le mélange est laissé pendant 5-10 minutes, elle convient à l'extraction des parties végétales finement broyées : fleurs, feuilles, graines, écorces et racines (**Baba-Aïssa, 1999; Kraft et Hobbs, 2004**), on peut conserver l'infusat quelques jours au froid (**Chaboussou et Chabauty, 2013**).

2.2.2. Décoction :

Cette méthode est appliquée aux parties dures de la plante (racines, tiges, graines, écorces ou baies), elle consiste à attremper ces parties dans de l'eau bouillante pendant 15 à 30 minutes, puis les extraits sont filtrés après refroidissement (**Perry, 2013 ; Adouane, 2016**).

2.2.3. Macération :

Il s'agit d'une extraction douce des principes actifs, elle consiste à maintenir la plante en contact avec un solvant à température ambiante entre 30 minutes à 48 heures, elle est préférable pour extraire les biomolécules thermolabiles (**Chabrier, 2010**).

2.2.3.1. La macération à l'huile froide :

Cette technique consiste à imprégner les plantes à l'huile froide, où 500 grammes d'herbes fraîches ou 250 grammes d'herbes séchées sont mis dans 50 cl d'huile végétale pure (huile d'olive, huile d'amande douce, etc.), ensuite, le pot est fermé et laissé pendant deux semaines (**Anne et Nogaret., 2003**).

2.2.3.2. La macération à l'huile chaude :

Dans un bain de Marie, un bol en verre est placé au-dessus d'un récipient d'eau, auquel les plantes sont ajoutées à raison de 500 grammes d'herbes fraîches ou 250 grammes d'herbes séchées dans 50 cl d'huile végétale pure, puis ce mélange repose deux heures à feu doux, avant d'être filtré dans des bouteilles. Il peut être stocké dans un endroit frais pour trois mois. (Anne et Nogaret.,2003).

2.2.4. Les huiles :

Une huile essentielle est un extrait naturel des plantes ou d'arbres aromatiques obtenue par distillation (Lahlou, 2004), elles sont habituellement liquides à température ambiante et volatiles, et elles sont plus ou moins colorées et leur densité est en général inférieure à celle de l'eau, solubles dans les solvants organiques (AFSSAPS, 2008).

Il existe plusieurs méthodes pour extraire les huiles essentielles, les principales sont basées sur le principe de la distillation : l'hydro distillation, l'hydro diffusion, et l'entraînement à la vapeur d'eau (Pierron, 2014).

3. Métabolites secondaires :

3.1. Définition :

Les métabolites secondaires sont des molécules organiques complexes et diversifiées résultant de métabolites primaires et produites à partir de réactions chimiques ultérieures par des plantes autotrophes (Raven et al., 2000 et Fouche et al., 2000), ces molécules ne participent pas dans les fonctions vitales comme la photosynthèse, le transport de solutés, la biosynthèse des protéines, des glucides et des lipides...etc , pourtant elles ont un rôle crucial dans la pollinisation, l'adaptation des plantes à leur environnement et la défense contre les prédateurs et les agents pathogènes ; elles agissent comme agents allélopathiques qui influencent la croissance et la survie d'autres plantes, de même elles servent à l'adaptation aux changements climatiques (température, humidité, intensité lumineuse et sécheresse) (Ramakrishna et Ravishankar, 2011 ; Berini et al., 2018), de ce fait, il est possible de les utiliser dans divers industries notamment en produits pharmaceutiques (Borgoud et al., 2001).

3.2. La classification des métabolites secondaires :

Les métabolites secondaires des plantes peuvent être majoritairement regroupées en trois grandes familles : les terpènes, les composés phénoliques et les alcaloïdes

3.2.1 Terpènes :

Ils constituent la catégorie la plus abondante avec plus de 40 000 molécules identifiées, d'un point de vue biochimique, ils sont des lipides non saponifiables où l'unité structurale de base est l'isoprène (C_5H_8) (Fig. 01). Ils sont classés en fonction du nombre d'unités isoprènes qu'ils contiennent (**tableau 01**), outre ils sont synthétisés à partir de deux voies (Fig. 02), celle de l'acide mévalonique, au niveau de cytosol, dans laquelle troismolécules d'acétyl-CoA se condensent en acide mévalonique ou bien par la voie du phosphate de méthylerythritol phosphate (MEP) au niveau de chloroplastes afin de générer l'isopentenyl diphosphate (IPP) (**González et al., 2019**).

Tableau 01 : Classification des terpènes et leurs fonctions (González et al., 2019)

Class	Number of isoprene units	Number of carbon atoms in the structure	Examples	Usages
Hemiterpene	1	5	Isovaleramide	Anticonvulsant
Monoterpenes	2	10	Geraniol	Fragrance material
Sesquiterpenes	3	15	Farnesol	Source of perfume
Diterpenes	4	20	Vitamin E	Antioxidant
Triterpenes	6	30	Squalene	UV protector
Tetraterpenes	8	40	Carotene	Antioxidant
Polyterpenes	>9	>40	Rubber	Restorative material (endodontics)

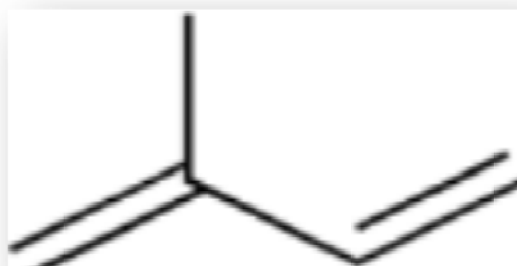


Figure 01 : Structure de l'unité isoprène (Fillatre, 2011)

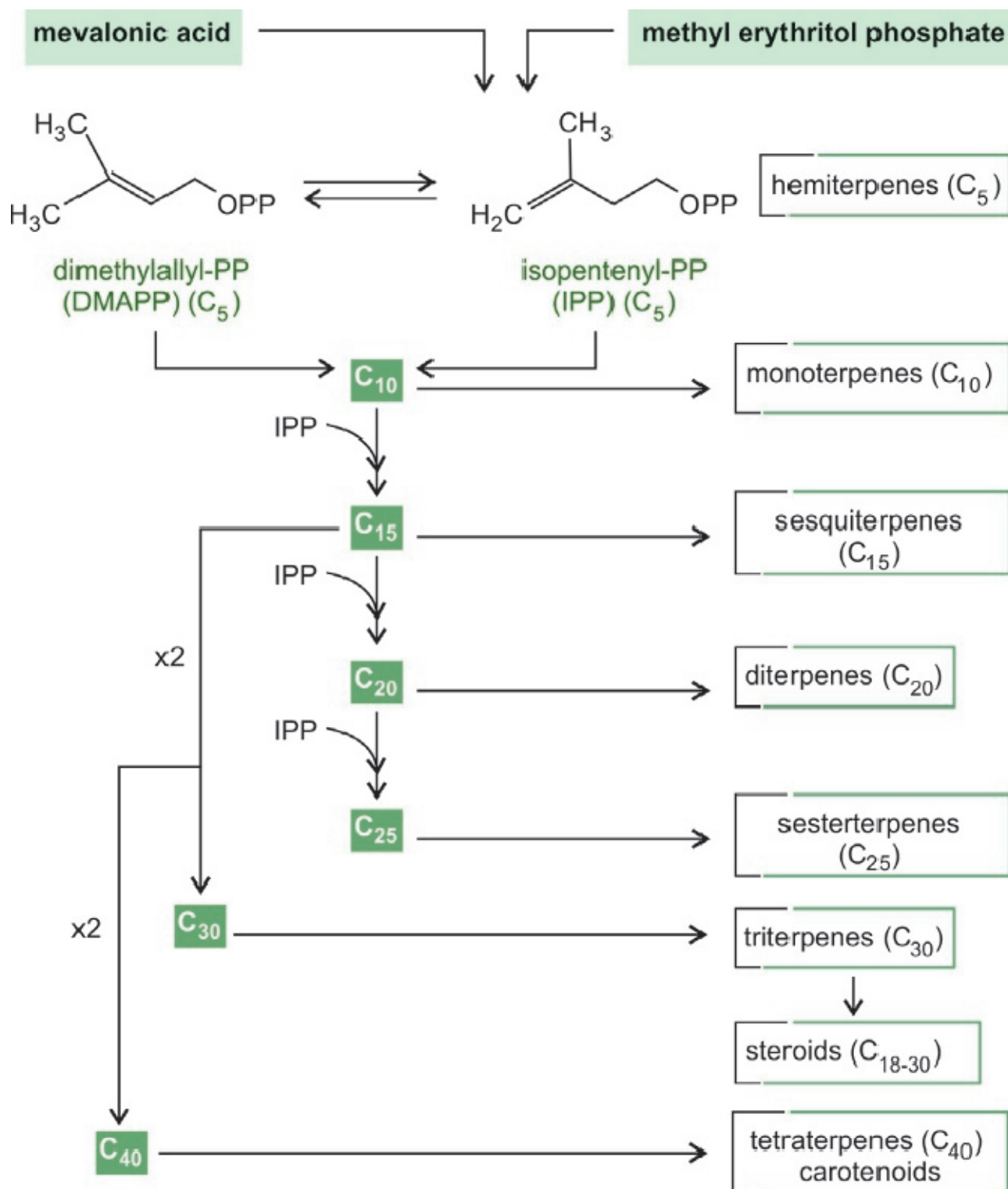


Figure 02 : La biosynthèse des terpène (Szöke et al., 2022)

3.2.2 Les composés phénoliques :

Une famille de molécules organiques, souvent présente dans toutes les plantes, comprenant un noyau aromatique, qui possède un ou plusieurs substituant hydroxylés, ces derniers permettent aux composés phénoliques simples de se polymériser en des phénols complexes,

la plupart des composés phénoliques sont conjugués avec un mono ou poly saccharides, où associés à des esters et des méthyles esters qui peuvent être groupés dans plusieurs classes (tableau 02) (Annexe 01) (Brunton, 1999; Blore, 2001 ; Madi et Belkhiri, 2018).

Les voies majeures de la biosynthèse des composées phénoliques sont la voie de l'acide shikimique et la voie du malonate/acétate (González et al., 2019).

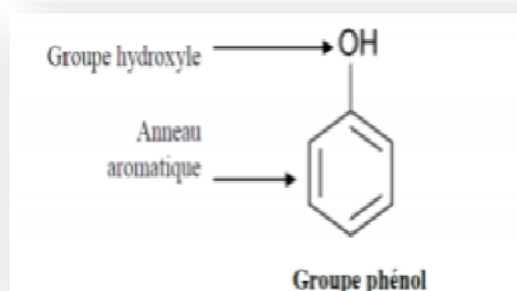


Figure 03 : Groupe phénol (Aaref et Haded, 2015)

Tableau 02: Les différentes classes des composées phénoliques (Madi et Belkhiri, 2018)

Squelette carboné	Classe	Exemple	Origine
C ₆	Phénols simples	Catéchol	Nombreuses espèces
C ₆ -C ₁	Acides hydroxybenzoïques	<i>p</i> -hydroxybenzoïque	Epices, fraise
C ₆ -C ₃	Acides hydroxycinnamiques, Phenylpropenes	Acide caféique, acide férulique	Pomme de terre, Pomme, citrus
	Coumarines	Myristicin, eugénol	
	Isocoumarines	Scopolétine	
	Chromones	Myristicine, eugénol	
		Eugenine	
C ₆ -C ₄	Naphtoquinones polyphénols	Juglone, plumbagine	Noix
C ₆ -C ₁ -C ₆	Xanthones	Mangiferine	
C ₆ -C ₂ -C ₆	Stilbènes	Resvératrol	Vigne
	Anthraquinones	Anthraquinones	
C ₆ -C ₃ -C ₆	Flavonoïdes, isoflavonoïdes	Quercétine, cyanidine, daidzéine	Fruit, légumes, fleurs, soja, pois
(C ₆ -C ₃) ₂	Lignanes	Pinorésinol	Pin
	Neolignanes	Eusiderine	
(C ₆ -C ₃ -C ₆) ₂	Biflavonoides	Amentoflavone	
(C ₆ -C ₃) _n	Lignines		Bois, fruits à noyaux, raisin, kaki
(C ₆ -C ₃ -C ₆) _n	Tanins condensés		

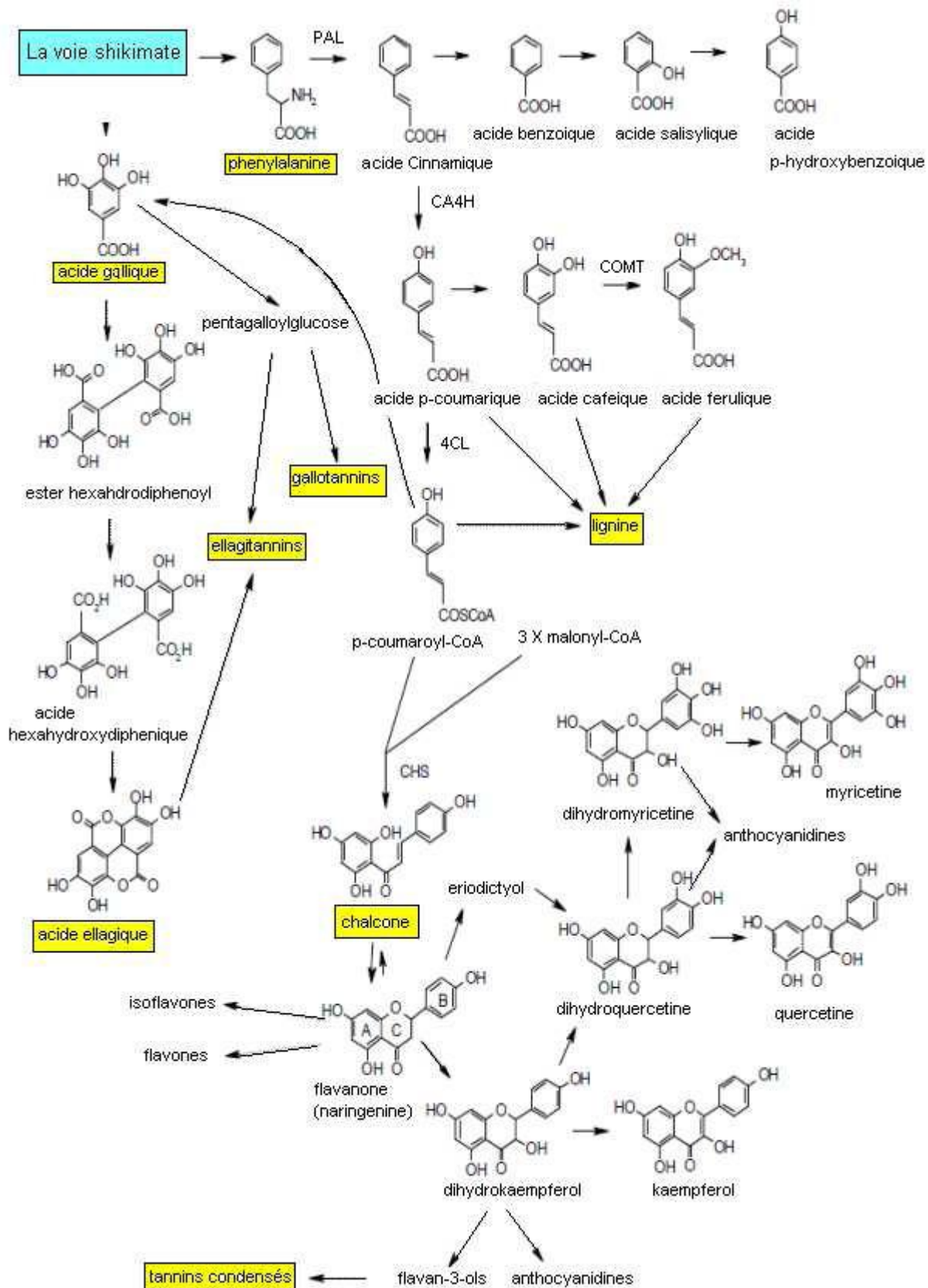


Figure 04 : Biosynthèse des composés phénoliques par la voie de shikimate (Floss, 1997)

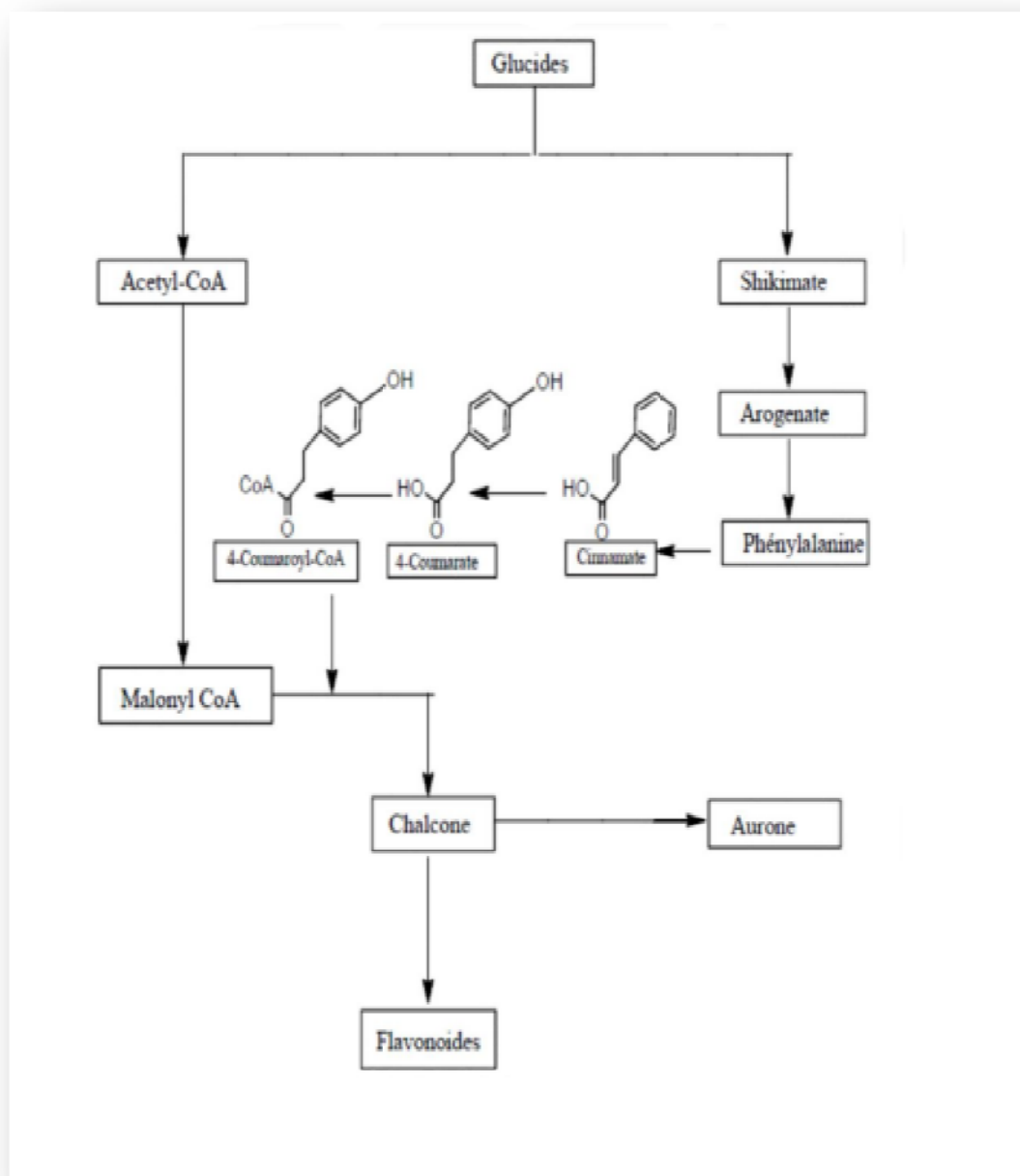


Fig 05 : Condensation d'acide shikimique et de malonate en flavonoïde (Hoffman et al., 2004)

3.2.3. Principales classes des composés phénoliques :

A. Acides phénoliques (C6-C1 ou C6-C3) :

Il se compose de deux grandes classes d'acides phénoliques (Sarni-Manchado et Cheynier, 2006):

- Les dérivés de l'acide benzoïque (C6-C1).
- Les dérivés de l'acide cinnamique (C6-C3).

Tableau 03 : Principaux dérivés d'acide benzoïque (Sarni-Manchado et Cheynier, 2006)

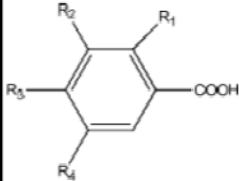
Structure	R1	R2	R3	R4	Composé
	H	H	H	H	Acide benzoïque
	H	H	OH	H	Acide <i>p</i> hydroxy benzoïque
	H	OH	OH	H	Acide protocatechique
	H	OCH ₃	OH	H	Acide vanillique
	H	OH	OH	OH	Acide gallique
	H	OCH ₃	OH	OCH ₃	Acide syringique
	OH	H	H	H	Acide salicylique
	OH	H	H	OH	Acide gentisique

Tableau 04 : Principaux dérivés d'acide cinnamique (Sarni-Manchado et Cheynier., 2006)

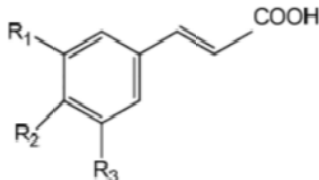
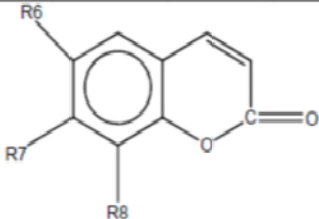
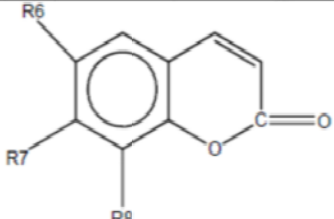
Structure	R1	R2	R3	Composé
	H	H	H	Acide cinnamique
	H	OH	H	Acide <i>p</i> coumarique
	OH	OH	H	Acide caféique
	OCH ₃	OH	H	Acide férulique
	OCH ₃	OH	OCH ₃	Acide sinapique

Tableau 05 : Principaux dérivés de coumarines (Macheix et al., 2005)

Structure	R6	R7	R8	Composé
	H	OH	H	Umbelliférol
	OH	OH	H	Aescultol
	OCH ₃	OH	H	Scopolétol
	OCH ₃	OH	OH	Fraxétol
	H	OH	OH	Daphnéto

B. Stilbènes (C6-C2-C6):

Tableau 06 : Principaux dérivés de Stilbènes (Jean-Denis., 2005)

Structure	R6	R7	R8	Composé
	H	OH	H	Umbelliférol
	OH	OH	H	Aescultol
	OCH ₃	OH	H	Scopolétol
	OCH ₃	OH	OH	Fraxétol
	H	OH	OH	Daphnéto

C. Flavonoïdes (C6-C3-C6):

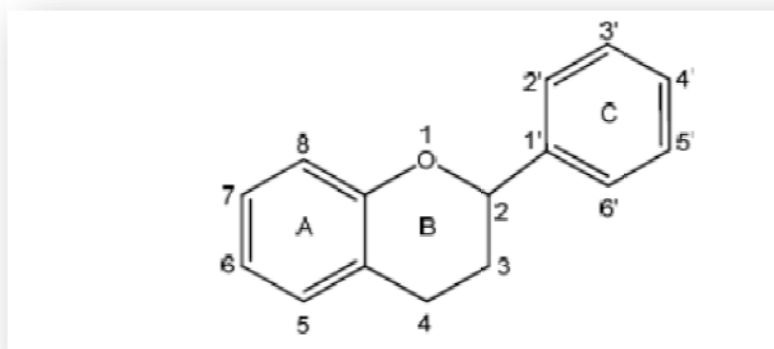


Fig 06 : Structure de base des flavonoïdes (Amić et al., 2003)

Tableau 07 : Principales classes des flavonoïdes (Narayana et al., 2001 ; W-Erdman et al., 2007)

Classes	Structures chimiques	R ₃ '	R ₄ '	R ₅ '	Exemples
Flavones		H	OH	H	Apigénine
		OH	OH	H	Lutéoline
		OH	OCH ₃	H	Diosméline
Flavonols		H	OH	H	Kaempférol
		OH	OH	H	Quercétine
		OH	OH	OH	Myricétine
Flavanols		OH	OH	H	Catéchine
Flavanones		H	OH	H	Naringénine
		OH	OH	H	Eriodictyol
Anthocyanidines		H	OH	H	Pelargonidine
		OH	OH	H	Cyanidine
		OH	OH	OH	Delphénidine
Isoflavones		R ₈ OH	R ₇ OH	R ₉ OH	Genistéine
		H	O-Glu	OH	Diadézine

D. Tanins :

a. Tanins hydrolysables :

- Les tanins galliques possèdent un acide gallique (**figure 07**).
- Les tanins éllagiques ont un acide hexahydroxyphénique. (**Hagerman, 2002**).

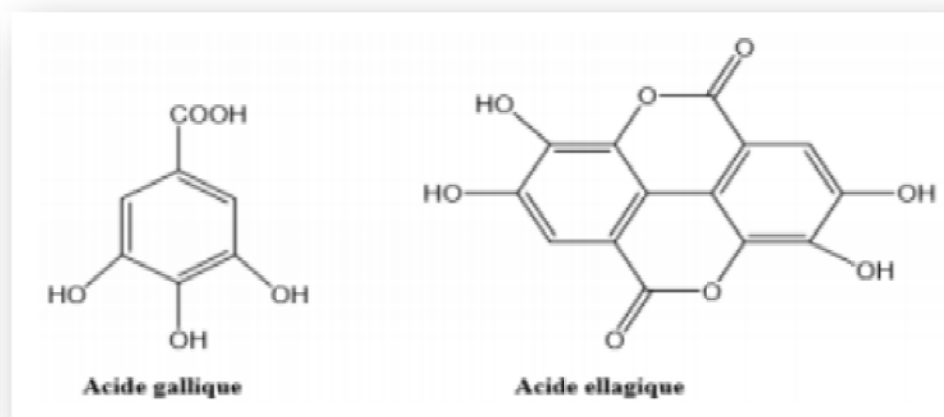


Figure 07 : Structures de l'acide gallique et l'acide éllagique(Cowan, 1999)

b. Tanins condensés (C6-C3-C6) n:

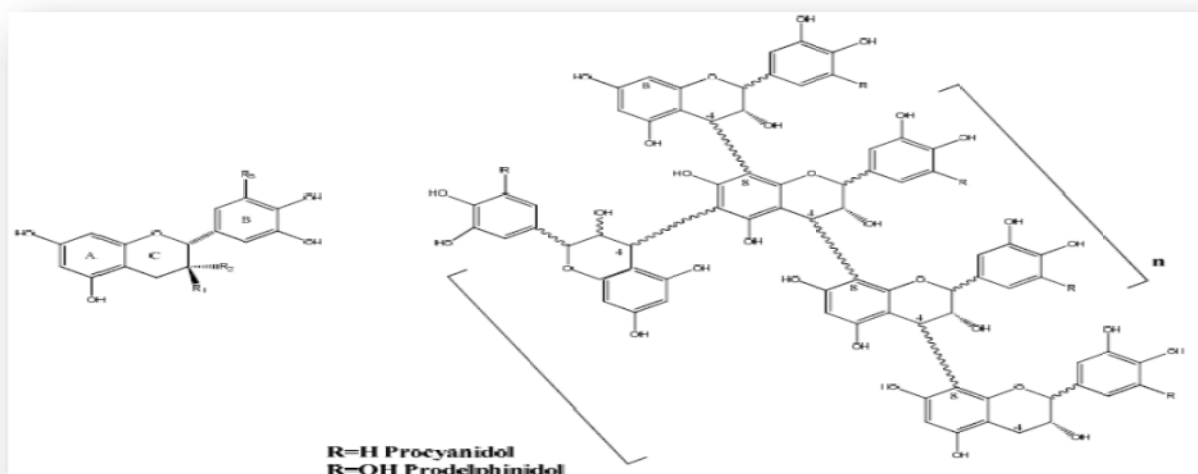


Figure 08 : Structure des tanins condensés (cas de tanins condensés à base de flavan3-ols)
(Bruneton, 2009)

E. Lignanes (C6-C3)₂ et lignines (C6-C3) n:

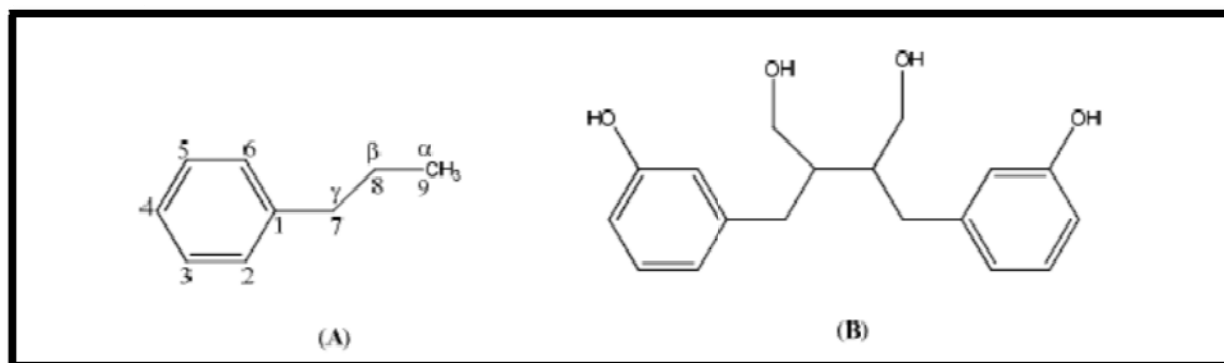


Figure 09 : Structure chimique d'une unité de phénylpropanoïde (C6-C3) (A) et d'un lignane (B) (Sainvitu et al., 2012)

F. Les anthraquinones :

Tableau 08 : Les principales classes des composés phénoliques (Crozier et al., 2006)

Squelette carboné	Classe	Exemple	Origine (exemples)
C6	Phénols simples	Catéchol	Nombreuses espèces.
C6-C1	Acides hydroxybenzoïques	p-hydroxybenzoïque	Epices, Fraise.
C6-C3	Acides hydroxycinnamiques	Acide caféique, acide férulique	Pomme de terre, pomme.
	Coumarines	Scopolétine	Citrus.
C6-C4	Naphtoquinones	Juglone	Noix.
C6-C2-C6	Stilbènes	Resvératrol	Vigne.
C6-C3-C6	Flavonoïdes - Flavonols - Anthocyanes - Flavanols - Flavanones	Kaempférol, quercétine. Cyanidine, pélargonidine. Cathéchine, épicatechine. Naringinine	Fruits, légumes, fleurs. Fleur, fruits rouges. Pomme, raisin. Citrus.
	Isoflavonoïdes	Daidzéine	Soja, pois.
(C6-C2) ₂	Lignanes	Pinorésinol	Pin.
(C6-C3)	Lignines		Bois, noyau des fruits.
(C15) n	Tanins		Raisin rouge.

3.2.3. Les alcaloïdes :

Ils sont des composés azotés hétérocycliques dont ils sont provenus des précurseurs d'acides aminés tels que le tryptophane, la tyrosine et la lysine (Zenk et Juenger, 2007 ; Jain et al., 2019).

Ils sont dotés aux caractéristiques basiques, amères et de propriétés toxiques que curatives (Dellile, 2007), ces biomolécules sont largement répandues et connues pour leurs effets pharmacologiques (Jain et al., 2019)

Les alcaloïdes sont classés selon sa biosynthèse en des vrais alcaloïdes, protoalcaloïdes et pseudoalcaloïdes (tableau 09) (González et al., 2019).

Tableau 09 : Quelques alcaloïdes dérivés de plantes (González et al., 2019)

Class	Name	Biological properties	Plant family
True alkaloids	Atropine	Anticholinergic drug	Solanaceae
	Nicotine	Potent poison that at low doses is stimulating	Solanaceae
	Morphine	Narcotic and anesthetic properties	Papaveraceae
Protoalkaloids	Mescaline	Hallucinogen	Cactaceae
	Hordeine	Stimulant of the central nervous system	Cactaceae
	Ephedrine	Sympathetic nervous system stimulant	Ephedraceae
Pseudoalkaloids	Aconitine	Highly poisonous	Ranunculaceae
	Theobromine	Stimulating the central nervous system	Malvaceae
	Coniine	Highly poisonous	Apiaceae Sarraceniaceae

4. Les méthodes d'analyse et d'identification des métabolites secondaires :

La séparation, la détection, l'identification et la quantification des molécules s'effectuent par plusieurs méthodes analytiques et spécialement chromatographiques ces méthodes sont parfois couplées à divers détecteurs permettant un screening moléculaire avec une spécificité et une sensibilité assez importante, le fait qu'il n'y a aucune méthode qui permette la détection de toutes les substances donc la disposition de plusieurs méthodes complémentaires reste une stratégie optimale, le tableau ci-dessous présente les différentes méthodes (Madi et Belkhir, 2018).

La chromatographie liquide à haute performance est utilisée pour un screening moléculaire large, elle permet l'analyse simultanée d'un grand nombre de molécules dotées de propriétés physico-chimiques très variables, surtout en termes de polarité, de poids moléculaire et de stabilité thermiques, elle peut être couplée à un détecteur UV à barrettes de diodes (HPLC-DAD) ou avec la

spectrométrie de masse ou bien un additive complémentaire à la CG/MS pour une bonne sensibilité, sélectivité et précision de caractérisation (Ben sakhria., 2016).

Tableau 10 : Quelques méthodes d'analyse, avantages et inconvénients (Madi et Belkhiri, 2018)

Méthodes	Avantages	Inconvénients
Colorimétriques	Simple ; rapide ; disponible ; directe.	Manque de spécificité et de sensibilité ; subjectivité de l'interprétation ; nécessite un blanc et un positif à chaque test
Spectro photométrique	Quantification et/ou identification spectrale simple et rapide de certains composés.	Manque de spécificité et de sensibilité ; séparation préalable nécessaire
CCM	Matériel simple, disponible, peu coûteux ; méthode séparative robuste non destructive, permet l'identification de centaines de molécules et leurs métabolites ; facilite les tests spécifiques d'identification et permet la collection des fractions après séparation ; les nouvelles méthodes sont semi-quantitatives, automatisables et donnent une meilleure identification	Relativement longue à réaliser ; extraction préalable des analytes nécessaire ; manque de sensibilité et de résolution ; influence des conditions locales sur les résultats ; interprétation difficile et délicate en présence de beaucoup de métabolites.
LC-MS	Identification et quantification rapide d'un très large nombre de composés même polaires et thermolabiles ; grande sensibilité et spécificité ; faible volume d'échantillon et plus simple	Coût élevé ; manque de standardisation des bibliothèques de spectres de masse.

5. Le rôle biologique des métabolites secondaires :

Ces biomolécules sont munies de propriétés biologiques appréciables citant :

5.1. Activité antimicrobienne : ils perturbent la croissance microbienne et les fonctions vitales de ces micro-organismes ils peuvent aussi inhiber des protéines et des enzymes

microbiennes ou interrompre la membrane cellulaire induisant une lyse (Onyekere et al., 2018 ; Madi et Belkhiri, 2018 ; Jain et al., 2019 ; González et al., 2019).

5.2. Activité antioxydant : dont ils peuvent participer dans le piégeage direct des radicaux libres, l'inhibition des enzymes impliquées dans le stress oxydant ou la chélation des traces métalliques responsables de la production des espèces réactives d'oxygène ainsi la protection des systèmes antioxydants (Madi et Belkhiri, 2018 ; Jain et al., 2019 ; González et al., 2019).

5.3. Activité anticancéreuse : ces composés puissants interfèrent avec l'initiation, le développement et la progression du cancer, ou ils ont la capacité d'interrompre le processus de cancérogenèse en agissant sur les molécules de signalisation intracellulaires, ils peuvent également déclencher l'apoptose dans les cellules cancéreuses à travers la modulation des signaux cellulaires (Onyekere et al., 2018 ; Madi et Belkhiri, 2018).

5.4. Activité anti-inflammatoire : les effets protecteurs de ces composés se font par la diminution des marqueurs d'inflammation, la modulation des voies de signalisation inflammatoire et l'inhibition de l'enzyme NOS (l'oxyde nitrique synthase) qui génère l'oxyde nitrique le déclencheur chimique du processus d'inflammation (Onyekere et al., 2018 ; Madi et Belkhiri, 2018).

5.5. Activité antiallergique : Des études ont montré que ces molécules sont capables d'inhiber les réactions allergiques et peuvent être utiles pour le traitement et la prévention des maladies d'allergie (Onyekere et al., 2018).

Ces molécules bioactives peuvent exercer également des effets protecteurs contre les maladies cardiovasculaires, le diabète et les maladies neurodégénératives et stimuler le système immunitaire (Onyekere et al., 2018).

Chapitre II:

Généralités sur la chicorée (Cichorium intibus L.)

Introduction :

Cichoriumintybus L. connue sous le nom de Chicorée, appartient aux Cichorieae de la famille des Astéracées, c'est une herbe répandue en Europe, en Asie occidentale et en Amérique du Nord, elle est caractérisée par de grandes feuilles basales, des fleurs bleu vif, et d'environ 1 m de haut avec une racine bilatérale de 75 cm de long(Pais & Ravishankar, 2001 ; Wake et al., 2009). Historiquement, la chicorée était cultivée comme légume, plante médicinale, substitut du lait ou fourragère pour les animaux en Égypte, en Grèce et à Rome (Belmuir, 1972), ainsi qu'en médecine traditionnelle Ouïghoure en Chine (Pais et Ravishankar, 2001). À l'heure actuelle, il est largement utilisé dans divers domaines.

1. La famille des Astéracées :

1.1. Etymologie et caractéristiques de la famille Astéracée :

La famille des Astéracées (anciennement nommées « composées ») est connue par son importance d'un point de vue économique, elles permettent de produire des huiles, des graines de tournesol et des tisanes de même d'un point de vue ornemental, c'est une famille cosmopolite avec une diversification plus importante au niveau des régions sèches, dans le bassin méditerranéen, le sud de l'Afrique, le Mexique et l'Amérique du Sud ainsi qu'au sud-ouest des Etats-Unis(Elisa, 2019).

Il s'agit d'une famille de plantes dicotylédones qui comprend près de 23000 espèces réparties en 1500 genres décrites avec 750 espèces endémiques(Harkati, 2011 ; Barreda et al., 2015).

Elle englobe divers types biologiques : arbres, lianes, arbustes, plantes succulentes, épiphytes, plantes aquatiques, etc, mais la plupart des espèces sont surtout des plantes herbacées, vivaces ou annuelles. (Bremer et al., 1994)

Le mot « Aster » est un mot grec signifiant étoile, relatif à la forme de la fleur(Harkati, 2011 et Mezache, 2010)le fait que les Astéracées sont reconnues par leurs inflorescences en capitule, c'est-à-dire une multitude de fleurs sans pédoncule regroupées sur un réceptacle entourées de bractées florales blanches ou jaunes, elles contiennent de la résine ou du latex, elles sont parfois simples, incisées ou bien lobées, mais les fruits sont des akènes, souvent couronnés d'une aigrette de soies appelée Pappusqui favorise la dispersion des graines par le vent(Harkati, 2011 et Mezache, 2010).

Tableau 11 : Les espèces d'Astéracées les plus fréquentes dans les jardins et les fermes maraichères.

Genre	Espèce	Nom commun
<i>Cichorium</i>	<i>Intybus</i>	Chicorée à café, chicorées italiennes A feuilles rouges ou panachées (de Choiggia, de Véronede Trévise ou radicchio et Variegato di Castelfranco), chicorée « Pain de sucre »
<i>Cichorium</i>	<i>endivia</i>	Chicorée (scarole et frisée)
<i>Cynara</i>	<i>cardunculus</i>	Cardon
<i>Cynara</i>	<i>scolymus</i>	Artichaut
<i>Helianthus</i>	<i>tuberosus</i>	Topinambour
<i>Helianthus</i>	<i>annus</i>	Tournesol
<i>Lactuca</i>	<i>sativa</i>	Laitue
<i>Scorzonera</i>	<i>hispanica</i>	Scorsonère
<i>Tragopogon</i>	<i>prorifolius</i>	Scorsonère Salsifis

2.1. Le genre *Cichorium* :

L'étymon *Cichorium* vient du grec 'kikhorion qui désigne déjà la plante ; 'kio' qui signifie va et 'chorin' signifie champ (Janda et al., 2021).

Le *Cichorium* fait partie de la famille des Astéracées (ou Composées), ce genre comprend 10 espèces dans le monde, ces derniers sont des espèces annuelles ou bisannuelles, pérenne originaires d'Asie Mineure, d'Afrique du Nord et d'Europe, citant parmi eux trois espèces diploïdes largement répandues en Europe : *Cichorium intybus* L. et *Cichorium endivia* L. et *Cichorium spinosum* Lou les deux premières espèces sont particulièrement intéressantes pour ses caractéristiques agricoles, citant le *Cichorium intybus* L ; cette espèce est vivace lorsqu'elle est cultivée dans des champs, des prairies ou le long des chemins (Einink, 1981; Kerse, 2000 ; Gunther et al., 2013).

2.2 L'espèce *Cichorium intybus* L. :

2.2.1 Description botanique et répartition géographique :

Le *Cichorium intybus* est une plante herbacée, biannuelle d'où le nom commun : la chicorée, l'étymologie grecque et latine du nom d'espèce *intybus* signifie "couper", le mot *tubus* indique en latin "tige creuse" (Choudhary et al., 2021 ; Qadir et al., 2022).

Il s'agit d'une herbe aromatique, pérenne d'origines d'Europe, de Russie centrale, d'Asie occidentale et d'Afrique au sud (Koch et al., 1990), elle est cultivée dans les régions tempérées principalement dans la région méditerranéenne, en Asie et en Afrique du Nord (Qadir et al., 2022).

Elle est érigée et assez ligneuse et d'environ 1 m de hauteur, avec une racine pivotante à tubercules charnue pouvant atteindre 75 cm de long et de grandes feuilles basales, médianes et supérieures

allongées formant des oreillettes aigues sur une tige creuse contient un liquide blanc extrêmement amer (Rashed, 2020 ; Qadir et al., 2022).

Les fleurs de *Cichorium* sont au niveau des têtes et sont de forme héliotrope, passant du bleu au rouge foncé, bleu pâle et rose, cette plante pousse facilement à l'état sauvage dans les fossés et les prairies en bordure des champs, de même, elle tolère une vaste gamme de conditions climatiques de sol et elle est considérée comme une herbe cosmopolite (Qadir et al., 2022).



Figure 10 : Partie aérienne de *Cichorium intybus* L (Iris., 2022)



Figure 11 : Partie racinaire de *Cichorium intybus* L (Jeong., 2016)



Figure 12 : Fleur de *Cichoriumintybus. L*(Bernard.,2019)

2.2.2.La taxonomie de la chicorée :

La classification systématique de cette espèce est mentionnée dans le tableau ci-dessous.

Nom commun : *chicorée sauvage*

Synonyme(s) du nom commun : chicorée *intybus*, chicorée amère, barbe de capucin.

Tableau12 : Classification APG III (2009) de l'espèce *Cichoriumintybus. L*(Bremer et al., 2009 ; Choudhary et al., 2021)

Règne	Plantae
Sous règne	Tracheobionta
Clade	Angiospermes
Classe	Magnoliopsida (Dicotylédones vraies)
Sous classe	Astéridées
Sous- sous classe	Campanulidées
Ordre	Asterales
Famille	Asteracea
Sous famille	Cichorioideae
Genre	<i>Cichorium</i>
Espèce	<i>Cichoriumintybus</i>

2.2.3. Utilisation en phytothérapie :

Depuis l'Antiquité, environ 4 000 ans, la chicorée est utilisée comme plante médicinale, il était également consommé précédemment comme substitut du café.

D'un cote thérapeutique, la chicorée a une grande importance dans le domaine médical, elle agit comme un stimulant, un laxatif doux et un antiseptique, elle était particulièrement efficace contre les douleurs d'estomac, l'ulcère et les troubles digestives, hépatobiliaires et contre le paludisme et la jaunisse tandis que ces propriétés prébiotiques au niveau intestinal affectent positivement le système biliaire, tandis que le composant de sa racine ; l'inuline, présente un intérêt particulier (Rashed, 2020).

Toutes les parties de cette plante sont utiles en phytothérapie car elles contiennent un certain nombre de composés bioactifs tels que les flavonoïdes, les alcaloïdes, l'inuline, lactones sesquiterpéniques, dérivés de l'acide caféique, composés volatils, stéroïdes, terpénoïdes, coumarines et vitamines (Abbas et al., 2015) ils sont dotés à un pouvoir antioxydant (Kaur et al., 2016), et ils possèdent aussi des propriétés antibactériennes (Faiku et al., 2016), antidiabétique (Nishimura et al., 2015), anti-inflammatoire et analgésique (Minaiyan et al., 2012), anticancéreux contre le cancer de l'utérus et les tumeurs en plus des effets thérapeutiques et pharmacologiques énormes ont été signalé (Rashed, 2020).

Tableaux 13 : Utilisations médicinales de *Cichorium intybus* d'après (Street et al., 2013)

Pays	Utilisation traditionnelle	Partie de la plante	Préparation
Afghanistan	Paludisme	Racine	Extraction aqueuse
Bosnie Herzégovine	– Diarrhée, renforcement de la prostate et d'autres organes reproducteurs, cancer pulmonaire, veisalgie et purification des voies biliaires	Parties aérienne	décoction
	Troubles du foie, spasmolytique, cholestérol, antiseptique	Parties aérienne	décoction
Inde	Jaunisse, hypertrophie du foie, goutte, et rhumatismes	Racine	décoction
	Diabète	Plante entière	Non renseigné
	Soulagement de la toux	Non renseigné	

Bulgarie	Stimulation cholagogue, pour la sécrétion gastrique, hypoglycémique	Racine, partie aériennes	décoction
	Trouble du foie	Graine	décoction
Italie	Epurative du sang, artériosclérose, anti-rumatisme antispasmodique, digestive	Feuille, racine	décoction
	Dépurative	Verticilles	décoction
	Cholérétique, hépatoprotecteur, contre la jaunisse, laxatif doux, hypoglycémique	Feuilles	décoction, feuilles fraîches écrasées
Iran	Epurative du sang	Feuilles	décoction
	Digestive, stomachique, dépuratif cholérétique, laxatif, hypotension tonique et anti pyrétiq	Plante entière	Non renseigné
	Hypertension	Feuilles	décoction

3. Les principes actifs majeurs :

3.1. L'huile essentielle de *Cichorium intybus*L.:

L'huile essentielle de *Cichorium intybus* peut être obtenue par distillation à la vapeur, distillation à l'eau, distillation sèche ou par des moyens mécaniques appropriés sans chauffage avec du sel d'agrumes. L'huile essentielle est séparée de la phase aqueuse par des procédés physiques. (Rubiolo et al., 2010).

3.1.1. Composition chimique de l'huile essentielle de *Cichorium intybus*L.:

La composition chimique des essences est si complexe qu'elle peut varier selon l'organe Les facteurs climatiques, les pratiques agricoles, la nature du sol et la méthode d'extraction (Guignard, JL 2000). Les huiles essentielles sont un mélange de terpènes, principalement des monoterpènes et des sesquiterpènes, un composé aromatique et composé aliphatique (Ahmed et al. 2014).

3.1.1.1. Composés terpéniques :

Ce groupe est représenté par un groupe de molécules avec une variété de structures, allant de simples chaînes carbonées à des arrangements périodiques complexes, et leurs rôles sont tout aussi hétéroclites. Cependant, toutes ces molécules ont un point commun, c'est qu'elles sont toutes issues de la condensation de sous-unités isoprène (C₅H₈). Les monoterpènes sont de loin les plus représentés, puis les sesquiterpènes (Thormar, 2011).

a. Monoterpènes:

Les monoterpènes sont des métabolites secondaires végétaux, qui proviennent de plantes vivantes mais également de tous les bois ou matériaux en bois, tels que les meubles, les murs, les sols, les produits en bois (OSB, contreplaqué, etc.) (Salthammer et al., 1999 ; Hodgson et al., 2000 ; Aoki et al., 2007).

Les monoterpènes contiennent 10 atomes de carbone et sont divisés en deux parties unités isoprène. Ils sont classés en monoterpènes acycliques, monocycliques et dicycliques. Dans chaque chaîne se trouvent les produits oxygénés tels que les alcools, les cétones, les aldéhydes, les esters, les oxydes etc. (Breitmaier, 2006).

b. Sesquiterpènes :

Il est formé par l'agrégation de trois unités isoprène (C₁₅). Cependant, la structure ainsi que leur fonction restent similaires à celles des monoterpènes (Bakkaliet al., 2008). Les sesquiterpènes sont des molécules anti-inflammatoires et calmantes (Bayala; 2014). En effet, leur action stabilisatrice sur la membrane cellulaire, de sorte qu'il régule la sécrétion d'histamine, et réduit ainsi les manifestations inflammatoires (irritations et démangeaisons) (Klein et al., 2013).

3.1.1.2. Les composés aromatiques :

Les dérivés du phénylpropane (C₆-C₃), ou composés phénoliques s'agissant le plus fréquemment d'allyl ou pro-pénylphénols, et ou aldéhydes. La biosynthèse par voie phényl-propanoïdes débute par des aromatiques tyrosines et phénylalanine, de plus, la synthèse de ces composants nécessite une série d'acides compris l'acide cinnamique et l'acide shikimique. Les phénylpropanoïdes sont moins représentés à l'huile essentielle que les terpènes, pourtant ils se distinguent par certaines huiles (Menacore, 2011).

3.1.2. Procédés d'extraction d'huile essentielle de *Cichoriumintybus. L* :

3.1.2.1. Hydrodistillation :

C'est la méthode la plus ancienne utilisée et la plus simple (**Fig. 13**). Le principe de l'hydrodistillation correspond à une distillation hétérogène, desorte que le matériel végétal est immergé directement dans une parcelle remplie d'eau placée au-dessus d'une source de chaleur. Ensuite, tout est porté à ébullition. La chaleur fait exploser les cellules de la plante, libérant ainsi les molécules odorantes qu'elles contiennent. Ces molécules aromatiques se forment avec la vapeur d'eau, qui est un mélange zéotrope. De sorte que les vapeurs hétérogènes se condensent dans un refroidisseur et que l'huile essentielle aqueuse est séparée par une légère différence de densité. L'huile essentielle est plus légère que l'eau (à quelques rares exceptions près), elle flotte donc au-dessus de l'eau (**Asbahani et al., 2015**).

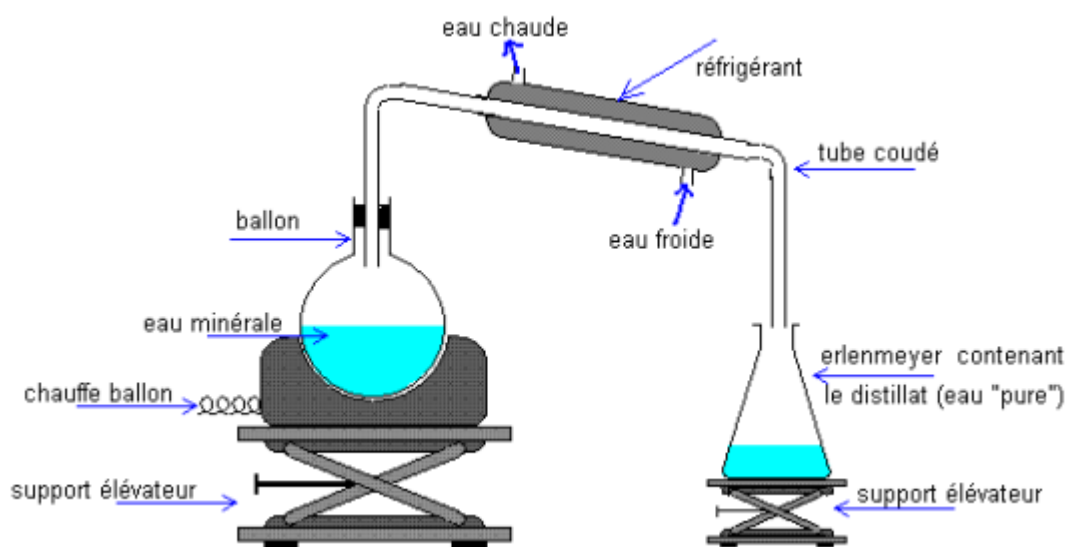


Figure 13 : L'hydrodistillation

3.1.2.2. Entraînement à la vapeur :

La distillation à la vapeur est l'une des méthodes officielles d'obtention d'huiles essentielles. Dans ce type de distillation (**Fig. 14**), les matières végétales ne trempent pas directement dans l'eau. De sorte qu'elle est posée sur une maille perforée à travers laquelle passe la vapeur d'eau qui détruit la structure des cellules végétales et libère ainsi des particules volatiles. Ensuite, elles sont piégées vers le refroidisseur. Cette méthode améliore la qualité de l'huile essentielle car elle minimise les

changements d'eau : Ne baignez pas les matières végétales directement dans l'eau bouillante (Florence M, 2012).

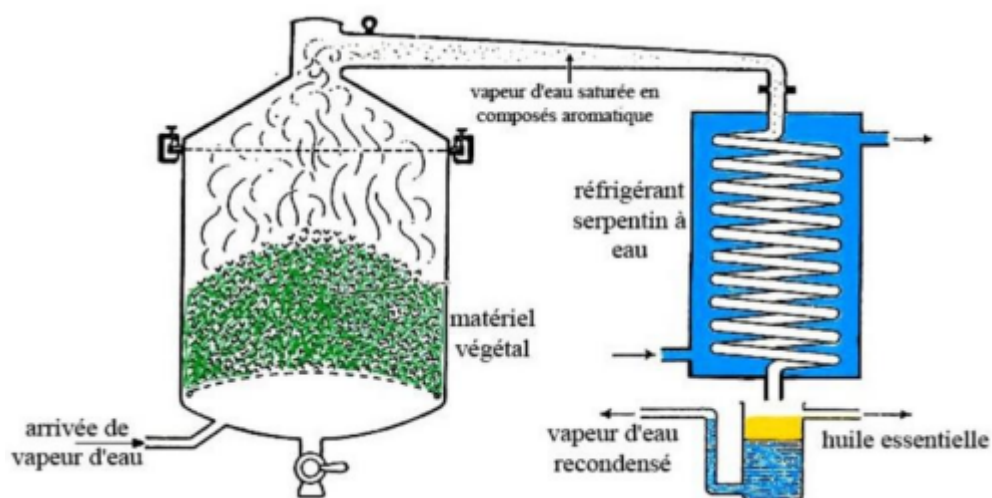


Figure 14 : Entraînement à la vapeur d'eau

3.1.2.3. Hydro-diffusion :

Cette technologie relativement nouvelle est une technologie propriétaire, elle se compose de transitoires, de haut en bas (selon description) et à basse pression, la vapeur d'eau traverse la matrice végétale. Cette méthode a l'avantage particulier d'être plus rapide et donc moins chronophagénocif pour les composés volatils, cependant, l'huile essentielle obtenue avec ce procédé contient des composés non volatils qui lui ont valu un nom particulier : "L'essence de la nomination" (Banayed, 2008).

3.1.2.4. Extraction par CO₂ super critique :

Le dioxyde de carbone est liquéfié par refroidissement et comprimé à une pression d'extraction. Il est ensuite injecté dans l'extrait contenant le matériel végétal ainsi le liquide se dilate et se transforme en un état gazeux, atteignant le séparateur où il sera séparé en un solvant et un extrait (EL-HACI, 2015).

3.1.2.5. Extraction assistée par micro-ondes :

La technique d'extraction par micro-ondes (Fig. 15) a été développée via contrats à des fins d'analyse, de sorte que le processus d'extraction dépend de l'absorption de l'énergie micro-onde et par les composants de la matière végétale, qui est mesurée par une constante diélectrique, cette

absorption dépend également de la température de la matière végétale et de la fréquence des ondes (Grigonis et al., 2005).

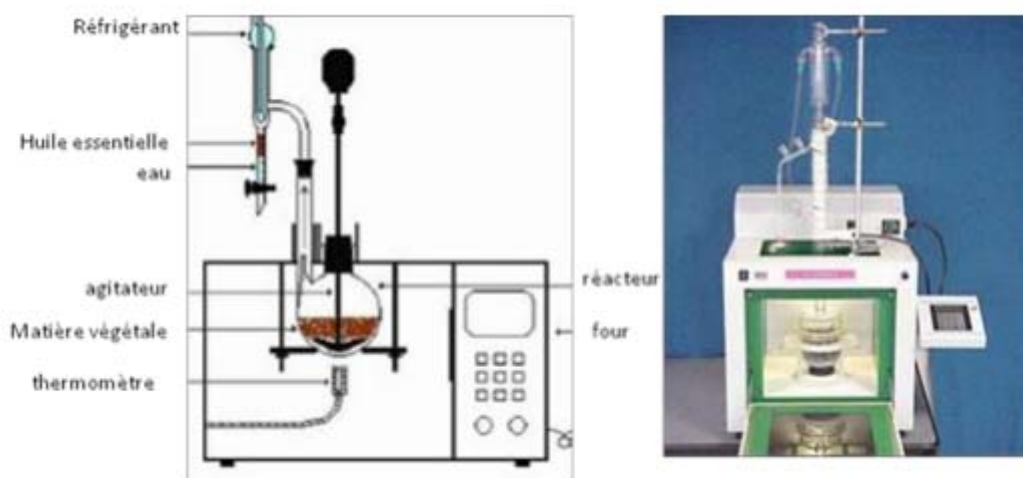


Figure 15 : montage d'extraction assistée par micro-onde (Vian et al., 2008).

3.1.2.6. Extraction par les ultrasons :

Dans ce cas particulier, il s'agit d'un traitement "avant" ou "après". En effet, les microcavités générées par les ultrasons perturbent la structure des parois végétales, en particulier les régions cristallines celluliques, ce qui favorisent la diffusion et l'ordre d'instillation des composants de l'huile, l'avantage principal de ce procédé c'est la réduction de la durée d'extraction d'une manière significative, et d'avoir un rendement important outre il est facile à extraire des particules thermosensibles (Otmani, 2014).

3.1.3. Analyses des huiles essentielles et critères de qualité:

Seule une connaissance fine des composants de l'huile essentielle permet une bonne utilisation, selon la pharmacopée, il est indispensable de surveiller les huiles à travers de différents tests. Le but de ce contrôle est de déterminer les propriétés physico-chimiques de l'huile, sa densité, son indice d'acidité, indice de réfraction...etc (Avnor, 1996).

Il existe d'autres types d'analyse par lesquelles les différents composants et leurs structures chimiques sont déterminées sont : la chromatographie GC en phase gazeuse et chromatographie en phase gazeuse associée Spectroscopie GC/MS (Bougerra, 2011).

3.2. Les extraits de *Cichorium intybus*. L :

Cichoriumintybus ;c'est l'une des plantes médicinales les plus importantes de la famille des Astéracées, divers extraits de *C. intybus* ont montré un large éventail de propriétés biologiques et pharmacologiques, telles que des effets anti-inflammatoires, antidiabétiques, anti-hémostatiques, antioxydants, antiprolifératifs et antibactériens...ect, de plus cette plante présente d'autres propriétés laxatives, dépuratives et diurétiques, ce dernier est attribué à sa composition en acides phénoliques, de plus, des niveaux élevés d'inuline contenus dans ses graines facilitent la croissance et le maintien de la flore intestinale, exerçant par la suite un effet "probiotique"(Perović et al., 2021).

3.2.1. Les activités biologiques des extraits de *Cichorium intybus*. L :

Tableau 14:Les activités biologique des extraits de *Cichorium intybus* L.(Perović et al.,2021)

Bioactivité	Partie de plante	Type d'extrait	Composé/s	Référence
Activité anti-hépatotoxique	Plante entière	Extraits d'acétate d'éthyle		Li et al.,2014
	Feuille	Extrait aqueux	Acide cichorique	Zhang et al.,2014
	Feuille	Extrait éthanolique	Flavonoïdes	Neha et al.,2014
	Graine	Extrait alcoolique	Phytoconstituants de l'extrait tels que les flavonoïdes, les saponines et leurs glycosides	Fathalla et al.,2015
Anti-diabétique	Racine, feuilles et tiges	Extrait éthanolique	Inuline	Pushparaj et al.,2007
	Feuille		Les fibres (inuline)	Abdel-Rahim.,2016
	Graine	Extrait aqueux	les anthocyanes, les tanins, les coumarines, l'acide chicorique, l'acide chlorogénique et l'acide caféique	Ghamarian et al.,2012
Antimicrobienne	Racine et feuille	Extrait d'acétate d'éthyle		Koner et al.,2011

	Racine	Extrait méthanolique	Potentiellement inuline, lactones sesquiterpéniques, coumarines, flavonoïdes.	Verma et al.,2013
	Racine		Lactones sesquiterpénoïdes de racine de chicorée : cichoralexine, 10 α -hydroxycichopumilide et 8 α -angeloyloxycichoralexine ; terpénoïdes et phénoliques.	Nishimura et al.,2006
	Feuille		Composés phénoliques – acide gallique, acide protocatéchique, acide chicorique et acide chlorogénique.	Kagkli et al.,2016
	Feuille et racine	Extraits éthanoliques et méthanoliques de chicorée γ -irradiée	Composés phénoliques et flavonoïdes	Khalaf et al.,2018
	Graine	Extrait méthanolique et fraction acétate d'éthyle	Alcaloïdes, flavonoïdes, saponines, tanins, stéroïdes, anthraquinone.	Mehmood et al., 2012
	Graine	Extraits aqueux et organiques (éthanol et acétate d'éthyle)	Composés hydrosolubles (inuline, flavonoïdes, etc.)	Shaikh et al.,2016
	Fleur	Extrait d'acétate d'éthyle		Petrovic et al.,2004
Antioxydante	Racine	Extrait éthanolique	Acide caféoylquinique	Derakhshani et al.,2012
	Feuille	Les extraits éthanolique et méthanolique de chicorée γ -irradiée	Composés phénoliques et flavonoïdes	Khalaf et al.,2018
	Graine	L'extrait méthanolique et la fraction acétate d'éthyle	Alcaloïdes, flavonoïdes, saponines, tanins, stéroïdes, anthraquinone.	Mehmood et al.,2012

Anti-inflammatoire	Racine	Extrait de solvant polaire	Lactones sesquiterpéniques	Ripoll et al., 2007
Antidiabétique	Racine	Extraits hydro-ethanolique	Lactons sesquiterpéniques : lactucine et lactucopicine	Bischoff et al., 2004
Activité antifongique	Racine	Phase aqueuse d'extrait acétonique	Lactones sesquiterpéniques de la racine : 8-désoxylactucine et 11 β ,13-dihydrolactucine.	Mares et al., 2005
Activité anticancéreuse	Racine	Extrait méthanolique	Lactucine, β -sitostérol, acide quinique, acide succinique et polyphénols comme les flavonoïdes.	Meharendish et al., 2017
Activité inhibitrice de tumeur	Racine	Extrait éthanolique	Inuline, cichorine, esculine, esculetine, caféine, polyacétylènes, acides organiques, gommes, protéines et vitamines	Hazra et al., 2002
Activité antiradicalaire	Feuille	Extraits hydroalcooliques	Composés phénoliques et flavonoïdes Acide gallique, acide protocatéchique, acide chicorique et acide chlorogénique.	Haimler et al., 2009; Kagkli et al., 2016
Effet antiostéoporotique	Feuille	Extrait hydrophile lyophilisé	Saccharides et flavonoïdes	Hozayen et al., 2016
Activités inhibitrices des enzymes (α -glucosidase, α -amylase, lipase pancréatique et enzyme de conversion de l'angiotensine), prévention du syndrome métabolique.	Feuille		Acides hydroxycinnamiques et flavonoïdes, avec des isomères d'acide chlorogénique, d'acide caftarique, d'acide chicorique et d'hexoside de lutéoline	Dalar et al., 2014
Activité antiparasitaire (<i>Ostertagia ostertagi</i>)	Feuille	La phased'acétate d'éthylede l'extrait hydro-méthanolique	Lactones sesquiterpéniques : lactucine, 11 β , 13-dihydrolactucine, 8-désoxylactucine, 11 β , 13-dihydro-8-désoxylactucine, lactucopicine, 11 β , 13-	Peña et al., 2015

			dihydro-lactucopirine.	
Effets anthelminthiques	Feuille	Extrait de méthanol	Lactones sesquiterpéniques	Peña et al.,2017
Effet radioprotecteur	Graine	Extrait méthanolique	Composés phénoliques tels que l'acide chlorogénique qui agissent comme agents antioxydants.	Hosseinimehr et al.2015
Amélioration de la glycémie, index athérogène et antioxydant	Graine	Extrait éthanolique	Extrait riche en acide caféoylquinique	Jurgoński et al.,2012

Chapitre III :
Résultats et discussion

L'analyse systématique des données collectées issus des travaux antérieurs de l'espèce *Cichoriumintybus L* à propos des différents extraits et leurs activités biologiques, nous a permis de montrer les résultats suivants :

1. Rendement d'extraction :

Les huiles essentielles et les extraits se distinguent par leur grande diversité de composition en molécules bioactives que de leurs performances, ce contraste est essentiel car les activités biologiques des divers extraits peuvent être très différentes.

Tableau 15 : Rendements en huile essentielle de *Cichoriumintybus L*.

Zones de récolte	Rendements %	Références
Turquie	2.5%	Kam et al.(2019)
Iran	0.18%	Behrooz et al.(2011)
Lituanie	0.04%	Asta et al.(2008)
Serbie	7.43%	Perović, et al.(2021)

Le tableau montre les résultats du rendement en pourcentage d'huile de *Cichoriumintybus* de différentes régions, de sorte que le rendement le plus élevé est celui de la Serbie 7.43% (**Perović, et al., 2021**) suivi par celui de la Turquie (un taux de 2.5%) (**Kam et al. 2019**), puis Iran (0.18%) (**Behrooz et al. 2011**), cependant en Lituanie un rendement faible était signalé 0.04% (**Asta et al., 2008**).

Cette différence peut être attribuée à plusieurs facteurs, notamment l'origine géographique, le lieu et la saison de récolte, le climat, les caractéristiques physico-chimiques du sol, outre la méthode d'extraction utilisée, la durée de séchage et de stockage et aux diverses techniques d'extraction utilisées, la granulométrie du broyat, le temps, la température, la nature du solvant et sa polarité et même le ratio volume de solvant par masse de broyat (**Karousou et al., 2005 ; Oreopoulou et al., 2019 ; Al Ubeed et al., 2022**).

Les faibles rendements peuvent également être liés à une série de facteurs tels que la composition génétique de la plante, les parties de la plante utilisées et les conditions environnementales des régions concernées (**Marotti et al., 1994 ; et Zhao et al., 2013**). De plus, des études ont révélé que la teneur de la plante en huiles essentielles ne dépend pas seulement de la température et l'humidité relative, mais aussi le mouvement d'air, la durée d'ensoleillement et les précipitations (**Boukarta et Hammoum, 2018 ; Oreopoulou et al., 2019**).

Tableau 16 : le rendement d'extraction des extraits de *Cichorium intybus* L.

Les solvants d'extraction :	Le rendement d'extraction (en pourcentage) :
Chloroforme	3.5%
Ethanol	11.32%
Acétone	5.34%
Hydro-éthanol	39.72%
Méthanol	7.22%

Selon le **tableau 16**, le rendement de l'extraction dans les solvants organiques : méthanol, acétone et éthanol est respectivement 7,22%, 5,34% et 11,32% ou le rendement le plus faible est enregistré pour l'extrait chloroformique (3,5 %) suivi par l'extrait d'acétone (5,34%) l'extrait d'méthanolique (7.22%) et l'extrait d'éthanolique (11.32%) par contre le pourcentage le plus marquant c'est pour l'extrait hydro-éthanolique (39.72%), ces résultats indiquent que les solvants à polarité différentes ont permis d'obtenir des rendements d'extraction divers et que la plante d'intérêt *Cichorium intybus* est riche en métabolites divers, mais notamment les métabolites polaires, cela affirme que l'efficacité d'extraction est liée aux solvants hautement polaires qui entraîne une variation importante du niveau de composés bioactifs extraites et par conséquence un rendement élevé (Arya et al., 2022).

2. Composition chimique de *Cichorium intybus* L. :

Toutes les parties végétatives de la chicorée (racines, fleurs et feuilles) contiennent un grand nombre de composés bioactifs diversifiés (tableau 17), outre que les parties aériennes et racinaires sont également une source d'huiles essentielles (tableau 18), ces composées sont présentes en différentes quantités, qui dépendent à la fois de la partie de la plante, de l'origine de la chicorée et à d'autres conditions pédoclimatiques, ainsi la méthode d'extraction (Al-Snafi, 2016 ; Janda et al., 2021 ; Perović et al., 2021).

Beaucoup de travaux antérieurs affirment que son pouvoir thérapeutique et sa puissance sont liés étroitement à sa composition biochimique en métabolites secondaires (flavonoïdes, alcaloïdes, tannins, polyphénols...etc) qui sont diversifiée et réparties dans toutes ces parties végétales avec des teneurs variables (Choudhary et al., 2021 ; Arya et al., 2022).

Tableau 17 : La composition chimique de la plante *Cichorium intybus L.*

Partie de la plante :	Composition chimique	Références
Feuilles	Acides gras : C14:0; C15:0; C16:0; C18:0; C18:1n-9c; C18:2n-6c; C18:3n-3; C20:0; C22:0; C24:0 lutein, violaxanthin, antheraxanthin, neoxanthin, chlorophyll a, chlorophyll b, pheophytin a, pheophytin b, β -carotene polyphenols, flavonoids, acide chlorogénique, acide caféique, acide chicorique, quercétine, glucuronide, acide gallique, tannins, saponines Ca, Mg, Na, Cu, Zn, Mn, Se, N, P, K, S, B, Fe Les vitamines: A, E, K, C, B1, B2, B3, B5, B6, B9	Jancic et al., 2017; Nwafor et al., 2020; Abbas et al., 2015; Saeed et al., 2017
Racines	polyphenols, flavonoids, caféoylquinique, acide, minéraux: Ca, Mg, Na, Cu, Zn, Mn, Fe, K, composé phénolique: protocatechuïque, chlorogénique, acide, hydroxybenzoïque, isovanillique, coumarique, protocatechuïque, chlorogénique, acide, caféique, coumarique, <i>p</i> -coumarique, acide, acides gras: C ₁₄ H ₂₈ O ₂ , C ₁₆ H ₃₀ O ₂ , C ₁₆ H ₃₂ O ₂ , C ₂₀ H ₃₄ O ₂ , C ₂₀ H ₄₀ O ₂ stéroïdes, terpénoïdes, vitamine C, tannins	Liu et al., 2013; Nwafor et al., 2020; Jangra et al., 2018; Malik et al., 2016; Jangra et al., 2018
Graines	acides aminés: arginine, histidine, isoleucine, leucine, lysine, méthionine, cystéine, phénylalanine, tyrosine, thréonine, valine, sérine, glutamique, glycine, alanine, aspartique, proline acides gras: C14:0, C16:0, C16:1, C18:0 t11-C18:1, C18:1n-9, C18:2n-6, C18:3n-3, C20:0 C20:1, C20:2, C22:0, C24:0 P, K, Ca, Mg, Na, Fe, Cu, Zn, Mn, Mo, Se, Cd, stéroïdes, terpénoïdes, vitamine C, tannins	Jangra et al., 2018; Wen Ying et al., 2021; Malik et al., 2016; Jangra et al., 2018
Fleurs	acides gras: C ₁₄ H ₂₈ O ₂ , C ₁₅ H ₃₀ O ₂ , C ₁₆ H ₃₂ O ₂ , C ₁₇ H ₃₄ O ₂ , C ₁₈ H ₃₂ O ₂ , C ₁₈ H ₃₆ O ₂ , C ₁₉ H ₃₈ O ₂ , C ₁₈ H ₃₀ O ₂ , C ₂₀ H ₄₀ O ₂ , C ₂₀ H ₄₀ stéroïdes, terpénoïdes,	Malik et al., 2016
Partie aérienne	composés phénoliques: caféarique, chlorogénique, acide, cichorique, isoquercitrine, rutine, quercitrine, luteoline, apigénine minéraux: Fe, Cu, Zn, Mn vitamine C tannins	Epure et al., 2021; Jangra et al., 2018

Tableau18. La composition chimique des huiles extraites de la plante *Cichorium intybus L.*

Partie de la plante utilisé	Composition d'huile essentielle	Références
Partie aérienne	carvacrol (50.1%); thymol (13.3%); cinnamicaldehyde (12.4%); camphor (4.4%); carvone (4.1%); linalool (3.9%); α -terpineol (2.1%); octane (8–25.6%); octen-3-ol-1 (0.3%); 2-pentylfuran (up to 2.6%); (2 <i>E</i> ,4 <i>E</i>)-heptadienal (up to 2.6%); 1,8-cineole (up to 1.0%); phenylacetaldehyde (1–4.5%); <i>n</i> -nonanal (2.1–6.5%); camphor (1.4%); (2 <i>E</i> ,6 <i>Z</i>)-nonadienal (0.6%); (2 <i>E</i>)-nonen-1-al (0.9%); <i>n</i> -decanal (0.8–1.7%); (2 <i>E</i> ,4 <i>E</i>)-nonadienal (up to 0.4%); <i>n</i> -decanol (up to 0.9%); (2 <i>E</i> ,4 <i>Z</i>)-decadienal (0.5–1.3%); (2 <i>E</i> ,4 <i>E</i>)-decadienal (1.5–1.9%); geranylacetone (0.7–3.2%); β -ionone (1.9–3.0%); (2 <i>E</i>)-tridecanol (6.3%); pentenylsalicilate (0.9%); <i>n</i> -hexadecane (0.9–5.9%); tetradecanal (1.0–2.8%); tetradecanol (0.8%); 2-pentadecanone (4.2–14.9%); (<i>E</i>)-2-hexylcinnamaldehyde (0.4%); octadecane (0.5%); <i>n</i> -nonadecane (5.1–46.9%); (5 <i>E</i> ,9 <i>E</i>)-farnesylacetone (0.6–2.3%); <i>n</i> -eicosane (0.9–2.9%); <i>n</i> -octadecanol (0.3–1.0%); <i>n</i> -heicosane (2.5–8.0%)	Haghi et al.,2012;Judzentiene et al.,2008
Partie racinaire	Kaempferol; octane (34,3–69.8%), octen-3-ol-1; 2-pentylfuran; <i>n</i> -nonanal (up to 1.2%); <i>n</i> -tridecane (0.3–0.4%); (2 <i>E</i> ,4 <i>E</i>)-decadienal (2.2–3.4%); (2 <i>E</i> ,4 <i>Z</i>)-decadienal (0.8–0.9%); (2 <i>E</i> ,4 <i>E</i>)-heptadienal (up to 1.0%); β -elemene (0.3–0.6%); (<i>E</i>)-caryophyllene (up to 0.4%); β -ylangene (0.3–0.7%); (<i>E</i>)- β -farnesene (0.4–2.2%); geranyl acetone (up to 0.6%); allo-aromadendrene (up to 3.9%); dehydro-aromadendrene (0.6%); β -ionone (0.5%); pentadecane (1.8%); <i>trans</i> - β -guaiene (0.5–0.7%); (2 <i>E</i>)-undecenol acetate (1.3–1.9%); sesquicineole (up to 0.8%); (2 <i>E</i>)-tridecanol (0.5–2.6%); pentenyl salicilate (4.8–22.7%); <i>n</i> -hexadecane (1.7–18.1%); tetradecanal (1.1–2.7%); 2-pentadecanone (0.4–1.3%); <i>n</i> -nonadecane (0.3–3.9%); <i>n</i> -eicosane (2.1–5.1%); <i>n</i> -heicosane (0.4–0.5%)	Judzentiene et al.,2008;Mahdi et al.,2014

La majorité des recherches sur les composants de *Cichorium intybus* se sont concentrées sur les huiles essentielles. En fait, ces composés sont largement utilisés dans diverses industries. Par ailleurs, les polyphénols sont les métabolites majeurs qui ont été étudiés due à leurs propriétés biologiques les plus pertinentes.

Les huiles essentielles sont des métabolites secondaires volatils d'origine naturelle avec un parfum fort et une formule complexe, ils sont obtenus par l'hydrodistillation de diverses plantes aromatiques. En fait, la composition des huiles varient selon l'endroit, les changements climatiques et d'autres facteurs comme méthode et le temps d'extraction, ce qui peuvent affecter par conséquence leurs compositions (Bakkali et al., 2008 ; Brahmi et al., 2017).

La chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (CPG-MS) est une méthode d'analyse utilisée dans le domaine de caractérisation des huiles essentielles, elle consiste à séparer identifier, analyser et caractériser ces biomolécules, alors que la SM fournit une identification précise et/ou une quantification de plusieurs composés (Stour, 2010 ; Al-Faqih, 2015).

Tableau19 : Présentation des compositions chimiques de l'huile essentielle de *Cichorium intybus* L. dans certains pays

Composant Régions	Iran (Nafiseh al., 2014)	Pologne (Janda et al., 2021)	Lituanie (Asta et al., 2008)	Serbie (Perović, et al., 2021)
α -thujène	0.60%	-	-	-
α -pinène	3.54%	-	-	-
camphor	20.71	4.4%	-	20.74%
Camphène	1.80%	-	-	-
n-decanol	-	0.9%	0.8%	-
linalool	-	3.9%	-	-
decadienal	-	2.8%	-	-
Sabinène	1.05%	-	-	-
octadecanol	-	1.0%	-	-
β -pinène	6.19%	-	-	-
(2E, 4E)-heptadiénal	-	2.6%	2.6%	-
(2E, 4Z)-Décadienal	-	1.3%	1.3%	-
octan	-	25.6%	21.4%	34.3%
α -terpineol	0.43%	2.1%	-	-
Oct-1-én-3-ol	-	1.2%	-	-
2-Pentyl furane	-	1.2%	2.6%	-
Myrcène	-	-	-	-

Octan-3-ol	-	0.3%	-	-
α -terpinène	0.23%	-	-	-
Hexadecanoic	-	-	-	32.9%
Limonène	-	-	-	-
1,8 cinéole	1.12%	1.0%	-	-
(Z)- β -ocimène	-	-	-	-
(E)- β -ocimène	-	-	-	-
γ - terpinène	15.18%		-	13.24%
Cis hydrate de sabinène	-	-	-	-
terpinolène	0.33%	-	-	-
linalol	0.77%	3.9%	-	-
Menthone	6.16%	-	-	-
bornéol	-	-	-	-
Terpinène-4-ol	0.20%	-	-	-
n-Nonadecane	-	-	29.7%	3.9%
Cis-jasmone	0.24%	-	-	-
Néoisodihydrocarvéol	-	-	-	-
Cis carvéol	-	-	-	-
pulégone	4.96%	-	-	-
carvacrol	9.26%	-	-	-
Acétate dedihydroisocarvéol	-	-	-	-
pipériténone	4.42%	-	-	-
Acétate de cis carvyle	-	-	-	-
B-ionone	-	3.0%	1.9%	-
benzène acétaldéhyde	-	-	1.0%	-
β -bourbonène	0.21%	-	-	-
β -élémente	1.21%	0.6%	-	-
aliphatic	-	-	-	81.3%
(Z)-jasmone	-	-	-	-
Trans-caryophyllène	1.17%		-	-
Trans – β -guaïene		0.7%	-	-
trans- α -bergamotene	-	-	-	14.0%

β -cubabène	0.21%	-	-	-
E- β -farnésène	0.61%	2.2%	-	-
α -humulène	0.22%	-	-	-
tetradecanol	-	2.7%	-	-
Tetradecanal	-	2.8	-	-
2-Pentadecanone	-	1.3	4.2%	-
γ -muurolène	-	-	-	-
Germacrène-D	-	-	-	-
n-Heicosane	-	5.1%	4.5%	-
bicyclogermacrène	0.24%	-	-	-
γ -cadinène	-	-	-	-
hexadonic	-	-	-	32.9%
(5E, 9E)-Farnésyl acétone	-	2.3%	0.9%	-
Delta cadinène	0.74%	-	-	-
Cis calaménène	-	-	-	-
spatulénol	0.75%	-	-	-
Oxyde de caryophyllène	1.05%	-	-	-
α -cedrene	3.35%	-	-	-
Carvone	-	4.1%	-	-
aromadendrène	0.17%	3.9%	-	-
n-Hexadecan	0.89%	0.9%	5.9%	-
Acétone de géranyle	-	3.2%	1.4%	-

Le **tableau19** représente la composition chimique des huiles essentielles de la plante *Cichorium intybus*, où une richesse remarquable en métabolites bioactifs est signalée dans sa composition.

Une variabilité en composition d'huile essentielle de cette espèce est installée dans les régions étudiées. En effet, la région d'Iran renferme 32 composés que pour la Pologne 32 composés, Lituanie 13 composés, représentant respectivement 83.6%, 86%, 78.2% de l'huile totale.

De plus, les composés majoritaires de l'huile essentielle de Serbie sont aliphatique (81.3%), octan (34.3%), Hexadecanoic (32.9%), camphor (20.74%), trans- α -bergamotène (14.0%), γ -terpinène (13.24%), n-Nonadecane (3.9%). En Iran sont la camphor (20.71%), γ -terpinène

(15.18%), carvacrol (9.26%) β -pinène (6.19%), tandis que l'huile essentielle de Pologne renferme la Octan (25.6%), n-Heicosane (5.1%), camphor (4.4%), Carvone (4.1%), aromadendrene et linalool (3.9%), Acétone de géranyle (3.2%), B-ionone (3%), decadienal (2.8%), Trans – β -guaïène (2.7%), β -élémentène (2.6%), (5E, 9E)-Farnésyl acétone (2.3%), E- β -farnésène (2.2%), α -terpinéol (2.1%), Oct-1 $\Rightarrow$ 3-ol et 2-Pentyl furane (1.2%), et 1,8 cinéole (1%), par contre l'huile essentielle de Lituanie contient le n-Nonadecane (29.7%), octan (21.4%), n-Hexadecane (5.9%), n-Heicosane (4.5%), 2-Pentadecanone (4.2%), (2E, 4E)-heptadienal et 2-Pentyl furane (2.6%), β -Ionone (1.9%), Acétone de géranyle (1.4%), (2E, 4Z)-Décadienal (1.3%), benzène acétaldéhyde (1%).

Cette différence observée dans la composition chimique des huiles essentielles de *Cichorium intybus* peuvent être attribuées aux conditions environnementales telles que l'humidité relative la température, l'intensité de la lumière en plus à des conditions agricoles telles que la plantation, le moment de la récolte, la densité des cultures ou encore une fois, à l'écotype et au phénotype, et la méthode d'extraction...etc. (Sales et al., 2016).

3. Les activités biologiques des extraits de *Cichorium intybus* L.:

Les recherches de ces dernières années ont montré que le *Cichorium intybus* possède diverses activités biologiques ; des propriétés antioxydants, antimicrobiens (antibactérienne et antifongique), et des propriétés cytotoxiques...

3.1. Activité antioxydant :

Les espèces réactives de l'oxygène (ROS) sont des espèces chimiques qui se forment dans l'organisme au cours des processus métaboliques, ils sont hautement réactifs et peuvent contenir un ou plusieurs électrons non appariés, le stress oxydatif est un déséquilibre entre les ROS et le système antioxydant, en conséquence des effets néfastes se manifestent quand ils ne sont pas neutralisés comme la peroxydation des lipides membranaires et des protéines ...etc., néanmoins, ce stress peut être retardé ou même prévenu par des substances antioxydantes, elles ont la capacité d'un donneur d'hydrogène, exerçant ainsi son effet antioxydant en piégeant les chaînes de radicaux libres (Ferrari 2000; Lupo et al., 2010).

Plusieurs composés dérivés de plantes aromatiques et médicinales sont particulièrement intéressants en raison de leurs propriétés anti-radicalaires, de la sorte que nombreux tests *in vitro* existent pour étudier l'activité antioxydante des plantes, parmi lesquels : l'ABTS et le DPPH les méthodes les plus courantes.

Des études ont été menées par **Choi et al. (2022)** ; **Gazwi et al. (2022)** ; **Xue-lei et al. (2020)** et **d'Abbas et al. (2015)** indiquent que l'extrait de *C. intybus* permet l'inhibition radicalaire du DPPH, ce qui fait que l'extrait de *C. intybus* a une activité anti-antioxydante (**Tableau 20**).

Tableau 20 : L'activité antioxydant de l'extrait de *C. intybus*

IC50 (µg/mL)				
	Choi et al. (2022) (Corée)	Gazwi et al. (2022) (Égypte)	Xue-lei et al. (2020) (Chine)	Abbas et al. (2015) (Arabie Saoudite)
Activité de piégeage des radicaux DPPH	694.48±76.12	105.5±1.03	67.2±2.6	67.27 ± 1.17
Activité de piégeage des radicaux ABTS	1154.90±566.00	636.27±12.87	-	-

Les extraits de *C. intybus* ont été examinés à l'aide des tests de DPPH et ABTS.

Le test DPPH a été effectué pour évaluer l'élimination des radicaux libres, les résultats sont indiqués par IC50, qui représente le pourcentage d'antioxydants nécessaires pour réduire 50% de la concentration de DPPH, une diminution de l'IC50 indique l'efficacité des antioxydants.

Selon les résultats de **Choi et al (2022)** et **Gazwi et al (2022)** l'activité antioxydante de *C. intybus* est de (694.48±76.12 µg/mL) et (105.5±1.03 µg/mL) respectivement par rapport aux autres études.

Il est montré que l'extrait de *Cichorium intybus*, en Corée et en Égypte a une faible capacité antioxydante par rapport à l'extrait de *Cichorium intybus* de Chine et de l'Arabie Saoudite, qui présentent une meilleure activité (67.2 µg/mL, cette variabilité est due à la région d'étude cernée, et aussi à la diversité en composition chimique selon les facteurs internes et externes (la région, la différence de la méthode utilisée pour l'extraction et l'évaluation) (**Laghouiter et al., 2015**).

En fait, les résultats du test ABTS ont révélé que l'extrait de *C. intybus* de (Corée) possédait une faible teneur en antioxydants par rapport à celle d'Égypte.

3.2. Activité anti-microbienne :

3.2.1. Activité antifongique :

Une étude a montré que l'extrait hydrique et l'extrait d'acétate d'éthyle de *Cichoriumintybus* présentaient une activité inhibitrice contre *Fussarionsolani* et *Aspergillusniger*. De même, la fraction chloroformique s'est également avérée très active contre *Fussarionsolani*.**(Rehman et al.2014)**, cependantl'analyse phytochimique de différents extraits de *Cichoriumintybus*révèle des composants phytochimiques actifs tels que des alcaloïdes et des flavonoïdes, Saponines, tanins et stéroïdes.

Les résultats du test de diffusion sur gélose ont conclu que les différents extraits issus dedifferentes parties de *C. intybus* montrent un effet modéré contre la croissance d'*Alternariaalternata*et *Trichoderma viride*, mais le pouvoir antifongique dite potentiel est marqué dans certains extraits tels que l'extrait alcoolique et chloroformique, notamment l'extrait hydriquelequi a montré une activité antifongique significative contre *Alternariaalternata*et *Pénicillium notatum***(Maitry et al.2019)**.

Dans des études menéessur les souches fongiques, à savoir *A. flavus*, *A. niger*et *R. solani*). Les résultats ont indiqué que l'extrait méthanolique des graines de *C. intybus* a montré une activité antifongique**(Nasir et al.2012)**.

3.2.2. Activité antibactérienne :

Des études examinentles extraits d'éthanol, de chloroforme, l'extrait aqueux et de l'hexane des graines de *C. intybus* contre *Escherichiacoli* et *Staphylococcusaureus*. Tous ces extraits ont montré une activité antibacterienne, mais les extraits aqueux sont les plus actifs qui ont montré une plus grande zone d'inhibition contre *S. aureus*. Les extraits d'hexane, d'éthanol et de chloroforme montrent des zones significatives d'inhibition contre ces deux germes, ce qui prouve que la plante d'interet a une activité antibactérienne importante et elle peut être utilisée pour le traitement et le contrôle des infections bactériennes.**(Rahimullah et al 2020)**

En plus des extraits méthanoliques et aqueux de parties aériennes de chicorée ont également été étudiés contre *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis*, *Bacillussubtilis*, *Pseudomonasaeruginosa*, *Klebsiellapneumoniae*, *Erwiniacarotovora*, *Proteus vulgaris*, *Enterobacter cloacae*, *Streptococcus pyogenes*, où l'extraitméthanolique présentait un

spectre antimicrobien le plus large que l'extrait aqueux comparativement aux antibiotiques standard gentamicine et tobramycine(Jasim.2020).

D'autre étude des extraits méthanolique des feuilles et des extraits hydrique et chloroformique de la partie foliaires et racinaires de *Cichoriumintybus* ont montré une activité antibactérienne contre *S. aureus*, *B. subtilis*, *E. coli* et *P. aeruginosa*, les extraits au méthanolique de feuilles et de racines ont montré une activité antibactérienne avec une zone d'inhibition maximale contre *E. coli*. mais les extraits aqueux de feuilles et de racines ont montré l'activité antibactérienne la plus élevée contre *P. aeruginosa* (Harjot et al.2016)

3.2.3. Activité antivirale et antiparasitaire :

Les recherches expérimentales de Ziai et al. (2007) ; Zhang et al., (2014)montrent une activité antivirale des extraits de la chicorée contre le virus d'Herpes(HSV-1), et le virus d'hépatite B, cela est dû au pouvoir antiviral d'acide cichorique (Janda et al., 2021), cependant l'analyse de Shawky et al., (2020)par le bais de model d'ancrage moléculaire (Doking) permet de sélectionner la chicorée parmi les plantessusceptibles d'inhiber les enzymes et les protéines virales de SRAS-CoV2 et donc avoir un effet antiviral potentiel contre le coronavirus qui lié à l'action d'acide caféique de la chicorée (Thota et al., (2020)

Une activité antiparasitaire de la chicoréeest signalée à travers des études antérieurs (Woolsey et al., 2019), cetteefficacitéest liée à sa teneur en sesquiterpènelactones (Janda et al., 2021).

3.3. Activité antidiabétique :

Plusieurs études affirment l'activitéantidiabétique de *Cichoriumintybus*par l'extrait éthanolique, qui réduit l'activité de l'enzyme glucose-6-phosphatase hépatique (Glc-6-Pase)ce qui diminue ainsi la liberation de glucose(Pushparaj et al.2007)

Les extraits de racine de *Cichoriumintybus*régule la glycémie il a été constaté que l'acide cichorique (NCREA) extrait de la racine de *Cichoriumintybus*Augmente la sécrétion d'insuline par les cellules pancréatiques et l'absorption de glucose par les cellules musculaires, pourtant cet NCREA exerce un effet hypoglycémiant. (Azay et al.,2013)

L'extrait de graines de *Cichorium intybus* L.a confirmé une efficacité significative dans la restauration de la glycémie chez le modèle animale diabétique (traité par la streptozotocine) (Sharma et al.2019).

Une étude ultérieure sur 150 patients diabétiques de type 2 a confirmé que l'ingestion de graines de *C. intybus* a considérablement réduit l'inflammation, le stress oxydatif et l'hypertriglycémie (Chandra et al.2020), ce qui permet de réduire les complications du diabète(Nasimi et al.2021)

3.4. Effet hépatoprotecteur :

Plusieurs études affirment l'activité hépatoprotectrice de la chicorée soit par une régulation des teneurs des enzymes hépatiques (aspartatetransaminase, alanine transaminase et phosphatase alcaline) et de la bilirubine et ses activités, ou par une réduction des dommages tissulaires au niveau hépatique (Janda et al., 2021 ;Qadir et al., 2022), toutefois les études élucident ce pouvoir hépatoprotecteur par l'activité antioxydante de la plante (Rezagholizadeh et al.,2016 ; Asadi et al.,2018)

3.5. Effet anti inflammatoire, analgésique et immunomodulateur :

La *Cichoriumintybus L.* est dotée à une activité anti-inflammatoire et analgésique, ce qui pourrait être dû à l'inhibition de la formation de diverses cytokines inflammatoires (comme les prostaglandines), de même à son pouvoir antioxydant et leur capacité à piéger les radicaux libres (Choudhary et al., 2021 ; Qadir et al., 2022)

L'activité analgésique de cette plante est liée aussi à l'action sédative de ces métabolites citant lactucopictine (intybine) et lactucine (Janda et al., 2021 ; Qadir et al., 2022).

La plante chicorée inhibe également les réactions allergiques médiées par les mastocytes ce qui permet exercer un effet antiallergique (Choudhary et al., 2021).

Le rôle immunomodulateur de la chicorée était montré à travers plusieurs études ce qui prouve que cette plante agit sur le système immunitaire et régule la production des cytokines immunitaires (Choudhary et al., 2021).

3.6. Activité antitumorale et cytotoxique :

Plusieurs études ont indiqué que la *Cichorium intybus L.* contient des composants qui possèdent des propriétés cytotoxiques, donc ils peuvent être utilisés pour développer des agents anticancéreux :

Khandaker et al. (2019) en Chine, prouve *in vitro* l'activité antitumorale des extraits aqueux de feuilles de *Cichoriumintybus* à 100 µg/ml sur des lignes de cellules cancéreuses (cellules de

mélanome, adénocarcénome) montre des ratio d'inhibition importantes, tant que l'extrait de plante entière administré à un modèle de carcinome murin (causé par la diméthylhydrazine) diminua la production de l'interféron-alpha (INF- α) du lymphome B2 (Bcl-2) et favorise l'expression des interleukines (IL-12 et IL-12) ce qui confirme la propriété antitumorale.

D'autres chercheurs à l'Egypte **Gehan et al.(2021)**, Ils ont évalué l'activité d'extrait de *Cichorium intybus* et confirme *in vitro* que l'extrait méthanolique ainsi que les composés isolés (myricétine et pinobanksine) ont montré une activité cytotoxique contre des lignées cancéreuses de HepG2(la lignée cellulaire du cancer du foie) , SKOV-3 (les cellules cancéreuses de l'ovaire) et PC (la lignée cellulaire du cancer de la prostate).

Une autre étude a été effectuée par **Kashani et al. (2014)** en Iran, ou l'effet cytotoxique de l'extrait de la chicorée a été étudié sur trois lignées cellulaires cancéreuses différentes, carcinome du côlon (HT-29), carcinome colorectal (Caco-2) et carcinome canalaire du sein (T47D), les résultats ont montré une activité cytotoxique puissante de l'extrait éthanolique contre la lignée cellulaire T47D avec une valeur d'IC₅₀ de $46,14 \pm 4,55$ μ g/ml.

Conclusion :

La présente étude vise clairement une analyse des résultats bibliographiques de l'espèce *Cichorium intybus* L., plus spécifiquement, elle s'intéresse aux activités biologiques.

Des études antérieures portant sur l'analyse de la composition chimique de l'huile essentielle et de différents extraits de la plante concernée montrent une variabilité de rendement qui est liée à plusieurs facteurs, notamment l'origine géographique, les facteurs biotiques et abiotiques, outre la méthode d'extraction utilisée.

De plus, la caractérisation biochimique de la chicorée en métabolites bioactifs montre une diversification et une richesse en composition, ces composés pourraient être associés aux activités biologiques.

La chicorée avait montré un pouvoir anti-infectieux, citant une activité antimicrobienne inhibitrice des germes pathogènes soit bactériens ou fongiques due à ces composants phytochimiques (les alcaloïdes, des flavonoïdes, les Saponines, les tanins et stéroïdes...), une activité antivirale et un effet antiparasitaire liée à sa teneur en lactones sesquiterpéniques.

Une activité antioxydante puissante et antiradicalaire contre les radicaux libres caractérise l'espèce citée ce qui engendre par la suite d'autres effets bénéfiques comme un effet antitumoral, hépatoprotecteur et anti-inflammatoire...

Des propriétés hypoglycémiantes de l'acide chicorique marquent l'activité antidiabétique de la plante cernée, outre à d'autres caractéristiques, cela rend la *Cichorium* une source thérapeutique puissante.

Cette étude a permis de collecter profondément les études antérieures et d'établir un aperçu sur les propriétés biologiques de la *Cichorium intybus* L., à la lumière de ces données, il serait souhaitable de compléter cette étude par des approches moléculaires afin de mettre en évidence les mécanismes responsables de ces effets thérapeutiques, aussi il serait envisageable d'entreprendre des études expérimentales *in vivo* et *in vitro* afin de cerner d'autres activités biologiques...

Les références bibliographiques :

- Dalar, I. Konczak Cichorium intybus from Eastern Anatolia: Phenolic composition, antioxidant and enzyme inhibitory activities Industrial Crops & Products, 60 (2014), pp. 79-85.
- A. Ghamarian, M. Abdollahi, X. Su, A. Amiri, A. Ahadi, A. Nowrouzi. Effect of chicory seed extract on glucose tolerance test (GTT) and metabolic profile in early and late stage diabetic rats DARU Journal of Pharmaceutical Science, 20 (56) (2012), pp. 1-9.
- A. Jurgoński, J. Juśbkiewicz, Z. Zdunczyk, K. Bogusław Caffeoylequinic acid-rich extract from chicory seeds improves glycemia, atherogenic index, and antioxidant status in rats Nutrition, 28 (2012), pp. 300-306.
- A. Koner, S. Ghosh, P. Roy Isolation of antimicrobial compounds from chicory (Cichorium intybus L.) root International Journal of Research in Pure and Applied Microbiology, 1 (2) (2011), pp. 13-18.
- A.H. Khalaf, R.M. El-Saadani, A.I. El Desouky, H.M. Abdeldaiem, E.M. Elmehy, (2018). Antioxidant and antimicrobial activity of gamma-irradiated chicory (Cichorium intybus L.) leaves and roots. Journal of Food Measurement and Characterization, 12 (3) , pp. 1843-1851.
- Aaref M et Haded M, (2015). Contribution à l'étude phytochimique, les activités biologiques (Antioxydante et Antibactérienne) d'une plante médicinale Cleome arabica L (région d'Oued Souf). Mémoire du Master. Université El Chahid Hamma Lakhder. Oued Souf. Algérie. P : 3- 19.
- Abbas Z.K., Saggi S., Sakeran M.I., Zidan N et al., (2015). Phytochemical, antioxidant and mineral composition of hydroalcoholic extract of chicory (Cichorium intybus L.) leaves. Saudi Journal of Biological Sciences. 22(3):322–326.
- Adouane Selma, (2016). En vue de l'obtention du diplôme de magistère en sciences agronomiques, option Agriculture et environnement en régions arides, Etude ethnobotanique des plantes médicinales dans la région méridionale des Aurès, Université Mohamed Khider – Biskra, p14, 10.
- AFNOR (Association Française de Normalisation). Huiles essentielles, recueil de normes françaises. AFNOR (1996). 5 ème éd.
- AFSSAPS (Agence française de sécurité sanitaire des produits de santé), 2008, Recommandations relatives aux critères de qualité des huiles essentielles.

- Ahmad, A. S., Hassan, M. Y., Abdullah, M. P., Rahman, H. A., Hussin, F., Abdullah, H., & Saidur, R. (2014). A review on applications of ANN and SVM for building electrical energy consumption forecasting. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 33, 102-109.
- Al Ubeed, H. M. S., Bhuyan, D. J., Alsherbiny, M. A., Basu, A., & Vuong, Q. V. (2022). A comprehensive review on the techniques for extraction of bioactive compounds from medicinal cannabis. *Molecules*, 27(3), 604.
- Al-Snafi, A. E. (2016). Medical importance of *Cichorium intybus*—A review. *IOSR Journal of Pharmacy*, 6(3), 41-56.
- Amarti, F., El Ajjouri, M., Ghanmi, M., Satrani, B., Aafi, A., Farah, A., Khia, A., Guedira, M., Chaouch, A. (2011). Composition chimique, activité antimicrobienne et antioxydante de l'huile essentielle de *Thymus zygis* du Maroc. *Phytothérapie*, 9(3), 149-157.
- Amić D., Davidović-Amić D., Bešlo D et Trinajstić N, (2003). Structure-radical scavenging activity relationships of flavonoids. *Croatica Chemica Acta* 76 (1): 55-61.
- Anne-Sophie Nogaret-Ehrhart, (2003). *La Phytothérapie Se Soigner Par Les Plantes* Groupe Eyrolles, 2003, ISBN 2-7081-3531-7. Suisse. P : 25-30.
- Anthelmintic effects of forage chicory (*Cichorium intybus*) against free-living and parasitic stages of *Cooperia oncophora* *Veterinary Parasitology*, 243 (2017), pp. 204-207.
- Antiosteoporotic effect of *Petroselinum crispum*, *Ocimum basilicum* and *Cichorium intybus* L. in glucocorticoid-induced osteoporosis in rats *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 16 (165) (2016), pp. 1-11.
- Antioxidant and antimicrobial activity of gamma-irradiated chicory (*Cichorium intybus* L.) leaves and roots *Journal of Food Measurement and Characterization*, 12 (3) (2018), pp. 1843-1851.
- Aoki T. & Tanabe S.I., 2007. Generation of sub-micron particles and secondary pollutants from building materials by ozone reaction. *Atmos. Environ.*, 41, 3139- 3150.
- Arya, M., Singh, B. R., & Taj, G. (2022). Phytochemical screening and quantitative analysis of *Cichorium intybus* L. (Chicory) plants from region of Uttarakhand. *The Pharma Innovation Journal*, 11(4), 230-235.
- Asadi, M., Mohammadi, M., Mohammadian, B., Shahriari, A., & Forouzandeh, H. (2018). The protective effect of *Cichorium intybus* L. hydroalcoholic extract against methotrexate-induced oxidative stress in rats. *Jundishapur Journal of Natural Pharmaceutical Products*, 13(4).

- Asbahani, A. E., Miladi, K., Badri, W., Sala, M., Addi, E. H. A., Casabianca, H., Elaissari, A. (2015). Essential oils: From extraction to encapsulation. *International Journal of Pharmaceutics*, 483(1-2), 220–243.
- B. Hazra, R. Sarkar, S. Bhattacharyya, P. Roy (2002). Tumour inhibitory activity of chicory root extract against Ehrlich ascites carcinoma in mice. *Fitoterapia*, 73, pp. 730-733.
- Baba Aissa F. (1999). *Encyclopédie des plantes utiles, Flore d'Algérie et du Maghreb*. Rouiba: 235-236.
- Bais HP, Ravishankar GA. 2001. *Cichorium intybus* L. – Cultivation, processing, utility, value addition and biotechnology, with an emphasis on current status and future prospects. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 81, 467–484.
- Bakkali, F., Averbeck, S., Averbeck, D., & Idaomar, M. (2008). Biological effects of essential oils—a review. *Food and chemical toxicology*, 46(2), 446-475.
- Barkely, T.M., Brouillet, L., Strother, J.L. (2006). *Flora of North America Asteraceae* 19, 3-69.
- Barreda., Luis P., Maria CT., Eduardo B.O et al., (2015). Early evolution of the angiosperm clade Asteraceae in the Cretaceous of Antarctica. 112(35), 10989–10994.
- Bayala ., B Etude des propriétés anti-oxydantes, anti-inflammatoires, antiprolifératives et antimigratoires des huiles essentielles de quelques plantes médicinales du Burkina Faso sur des lignées cellulaires du cancer de la prostate et de glioblastomes, U.R.R. Sciences et Technologies, université Blaise Pascal (2014) p583.
- Ben sakhria, A. (2016). Méthodes séparatives : Toxicité des substances chimiques. *Analytical toxicology*, 1- 9.
- Benghanem Zoubir et Amara Fatah, (2012). En vue de l'obtention du diplôme d'étude supérieur Enbiologie moléculaire et cellulaire, Effet antidiabétique des plantes Médicinales, UNIVERSITE ABDERRAHMANE MIRA DE BEJAIA, p25.
- BENYAD.N. (2008). Évaluation de l'activité insecticide et antibactérienne des plantes aromatiques et médicinales Marocaines. Extraction de métabolites secondaires des champignons endophytiques isolés de plantes Marocaines et activité anticancéreuse, 36-49.
- Berini J.L., Brockman S.A., Hegeman A.D., Reich P.B., Muthukrishnan R., Montgomery R.A. and Forester J.D. (2018) Combinations of abiotic factors differentially alter production of plant secondary metabolites in five woody plant species in the boreal-temperate transition zone. *Front Plant Sci.* 9: 1257-1273. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01257>.
- Berlencourt Aude, (2008-2013). Huiles essentielles – Aromathérapie Historical review of medicinal plants' 10.4103/0973-7847.95849) .D.

- Biljana Bauer Petrovska, (January 2012) .(Historical review of medicinal plants' usage National Institutes of Health.
- Boudina, N., & Choya, B. (2019). Plantes médicinales et traitement anti cancer dans la région steppique du Hodna (m'sila)(Doctoral dissertation, Université Mohamed BOUDIAF de m'sila).
- Bouguerra, S., Chelbi, A., &Rezg, N. (2012). A decision model for adopting an extended warranty under different maintenance policies. *International Journal of Production Economics*, 135(2), 840-849.
- Bourgaud F., Gravot A., Milesi S., Gontier E, (2001). Production of plant secondary metabolites: a historical perspective. *Review Plant Science* 161: 839–851.
- Breitmaier E. Terpenes : Flavors, Fragrances, Pharmaca, Pheromones. Weinheim : Wiley (2006). 214p.
- Bremer B., Bremer K., Chase M.W., Fay M.F et al., (2009). An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. *Botanical Journal of the Linnean Society* 161 (2), 105-121.
- Bremer K. (1994). Asteraceae cladistics and classification. Portland, Oregon: Timber Press, Portland.
- Bruneton J, (1999). Pharmacognosie : phytochimie, plantes médicinales. Edition Technique et documentation Lavoisier, Paris, pp. 418-419.
- Bruneton J, (2009). Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales. 4ème editionParis: Tec & Doc Lavoisier. Bioflavonoides classification, pharmacological, biochemicaleffects and therapeuticpotential. *Indian journal of pharmacology*. 33: 2-16.
- Chaboussou AD, Chabauty A. (2013). Modes opératoires des extraits végétaux en viticulture biologique. *L'Agriculture Biologique en pays de la Loire*: 1-4.
- Chandra, K.; Jain, V.; Jabin, A.; Dwivedi, S.; Joshi, S.; Ahmad, S.; Jain, S.K. Effect of Cichorium Intybus Seeds Supplementation on the Markers of Glycemic Control, Oxidative Stress, Inflammation, and Lipid Profile in Type 2 Diabetes Mellitus: A Randomized, Double-Blind Placebo Study. *Phytother. Res.* **2020**, *34*, 1609–1618.
- Choi Moon-hee, Kim Myung-hyun , Han Young-sil (2022) Activités antioxydantes et enzymatiques régulatrices du glucose de l'extrait de chicorée rouge(cichoriumintybus L.)société coréenne d'ingénierie alimantaire.26,n°3(2022)pp.177-187
- Choudhary, S., Kaurav, H., & Chaudhary, G. (2021). Kasanibeej (Cichorium intybus): ayurvedic view, folk view, phytochemistry and modern therapeutic uses. *International Journal for Research in Applied Sciences andBiotechnology*, 8(2), 114-125.

- Christophe BERNARD ,(2019). CHICORÉE SAUVAGE (CICHORIUM INTYBUS) : DÉPURATIVE ET PRÉBIOTIQUES.
- Cowan M.M, (1999). Plant Products as Antimicrobial Agents. Clinical. Microbiologicalresearch .12(4):564- 582.
- Crozier A., Clifford M.N., Ashihara H, (2006). Plant Secondary Metabolites: Occurrence, Structure and Role in the Human Diet. Ed. Blackwell Publishing Ltd.
- D. Heimler, L. Isolani, P. Vignolini, A. Romani Polyphenol content and antiradical activity of Cichorium intybus L. from biodynamic and conventional farming Food Chemistry, 114 (3) (2009), pp. 765-770.
- D. Mares, C. Romagnoli, B. Tosi, E. Andreotti, G. Chillemi, F. Poli Chicory extracts from Cichorium intybus L. as potential antifungals Mycopathologia, 160 (2005), pp. 85-92.
- D.M. Kagkli, V. Corich, B. Bovo, A. Lante, A. Giacomini, (2016), Antiradical and antimicrobial properties of fermented red chicory (Cichorium intybus L.) by-products. Annals of Microbiology, 66 ,pp. 1377-1386.
- Dana Jeong ,Dong-Hyeon Kim ,Jung-Whan Chon ,Hyunsook Kim ,(2016)The Antimicrobial Activity of the Crude Extracts from Cichorium intybus L. (Chicory) against Bacillus cereus in Various Dairy Foods .Journal of Milk Science and Biotechnology 34(4):239-244.
- Delhami, M., Boussaid, A., Chafai, B., &Nebbache, S. (2022). Diversité et inventaire des plantes dans la région de djebel Sidi Rghis _ wilaya d'Oum El Bouaghi.
- Dellile L, (2007). Les plantes médicinales d'Algérie. E.A. Abdel-Rahim, M.M. Rashed, Z.M. El R.S. Mohamed Hawary, M.M. Abdelkader , S.S. Kassem. Anti-diabetic effect of Cichorium intybus leaves and Plantago ovate seeds in high fat diet-streptozotocin induced diabetic rats Journal of Food and Nutrition Research, 4 (5) (2016), pp. 276-281.
- E.A. Abdel-Rahim, M.M. Rashed, Z.M. El Hawary, M.M. Abdelkader, S.S. Kassem, R.S. Mohamed,(2016), Anti-diabetic effect of Cichorium intybus leaves and Plantago ovate seeds in high fat diet-streptozotocin induced diabetic rats .Journal of Food and Nutrition Research, 4 (5) , pp. 276-281.
- Eenink ,a.H, (1981). Compatibility and incompatibility in witloof-chicory (Cichorium intybus L.).2. The incompatibility system. Euphytico, 30, 77-85.
- El Hacı, I. A. (2015). Etude phytochimique et activités biologiques de quelques plantes médicinales endémiques du Sud de l'Algérie: Ammodaucus leucotrichus Coss. & Dur.,

- Anabasis aretioides Moq. & Coss. et Limoniastrum feei (Girard) Batt. Et Coss. Et Limoniastrum feei (Girard) Batt. Thèse Doct., Univ. Abou bek Belkaid, Tlemcen, 188p.
- Elisa, F. (2019). *Les asteraceae: description botanique, biologique et étude des plantes médicinales et toxiques* (Doctoral dissertation, Thèse de doctorat d'état en pharmacie, Université de Limoges, France 136p. consulté, le 06 octobre 2022 et disponible sur le site: <http://aurore.unilim.fr/ori-oai-search/notice/view/unilim-ori-107933>).
 - Epure, A.; Pârvu, A.E.; Vlase, L.; Benedec, D.; Hanganu, D.; Gheldiu, A.-M.; Toma, V.A.; Oniga, I. Phytochemical Profile, Antioxidant, Cardioprotective and Nephroprotective Activity of Romanian Chicory Extract. *Plants* 2021, 10, 64. [CrossRef]
 - Faiku F., Haziri A., Mehmeti I., Bajrami D., Haziri I, (2016). Evaluation of antibacterial activity of different solvent extracts of *Cichorium intybus* (L.) growing wild in east part of Kosovo. *Journal of Animal and Plant Sciences*. 26 (5):1486–1491.
 - Fetayah. H, (2015). Étude ethnobotanique des plantes médicinales à effets cardiovasculaires de la daïra de M'sila. Mémoire de master académique : Gestion d'environnement. Université de M'sila. 79 p. Etudes des plantes phytothérapeutiques des nomades en Algérie Steppique « M'sila, Djelfa » (Mémoire de Master Académique).
 - Fillatre Y, 2011, Produits phytosanitaires : Développement d'une méthode d'analyse multirésidus dans les huiles essentielles par couplage de la chromatographie liquide avec la spectrométrie de masse en mode tandem. Thèse de doctorat. Université d'Angers. France, 288p.
 - Fintelmann V et Weiss R.F, (2004). Manuel pratique de phytothérapie. Edition Vigot. Paris. P:204.
 - Floss H.G, (1997). Natural products derived from unusual variants of the shikimate pathway. *Natural product reports*. 14: 433-434.
 - Fouche JG ; Marquet A ; Hambuckers A, (2000). Les plantes médicinales, de la plante au médicament. Observatoire du monde des plantes Sart-Tilman.
 - G. Li, H. Gao, J. Huang, J. Lu, J. Gu, J. Wang Hepatoprotective effect of *Cichorium intybus* L., a traditional Uighur medicine, against carbon tetrachloride-induced hepatic fibrosis in rats *World Journal of Gastroenterology*, 20 (16) (2014), pp. 4753-4760.
 - GARNIER, G., BÉZANGER-BEAUQUESNE, L. and DEBRAUX, G, (1961) Ressources médicinales de la flore Française. Tome 2, Paris VIème, Vigot Frères, Editeurs.
 - Gautam N., Mantha A.K. and Mittal S. 2014. Essential oils and their constituents as anticancer agents: a mechanistic view. *BioMedResearch International*. 1-23.

- Girard G, 2010, Les propriétés des huiles essentielles dans les soins bucco-dentaires d'hier à aujourd'hui. Thèse de Doctorat. Université de Nancy I. France, 117p.
- Gonthier L, Bellec A, Blassiau C, Prat E et al., (2010). Construction and characterization of two BAC libraries representing a deep –coverage of the genome of chicory (*Cichorium intybus* L. Asteraceae). *BMC Resents*, 11; 3:225.
- González Mera, I. F., González Falconí, D. E., & MoreraCórdova, V. (2019). Secondary metabolites in plants: Main classes, phytochemical analysis and pharmacological activities. *Bionatura*, 4(4), 1000-1009.
- GRENEZ, E. P. (2019). Phytothérapie—Exemples de pathologies courantes à l'officine : Fatigue, Insomnie, Stress, Constipation, Rhume, Douleur et Inflammation. *Lille : Université de Lille département de pharmacie*.
- Grigonis, D., Venskutonis, P. R., Sivik, B., Sandahl, M., & Eskilsson, C. S. (2005). Comparison of different extraction techniques for isolation of antioxidants from sweet grass (*Hierochloë odorata*). *The Journal of Supercritical Fluids*, 33(3), 223–233.
- Guignard, J.L(Biochimie végétale), Masson, Paris, 2000, 166.
- H. Liu, Q. Wang, Y. Liu, G. Chen, J. Cui,(2013). Antimicrobial and antioxidant activities of *Cichorium intybus* root extract using orthogonal matrix design. *Journal of Food Science*, 78 (2) , pp. 258-263.
- H. Nishimura, A. Satoh. Antimicrobial and nematocidal substances from the root of chicory (*Cichorium intybus*). *Biological Control of Plant Pathogens and Diseases, Allelochemicals* (2006), pp. 177-180.
- H. Zhang, L. Dai, Y. Wu, X. Yu, Y.-Y. Zhang, R.-F. Guan, J. Zhao. Evaluation of hepatocyteprotective and anti-hepatitis B virus properties of cichoric acid from *Cichorium intybus* leaves in cell culture *Biological and Pharmaceutical Bulletin*, 37 (7) (2014), pp. 1214-1220.
- Hagerman A.E, (2002). Tannin Chemistry (www.users.muohio.edu/hagermae). Institute of Animal Nutrition, University of Hohenheim (Germany).
- Haghi, G.; Arshi, R.; Ghazian, F.; Hosseini, H. Chemical Composition of Essential Oil of Aerial Parts of *Cichorium Intybus* L. from Iran. *J. Essent. Oil Bear. Plants* 2012, 15, 213–216.
- Haji Akber Aisa , Xue-lei Xin , Dan Tang Key Laboratory of Plant Resources and Chemistry of Arid Zone, Xinjiang Technical Institute of Physics and Chemistry, Chinese Academy of Sciences, Urumqi 830011, China. (2020)

- Hammiche, V., Merad, R., & Azzouz, M. (2013). Phytothérapie traditionnelle en Algérie. In *Plantes toxiques à usage médicinal du pourtour méditerranéen* (pp. 18-20). Springer, Paris.
- Hamza, A (2019). Essai de caractérisation phytochimique des extraits de trois plantes médicinales d'Algérie (Doctoral dissertation, Université Mohamed BOUDIAF de M'Sila.
- Harjot kaur, I.Singh, N.Singh.(2016).Phytochemical,antioxidant and antibacterial potential of extracts of *Cichorium intybus* (Chicory). Corpus ID:212482096.
- Harkati B, (2011). Valorisation et identification structurale des principes actifs de la plante de la famille Asteraceae : *Scorzonera undulata*. Thèse doctorat : Chimie organique : Constantine : Université de Mentouri Constantine. Algérie.
- Hazra B., Sarkar R., Bhattacharyya S., Roy P, (2002). Tumour inhibitory activity of chicory root extract against Ehrlich ascites carcinoma in mice. *Fitoterapia*. 73(7–8):730–733.
- Hernandez-Ochoa L.R, (2005). Substitution de solvants et matières actives de synthèse par combiné «Solvant/Actif». D'origine végétale. Thèse de doctorat. Institut National Polytechniques de Toulouse. France.
- Hodgson A.T., Rudd A.F., Beal D. & Chandra A., 2000. Volatile organic compound concentrations and emission rates in new manufactured and site-built houses. *Indoor Air*, 10, 178-192.
- Hoffman L, (2003). Etude du métabolisme des phénylpropanoïdes ; analyse de l'interaction de la caféol-coenzyme A-3-O-méthyltransférase (CCoAOMT) avec son substrat et caractérisation fonctionnelle d'une nouvelle acyltransférase, l'Hydroxycinnamoyl-CoA : shikimate/quinate hydroxycinnamoylTrnsférase (HCT). Thèse de doctorat en Biologie moléculaire et cellulaire. Université Louis Pasteur-Strasbourg I. France.
- Hoffman L., Besseau S., Geoffroy P., Ritzenthaler C et al., (2004). Silencing of hydroxycinnamoyl coenzyme A shikimate/quinate hydroxycinnamoyl transferase affects phenylpropanoid biosynthesis. *Plant cell*. 6(6): 1446-1465.
- Hossein Gholamia , Mohammad Jamal Saharkhiza,b , Fatemeh Raouf Farda , Askar Ghanic , FatemehNadafa,(2018). L'acide humique et le lombricompost ont augmenté les composants bioactifs, l'activité antioxydante et le rendement en herbes de la chicorée (*Cichorium intybus* L.). Page d'accueil de la revue *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology* .286-292 p.
- In vitro antibacterial activity of *Cichorium intybus* against some pathogenic bacteria .*British Journal of Pharmaceutical Research*, 3 (4) , pp. 767-775.
- *International Journal for Parasitology : Drugs and Drug Resistance*, 5 (2015), pp. 191-200.

- Iris Makoto,(2022). La chicorée, une plante bienfaisante pour la santé.
- Iserin P., Masson M, Restellini J. P., Ybert E et al., (2001). Larousse des plantes médicinales : identification, préparation, soins. ed Larousse. p10-12.
- Ismaili, R., Lamiri, A., & Moustaid, K. (2016). Study of anti-eczema activity of essential oils of *Thymus vulgaris*, *Citrus limonum* and *Mentha spicata* from Morocco [Etude de l'activité anti-eczémateuse des huiles essentielles de *Thymus vulgaris*, *Citrus limonum* et *Mentha spicata* du Maroc]. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 14(1), 113.
- J. Azay-Milhau, K. Ferrare, J. Leroy, J. Aubaterre, M. Tournier, A. Lajoix, D. Tusch, (2013). Antihyperglycemic effect of a natural chicoric acid extract of chicory (*Cichorium intybus* L.): A comparative in vitro study with the effects of caffeic and ferulic acids. *Journal of Ethnopharmacology*, 150 (2), pp. 755-760.
- J. Petrovic, A. Stanojkovic, L. Comic, S. Curcic, (2004). Antibacterial activity of *Cichorium intybus*. *Fitoterapia*, 75, pp. 737-739.
- Jain, C., Khatana, S., & Vijayvergia, R. (2019). Bioactivity of secondary metabolites of various plants: a review. *Int. J. Pharm. Sci. Res*, 10(2), 494-504.
- Jancic, D.; Todorovic, V.; Sircelj, H.; Dodevska, M.; Beljaskas, B.; Znidarcic, D.; Sobajic, S. Biologically active compounds and antioxidant capacity of *cichorium intybus* L. leaves from Montenegro. *Ital. J. Food Sci.* 2017, 29.
- Janda, K., Gutowska, I., Geszke-Moritz, M., & Jakubczyk, K. (2021). The common chicory (*Cichorium intybus* L.) as a source of extracts with health-promoting properties—a review. *Molecules*, 26(6), 1814.
- Jangra, S.S.; Madan, V.K. Proximate, Mineral and Chemical Composition of Different Parts of Chicory (*Cichorium Intybus* L.). *J. Pharmacogn. Phytochem.* 2018, 7, 3311–3315.
- Jean-Denis J.B, (2005). Caractérisation de polyphénols stilbéniques et de dérivés induits ou constitutifs de la vigne impliqué dans sa défense contre l'agent pathogène du mildiou de la vigne, *Plasmopara viticola* (Berk and Curt). Thèse de doctorat en Biochimie. Université de Neuchâtel.
- Jean-Yves CHABRIER.(2010). PLANTES MÉDICINALES ET FORMES PLANTES MÉDICINALES ET FORMES D'UTILISATION EN PHYTOTHÉRAPIE. These de doctorat ,UNIVERSITÉ Henri Poincaré, NANCY 1 FACULTÉ DE PHARMACIE. 13 P.
- Jelena Perović, Vesna TumbasŠaponjac, Jovana Kojić, Jelena Krulj, Diego A. Moreno, Cristina García-Viguera^c, Marija Bodroža-

- Solarov , Nebojša Ilić, (2021). Chicory (*Cichorium intybus* L.) as a food ingredient – Nutritional composition, bioactivity, safety, and health claims: A review. *Food Chemistry*, volume 336.
- Judd W.S., Campbell C.S., Kellogg E.A., Steven P, (2002). *Botanique systématique : Une perspective phylogénétique*. 1ere Ed. Paris et Bruxelles. pp. 369-384.
 - Judzentiene, A.; Budiene, J. Volatile Constituents from Aerial Parts and Roots of *Cichorium Intybus* L. (Chicory) Grown in Lithuania. *Chemija* 2008, 19, 25–28.
 - Kaur H. P., Singh I., Singh N, (2016). Phytochemical, antioxidant and antibacterial potential of extracts of *Cichorium intybus* (chicory) *European Journal of Pharmaceutical and Medical Research*; .3(12):320–326.
 - Kerboub H. (2017). Valorisation de certaines plantes sauvages : *Thymelaeahirsuta* Endl. (Metnane) et *Haloxylon scoparium* Pomel. (Remt). Bio-activité et Caractérisation des Composés Phénoliques. Thèse de Magister. Université Mustapha Stambouli Mascara.
 - Khorshid Abbas, Shalini Saggu, Mohamed Saeran, Nahla Zidan, Hasibur Rehman, Abid A. ANSARI. (2015) Phytochemical, antioxidant and mineral composition of hydroalcoholic extracts of Chicory (*Cichorium intybus*).
 - Kiers A. M, (2000). Endive, chicory, and their wild relation .A systematic and phylogenetic study of *Cichorium* (Asteraceae). *Gorteria Suppl*, 5, 1-78.
 - KLEIN AH, CARSTENS ML, CARSTENS E. Eugenol and carvacrol induce temporally desensitizing patterns of oral irritation and enhance innocuous warmth and noxious heat sensation on the tongue, *Pain*. 2013; 154(10): 2078-2087.
 - Koch K, Anderson R, Rydberg I, Aman P. (1999). Influence of harvest date on inulin chain length distribution and sugar profile for six chicory (*Cichorium intybus* L.) cultivars. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 79:1503-6.
 - Kraft K, Hobbs C. 2004. *Pocket guide to herbal medicine*: Georg Thieme Verlag. Germany.
 - Lahlou M., 2004, *Methods of Study the Phytochemistry and Bioactivity of Essential oils*; *Phytotherapy Research* 18; Wiley & Sons; p: 435- 448.
 - Lehmann H. 2013. *Le médicament à base de plantes en Europe: statut, enregistrement contrôles*: Université de Strasbourg.
 - Liu, H.; Wang, Q.; Liu, Y.; Chen, G.; Cui, J. Antimicrobial and Antioxidant Activities of *Cichorium Intybus* Root Extract Using Orthogonal Matrix Design. *J. Food Sci*. 2013, 78, M258–M263.

- M. Riaz, N. Rasool, I.H. Bukhari, M. Shahid, M. Zubair, K. Rizwan and U. Rashid, *Molecules*, 17, 14275 (2012).
- M. Neha, P.K. Deepshikha, A. Vidhu, K. Amitesh, J. Vidushi, M. Alka, V. Ritu (2014), Determination of antioxidant and hepatoprotective ability of flavonoids of *Cichorium intybus* *International Journal of Toxicological and Pharmacological Research*, 6 (4) , pp. 107-112.
- M. Neha, P.K. Deepshikha, A. Vidhu, K. Amitesh, J. Vidushi, M. Alka, V. Ritu Determination of antioxidant and hepatoprotective ability of flavonoids of *Cichorium intybus* *International Journal of Toxicological and Pharmacological Research*, 6 (4) (2014), pp. 107-112.
- M. PeñaEspinoza, U. Boas, A.R. Williams, S.M. Thamsborg, H.T. Simonsen, H.L. Enemark, (2015). Sesquiterpene lactone containing extracts from two cultivars of forage chicory (*Cichorium intybus*) show distinctive chemical profiles and in vitro activity against *Ostertagia ostertagi* *International Journal for Parasitology : Drugs and Drug Resistance*, 5, pp. 191-200.
- M. Peña-Espinoza, A.R. Williams, S.M. Thamsborg, H.T. Simonsen, H.L. Enemark, (2017). Anthelmintic effects of forage chicory (*Cichorium intybus*) against free-living and parasitic stages of *Cooperia oncophora*. *Veterinary Parasitology*, 243, pp. 204-207.
- M. Peña-Espinoza, U. Boas, A.R. Williams, S.M. Thamsborg, H.T. Simonsen, H.L. Enemark
- Macheix J.J., Fleuriet A et Jay-Allemand C, (2005). Les composés phénoliques des végétaux : un exemple de métabolites secondaires d'importance économique. Ed Presses polytechnologiques et universitaires romandes. pp 4-5.
- Madi, A., & Belkhir, A. (2018). *Caractérisation phytochimique et évaluation des activités biologiques de Cleome arabica* (Doctoral dissertation, Université Frères Mentouri-Constantine 1).
- Mady Pirard , 2016, Medisite ("Phytothérapie"). Larousse. "Initiation à la phytothérapie, Guide pratique d'une herboriste" - Edilivre-Aparis 186 pages.
- Mahdi, T.A.; Hossein, A.F. Changes in Kaempferol Content of Chicory (*Cichorium Intybus* L.) under Water Deficit Stresses and Planting Densities. *J. Med. Plants Res.* 2014, 8, 30–35.
- Maitry Chaudhry, Priyanka Rajput, Alka Sharma and RA Sharma. (2019). Evaluation of Antimycotic potential and qualitative phytochemical analysis of seed, root and leaf extract of *Cichorium intybus* L. *JPP* 2019; 8(3): 38-42.

- Malik, B.; Pirzadah, T.B.; Tahir, I.; Abdin, M.Z.; Rehman, U.I.R. Phytochemical Studies on *Cichorium Intybus* L. (Chicory) from Kashmir Himalaya Using GC-MS. *J. Pharm. Res.* 2016, 1010, 715–726.
- Mezache N, (2010). Détermination structurale et évaluation biologique de substances naturelles de quelques espèces de la famille Asteraceae : *Seneciogiganteus* Desf. et *Chrysanthemum myconis* L. Thèse Doctorat: Phytochimie: Constantine : Université Mentouri Constantine. Algerie.
- Miara, M. D., Hammou, M. A., & Aoul, S. H. (2013). Phytothérapie et taxonomie des plantes médicinales spontanées dans la région de Tiaret (Algérie). *Phytothérapie*, 11(4), 206-218.
- Minaiyan M., Ghannadi A., Mahzouni P., Abed A, (2012). Preventive effect of *Cichorium intybus* L. two extracts on cerulein-induced acute pancreatitis in mice. *International Journal of Preventive Medicine*. 3(5):351–357.
- Mohammedi, S, 2013. Phytothérapie : la première médecine du monde, N°18, p 37.
- Mycopathologia, 160 , pp. 85-92.
- N. Fathalla, M. Bishr, A.N. Singab, O. Salama .Phytochemical and biological evaluation of *Cichorium intybus* L. seeds .*Journal of Pharmacy and Biological Sciences*, 10 (1) (2015), pp. 70-76.
- N. Mehmood, M. Zubair, K. Rızwani, N. Rasool, M. Shahid, V.U. Ahmad,(2012), Antioxidant, antimicrobial and phytochemical analysis of *Cichorium intybus* seeds extract and various organic fractions. *Iranian Journal of Pharmaceutical Research*, 11 (4) , pp. 1145-1151.
- NasimiDoostAzgomi, R., Karimi, A., Tutunchi, H., & MoiniJazani, A. (2021). A comprehensive mechanistic and therapeutic insight into the effect of chicory (*Cichorium intybus*) supplementation in diabetes mellitus: A systematic review of literature. *International Journal of Clinical Practice*, 75(12), e14945.
- N. Mehmood, M. Zubair, K. Rızwani, N. Rasool, M. Shahid, V.U. Ahmad .Antioxidant, antimicrobial and phytochemical analysis of *Cichorium intybus* seeds extract and various organic fractions *Iranian Journal of Pharmaceutical Research*, 11 (4) (2012), pp. 1145-1151.
- N. Mehmood, M. Zubair, K. Rızwani, N. Rasool, M. Shahid, V.U. Ahmad Antioxidant, antimicrobial and phytochemical analysis of *Cichorium intybus* seeds extract and various organic fractions *Iranian Journal of Pharmaceutical Research*, 11 (4) (2012), pp. 1145-1151.

- Narayana K.R., Reddy M.S., Chaluvadi M.R and Krishna D.R, (2001). Bioflavonoides classification, pharmacological, biochemical effects and therapeutic potential. *Indian journal of pharmacology*. 33: 2-16.
- Nasir Mehmood, Muhammad Zubair, Komal Rizwan, Nasir Rasool, Muhammad Shahid, Viqar Uddin Ahmad, (2012). Antioxidant, Antimicrobial and Phytochemical Analysis of *Cichorium intybus* Seeds Extract and Various Organic Fractions. *Autumn*; 11(4): 1145–115.
- Nishimura M., Ohkawara T., Kanayama T., Kitagawa K., Nishimura H et al., (2015). Effects of the extract from roasted chicory (*Cichorium intybus* L.) root containing inulin-type fructans on blood glucose, lipid metabolism, and fecal properties. *Journal of Traditional and Complementary Medicine*. 5(3):161–167.
- Nwafor, I.C.; Shale, K.; Achilonu, M.C. Chemical Composition and Nutritive Benefits of Chicory (*Cichorium Intybus*) as an Ideal Complementary and/or Alternative Livestock Feed Supplement. Available online: <https://www.hindawi.com/journals/tswj/2017/7343928/> (accessed on 10 July 2020).
- Onyekere, P. F., Peculiar-Onyekere, C. O., Udodeme, H. O., Nnamani, D. O., & Ezugwu, C. O. (2018). Biological roles of phytochemicals. In *Phytochemistry* (pp. 119-152). Apple Academic Press.
- Oreopoulou, A., Tsimogiannis, D., & Oreopoulou, V. (2019). Extraction of polyphenols from aromatic and medicinal plants: an overview of the methods and the effect of extraction parameters. *Polyphenols in plants*, 243-259.
- P. Rubiolo, B. Sgorbini, E. Liberto, C. Cordero, C. Bicchi, (2010). Essential oils and volatiles: sample preparation and analysis. A review. *Journal Citation Reports (Clarivate, 2022)*: 37/73 (Chemistry, Applied)100/144 (Food Science & Technology).
- P.N. Pushparaj, H.K. Low, J. Manikandan, B.K.H. Tan, C.H. Tan, (2007), Anti-diabetic effects of *Cichorium intybus* in streptozotocin-induced diabetic rats. *Journal of Ethnopharmacology*, 111, pp. 430-434.
- Pamo, E. T., Zollo, P. H. A., Tendonkeng, F., Kana, J. R., Fongang, M. D., & Tapondjou, L. A. (2004). Composition chimique et effet acaricide des huiles essentielles des feuilles de *Chromolaena odorata* (L) King and Robins d'*Eucalyptus saligna* Smith sur les tiques (*Rhinicephalus lunulatus* Neumann) de la chèvre naine de Guinée dans l'ouest Cameroun. *Livestock Research for Rural Development* 16(9), 312- 316.
- Perović, J., Šaponjac, V. T., Kojić, J., Krulj, J., Moreno, D. A., García-Viguera, C., ... & Ilić, N. (2021). Chicory (*Cichorium intybus* L.) as a food ingredient–Nutritional composition, bioactivity, safety, and health claims: A review. *Food chemistry*, 336, 127676.

- Perry M. 2013. Herboristerie : Enquête sur les principales demandes a l'officine faculté de pharmacie. Thèse de doctorat. Université de Lorraine, France.
- Pierron C (2014). Les huiles essentiels et leurs extrémenations dans les services hospitaliers de france:exemplesd'applications en dériatrie-gérontologie etsoins palliatives. Thèses de doctocats en pharmacie, Université de lorraine, 19-30.
- Qadir, I., Bazaz, M. R., Dar, R. M., Ovais, S., Mir, S. R., Zargar, M. I., & Rehman, M. U. (2022). Cichorium Intybus: A Comprehensive Review on Its Pharmacological Activity and Phytochemistry. *Edible Plants in Health and Diseases: Volume II: Phytochemical and Pharmacological Properties*, 373-398.
- R. Mehrandish, A.A. Mellati, A. Rahimipour, N.D. Nayeri,(2017). Anti-cancer activity of methanol extracts of Cichorium intybus on human breast cancer SKBR3 cell line. *Razavi International Journal of Medicine*, 5 (1), pp. 1-4.
- R. Verma, A. Rawat, S.A. Ganie, R.K. Agnihotri, R. Sharma, S. Mahajan, A. Gupta .In vitro antibacterial activity of Cichorium intybus against some pathogenic bacteria *British Journal of Pharmaceutical Research*, 3 (4) (2013), pp. 767-775.
- Rabau, T., Detry, J.F., Bockholtz, C, (1987). Généralités. In: Institut pour l'Encouragement de la Recherche Scientifique dans l'Industrie et l'Agriculture (IRSIA) (1987). Mécanismes de la reproduction de la chicorée de Bruxelles : fondements et applications à la sélection.
- Ramakrishna A. and Ravishankar G.A. (2011) Influences of abiotic stress signals on secondary metabolites in plants. *Plant Signal Behav.* 6: 1720–1731.
<https://doi.org/10.4161/psb.6.11.17613>.
- Rashed, K. (2020). Cichorium intybus: PHYTOCHEMICAL AND BIOLOGICAL REVIEW. *INTERNATIONAL JOURNAL OF INNOVATIVE PHARMACEUTICAL SCIENCES AND RESEARCH*, 8(3), 1-7.
- Raven, H., Evert, R.F., Eichhon, S.E, (2000). Biologie végétale. 6ème. traduit par Jules Bouharmont avec la collaboration scientifique de Charles-Marie Evrard. De Boeck UniversitéParis. pp.944.
- Rezagholizadeh, L.; Pourfarjam, Y.; Nowrouzi, A.; Nakhjavani, M.; Meysamie, A.; Ziamajidi, N.; Nowrouzi, P.S. Effect of Cichorium Intybus L. on the Expression of Hepatic NF-KB and IKK β and Serum TNF- α in STZ- and STZ+ Niacinamide-Induced Diabetes in Rats. *Diabetol. Metab. Syndr.* 2016, 8, 11. [CrossRef] [PubMed]
- Ripoll, C., Schmidt, B. M., Ilic, N., &Raskin, I. (2007a). In vitro and in vivo anti-inflammatory effects of a sesquiterpene lactone extract from chicory (Cichorium intybus L.). United States Patent, Patent No. US 7,226,623 B2, 1-9.

- S.J. Hosseini-mehr, V. Ghaffari-Rad, M. Rostamnezhad, A. Ghasemi, T.A. Pourfallah, S. Shahani Radioprotective effect of chicory seeds against genotoxicity induced by ionizing radiation in human normal lymphocytes Cellular & Molecular Biology, 61 (4) (2015), pp. 46-50.
- Saeed, M.; Abd El-Hack, M.E.; Alagawany, M.; Arain, M.A.; Arif, M.; Mirza, M.A.; Naveed, M.; Chao, S.; Sarwar, M.; Sayab, M. Chicory (*Cichorium Intybus*) Herb: Chemical Composition, Pharmacology, Nutritional and Healthical Applications. Int. J. Pharmacol. 2017, 13, 351–360.
- Sainvitu P., Nott K., Richard G., Blecker C., Jérôme C., Wathelet J.P., Paquot M and Deleu M, (2012). Structure, properties and obtention routes of flaxseed lignin secoisolariciresinol. Biotechnology Agronomy Society and Environment review. 16 (1): 115- 124.
- Salthammer T., Schwarz A. & Fuhrmann F., 1999. Emission of reactive compounds and secondary products from wood-based furniture coatings. Atmos. Environ., 33, 75-
- Sarni-Manchado P et Cheynier V, (2006). Les polyphénols en agroalimentaire. Ed Lavoisier. pp 2-10.
- , Rukhsana A. Rub, S.Sasikumar.(2016).Antimicrobial screening of *Cichorium intybus* seed extracts . Pages S1569-S1573.
- Shawky, E.; Nada, A.A.; Ibrahim, S.R. Potential Role of Medicinal Plants and Their Constituents in the Mitigation of SARS-CoV-2:Identifying Related Therapeutic Targets Using Network Pharmacology and Molecular Docking Analyses. RSC Adv. 2020, 10,27961–27983.
- Sophia Jorite. La phytothérapie, une discipline entre passé et futur : de l’herboristerie aux pharmaciesdédiées au naturel. Sciences pharmaceutiques. 2015. ffdumas-01188820ff.
- Street R.A, Sidana J et Prinsloo G, (2013). *Cichorium intybus*: traditional uses,phytochemistry , pharmacology ,and toxicology. Evidence-BasedComplementary and Alternative Medicine, 1-13.
- Subsamanian S., Stacey G et Yu O, (2007). Distinct crucial roles of flavonoids during legume nodulation. Trends in plant science. 12 (7): 282-283.
- Szöke, É., Kéry, Á., &Lemberkovics, É. (Eds.). (2022). *From Herbs to Healing: Pharmacognosy, Phytochemistry, Phytotherapy, Biotechnology*. Springer.
- T. Shaikh, R.A. Rub, S. Sasikumar,(2016), Antimicrobial screening of *Cichorium intybus* seed extracts. Arabian Journal of Chemistry, 9, pp. S1569-S1573.

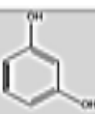
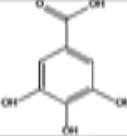
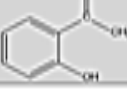
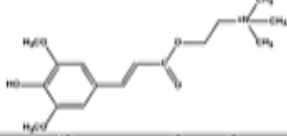
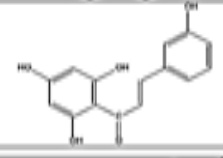
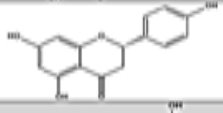
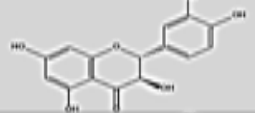
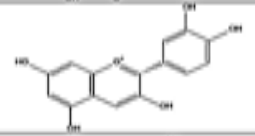
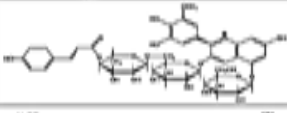
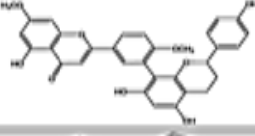
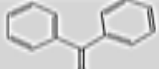
- T.A. Bischoff, C.J. Kelley, Y. Karchesy, M. Laurantos, P. Nguyen-Dinh, A.G. Arefi,(2004). Antimalarial activity of lactucin and lactucopicrin: Sesquiterpene lactones isolated from *Cichorium intybus* L. *Journal of Ethnopharmacology*, 95, pp. 455-457.
- T.A. Bischoff, C.J. Kelley, Y. Karchesy, M. Laurantos, P. Nguyen-Dinh, A.G. Arefi Antimalarial activity of lactucin and lactucopicrin: Sesquiterpene lactones isolated from *Cichorium intybus* L *Journal of Ethnopharmacology*, 95 (2004), pp. 455-457.
- Thormar H. *Lipids and essential oils as antimicrobial agents*. Wiley (2011). 315p.
- Thota, S.M.; Balan, V.; Sivaramakrishnan, V. Natural Products as Home-Based Prophylactic and Symptom Management Agents in the Setting of COVID-19. *Phytother. Res.* 2020, 34, 3148–3167.
- Viuda-Martos M., Mohamady M., et al.(2011)"In vitro antioxidant and antibacterial activities of essential oils obtained from Egyptian aromatic plants." *Food Control* 22(11): 1715-1722.
- W.G. Hozayen, M.A. El-Desouky, H.A. Soliman, R.R. Ahmed, A.K. Khaliefa,(2016) Antiosteoporotic effect of *Petroselinum crispum*, *Ocimum basilicum* and *Cichorium intybus* L. in glucocorticoid-induced osteoporosis in rats. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 16 (165), pp. 1-11.
- WenYing, G.; Li, J.-G. Chicory Seeds: A Potential Source of Nutrition for Food and Feed. Available online: (accessed on 11 February 2021).
- W-Erdman J., Balentine J.D., Arab L., Beecher G., et al., (2007). Flavonoids and health: proceeding of the ILSI North America flavonoids workshop. *Journal of Nutrition*. 137: 718-737.
- Winkel-Shirley B, (2001). Flavonoid biosynthesis. A colorful model for genetics biochemistry, cell biology and biotechnology. *Plant physiology*. 126: 285-493.
- Woolsey, I.D.; Valente, A.H.; Williams, A.R.; Thamsborg, S.M.; Simonsen, H.T.; Enemark, H.L. Anti-Protozoal Activity of Extracts from Chicory (*Cichorium Intybus*) against *Cryptosporidium Parvum* in Cell Culture. *Sci. Rep.* 2019, 9, 20414.
- Z. Derakhshani, A. Hassani, A. Pirzad, R. Abdollahi, M. Dalkani,(2012). Evaluation of phenolic content and antioxidant capacity in some medicinal herbs cultivated in Iran. *BotanicaSerbica*, 36 (2) , pp. 117-122.
- ZaibetWafaa, (2016). pour l'obtention du Diplôme de Doctorat en sciences, Génie des procédés pharmaceutiques, Composition chimique et activité biologique des huiles essentielles de *Daucus aureus* (Desf) et de *Reuter alutea* (Desf.) Maire, et leur application

comme agents antimicrobiens dans le polyéthylène basse densité (PEBD), UNIVERSITE FERHAT ABBAS-SETIF-1 UFAS (ALGERIE), p3.

- Zenk M.H et Juenger M, (2007). Evolution and current status of the phytochemistry of nitrogenous compounds. *Phytochemistry Review*, 68, 2757 – 2772.
- Zhang, H.-L.; Dai, L.-H.; Wu, Y.-H.; Yu, X.-P.; Zhang, Y.-Y.; Guan, R.-F.; Liu, T.; Zhao, J. Evaluation of Hepatocyte protective and Anti-Hepatitis B Virus Properties of Cichoric Acid from *Cichorium Intybus* Leaves in Cell Culture. *Biol. Pharm. Bull.* 2014, 37, 1214–1220 .

Annexe 01

Les principales classes des composés phénoliques (González et al., 2019)

Skeleton structure	Class	Characteristics	Examples	Structure
C6	Simple phenolics	Substituted phenols	Resorcinol	
C6 - C1	Phenolic acids and related compounds	A carboxyl group substituted on a phenol	Gallic acid	
C6 - C2	Acetophenones and phenylacetic acids	Are rarely found in nature	2-hydroxyacetophenone	
C6 - C3	Cinnamic acids, cinnamyl aldehydes, cinnamyl alcohols	Are commonly found in plants as esters of quinic acid, shikimic acid, and tartaric acid or as sugar esters	Sinapoyl choline	
C6 - C3	Coumarins, isocoumarins, and chromones	They possess an oxygen heterocycle as part of the C3-unit	Umbelliferone	
C6-C3-C6 (C15) Flavonoids	Chalcones, aurones, dihydrochalcones	Two benzene rings are linked together by a group of three carbons	Butein	
	Flavones	Contains a ketone group, and an unsaturated C-C bond	Kaempferol	
	Flavanones	Contains a ketone group	Naringenin	
	Flavanonols	Occur in association with tannins	Taxifolin	
	Anthocyanidins	The heterocycle is a pyrilium cation	Cyanidin	
	Anthocyanins	Are water-soluble glycosides of anthocyanidins	Pentanin	
C30	Biflavonyls	Are dimers of flavones or methylated derivatives	Ginkgetin	
C6-C1-C6	Benzophenones	Are aromatic ketones	Benzophenone	
	Xanthenes	Are yellow pigments in flowers	Xanthone	