

N° d'Ordre :

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



UNIVERSITÉ DJILLALI LIABES DE SIDI BEL ABBES

FACULTÉ DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE
DÉPARTEMENT DES SCIENCES DE L'ENVIRONNEMENT

Mémoire

De fin d'études pour l'obtention du diplôme de **Master**

Domaine : Sciences de la nature et de la vie (S.N.V.)

Filière : Ecologie et environnement

Spécialité : Ecologie végétale et environnement

Intitulé du thème :

**Contribution à l'étude phytochimique de
l'espèce *Inula viscosa* de la région de sidi
bel abbés**

Présenté par : **Melle** LAOUSSA khadidja

Mémoire soutenu devant l'honorable jury composé de :

Président de jury : M KERFOUF Ahmed (Professeur /UDL/SBA)

Examineur : **Melle** BENNABI Faiza (M.C.A/ UDL/SBA)

Promoteur: **Mme** BENCHOHRA H. Amel (M.C.A/ UDL/SBA)

Année universitaire 2019 - 2020

Session : « Septembre »

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Remerciements

*A l'issue de ce modeste travail, je tiens à remercier tout d'abord **ALLAH** le tout puissant, de m'avoir procuré patience, volonté et pour son aide miséricordieux durant toute ma vie et mes études.*

*Je remercie le professeur et responsable de spécialité Monsieur **Kerfouf Ahmed** d'avoir présidé le jury de notre soutenance.*

*Je tiens à remercier Madame **BENCHOHRA Amel** de m'avoir fait confiance, m'encouragé et conseillé tout au long de la réalisation de ce travail.*

*Mes remerciements vont également à Mme **BENNABI Faizad** d'avoir accepté d'examiner ce mémoire.*

J'adresse mes remerciements à tous ceux et celles qui m'ont aidé de près ou de loin pour achever notre travail

Dédicaces

Avec un énorme plaisir, un cœur ouvert et une immense joie, que je dédie ce modeste travail à :

*A l'homme de ma vie, mon exemple éternel, **mon père** {رحمه الله}*

*A la lumière de mes jours, la source de mes efforts, la flamme de mon cœur, ma vie et mon bonheur ; **maman** que j'adore.*

A tout mes frères et mes sœurs

A mon mon fiancée :Houcine et tout sa familles

*A tous mes amis pour leurs appuis et leurs encouragements : **Malika,***

Asmaa ,Manel,Asmaa,Halima, Hadjer ,Wiam,Nadjia,Nadia

A les petites enfants : ,Houssam,Alaa, Amani ,Asmaa,loulo ,Rahim .

Tous mes collègues de la promotion Ecologie végétale et environnement 2020-2021 .

Tous ceux qui ont croisé mon chemin et qui ont participé de prêt ou de loin à la réalisation de ce travail.

Liste des tableaux

Tableau n° 01 :	Les principales classes de composés phénoliques.....	16
Tableau n° 02 :	Résultats de caractérisation des différents groupes chimiques dans les feuilles et les rameaux <i>d'Inula viscosa</i>	32

Liste des figures

Figure n° 1 :	<i>Inula viscosa</i> ; illustration de la Flore de Coste montrant l'aspect des feuilles glanduleuses et les capitules.....	10
Figure n° 2 :	Capitules d' <i>Inula viscosa</i> , en fleurs et en fruits.....	11
Figure n° 3 :	Une population dense d'Inule visqueuse.....	12
Figure n° 4 :	Les principales classes de flavonoïdes et leur structure chimique.....	17
Figure n° 5 :	Structure de base des tanins condensés.....	19
Figure n° 6 :	Structure de base des Phénols totaux.....	
Figure n° 7 :	Principales espèces réactive de l'oxygéné et enzymes antioxydants (Ichai et al, 2011).....	22
Figure n° 8 :	Situation géographique de la wilaya de Sidi Bel Abbes dans l'ouest algérien.....	23
Figure n° 9 :	Zone de prélèvement d'échantillon.....	24
Figure n° 10 :	Filtration après macération des solvants.....	25
Figure n° 11 :	Test de screening des terpénoïdes.....	26
Figure n° 12 :	Test de screening des Tanins.....	26
Figure n° 13 :	Test de screening des Phénols.....	27
Figure n° 14 :	Test de screening des Flavonoïdes.....	27
Figure n° 15 :	Le rendement d'extraction en pourcentage des feuilles et des rameaux d' <i>Inula viscosa</i>	31
Figure n° 16 :	Courbe d'étalonnage des polyphénols.....	34
Figure n° 17 :	Concentrations des polyphénols dans les feuilles et les rameaux d' <i>Inula viscosa</i> en mg GAE /g.....	34
Figure n° 18 :	Courbe d'étalonnage des flavonoïdes.....	36
Figure n° 19 :	Concentrations des flavonoïdes dans les feuilles et les rameaux d' <i>Inula viscosa</i> en mg EC /g.....	36
Figure n° 20 :	Courbe d'étalonnage des tanins condensés.....	37
Figure n° 21 :	Concentrations des tanins condensés dans les feuilles et les rameaux d' <i>Inula viscosa</i> en mg EC /g.....	38
Figure n° 22 :	Concentrations inhibitrices de 50% des radicaux libres du DPPH dans les extraits des feuilles et des rameaux d' <i>Inula viscosa</i> en mg/ml.....	39

Table des matières

-Table des matières

Remerciement	
Dédicace	
Résumé	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Introduction générale	01
Chapitre 1	
Les plantes médicinales	
1.1. Définition.....	03
1.2. Historique.....	03
1.3. Les plantes médicinales et leurs utilisations.....	04
1.4. Domaines d'application des plantes médicinales.....	05
1.5. Efficacités des plantes médicinales.....	06
1.6. Les principes actifs des plantes.....	06
1.7. Différents groupes des principes actifs.....	07
1.7.1. Polyphénols.....	07
1.7.2. Acides phénoliques.....	07
1.7.3. Flavonoïdes.....	07
1.7.4. Tanins.....	08
1.7.5. Lignines.....	08
1.7.6. Alcaloïdes.....	08
1.7.7. Terpènes et stéroïdes.....	09
1.7.8. Saponosides.....	09
1.7.9. Huiles essentielles.....	09
Chapitre 2	
Généralités sur l'espèce <i>Inulaviscosa</i>	
2.1. Présentation de l'espèce.....	10
2.2. Classification botanique.....	10
2.3. Port et cycle de vie.....	10
2.4. Appareil végétatif.....	10
2.5. Fleurs.....	11

2.6. Floraison.....	11
2.7. Milieu.....	12
2.8. Propriétés et usage de la plante.....	12
2.8.1. Aspects phytochimiques.....	12
2.8.2. Aspect phytothérapeutique.....	13
2.8.3. Aspect pharmacologique.....	13
2.8.4. Utilisation en lutte biologique.....	14

Chapitre 3

Les métabolites secondaires

3.1. Flavonoïde.....	15
3.1.1. Structure chimique.....	16
3.1.2. Distribution.....	18
3.2. Les tanins.....	18
3.2.1. Structure chimique.....	18
3.2.2. Distribution.....	19
3.3. Les phénols totaux.....	19
3.3.1. Structure chimique.....	20
3.3.2. Distribution.....	20
4. Activité antioxydantes.....	20
5. les radicaux libres.....	20
6. Stress oxydatif.....	21
7. les antioxydants.....	21

Chapitre 4

Matériels et Méthodes

4.1. Présentation de la zone d'étude.....	23
4.2. Méthodologie arrêtée.....	24
- la récolte d' <i>Inulaviscosa</i>	24
-Macération.....	25
4.3. Screening phytochimique.....	25
4.3.1. Test des terpénoïdes.....	25
4.3.2. Test des tanins.....	26
4.3.3. Test des phénols.....	27
4.3.4. Test des flavonoïdes.....	27

4.4.Méthode d'extraction des phénols totaux	28
4.4.1.Dosage des composés phénoliques.....	28
4.4.1.a.Dosage des phénols totaux..	28
-Mise en œuvre pratique.....	28
4.4.1.b.Dosage des flavonoïdes	28
-Mise en œuvre pratique.....	29
4.4.1.c.Dosage des tanins.....	29
-Mise en œuvre pratique.....	29
4.5.. Activité anti-oxydante	30

Chapitre 5

Résultats et discussions

5.1. Le rendement d'extraction par solvant.....	31
5.2. Screening phytochimique.....	32
5.3. Résultats du dosage des composés phénoliques dans les feuilles et les rameaux d' <i>Inulaviscosa</i>	33
5.3.1. Les phénols totaux.....	33
5.3.2. Les flavonoïdes.....	35
5.3.3. Les tanins condensés.....	37
5.4. La détermination du pouvoir antioxydant.....	38
Conclusion.....	41
Bibliographie.....	42

Résumé

Les plantes médicinales restent toujours la source fiable des principes actifs connus par leurs propriétés thérapeutiques. Une étude des propriétés des composées phénoliques et antioxydants a concerné de notre espèce étudiée *Inula viscosa*, qui appartient à la famille des astéracées très fréquemment employée en Algérie.

Le dosage des polyphénols totaux a été réalisé par le réactif de Folin-Ciocalteu,

La quantification des flavonoïdes par le procédé de trichlorure d'aluminium et hydroxyde de sodium, et celle des tanins condensés par la méthode à la vanilline. La teneur des extraits des feuilles en phénols totaux (**31.46 mg AGE/g**) est supérieure à celle des rameaux (**30.28 mg GAE/g**). La quantité des flavonoïdes est légèrement élevée dans les feuilles (**133.93 mg EC/g**) que celle des les rameaux (**37.12 mg EC/g**).

L'activité antioxydant a été évaluée en utilisant la méthode de réduction du radical libre DPPH. Les extraits préparés ont un pouvoir antiradicalaire très important puisque ils ont enregistré des valeurs IC50 très remarquables de **0,44 mg/l à 0,46 mg/l**

Mots clés : *Inula viscosa*, Dosage, Extraits polyphénols; activité antioxydant.

Abstract

Medicinal plants are still the reliable source of active ingredients known for their therapeutic properties. A study of the properties of phenolic compounds and antioxidants concerned our study species *Inula viscosa*, which belong to the asteraceae family very frequently used in Algeria.

The determination of the total polyphenols was carried out using the Folin-Ciocalteu reagent,

Quantification of flavonoids by the aluminum trichloride and sodium hydroxide method, and of condensed tannins by the vanillin method. The content of the extracts from the leaves in total phenols (31.46 mg AGE / g) is greater than that of the twigs (30.28 mg GAE / g). The quantity of flavonoids is slightly higher in the leaves (133.93 mg EC / g) than that of the twigs (37.12 mg EC / g).

Antioxidant activity was assessed using the DPPH free radical reduction method. The extracts prepared have a very important anti-free radical power since they recorded very remarkable IC50 values of 0.44 mg / l to 0.46 mg / l

Keywords: *Inula viscosa*, Dosage, Polyphenol extracts; antioxidant activity.

ملخص

لا تزال النباتات الطبية هي المصدر الموثوق به للمكونات النشطة المعروفة بخصائصها العلاجية. تتعلق دراسة خصائص المركبات الفينولية ومضادات الأكسدة بأنواع الدراسة التي أجريتها *Inula viscosa* ، والتي تنتمي إلى عائلة *asteraceae* المستخدمة بكثرة في الجزائر.

تم إجراء تحديد إجمالي البوليفينول بواسطة كاشف **Folin-Ciocalteu** ،

القياس الكمي للفلافونيدات بطريقة ثلاثي كلوريد الألومنيوم وهيدروكسيد الصوديوم ، وتلك الخاصة بالعصم المكتف بطريقة الفانيلين. محتوى مستخلصات الأوراق من الفينولات الكلية (31.46 مجم / AGE جم) أكبر من تلك الموجودة في الأغصان (30.28 مجم / GAE جم). تكون كمية الفلافونويد أعلى قليلاً في الأوراق (133.93 مجم / EC جم) من تلك الموجودة في الأغصان (37.12 مجم / EC جم).

تم تقييم نشاط مضادات الأكسدة باستخدام طريقة تقليل الجذور الحرة DPPH. تحتوي المستخلصات المحضرة على قوة مهمة جدًا في مكافحة الجذور الحرة لأنها سجلت قيم IC_{50} ملحوظة للغاية من 0.44 مجم / لتر إلى 0.46 مجم / لتر

الكلمات الرئيسية *Inula viscosa* : الجرعة ، مستخلصات البوليفينول ؛ النشاط المضاد للأكسدة.

malkhas

Introduction générale

Introduction

Depuis des milliers d'années, l'humanité a toujours utilisé diverses plantes trouvées dans son environnement, afin de traiter et soigner toutes sortes de maladies, ces plantes représentent un réservoir immense de composés potentiels, attribués aux métabolites secondaires qui ont l'avantage d'être d'une grande diversité de structure chimique et ils possèdent un très large éventail d'activités biologiques

Aujourd'hui encore une majorité de la population mondiale, plus particulièrement dans les pays en voie de développement, se soigne uniquement avec des remèdes traditionnels à base de plantes. De l'aspirine au taxol, l'industrie pharmaceutique moderne elle-même s'appuie encore largement sur la diversité des métabolites secondaires végétaux pour trouver de nouvelles molécules aux propriétés biologique inédites (**Hostettmann et al., 1998**).

Dans ce but, l'investigation des plantes représente un potentiel inestimable pour la découverte de nouvelles substances ou de nouveaux "lead compounds", si l'on considère que chacune de ces plantes peut contenir des centaines, voire des milliers de métabolites secondaires (**Hostettmann et Marston, 2002**).

Cette source semble inépuisable puisque seule une petite partie des 400.000 espèces végétales connues ont été étudiées sur les plans phytochimique et pharmacologique (**Hostettmann et al., 1998**).

On a longtemps employé des remèdes traditionnels à base de plantes sans savoir à quoi étaient dues leurs actions bénéfiques, il est difficile de définir les molécules responsables de l'action pharmacologique (**Bahorun, 1997**).

En Algérie, pays avec plus de 3000 espèces dont 15% endémiques (**Bahorun, 1997**), auxquelles la population a recours à la médecine traditionnelle, on commence à entreprendre des systématiques portant sur des plantes médicinales issues de sa flore.

Les objectifs fixés sont l'inventaire ainsi que l'évaluation chimique et pharmacologique des plantes médicinales algériennes, dans le double but de valoriser et de rationaliser leurs usages traditionnels et d'isoler des composés d'intérêt thérapeutique potentiel.

Notre travail est une contribution à une meilleure connaissance d'*Inulaviscosa (L)* de la région de Sidi Bel Abbes et de découvrir certains constituants chimiques et les composés phénoliques totaux, les flavonoïdes et l'étude de l'activité antioxydante des certains extraits.

Dans la première partie, nous aborderons les différentes connaissances bibliographiques sur les plantes médicinales et la phytothérapie, généralités sur l'espèce

étudiée, leurs usages et utilisations, ainsi que sur le dosage des composés phénoliques testés sur les extraits de la plante.

En deuxième partie qui est expérimentale, nous développerons dans un chapitre le matériel et les méthodes analytiques utilisées pour l'extraction, le dosage des composés phénoliques, et aussi l'extraction a reflux, ainsi que l'activité anti-oxydante. L'autre chapitre sera consacré aux résultats obtenus dans notre étude.

Chapitre1

Les plantes médicinales

Chapitre 1

Les plantes médicinales

Les plantes médicinales sont utilisées depuis l'antiquité, pour soulager et guérir les maladies humaines. En fait, leurs propriétés thérapeutiques sont dues à la présence de certaines, voire des milliers de composés naturels bioactifs appelés: les métabolites secondaires. Ces derniers sont par la suite accumulés dans différents organes et parfois dans des cellules spécialisées de la plante.

Actuellement, le développement de la résistance microbienne aux antibiotiques et la toxicité des antioxydants synthétiques ont conduit les chercheurs à puiser dans le monde végétal et particulièrement les plantes médicinales et culinaires en quête de molécules naturelles efficaces et dénuées de tout effet adverse(**Boudjouref,2011**).

De nombreuses études ont mis en évidence la présence de métabolites secondaires doués d'activités biologiques tels que les polyphénols, alcaloïdes, terpènes...etc.

L'Algérie possède une flore végétale riche et diversifiée. Parmi les plantes médicinales qui constituent le couvert végétal, se trouve le genre *Inula*, ce dernier est largement distribué surtout dans les régions semi arides. De nombreuses espèces de ce genre sont utilisées en médecine traditionnelle parce qu'elles renferment plusieurs molécules douées d'activités thérapeutiques, parmi les espèces les plus connues se trouve *Inulaviscosa* (**Boudjouref ,2011**).

1.1. Définition

Les plantes médicinales sont des plantes dont un des organes (feuille, écorce) possède des vertus curatives et parfois toxiques selon son dosage. Les plantes médicinales sont les plantes utilisées en phytothérapie pour leurs principes actifs, elles peuvent être vendues en herboristerie, en pharmacie, avec ou sans prescription selon la réglementation du pays(**Benyahia, 2014**).

1.2. Historique

Des plantes médicinales ont été employées pendant des siècles comme remèdes pour les maladies humaines parce qu'elles contiennent des composants de valeur thérapeutique.

Depuis toujours les plantes ont constitué la source majeure de médicaments grâce à la richesse de ce qu'on appelle le métabolisme secondaire. Cependant, l'homme n'a découvert les vertus bénéfiques des plantes que par une approche progressive, facilitée par l'organisation des rapports sociaux, en particulier à partir du néolithique. L'observation liée à l'expérience et la transmission des informations glanées au cours du temps font que certains hommes deviennent capables de poser un diagnostic, de retrouver la plante qui soigne et finalement de guérir le malade.

Dans les civilisations chinoises, indiennes (médecine ayurvédique) ou aztèque, on trouve la trace d'utilisations médicinales très anciennes. Le premier livre de matière médicale, le Shen Nung Ben Caojing, fut rédigé vers 2900 avant J.C.

4000 ans avant J.C., les populations babyloniennes et sumériennes utilisaient les plantes pour se soigner : 600 tablettes d'argiles mentionnent 1000 plantes pour leurs vertus curatives et plus de 800 remèdes sont décrits par les Egyptiens. Le soin de la peau a commencé 3.000 ans avant naissance du Christ, quand les Egyptiens ont enregistré en forme hiéroglyphique le soin de la peau sur des peintures de mur de temple.

Les grands médecins grecs, dont le plus célèbre est Hippocrate, utilisaient couramment les narcotiques, les laxatifs ou des émétiques (vomitifs). Théophraste classe les plantes dans son ouvrage *Historia plantarum*.

A l'apogée de l'empire arabe (dont les frontières allaient de l'Inde à l'Espagne), tous les documents écrits furent réunis à Bagdad dans la plus grande bibliothèque de l'époque.

Les Arabes avaient aussi leurs spécialistes en médecine et en pharmacie : AbuBakr al-Razi ou Rhazès (865-925), fut l'un des grands médecins de son temps et aussi le précurseur de la psychothérapie. Il fut suivi par Ibn Sina ou Avicenne (980-1037) qui écrivit le "Canon de la médecine". Ce livre servira de base à l'enseignement de la médecine dans les universités de Louvain et de Montpellier jusqu'aux environs de 1650. Ibn al Baytar (1197-1248) rédigea le très complet « Somme des Simples » : ce livre contenait une liste de 1400 préparations et plantes médicinales dont un millier était connues des auteurs grecs (**Mohammedi, 2005**).

Récemment, l'acceptation de la médecine traditionnelle comme forme alternative de santé et le développement de la résistance microbienne aux antibiotiques disponibles ont mené des auteurs à étudier l'activité antimicrobienne des plantes médicinales et en raison d'une conscience croissante des effets secondaires négatifs infligés par les drogues modernes, beaucoup cherchent les remèdes normaux sans effets secondaires et bien sûr coût élevé de médecine conventionnelle.

1.3. Les plantes médicinales et leurs utilisations

Les plantes médicinales sont utilisées pour prévenir, soigner ou soulager divers maux. Cette connaissance ancestrale fut à l'arrivée de la médecine traditionnelle mise de côté au profit de la prise de médicaments d'ordonnance souvent plus puissants et agissant plus rapidement que la médecine traditionnelle utilisée auparavant. Par contre, aujourd'hui nous assistons au retour de l'utilisation des plantes médicinales pour favoriser la santé. Chaque plante médicinale a une définition qui lui est propre et une utilisation spécifique (**Kansole, 2009**).

Les plantes médicinales sont importantes pour la recherche pharmacologique et l'élaboration des médicaments, non seulement lorsque les constituants des plantes sont utilisés directement comme des agents thérapeutiques, mais aussi comme matière première

pour la synthèse des médicaments ou comme modèles pour les composés pharmacologiquement actifs (**Decaux, 2002**).

Les plantes sont donc la source principale de substances actives, et pas uniquement dans la médecine traditionnelle (**Palomo, 2011**).

1.4. Domaines d'application des plantes médicinales

Les substances naturelles issues des végétaux ont des intérêts multiples mis à profit dans l'industrie : en alimentation, en cosmétologie et en pharmacie. Parmi ces composés on retrouve dans une grande mesure les métabolites secondaires qui se sont surtout illustrés en thérapeutique. La pharmacie utilise encore une forte proportion de médicaments d'origine végétale et la recherche trouve chez les plantes des molécules actives nouvelles, ou des matières premières pour la semi-synthèse.

Il y a eu donc un réveil vers un intérêt progressif dans l'utilisation des plantes médicinales dans les pays développés comme dans les pays en voie de développement, parce que les herbes fines guérissent sans effet secondaire défavorable. Ainsi, une recherche de nouvelles drogues est un choix normal.

L'utilisation **en médecines** en tant que médicament pour l'homme ; exemple :

- en urologie, dermatologie, gastrites aiguës, toux, ulcères d'estomac, laxatifs ;
- sommeil et désordres nerveux ;
- systèmes cardiovasculaires, ex : Flavoce est un médicament constitué par la flavone non substituée en combinaison avec la rutine et isoquercétine est utile dans le traitement de l'athérosclérose ;
- drogues immunostimulantes, antispasmodiques et anti-inflammatoires (Melaleuca alternifolia, Echinacea angustifolia, Chrysanthemum parthenium, Achillea millefolium,...etc.) ;
- contre le diabète (Azadirachta indica) ;
- les maladies du stress, des activités antioxydantes ; tels le thé noir, le thé vert et le cacao sont riches en composé phénoliques, parmi lesquels theaflavine, le resvératrol, le gallate et epigallocatechineprocyanidine, très étudié en raison de leur rôle en tant qu'agent chimiopréventifs basés sur leurs capacités antioxydantes. D'excellentes capacités à inhiber les réactions oxydatives ont été mises en évidence pour les huiles essentielles de romarin, sauge, thym, origan, sarriette, clou de girofle, gingembre et curcuma ;
- Activité antimicrobienne, antivirale, antiparasitaire: Les produits naturels des plantes depuis des périodes très anciennes ont joué un rôle important dans la découverte de nouveaux agents thérapeutiques ex: la quinine obtenue à partir du quinquina « Cinchona » a été avec succès employée pour traiter le malaria , l'arbre de thé (Melaleuca alternifolia) est renommé pour ses propriétés :antibactériennes, anti-infectieuses, antifongiques, antivirales , aussi comme antiviral (Azadirachta indica,

Aloevera, Andrographispaniculata, Withaniasomnifera, Astragalus membranaceus, Curcuma longa...etc.). Mais aucune plante n'est aussi efficace que les médicaments antirétroviraux pour arrêter la réplication du VIH, antibactérienne (Azadirachtaindica), antifongiques (Adenocalymaalleaceum, Allium ampeloprasum, Allium ramosum, Allium sativum, Tulbaghiaviolacea, Capsicumchinense, Capsicumfrutescens) (Mohammedi, 2005).

L'utilisation en **agriculture**, exemple : l'arbre Azadirachtaindica, qui se développe dans tout le subcontinent indien, est une des plantes médicinales les plus importantes au Bangladesh, de 12 à 18 mètres de hauteur avec un périmètre atteignant jusqu'à 1,8 à 2,4 mètres. Les huiles de cet arbre ont des utilisations dans l'agriculture dans le contrôle de divers insectes et nématodes (vers parasites)(Mohammedi, 2005).

L'utilisation en **alimentation** : Assaisonnements, des boissons, des colorants et des composés aromatiques. Les épices et les herbes aromatiques utilisées dans l'alimentation sont pour une bonne part responsable des plaisirs de la table, considérée comme condiments et aromates. La popularité des épices et herbes aromatiques a été et reste très liée à leurs propriétés organoleptiques. La notion de flaveur des épices et aromates recouvre l'ensemble des perceptions olfacto-gustatives. Ces perceptions résultent par une multitude de composés organiques dont certains sont volatiles et constituent ce qu'on appelle en général l'huile essentielle, les autres non volatiles, sont plus particulièrement responsables de la saveur et de la couleur(Mohammedi, 2005).

L'utilisation en **cosmétique** : Des produits de beauté, parfums et articles de toilette, produits d'hygiène (Mohammedi, 2005).

L'utilisation comme des **suppléments diététiques** (Mohammedi, 2005).

1.5. Efficacités des plantes médicinales

La phytothérapie est particulièrement efficace et sans risque pour :

- Traiter les problèmes aigus courants, comme les toux, les maux de tête et les rougeurs dermatologiques ;
- Traiter les problèmes chroniques, tel que la dépression bénigne, l'arthrite ou les varices ;
- Prévenir les maladies ;
- Améliorer l'état général.

Bien que naturel, ce sont des médicaments qui peuvent avoir des effets secondaires, pour obtenir de bons résultats, ils doivent être utilisés de façon raisonnable et avec précaution. Il faut aussi être conscient des limites de leur efficacité (Chevalier,2008)

1.6. Les principes actifs des plantes

Le principe actif c'est une molécule contenu dans une drogue végétale ou dans une préparation à base de drogue végétale et utilisé pour la fabrication des médicaments(**Pelt,1980**).

Cette molécule présentant un intérêt thérapeutique curatif ou préventif pour l'homme ou l'animale, elle est issue de plantes fraîches ou des séchées, nous pouvons citer comme des parties utilisées: les racines, écorces, sommités fleuries, feuilles, fleurs, fruits, ou encore les graines (**Benghanou, 2012**).

Les plantes contiennent des métabolites secondaires peuvent être considérées comme des substances indirectement essentiels à la vie des plantes par contre aux métabolites primaires qu'ils sont les principales dans le développement et la croissance de la plante, les métabolites secondaires participent à l'adaptation de la plante avec l'environnement, ainsi à la tolérance contre les chocs (lumière UV, les insectes nocifs, variation de la température...) (**Sarni-Manchadoet Cheynier, 2006**).Ces composés sont des composés phénoliques, desterpènes et stéroïdes et des composés azotés dont les alcaloïdes.

1.7. Différents groupes des principes actifs

1.7.1. Polyphénols

Les polyphénols ou composés phénoliques forment une grande classe de produits chimiques qui on trouve dans les plantes au niveau des tissus superficielles, ils sont des composés photochimiques polyhydroxylés et comprenant au moins un noyau aromatique à 6 carbones. Ils subdivisent en sous classe principales; les acides phénols, les flavonoïdes, les lignines, les tanins... (**Sarni-Manchadoet Cheynier, 2006**).

Comme ces molécules constituent la base des principes actifs que l'on trouve chez les plantes, elles ont un rôle principale à la vie de plante, à la défense contre les pathogènes; principalement les moisissures et les bactéries phytopathogènes et la protection contre les rayonnements UV; sachant que tous les composés phénoliques absorbent les rayonnements solaires (**Sarni-Manchadoet Cheynier, 2006**).

1.7.2. Acides phénoliques

Les phénols ou les acides phénoliques sont des petites molécules constituées d'un noyau benzénique et au moins d'un groupe hydroxyle, elles peuvent être estérifiées, éthérifiées et liées à des sucres sous forme d'hétérosides, ces phénols sont solubles dans les solvants polaires, leur biosynthèse dérive de l'acide benzoïque et de l'acide cinnamique (**Wichtlet Anton, 2009**).

Les phénols possèdent des activités anti-inflammatoires, antiseptiques et analgésiques (médicament d'aspirine dérivée de l'acide salicylique) (**Iserinet al., 2001**).

1.7.3. Flavonoïdes

Terme en latin ; flavus= jaune. Ont une structure de C6-C3-C6 à poids moléculaire faible, ils peuvent être considérés parmi les agents responsables des couleurs de plante à côté des chlorophylles et caroténoïdes (**Wichtlet Anton, 2009**).

Les flavonoïdes ont des sous-groupes caractérisés à contenant deux ou plusieurs cycles aromatiques existent sous forme libre dite aglycone ou sous forme d'hétérosides, chacun portant une ou plusieurs groupes hydroxyles phénoliques et reliées par un pont carboné (**Heller et Forkmann, 1993**).

Les flavonoïdes sont généralement des antibactériennes (**Wichtlet Anton, 2009**), ils peuvent être exploités de plusieurs manières dans l'industrie cosmétique et alimentaire (jus de citron) et de l'industrie pharmaceutique (les fleurs de trèfle rouge traitent les rhumes et la grippe en réduisant les sécrétions nasales), comme certains flavonoïdes ont aussi des propriétés anti-inflammatoires et antivirales (**Iserinet al., 2001**).

1.7.4. Tanins

Toutes les plantes contiennent des tanins à un degré plus ou moins élevé. Ceux-ci donnent un goût amer à l'écorce ou aux feuilles et les rendent à lyphénoliques qui contractent les tissus en liant les protéines et en les précipitant, d'où leur emploi pour « tanner » les peaux. Ils permettent de stopper les hémorragies et de lutter contre les infections. Les plantes riches en tanins sont utilisées pour retendre les tissus souples, comme dans le cas des veines variqueuses, pour drainer les sécrétions excessives, comme dans la diarrhée, et pour réparer les tissus endommagés par un eczéma ou une brûlure. Les écorces de chêne (*Quercus ilex*) et d'acacia (*Acacia catechu*) sont riches en tanins (**Botrel et al, 2007**).

1.7.5. Lignines

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

1.7.6. Alcaloïdes

Ce sont des substances organiques azotées d'origine végétale, de caractère alcalin et de structure complexe (noyau hétérocyclique), on les trouve dans plusieurs familles des plantes, la plupart des alcaloïdes sont solubles dans l'eau et l'alcool et ont un goût amer et certains sont fortement toxiques (**Wichtlet Anton, 2009**).

Certains alcaloïdes sont utilisés comme moyen de défense contre les infections microbiennes (nicotine, caféine, morphine, lupinine) (**Hopkins, 2003**). Des anticancéreuses (vincristine et la vinblastine) (**Iserinet al., 2001**).

1.7.7. Terpènes et stéroïdes

Les terpénoïdes sont une vaste famille de composés naturels près de 15000 de molécules différentes et de caractère généralement lipophiles, leurs grandes diversités due au nombre de base qui constituent la chaîne principal de formule $(C_5H_8)_n$ selon la variation de nombre n , dont les composés monoterpènes, sesquiterpènes, diterpènes, triterpènes, ... (**Wichtlet Anton, 2009**).

Ces molécules présentent en forme des huiles essentielles ; parfums et goût des plants, pigments (carotène), hormones (acide abscissique), des stéroïls (cholestérol) (**Hopkins, 2003**).

1.7.8. Saponosides

Le terme saponoside est dérivé de mot savon, sont des terpènes glycosylés comme ils peuvent aussi se trouve sous forme aglycones, ils ont un goût amer et acre (**Hopkins, 2003**). Ils existent sous deux formes, les stéroïdes et les terpénoïdes (**Iserinet *al.*, 2001**).

1.7.9. Huiles essentielles

Ce sont des molécules à noyau aromatique et caractère volatil offrant à la plante une odeur caractéristique et on les trouve dans les organes sécréteurs (**Iserinet *al.*, 2001**). Jouent un rôle de protection des plantes contre un excès de lumière et attirer les insectes pollinisateurs (**Dunstan *et al.*, 2013**).

Ils sont utilisés pour soigner des maladies inflammatoires telles que les allergies, eczéma, favorise l'expulsion des gaz intestinales comme les fleurs frais ou séchées de plante "camomille" (**Iserinet *al.*, 2001**).

Chapitre 2

Généralité sur *Inula viscosa*

Chapitre2

Généralités sur l'espèce *Inulaviscosa*

2.1. Origine du nom

le nom Inule vient de l'ancien nom de l'Aunée, probablement par déformation du grec hélénion. En Algérie (la Kabylie et l'est d'Algérie) cette plante est nommée « Amagraman » qui vient de magar : rencontrer, amane : eau. (Lecomte, 2015). L'inule est une plante des régions méditerranéennes, largement utilisée en médecine traditionnelle, et qui fournit en fin de saison du nectar et du pollen en abondance aux abeilles. (Webmaster1)

2.2. Classification botanique

- ✓ Embranchement : **Phanérogame** ;
- ✓ Sous embranchement : **Angiosperme** ;
- ✓ Classe : **Magnoliopsida** ;
- ✓ Ordre : **Asterales** ;
- ✓ Famille : **Astéracée** ;
- ✓ Genre : **Inula** ;
- ✓ Espèce : *Inulaviscosa* (L). (Greuter, 1988)

2.3. Description

Plante vivace, à racine pivotante, l'inule visqueuse est dressée, d'assez grande taille (jusqu'à 1,50 mètre) et peut former d'assez vastes populations (Reeb, 2010).

2.4. Appareil végétatif

Ses tiges sont assez ramifiées et pourvues d'un feuillage dense. Avec l'âge, elles deviennent ligneuses et foncées à la base. La plante est collante et très odoriférante, à odeur de camphre. Les feuilles alternes, allongées à lancéolées, sont insérées directement sur la tige, sans pétioles. La base du limbe des feuilles de la tige semble l'entourer partiellement (feuilles embarrassantes) (**figure n° 1**).

Leur marge est lisse ou dentée, et le sommet aigu. Toute la plante est couverte de poils glanduleux qui libèrent une résine odoriférante et collante.

2.5. Fleurs

Comme chez toutes les Asteracées, les fleurs sont regroupées en capitules (d'environ 10-20 mm de diamètre), entourées par un involucre de bractées, qui peuvent être en partie membraneuses et ciliées. Chez l'inule, on trouve deux types de fleurs : des fleurs à pétales soudés en languettes jaunes (fleurs ligulées), à l'extérieur du capitule, et des fleurs en tubes (fleurs tubulées), jaune orangé, au centre du capitule.

Les fleurs en languettes dépassent assez franchement l'involucre. Les étamines sont accolées par leurs anthères, on ne peut les voir correctement qu'à travers une petite loupe. L'ovaire, infère, se trouve sous les pièces florales. Les capitules sont groupés eux-mêmes en panicule assez dense : ils sont portés par des ramifications nombreuses de la tige principale, l'ensemble ayant une forme grossièrement pyramidale. Les fruits secs, un peu ovoïdes, sont surmontés par une petite aigrette jaunâtre de soies denticulées(**figure n° 2**).



Figure n° 2 : Capitules d'*Inulaviscosa*, en fleurs .(**Webmaster2**)

2.6. Saison de Floraison

D'août à novembre, elle prend une importance considérable pour les abeilles en septembre-octobre, où la diversité floricole est plus faible en Méditerranée. Chaque capitule contient plusieurs centaines de fleurs, un pied d'inule offrant ainsi aux abeilles plusieurs milliers de fleurs (**Reeb, 2010**).

2.7. Biotope

L'inule visqueuse se rencontre dans les lieux incultes surtout en région méditerranéenne : bords de chemins, décombres, terrains abandonnés, jachères, arrière dunes ou garrigues bien ouvertes (**figure 3**).

Elle affectionne les milieux fraîchement perturbés par des travaux ou le passage du feu. Elle se rencontre autant sur sols argileux que sableux(**Reeb, 2010**). Et aussi sur les prairies humides et les bords de cours d'eau, largement répandue en Algérie dans les rocailles et les terrains argileux (**BenaïssaKeddar, 2014**).



Figure n° 3 :L'Inule visqueuse.(Webmaster3)

2.8. Propriétés et usage de la plante

- phytochimiques

Les travaux de (**Benayache et al., 1991**) rapportent que les parties aériennes de l'*Inulaviscosa* contiennent des Flavonoïdes, des acides sesquiterpéniques et des triterpènes esters.

Les racines contiennent de nombreux composés : L'Inuline ; L'Helénine ou camphre d'Aunée (**Fournier, 1947**) et de la Paraffine

Les sesquiterpènes essentiels : l'Alantole, l'Alantolactone et l'Acide Allantique (Ulubelen et Goun 1986- Chiarlo 1988) La plante contient d'autres substances dites mineures comportant des résines et des pectines constituant une matière noirâtre : la Phytomélane(Oksuz, 1976).

- Aspect phytothérapique

- Elle est utilisée pour ses activités : anti-inflammatoires (**Barbetti et al., 1995**), antidiabétiques (**Yaniy et al., 1987**), antipyrétiques, antiseptiques (**Lauro et Rolih, 1990**) ;
- pour traiter les troubles gastroduodénaux (**Lastra et al., 1993**) ;
- Un effet antiulcérogénique a été attribué à la composition flavonique d'*Inulaviscosa*(**Alarcon De La Lastra et al., 1993**).

L'extrait flavononique et l'huile essentielle d'*Inulaviscosa* montrent une activité antifongique contre les dermatophytes, ces extraits sont aussi utilisés comme anticatherrale et comme digestif(**Benchohra, 2008**).

- Aspect pharmacologique

L'Inule visqueuse est une plante très anciennement connue, elle a été utilisée au moyen âge jusqu'à nos jours pour ses vertus médicinales variées (**Fournier, 1947**).

Au niveau de l'appareil respiratoire, elle agit comme sédatif de la toux et des spasmes bronchiques c'est un antiseptique certain de l'arbre respiratoire (**Benayache et al., 1991**).

Comme c'est le cas pour toutes les plantes aromatiques, l'Inule visqueuse corrige l'atonie de l'estomac et de l'intestin, elle améliore l'appétit et elle est anti-émétique(**Roulier, 1990**).

Rapporté par (**Fournier, 1947**)**Harmonic** et **Parrissot** ont mis en évidence son action dans le traitement des leucorrhées et sa propriété antiseptique au niveau de l'appareil génital et des voies urinaires.

Dans le Nord de l'Afrique et le pourtour méditerranéen, l'Inule est connue pour ses propriétés anthelmintiques donc vermifuge et occupe une place appréciable dans les médications traditionnelles. **(Benayache et al., 1991)**

Il a été rapporté aussi que la poudre d'*Inulaviscosa* est utilisée dans le traitement des mycoses cutanées **(Ulubelen 1987)(Taillade et al., 1980)**.

(Yaniy, 1987) montre l'action hypoglycémiante de l'*Inulaviscosa* absorbée en infusion chez l'homme diabétique.

En Algérie, l'Inule visqueuse est utilisée dans la médecine populaire comme antipyrétique en tisanes ou en bains dans la lutte contre le paludisme. **(Fournier, 1947)**.

En 1988 **Abdellah et al.** par des essais «in vivo » sur le cochon nain, démontrent l'action spasmolytique de l'extrait aqueux de l'*Inulaviscosa* sur les fibres lisses intestinales et bronchiques en prouvant l'inhibition de l'action de l'Acétylcholine.

Dans la médecine traditionnelle en Italie, **Lauro et Rolih (1990)**, rapportent et reconnaissent à *Inulaviscosa* des propriétés balsamiques, antipyrétiques, antiphlogistiques et antiseptiques.

Au Maroc, les feuilles sont utilisées en cataplasme pour traiter les abcès, la gale, dermatoses, impétigo, furoncles, des ulcères, des gerçures et comme cicatrisant des plaies cutanées **(Hmamouchi, 2001)**.

Enfin, il a été possible de conclure que l'Inule visqueuse aurait agir en stimulant la synthèse de calogène et en créant un foyer aseptique favorisant ainsi la réparation tissulaire. **(Tounsi, 2001)**.

2.8.4. Rôle d'insecticide végétal

L'inule visqueuse est réputée être un « insecticide végétal » qui combat la Mouche de l'Olive. En fait, la plante abrite un parasitoïde de *Bactrocera oleae* : c'est une plante relais dont les inflorescences sont parasitées par la larve d'une mouche (*Myopites stylatus*) qui provoque des galles sur les inflorescences. La larve de *Myopites* est à son tour parasitée en hiver par un parasitoïde *Eupelmus urozonus*, travaux du **GRAB, François Warlop, 2005**. La larve de la Mouche de l'Olive sera parasitée, à son tour **(Benchohra, 2008)**.

Chapitre 3

Les métabolites secondaires

Chapitre 3

Métabolites secondaires et activité antioxydante

Les composés phénoliques sont des métabolites secondaires végétaux. Ils peuvent être définis comme des molécules indirectement essentielles à la vie des plantes (d'où la dénomination de métabolites secondaires). Par opposition aux métabolites primaires qui alimentent les grandes voies du métabolisme basal, mais ils sont essentiels dans l'interaction de la plante avec son environnement.

Ces composés ont tous en commun la présence d'un ou de plusieurs cycles benzéniques portant une ou plusieurs fonctions hydroxyles. Avec plus de 8000 structures phénoliques identifiées (Urquiaga et Leighton, 2000).

La structure des composés phénoliques naturels varie depuis les molécules simples (acides phénoliques simples) vers les molécules les plus hautement polymérisées (tanins condensés) (Macheix *et al.*, 2005).

Les composés phénoliques participent activement aux interactions de la plante avec son environnement en jouant soit le rôle des signaux de reconnaissance entre les plantes (Allélopathie), et les symbioses, ou bien lui permettant de résister aux diverses agressions vis-à-vis des organismes pathogènes. Ils participent de manière très efficace à la tolérance des végétaux à des stress variés, donc ces composés jouent un rôle essentiel dans l'équilibre et l'adaptation de la plante au sein de son milieu naturel (Macheix *et al.*, 2005).

D'un point de vue appliqué, ces molécules constituent la base des principes actifs que l'on trouve chez les plantes médicinales, alliées à leur difficulté de production. Chez l'homme, ces molécules tracées jouent un rôle important en agissant directement sur la qualité nutritionnelle des fruits et légumes et leur impact sur la santé des consommateurs (effet antioxydant, effet protecteur contre l'apparition de certains cancers...) (Macheix *et al.*, 2005).

Les polyphénols sont répartis en plusieurs classes : (Macheix *et al.*, 2005).

- Les flavonoïdes ;
- Les tanins ;
- Les phénols ;
- Les stilbènes ;
- Les lignanes et les coumestanes ;
- Autres phytoestrogènes ;
- Les saponines (triterpénoïde).

Squelette carboné	Classe	Exemple	Origine (exemple)
C ₆ -C ₁	Phénols simples (totaux)	Catéchol	
C ₆ -C ₁	Acides hydroxybenzoïques	<i>p</i> -Hydroxybenzoïque	Epices, fraise
C ₆ -C ₃	Acides hydroxycinnamiques	Acides caféique, férulique	Pomme de terre, pomme
	Coumarines	Scopolétine, esculétine	Citrus
C ₆ -C ₄	Naphtoquinones	Juglone	Noix
C ₆ -C ₂ -C ₆	Stilbènes	Resvératrol	Vigne
C ₆ -C ₃ -C ₆	Flavonoïdes		
	<ul style="list-style-type: none"> • Flavonols • Anthocyanes • Flavonols • Flavanones 	Kaempférol, quercétine Catéchine, épicatechine Naringénine Daidzéine Pinorésinol	Fruits, légumes, fleurs Fleurs, fruits rouges Pomme, raisin Citrus Soja, pois Pin
(C ₆ -C ₃) ₂	Isoflavonoïdes		
(C ₆ -C ₃) _n	Lignanés		
(C ₁₅) _n	Lignines		Bois, noyau des fruits
	Tannins		Raisin rouge, kaki

Tableau n° 1 : Les principales classes de composés phénoliques d'après (Macheix et al., 2005).

On s'est basé dans notre étude sur les trois principaux métabolites qui sont : les flavonoïdes, les phénols totaux et les tanins condensés.

3.1. Flavonoïde

Le nom flavonoïde proviendrait du terme *flavedo*, désignant la couche externe des écorces d'orange (Piquemal, 2008), cependant d'autres auteurs supposaient que le terme flavonoïde a été plutôt prêté du *flavus* ; (*flavus*=jaune) (Karaali et al., 2004 ; Malešev et Kuntič, 2007).

Les flavonoïdes ont été isolés par le scientifique E.Chervreul en 1814, mais ont été réellement découverts qu'en 1930 par Albert Szent-Györgyui, désignés sous le nom de vitamine P, en raison de leur efficacité à normaliser la perméabilité des vaisseaux sanguins. Cette dénomination fut abandonnée lorsqu'on se rendit compte que ces substances ne correspondaient pas à la définition officielle des vitamines, il devient clair que ces substances appartiennent aux flavonoïdes (Nijveldt et al., 2001).

Les travaux relatifs aux flavonoïdes sont multiples depuis la découverte du célèbre « french paradox » correspondant à un bas taux de mortalité cardiovasculaire observé chez les habitants des régions méditerranéennes, associant une consommation de vin rouge à une prise importante de graisses saturées (Malešev et Kuntič 2007 ; Ghedira, 2005). Près de 4000 flavonoïdes ont été décrits (Medić-Šarić et al., 2004).

3.1.1. Structure chimique

Les flavonoïdes ont tous la même structure chimique de base, ils possèdent un squelette carboné de quinze atomes de carbones constitué de deux cycles aromatiques (A) et

(B) qui sont reliés entre eux par une chaîne en C3 en formant ainsi l'hétérocycle (C) (**Erdman et al., 2007**)

Généralement, la structure des flavonoïdes est représentée selon le système C6-C3-C6 (**Emerenciano et al., 2007**) en formant une structure de type diphenyle propane dont des groupements hydroxyles, oxygènes, méthyles, ou des sucres peuvent être attachés sur les noyaux de cette molécule (**Malešev et Kuntič 2007**).

La **figure n° 4** montre les principales classes des flavonoïdes et leur structure, (**webmaster 4**) :

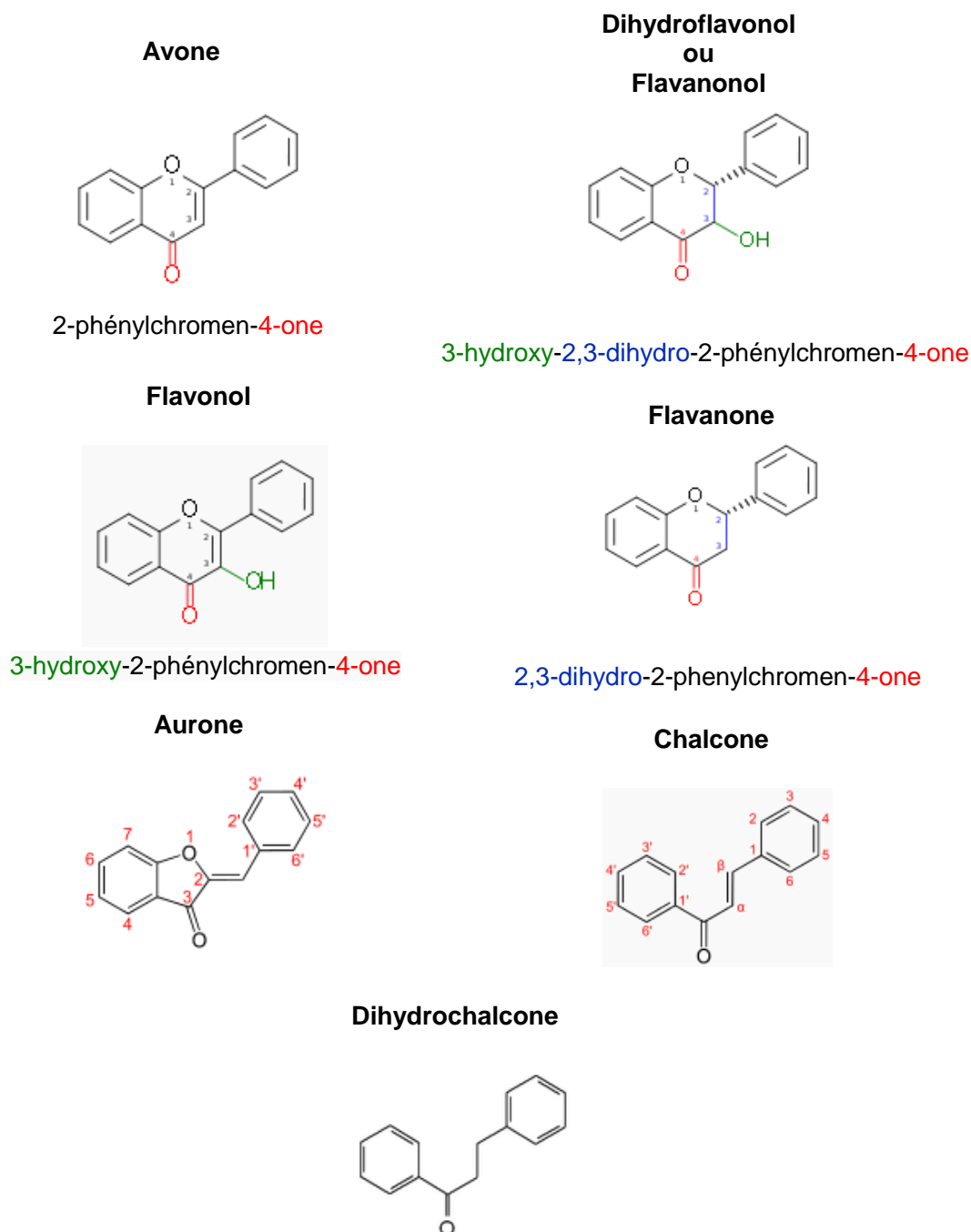


Figure n° 4: Les principales classes de flavonoïdes et leur structure chimique.

3.1.2. Distribution

Les flavonoïdes sont présents dans toutes les parties des végétaux supérieurs : racines, tiges, feuilles, fruits, graines, bois, pollens (**Imelouane et al., 2009**)

Certaines classes de flavonoïdes sont présentes exclusivement chez certains végétaux. On trouvera par exemple, les flavanones dans les agrumes, les isoflavones dans le soja. Les anthocyanes et les flavonols ont eux une large distribution dans les fruits et les légumes tandis que les chalcones se retrouvent plus fréquemment dans les pétales des fleurs, sont considérés comme des pigments naturels au même titre que les chlorophylles et les caroténoïdes (**Koulet al., 2008 ; Piquemal, 2008**).

Le monde animal est très concerné par les flavonoïdes dont des chercheurs (**Kulisicet al., 2004**) ont isolé respectivement quinze et seize composés aromatiques à partir du lait de vache avec respectivement 6 et 5 composés importants dus principalement à la consommation des plantes par les herbivores.

On trouve aussi la chryisine, la quercétine, de la galangine dans les propolis ; sécrétion des bourgeons de nombreux arbres (le bouleau, le sapin, le saule...) récoltés par les abeilles, ces insectes les fabriquent en modifiant la propolis par leurs enzymes salivaires. Les abeilles mettent en œuvre les propriétés antifongiques et antibactériennes des polyphénols pour aseptiser leurs ruches (**Koulet al., 2008**).

3.2. Les tanins

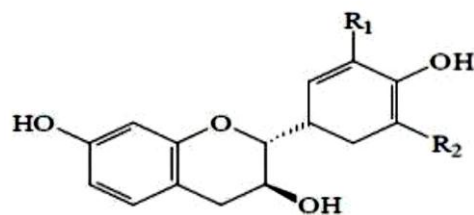
Les tanins sont des polyphénols que l'on trouve dans de nombreux végétaux et surtout les écorces d'arbre et les fruits (raisin, datte, café, cacao...). Leur structure complexe est formée d'unités répétitives monomériques qui varient par leurs centres asymétriques, leur degré d'oxydation (**Figure n° 5**) (**Lo Cantore et al., 2004**).

Caractérisés par leur astringence, ils ont la propriété de précipiter les protéines (fongiques ou virales) et les métaux lourds. Ils favorisent la régénération des tissus et la régulation de la circulation veineuse, tonifient la peau dans le cas des rides.

Ils sont abondants dans les organes végétaux jeunes.

3.2.1. Structure chimique

Deux groupes de tanins différents aussi bien par leur structure que par leur origine biogénétique sont distingués : les tanins hydrolysables et les tanins vrais (non hydrolysables) on les appelle aussi tanins condensés. Certains tanins auraient des propriétés anti-oxydantes et bactériostatiques (**Lucchesi, 2005**).



$R_1 = R_2 = H$: Afzéléchol

$R_1 = OH$; $R_2 = H$: Catéchol

$R_1 = R_2 = OH$: Gallocatéchol

Figure n° 5 : Structure de base des tanins condensés.

- **Les tanins hydrolysables** : Les tanins hydrolysables sont des esters du glucose et d'acides phénols que sont l'acide gallique (tanins galliques) et l'acide éllagique (tanins éllagiques). Leurs polymères sont appelés des tannoïdes. Ils sont caractéristiques des Angiospermes dicotylédones.
- **Les tanins non hydrolysables** : Les tanins vrais, non hydrolysables sont des polymères de flavonols (catéchols) et de proanthocyanidols qui donnent par ébullition avec les acides minéraux dilués des composés insolubles amorphes et de couleurs rouges appelés phlobaphènes ou rouge de tanins (**Lucchesi, 2005**).

3.2.2. Distribution

Mole (1993) a étudié la distribution des plantes à tanin chez 180 familles des Dicotylédones et 44 familles des Monocotylédones. La majorité des familles de Dicot contiennent des espèces dépourvues de tanin (testé par leur aptitude à précipiter les protéines).

Les familles les plus connues dont toutes les espèces testées contiennent du tanin sont les : aceraceae, actinidiaceae, anarcadiaceae, bixaceae, burceraceae, combretaceae, dipterocarpaceae, ericaceae, grossulaceae, myricaceae pour les Dicot et les najadaceae et typhaceae chez les Monocot. Pour la famille du chêne, les fagaceae, 73 % des espèces testées (N=22) contiennent du tanin. Pour celle des acacias, les mimosaceae, seul 39 % des espèces testées (N=28) contiennent du tanin, chez les solanacées le taux chute à 6 % et les composées à 4 % des espèces. Quelques familles comme les boraginaceae, cucurbitaceae, papaveraceae n'en contiennent aucune.

3.3. Les phénols totaux

Les phénols totaux sont des métabolites secondaires synthétisés par les plantes pendant leur développement, mais aussi comme réponse aux conditions de stress tels que : infections, blessures, radiation UV.

En se basant sur le nombre des sous-unités de phénols, la classification actuelle forme deux groupes : des phénols simples et des polyphénols. Le groupe des simples phénols est

appelé aussi “ groupe des acides phénoliques” ou des phénols avec groupe carboxylique caché.

Les phénols possèdent un large spectre d’activités biochimiques comme des effets antioxydants, des effets antimutagéniques, des effets anticancérigènes, mais aussi la capacité de modifier l’expression du gène [9,10]. Un grand nombre d’études épidémiologiques confirment la relation significative entre la réduction de risque cardiovasculaire et de risque carcinologique.

La formulation des effets préventifs sur la santé exige une information plus détaillée sur la concentration des phénols (Atanasova et Ribarova, 2009).

3.3.1. Structure chimique

Les phénols, appelés acides phéniques, ou encore acides carboliques, ils sont composés d’un noyau phénylène et d’une fonction hydroxyle, cette structure représente la plus simple molécule de la famille des phénols (figure n° 6).

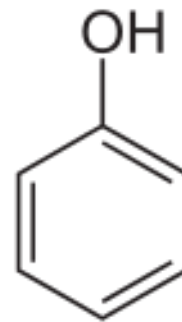


Figure n° 6 : Structure de base des Phénols totaux.

3.3.2. Distribution

La distribution des phénols dans les plantes, dans le tissu et les cellules des feuilles n’est pas uniforme, elle se varie d’une plante à autre (Atanasova et Ribarova, 2009).

4. Activité antioxydantes

Le pouvoir antioxydant d’une plante dépend de présence des métabolites secondaires ; surtout les phénols et les polyphénols qui sont responsables de ce pouvoir.

5. Les radicaux libres

Les radicaux libres (RL) sont des atomes ou des molécules présentant un électron célibataire sur leur orbite externe. Pour retrouver une structure stable, les RL doivent réappairer leur

électron isolé. Pour cela, ils arrachent un électron à d'autres molécules. L'espèce agressée devient à son tour radicalaire, initiant un processus en chaîne.

Il existe des radicaux libres soufrés, nitrogènes, phosphorés ou carbonisés. Mais les principaux radicaux libres sont les formes activées de l'oxygène. On en distingue six :

- L'anion super oxyde O_2^-
- L'eau oxygénée H_2O_2 .
- Le radical hydroxyle HO^-
- L'oxygène singlet O_2 .
- L'oxyde nitrique NO .
- L'acide hypochloreux $ClHO$.

Ce sont des agents oxydants très agressifs. Ils ont, selon les circonstances, des effets favorables ou des effets nocifs, constituant le stress oxydant (**Seignalet., 2004**).

6. Stress oxydatif

Le stress oxydatif ou radicalaire est l'un des facteurs qui participe à l'installation du dysfonctionnement important au niveau du système cardiovasculaire. Les radicaux libres ont été associées directement ou indirectement à de nombreuses pathologies, nous citons ici quelques exemples dans lesquels un stress oxydatif a été caractérisé et impliqué dans les altérations liées à la pathologie ainsi, les RL ont été impliqués dans la genèse de certains cancers, l'effet cancérogène des RL résulte de pouvoir oxydant qu'ils exercent sur les chaînes d'ADN (mutagenèse), sur les protéines (dysfonctionnement enzymatique, perte de structure) ou les lipides membranaires (lipoperoxydation). Ces composés oxydants peuvent être d'origine exogène (rayonnement, intoxication) ou endogène (**Lacolly, 2007**).

7. Les antioxydants

L'organisme produit les radicaux libres, mais il s'en protège aussi avec le plus grand soin grâce à des molécules appelées antioxydants qui ont deux origines, le corps sait en fabriquer certaines comme l'acide urique ou la mélatonine (Fig. 4), mais une grande partie est apportée par l'alimentation (**Causse., 2007**).

Les antioxydants contenus de manière générale dans l'alimentation permettraient de lutter contre l'oxydation des lipides, grâce à leur capacité à lutter contre les radicaux libres, générés au cours d'un stress oxydant. Les antioxydants pourraient participer à un de nombreuses pathologies, plus de 200 maladies seraient liées à un déséquilibre entre les

antioxydants et les radicaux libres. Les recherches disent que les maladies de cancer et cardiovasculaires semblent fortement corrélées à un excès de RL.

Un déséquilibre peut être liée à un manque d'antioxydants dans l'alimentation, mais il est également dû à des facteurs extérieurs qui vont entraîner une augmentation de quantité de RL (l'exposition aux rayonnements UV, la cigarette, pollution, ...), les vitamines C et E, les polyphénols, le bêta carotène et le sélénium sont des antioxydants plus puissants qui permettent de lutter contre les RL en excès et ainsi les antioxydants alimentaires qui parviennent dans le sang protègent les lipides de l'oxydation (Massy, 2006).

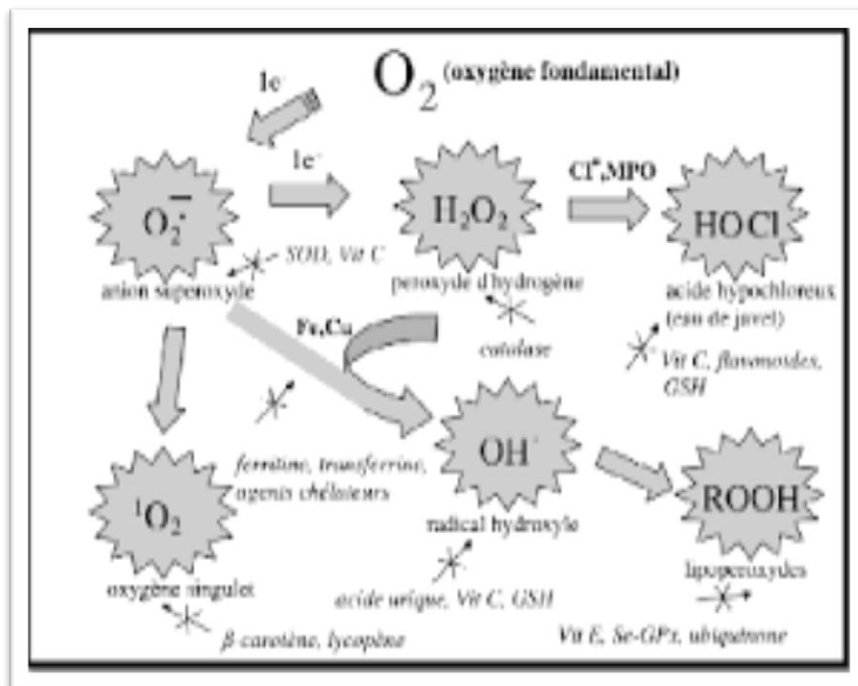


Figure 14: Principales espèces réactive de l'oxygène et enzymes antioxydants (Ichai *et al*, 2011).

Chapitre 4

Matériels et méthodes

Chapitre 4

Matériels et Méthodes

4.1. Présentation de la zone d'étude

Notre étude est portée sur la zone de Sidi Bel Abbès, situé au nord-ouest du pays, la willaya de Sidi Bel Abbés est délimitée comme suit :

- Nord par la willaya d'Oran ;
- Nord-ouest par la willaya d'AïnTémouchent ;
- Nord est par la willaya de Mascara ;
- Ouest par la willaya de Tlemcen ;
- Est par les willayas de Mascara et Saïda ;
- Sud par les willayas de Naama et El Bayadh ;
- Sud est par la willaya de Saïda (In Akli et Labane, 2008)

Géographiquement la willaya occupe une position centrale stratégique et s'étend sur environ 15% du territoire de la région nord-ouest du pays soit 9150.63 km², considérée comme relais par son emplacement privilégié dans la mesure où elle est traversée par les principaux axes routiers de cette partie du pays (Akli et Labane, 2008).



Figure n° 7: Situation géographique de la wilaya de Sidi Bel Abbès dans l'ouest algérien. (webmaster 5)



Figure n° 8 : Zone de prélèvement d'échantillon (en cercle rouge) (**webmaster 5**)

Le climat de la région de Sidi Bel Abbès se caractérise par une pluviométrie assez faible, n'excédant que rarement les 300 mm/an. Les pluies très irrégulières surviennent généralement en saison froide avec un maximum près de 70% du totale annuel apporté durant les saisons d'automne et d'hiver. La période sèche, assez longue dure en moyenne cinq mois et demi. Elle débute à partir de la fin du mois d'avril et s'étend jusqu'à la moitié du mois d'Octobre.

4.2. Méthodologie arrêtée

Nous avons opté pour deux types d'analyses, quantitatives et qualitatives, portées sur les substances phénoliques (notamment les polyphénols), au niveau de deux parties de l'espèce, les feuilles et les rameaux, Par ailleurs, l'activité anti-oxydante des extraits méthanoliques, éthanoliques, exanique et l'eau de nos échantillons est un second volet traité au cours de cette étude.

- **La récolte d'*Inulaviscosa***

Les feuilles et les rameaux d'*Inulaviscosa* ont été récoltés au mois de Janvier dans la région de Sidi-Bel-Abbès, au cours de la période de floraison. Les échantillons de feuilles et de rameaux sont nettoyés puis mis à sécher à température ambiante dans un endroit aéré à

l'ombre pour mieux conserver les molécules sensibles à la chaleur et à la lumière. Le broyat va constituer la matière sèche qui va servir à l'extraction.

- **Macération**

L'extraction a été faite par macération de la poudre végétale (10g) avec 3 solvants : l'hexane, le méthanol et l'éthanol (100ml pour chaque solvant), puis un filtrat avec le papier Wattman après laisser reposer pendant 24 heures. Puis un quatrième solvant (eau), où on a utilisé l'extraction à reflux dont 10g de poudre végétale plus 100 ml d'eau distillée.



Figure n° 10 : Filtration après macération des solvants (Cliché Laoussa k).

4.3. Screening phytochimique

Les tests phytochimiques ont pour but de caractériser la présence ou l'absence des constituants chimiques de la plante. Les résultats sont notés immédiatement après la fin de la réaction de l'extrait de la plante avec les différents réactifs utilisés dans les tests.

4.3.1. Test des terpénoïde

On prend 5 ml de chaque extrait dans des tubes à essais et on ajoute 2 ml de chloroforme pure (CHCl_3) et 3 ml d'acide sulfurique (H_2SO_4) 96% (goutte à goutte).

Un test positif est révélé par l'apparition d'une coloration rouge marron (**Abdul et al, 2013**), **Figure n° 12** :



Figure n° 12 : Test de screening des terpénoïdes (**Cliché Laoussa k**).

4.3.2. Test des tanins

On ajoute à un 1 ml de l'extrait, 2 ml d'eau distillée et 2 à 3 gouttes de trichlorure de fer (FeCl_3) à 1 %.

Un test positif est révélé par l'apparition d'une coloration : bleu noir, verte ou bleu verte et un précipité qui témoignent respectivement la présence des tanins catéchiques, galliques ou éllagiques(**Ramakrishna et al, 2013**) **Figure n° 13**.



Figure n° 13 : Test de screening des Tanins (**Cliché Laoussa k**).

4.3.3. Test des phénols

On traite 1 ml de l'extrait d'*Inulaviscosa* avec quelques gouttes d'acide nitrique (HNO_3) diluée à 1%. La présence des phénols est mise en évidence par l'apparition d'une couleur jaune orangée (Ramakrishna et al, 2013) Figure n° 14.

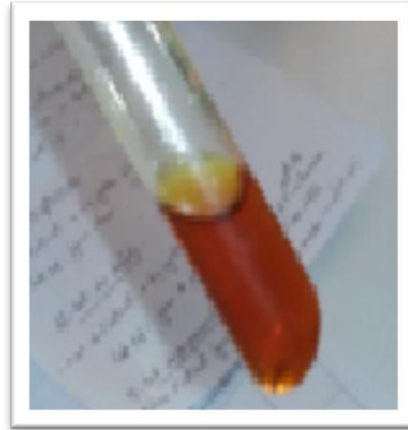


Figure n° 14 : Test de screening des Phénols (Cliché Laoussa k).

4.3.4. Test des flavonoïdes

On traite 1 ml d'extrait d'*Inulaviscosa* avec quelques gouttes de soude (NaOH) diluée à 4%. La couleur vire au jaune intense en présence de flavonoïdes (MohammadAmzad et al, 2013) Figure n° 15.



Figure n° 15 : Test de screening des Flavonoïdes (Cliché Laoussa k).

4.4. Méthode d'extraction des phénols totaux

4.4.1. Dosage des composés phénoliques

4.4.1.1. Dosage des phénols totaux

Les composés phénoliques ou polyphénols sont des métabolites secondaires caractérisés par la présence d'un cycle aromatique portant des groupements hydroxyles libres ou engagés avec un glucide. Les plus représentés sont les anthocyanes, les flavonoïdes et les tannins. Le dosage des polyphénols totaux par le réactif de Folin-Ciocalteu a été décrit en 1965 par Singleton et Rossi.

Le réactif est constitué par un mélange d'acide phosphotungstique ($H_3PW_{12}O_{40}$) et d'acide phosphomolybdique ($H_3PMo_{12}O_{40}$). Il est réduit, lors de l'oxydation des phénols, en un mélange d'oxydes bleus de tungstène et de molybdène (Ribéreau-Gayon, 1968). La coloration produite, dont l'absorption maximum est comprise entre 725 et 750 nm est proportionnelle à la quantité de polyphénols présents dans les extraits végétaux. (Boizot et Charpentier, 2006).

- **Mise en œuvre pratique**

Un volume de 200 μ l de l'extrait brut méthanolique est introduit dans des tubes à essai, le mélange (1ml du réactif de Folin-Ciocalteu dilué 10 fois et 0,8 ml de carbonate de sodium à 7.5%) est additionné. Les tubes sont agités et conservés durant 30 minutes à une température ambiante. L'absorbance est mesurée à 765 nm contre un blanc à l'aide d'un spectrophotomètre Jenway 6504 UV/VIS.

Une courbe d'étalonnage est réalisée en parallèle dans les mêmes conditions opératoires en utilisant l'acide gallique comme contrôle positif.

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

4.4.1.2. Dosage des flavonoïdes

La quantification des flavonoïdes a été effectuée par une méthode adaptée par Zhishenet *al*, (1999) avec le trichlorure d'aluminium et la soude. Le trichlorure d'aluminium

forme un complexe jaune avec les flavonoïdes et la soude forme un complexe de couleur rose absorbé dans le visible à 510 nm.

- **Mise en œuvre pratique**

500µl de l'extrait brut méthanolique des feuilles convenablement dilué sont mélangés avec 1500µl d'eau distillée, suivis de 150µl de nitrite de sodium (NaNO_2) à 5%. Après 5 min, 150µl de trichlorure d'aluminium (AlCl_3) à 10% (m/v) est rajouté au mélange. Après 6 min d'incubation à la température ambiante, 500µl d'hydroxyde de sodium (NaOH) à 4% est additionné. Immédiatement, le mélange est complètement agité afin d'homogénéiser le contenu. L'absorbance de la solution de couleur rosâtre est déterminée à 510 nm contre un blanc.

Une courbe d'étalonnage est réalisée en parallèle dans les mêmes conditions opératoires en utilisant de la catéchine comme contrôle positif.

La teneur en flavonoïdes totaux des extraits de plante étudiée est exprimée en milligramme (mg) équivalent de la catéchine par gramme de la matière végétale sèche (mg EC/g).

4.4.1.3. Dosage des tanins

Les tanins condensés sont déterminés par la méthode à la vanilline en milieu acide (**Price *et al*, 1978**).

Cette méthode est basée sur la capacité de la vanilline à réagir avec les unités des tanins condensés en présence d'acide pour produire un complexe coloré mesuré à 500 nm.

La réactivité de la vanilline avec les tanins n'implique que la première unité du polymère. Les quantités des tannins sont estimées en utilisant la méthode de vanilline décrite par **Julkunen-Titto (1985)**.

- **Mise en œuvre pratique**

Un volume de 50µl de l'extrait brut est ajouté à 1500µl de la solution vanilline/méthanol (4%, m/v), puis mélangé à l'aide d'un vortex. Ensuite, 750µl de l'acide chlorhydrique concentré (HCl) est additionné. Le mélange obtenu est laissé réagir à la

température ambiante pendant 20 min. L'absorbance est mesurée à 550 nm contre un blanc à l'aide d'un spectrophotomètre Jenway 6504 UV/VIS.

Une courbe d'étalonnage est réalisée en parallèle dans les mêmes conditions opératoires en utilisant de la catéchine comme contrôle positif.

Les résultats de la plante étudiée sont exprimés en milligramme (mg) équivalent de la catéchine par gramme de la matière végétale sèche (**mg EC/g**).

4.5. Activité anti-oxydante

C'est l'activité anti-oxydante des différents extraits d'*Inulaviscosavis* vis-à-vis du radical DPPH.

Le DPPH (1,1-Diphényl-2-picrylhydrazyl) est un radical libre stable de couleur violacée qui absorbe à 517nm. En présence de composés anti-radicalaires, le radical DPPH est réduit en changeant de couleur et en virant vers le jaune. Les absorbances mesurées à 517 nm servent à calculer le pourcentage d'inhibition du radical DPPH, qui est proportionnel au pouvoir anti radicalaire de l'échantillon.

Cette méthode est basée sur la mesure de la capacité des antioxydants à piéger le radical DPPH. L'effet de chaque extrait sur le DPPH est mesuré par la procédure décrite par **Benhammou et al, (2013)** :

On prépare pour chaque extrait six tubes, où chaque tube contient une concentration de l'extrait diluée à la moitié que celle du tube précédent, et par la même procédure on prépare le témoin (acide ascorbique). Un volume de 50µl de différentes concentrations de chaque extrait est ajouté à 1,950 ml de la solution méthanolique du DPPH (0,025 g/l) fraîchement préparée.

En ce qui concerne le contrôle négatif, il est préparé en parallèle en mélangeant 50µl du méthanol avec 1,950 ml d'une solution méthanolique de DPPH à la même concentration utilisée. Après incubation à l'obscurité pendant 30 min et à une température ambiante, la lecture des absorbances est effectuée à 515 nm à l'aide d'un spectrophotomètre.

Chapitre 5

Résultats et discussions

Résultats et discussions

5.1. Le rendement d' extraction par solvant

Le rendement d'extraction a été déterminé par la formule suivante :

$$\text{Rendement\%} = (\text{masse de résidu d' extrait} / \text{masse de la poudre végétale}) \times 100$$

Pour chaque organe, nous avons calculé le rendement de l'extraction de chaque solvant. Les résultats obtenus sont illustrés dans l'histogramme suivant (**figure n° 16**) :

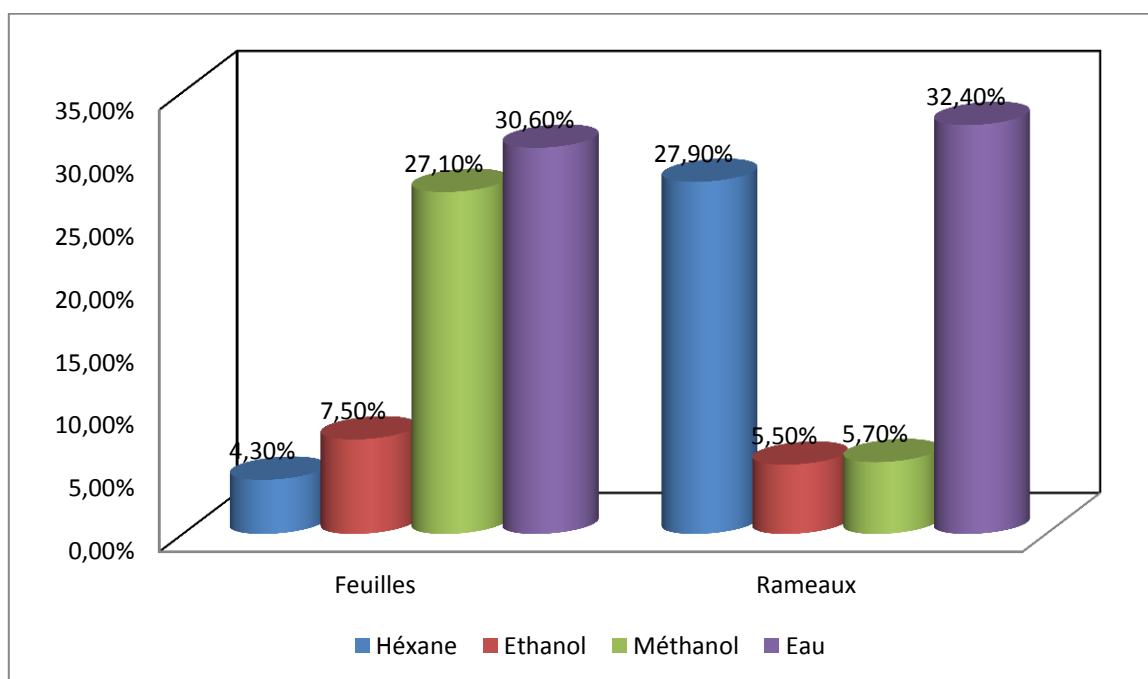


Figure n° 16 : Le rendement d' extraction en pourcentage des feuilles et des rameaux d' *Inulaviscosa*

Les rendements les plus élevés parmi les différents résultats obtenus sont ceux de l'extrait aqueux dans les deux organes étudiés de l'espèce (30,60% et 32,40%), celui du méthanol (27,10% dans les feuilles) et celui de l'hexane (27,90% dans les rameaux). Par contre, l'extrait éthanolique présente un faible rendement dans les deux organes.

Ces différences de rendement sont dues aux caractéristiques des solvants, qui sont les conséquences de la structure des molécules qui composent chaque solvant et qui déterminent son caractère polaire, son aptitude à créer des liaisons hydrogènes...etc. (Milcent, 2007).

La comparaison entre les deux organes montre que les rendements les plus importants sont enregistrés au niveau des feuilles ; grâce à la nature des tissus qui les forment et qui facilitent la pénétration et le contact des solvants avec les cellules par rapport aux rameaux qui sont riches en tissus ligneux de soutiens (Chanssany *et al.*, 2012).

5.2. Screening phytochimique

Les tests phytochimiques ont été réalisés sur différents extraits préparés à partir des feuilles et des rameaux de *Inulaviscosa*.

Le screening phytochimique nous a permis de mettre en évidence la présence des métabolites secondaires au niveau des tissus végétaux de notre plante. La détection de ces composés chimiques est basée sur des essais de réactions en donnant :

- Un précipité ;
- Une turbidité ;
- Un changement de couleur spécifique.

Selon le degré de la réaction entre nos extraits et les réactifs utilisés dans le criblage phytochimique, les résultats sont notés et présentés dans le tableau suivant :

Extrait de l'hexane		
Organes Métabolites	Feuilles	Rameaux
Terpénoïdes	+++	+++
Tanins	-	+++
Phénols	-	++
Flavonoïdes	-	+++
Extrait d'éthanol		
Organes Métabolites	Feuilles	Rameaux
Terpénoïdes	+	++
Tanins	+++	+++
Phénols	-	-
Flavonoïdes	-	+++
<Extrait du méthanol		
Organes Métabolites	Feuilles	Rameaux

Terpénoïdes	+++	+
Tanins	+++	-
Phénols	+	-
Flavonoïdes	+++	-
<Extrait aqueux		
Organes	Feuilles	Rameaux
Métabolites		
Terpénoïdes	+++	+
Tanins	+++	+++
Phénols	+++	+++
Flavonoïdes	+++	+++

Tableau n° 2 : Résultats de caractérisation des différents groupes chimiques dans les feuilles et les rameaux *d'Inulaviscosa*.

Après avoir eu les résultats du screening phytochimique, on remarque que les tests de caractérisation des groupes chimiques dans l'extrait aqueux étaient positifs pour les quatre métabolites secondaires que ce soit dans les feuilles et les rameaux

Dans l'extrait hexanique, le test des tanins, des phénols et des flavonoïdes est négatif dans les feuilles et il est positif dans les rameaux, par contre, le test des terpénoïdes est positif dans les deux extraits.

La présence des métabolites secondaires est aussi importante dans l'extrait méthanolique des feuilles et dans l'extrait éthanolique des rameaux. Elle est faible dans les rameaux de l'extrait méthanolique et les feuilles de l'extrait éthanolique sauf une faible présence de tanins et de terpénoïdes.

5.3. Résultats du dosage des composés phénoliques dans les feuilles et les rameaux *d'Inulaviscosa*

5.3.1. Les phénols totaux

L'estimation de la teneur en polyphénols totaux des différents extraits a été obtenue selon la méthode utilisant le réactif de Folin-Ciocalteu. Les résultats obtenus sont exprimés en mg équivalent d'acide gallique par gramme d'extrait (**mg GAE/g**), en utilisant l'équation de la régression linéaire de la courbe d'étalonnage tracée de l'acide gallique selon la **figure n°17**.

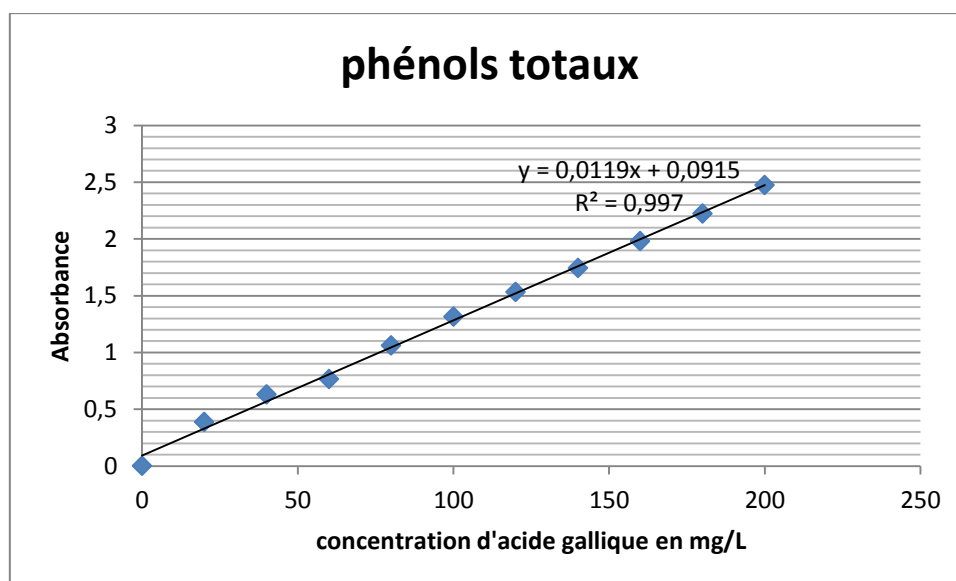


Figure n° 17 : Courbe d' étalonnage des polyphénols.

La teneur des feuilles et des rameaux en phénols totaux est rapportée dans l'histogramme suivant (**Figure n° 18**) :

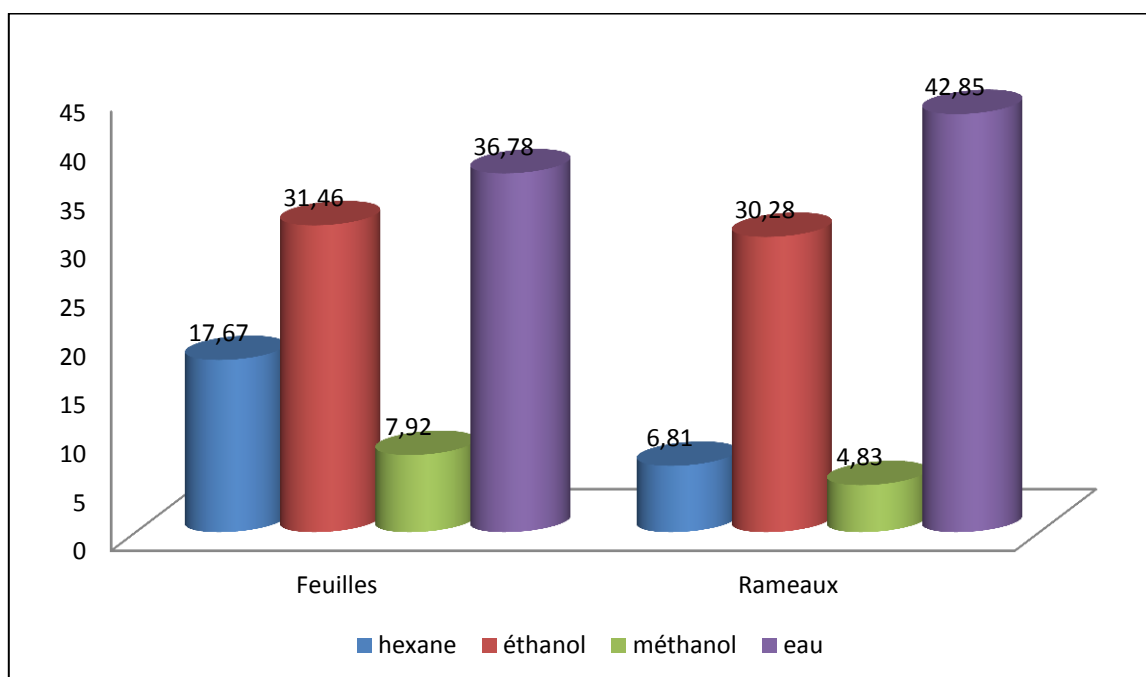


Figure n° 18 : Concentrations des polyphénols dans les feuilles et les rameaux d'*Inulaviscosa* en mg GAE /g.

Les résultats du dosage des phénols totaux dans l'extrait aqueux montrent que les deux organes renferment une plus grande proportion (**36,78±4,78 mg AGE/g** dans les feuilles et

42,85±1,05 mg AGE/g dans les rameaux), suivie par la proportion dans l'extrait éthanolique que renferment les feuilles et les rameaux (**31,45±2,35 mg AGE/g** pour les feuilles et **30,28±0,13 mg AGE/g** pour les rameaux).

Par contre, l'extrait méthanolique représente la plus faible teneur en polyphénols dans les deux organes (**7,91±0,37 mg AGE/g** pour les feuilles et **4,83±1,14 mg AGE/g** pour les rameaux), ainsi que pour l'hexane qui montre une faible teneur en phénols totaux dans les rameaux (**6,81±0,08 mg AGE/g**), cette teneur est un peu plus élevée dans les feuilles, mais reste faible par rapport aux autres extrait (**17,66±3,00 mg AGE/g**).

Au regard des résultats obtenus les concentrations les plus élevées des phénols totaux sont enregistrées au niveau de l'extrait aqueux et éthanolique des deux organes.

La concentration des polyphénols dans l'extrait d'acétate d'éthyle était plus intéressante dans les feuilles (**95.47±4.7 mg AGE/g**) par rapport aux rameaux (**73.49±2.2 mg AGE/g**) et les cônes (**61,62±5.7 mg AGE/g**).

En comparant les résultats concernant les feuilles avec ceux du travail réalisé par (**BenaïssaKeddar, 2014**) où la concentration des phénols totaux dans les feuilles était (**85,20±0,07 mg AGE/g**), on trouve que les phénols totaux ici sont moins élevés. Cette différence est peut être due à l'effet de stress climatique, argumenté par **Maziliak, 2003**.

5.3.2. Les flavonoïdes

La détermination quantitative des flavonoïdes dans les quatre extraits a été faite en fonction d'une courbe d'étalonnage linéaire (**Figure n° 19**) réalisé par une solution étalon de catéchine à différentes concentrations, d'où on a calculé la teneur en flavonoïdes des deux organes de la plante et qui est exprimée en mg équivalent de catéchine par gramme d'extrait (**mg EC/g**).

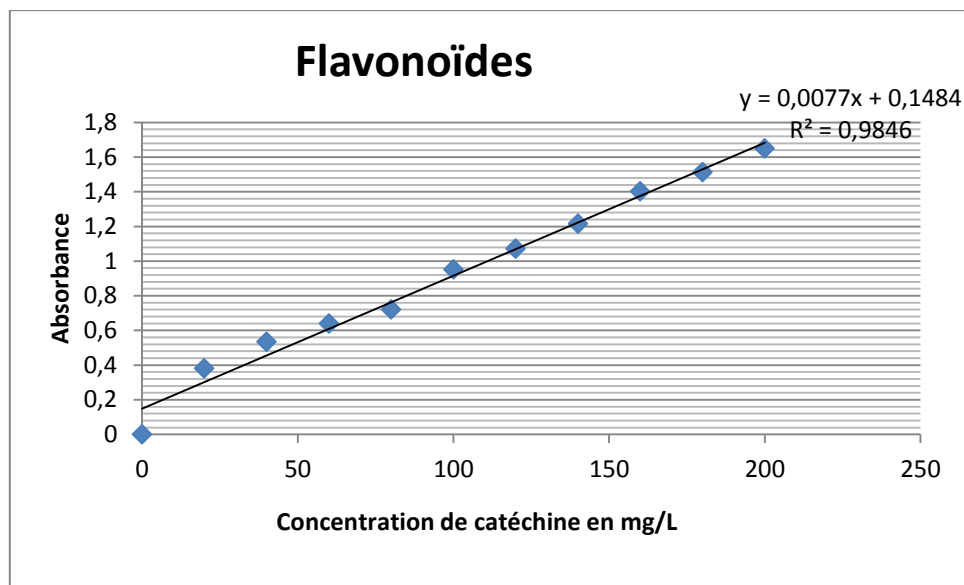


Figure n° 19 : Courbe d' étalonnage des flavonoïdes.

Les résultats obtenus sont présentés dans l'histogramme de la **Figure n° 20 :**

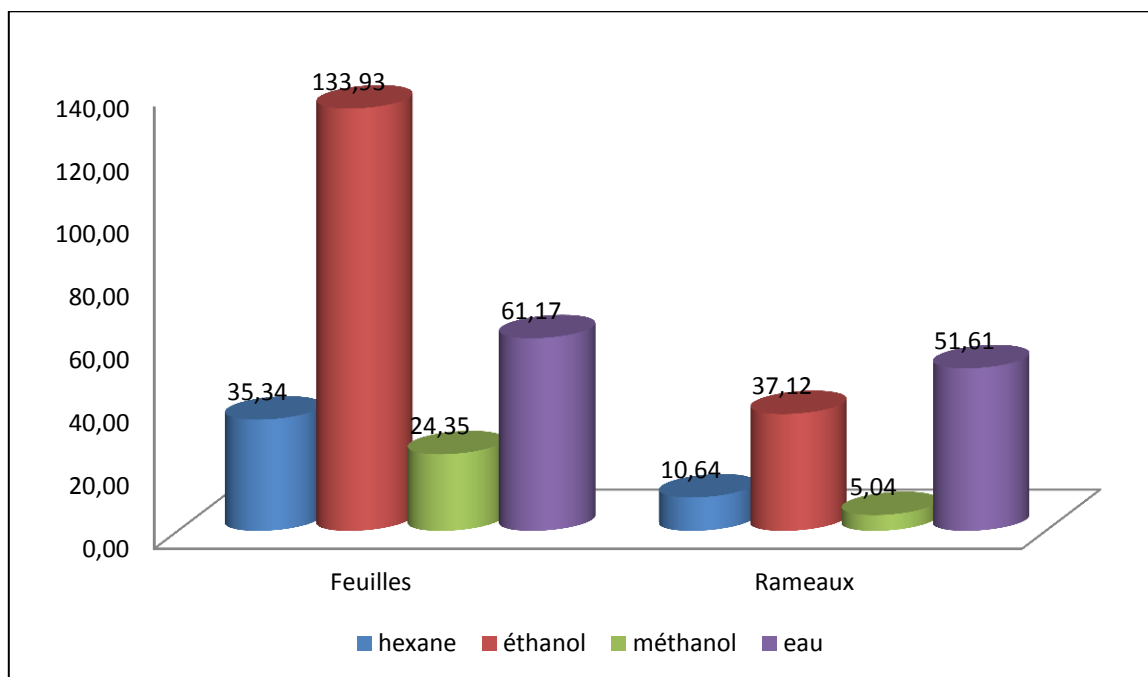


Figure n° 20 : Concentrations des flavonoïdes dans les feuilles et les rameaux *d'Inulaviscosaen* mg EC /g.

Nous constatons que l'extrait d'éthanol des feuilles renferme la teneur la plus élevée des flavonoïdes ($133,93 \pm 3,12$ mg EC/g) suivie par celle renfermée par l'extrait aqueux des feuilles ($61,17 \pm 3,96$ mg EC/g) puis celle du même extrait mais des rameaux ($51,61 \pm 12,87$

mg EC/g). On observe la concentration des flavonoïdes renfermée par l'extrait aqueux dans les rameaux est très faible (**37,12±1,09 mg EC/g**) par rapport à celle des feuilles.

Par ailleurs, les résultats obtenus des flavonoïdes renfermées par l'extrait du méthanol dans les feuilles (**24,35±1,70 mg EC/g**) et dans les rameaux (**5,04±2,13 mg EC/g**) sont très faibles. Même chose pour l'extrait de l'hexane qui représente une faible teneur surtout dans les rameaux (**10,64±0,33 mg EC/g**).

On peut dire que la moyenne de concentration des flavonoïdes contenues dans les feuilles est plus élevée que celle dans les rameaux, ce qui est justifié par les travaux de (**BenaïssaKeddar, 2014**) où on a trouvé une forte concentration des flavonoïdes dans les feuilles.

5.3.3. Les tanins condensés

La teneur des tanins condensés a été obtenue à partir d'une courbe d'étalonnage établie avec des concentrations croissantes de catéchine (**Figure n° 21**). Les résultats sont exprimés en mg équivalent de catéchine par gramme d'extrait (**mg EC/g**).

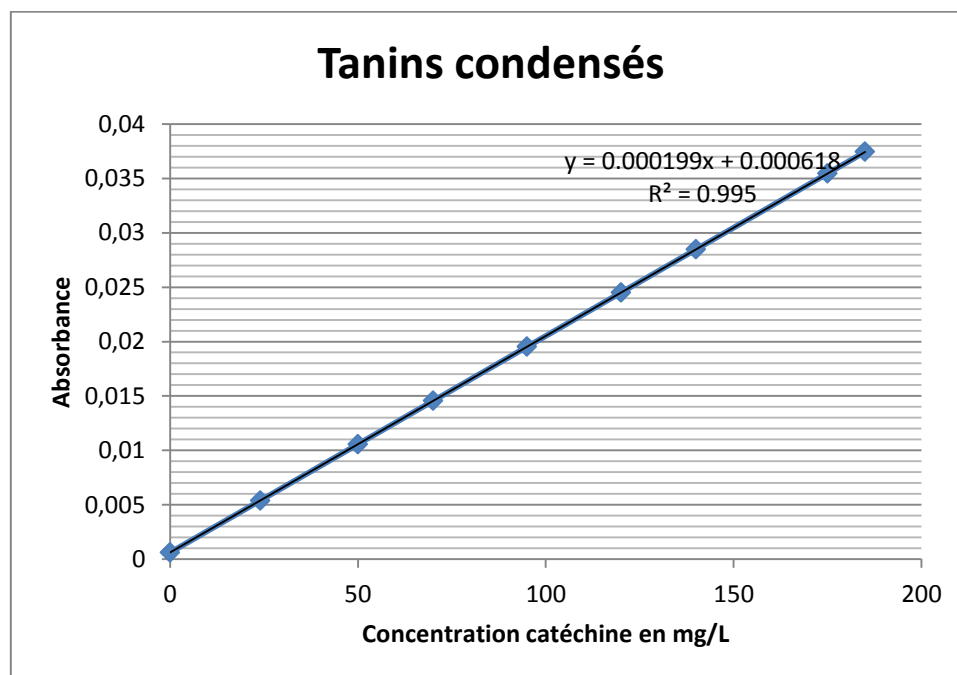


Figure n° 21 : Courbe d' étalonnage des tanins condensés.

L'histogramme ci-dessous présente les résultats obtenus (**Figure n° 22**) :

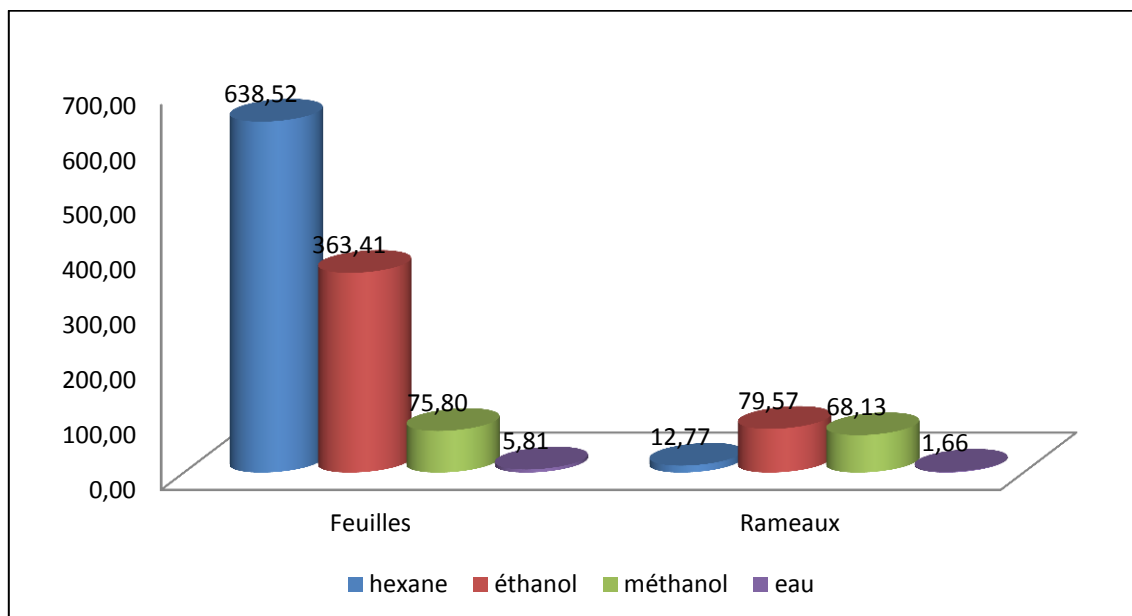


Figure n° 22 : Concentrations des tanins condensés dans les feuilles et les rameaux d'*Inulaviscosaen* mg EC /g.

La teneur en tanins condensés dans l'extrait d'hexane des feuilles est très élevée (**638,52±10,64 mg EC/g**), suivie par celle de l'extrait éthanolique du même organe (**363,41±37,12 mg EC/g**), puis celle de l'extrait méthanolique dans les feuilles (**75,80±5,04 mg EC/g**) et avec la même teneur presque de l'extrait d'éthanol (**79,57±0,68 mg EC/g**) et du méthanol (**68,13±16,24 mg EC/g**) des rameaux qui sont aussi très faibles.

La teneur en tanins condensés dans les autres extraits est très faible et presque inexistante en la comparant avec celle de l'extrait de l'hexane ; la teneur des tanins condensés est de (**5,81±0,86 mg EC/g**) pour l'extrait aqueux des feuilles. Et pour les extraits de l'hexane et de l'eau sont respectivement de l'ordre de (**12,77±0,45 mg EC/g**) et (**1,66±0,16 mg EC/g**).

On peut remarquer que les tanins condensés sont trop élevés dans les feuilles que dans les rameaux d'*Inulaviscosa*.

La quantité en phénols totaux, en flavonoïdes et en tanins condensés est variable entre les feuilles et les rameaux de notre espèce étudiée. Les feuilles et les rameaux sont riches en phénols totaux, alors que les feuilles sont particulièrement riches flavonoïdes et en tanins condensés par rapport aux rameaux qui présentent des teneurs plus ou moins faibles.

5.4. La détermination du pouvoir antioxydant

L'effet *scavenger* des extraits vis-à-vis du radical DPPH est exprimé par la concentration inhibitrice à 50% (IC₅₀) qui correspond à la concentration nécessaire pour inhiber ou réduire 50% de la concentration initiale du DPPH. Une IC₅₀ faible représente l'activité anti-radicalaire la plus élevée.

Toutes les IC₅₀ sont calculées à partir de la partie linéaire des courbes de pourcentage d'inhibition en fonction de la concentration des différents composés à tester avec un coefficient de corrélation (R₂) supérieur à 0,9.

La figure n° 23 représente les valeurs des concentrations des extraits d'*Inulaviscosa* responsables du piégeage de 50% des radicaux libres du DPPH (IC₅₀).

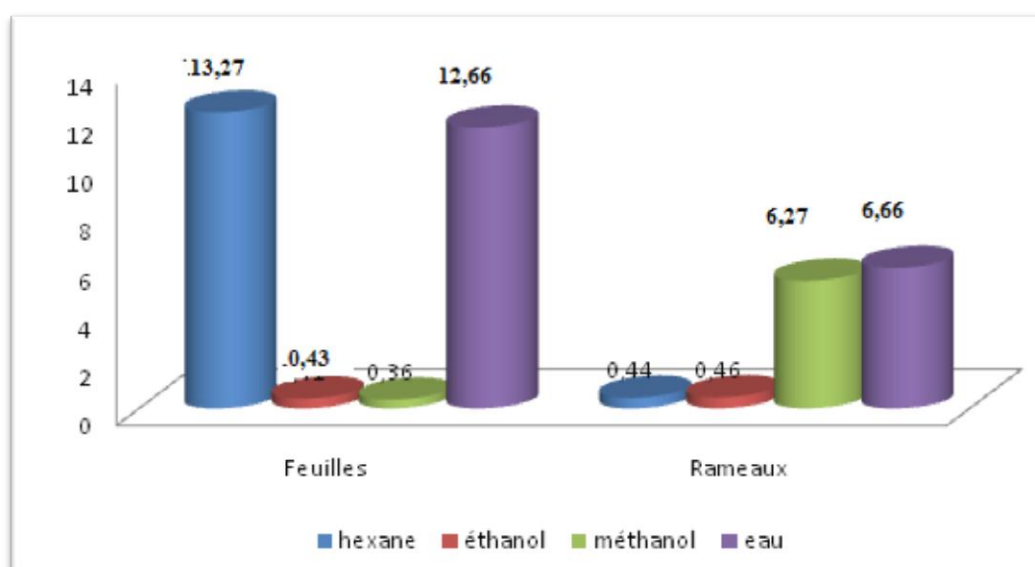


Figure n° 23 : Concentrations inhibitrices de 50% des radicaux libres du DPPH dans les extraits des feuilles et des rameaux d'*Inulaviscosa* en mg/ml.

Les valeurs d'IC₅₀ qui présentent l'extrait de l'hexane et celui de l'eau est très voisines au niveau des feuilles avec un fort pourcentage (**13,27 mg/l et 12,66 mg/l**), tandis que les valeurs de l'extrait éthanolique et méthanolique qui sont très voisine aussi présentent un faible pourcentage (**0,43 mg/l et 0,36 mg/l**).

Les valeurs d'IC₅₀ contenue dans les rameaux de l'extrait méthanolique et l'extrait aqueux est aussi voisine et moyennement forte par rapport aux concentrations des feuille

(**6,27 mg/l et 6,66 mg/l**), comme c'est le cas pour l'extrait de l'hexane et celui de l'éthanol mais qui sont très faibles (**0,44 mg/l et 0,46 mg/l**).

Nous pouvons déduire de ces résultats que les rameaux d'*Inulaviscosa* ont un pouvoir antioxydant plus élevé que les feuilles.

Conclusion

Conclusion

L'objectif de notre étude est d'étudier et comparer la teneur des deux organes d'*Inula viscosa* récoltées de la région de Sidi Bel Abbes, en composés phénoliques ainsi que l'évaluation du pouvoir antioxydant des extraits bruts de la plante.

Nos résultats ont montré que le rendement en composés phénoliques est très important au niveau des feuilles. La quantité en phénols totaux, en flavonoïdes et en tanins condensés est variable entre les différentes parties d'*Inula viscosa*. Ainsi, l'extrait aqueux des feuilles et les rameaux riches en phénols totaux (**36,78 mg AGE/g et 42,85 mg AGE/g**) par rapport aux extraits organiques, avec des concentrations très importantes et qui sont respectivement de l'ordre de (**36,78 mg AGE/g d' extrait et 42,85 mg AGE/g d' extrait**), La quantité des flavonoïdes contenus dans les feuilles est plus élevée avec (**133,93 mg EC/g**) que celle dans les rameaux. Les feuilles apparaissent trop riches en tanins condensés (**638,52 mg EC/g**) d' extrait par rapport aux rameaux qui présentent des teneurs plus ou moins faibles.

Le test de l'activité antioxydante des extraits bruts a montré que les rameaux ont un pouvoir antioxydant plus élevé avec des valeurs IC₅₀ qui sont de l'ordre de **0,44 mg/l et 0,46 mg/l**.

A la fin de cette contribution, nous pensons serait intéressant de mener d'autres études plus approfondies sur la composition chimique des polyphénols dans le but d'adopter des composés possédant un intérêt pharmaceutique.

Bibliographie

Bibliographie

Ouvrages

1. **Alarcon De La Lastra C., Lopez. A., Motilva. V., (1993)**, Gastroprotection and prostaglandin E2 generation in rats by flavonoids of *Dittrichia viscosa*. *Planta Medica*, pp 497-501.
2. **Bahorun T., (1997)**, Substances naturelles actives. La flore Mauricienne.une source d'approvisionnement potentielle. Food and Agricultural Research council Mauritius. pp 83-94.
3. **Barbetti, P., Chiappini, I., Fardella, G., Menghini., A. (1985)**, A new eudesmane acid from dittrichia (*Inula*) *viscosa*. *Planta Medica*, pp 51 : 471.
4. **Benayache. S., Banayache.F., Dendoughi.H., Jay.M. (1991)**, Les Flavonoïdes de *Inula viscosa* L. *Plantes médicinales et phytothérapie*. Tome 25, n° 4. p 170-176.
5. **Benyahia A., (2014)**, Contribution a l'étude phytochimiques et activités biologiques de deux plantes médicinales *Inula viscosa* et *Inula Montana*.
6. **Botrel A., (2007)**, Larousse des plantes médicinales : identification, préparations, soins, p 335.
7. **Boudjouref M., (2011)**, Etude de l'activité antioxydante et antimicrobienne d'extraits d'*Artemisia campestris* L. Université Ferhat Abbes, Sétif.
8. **Chevalier, (2008)**, Les plantes médicinales : remèdes, posologies, préparations, propriétés thérapeutiques et soins.228p.
9. **Decaux I., (2002)**, Phytothérapie: mode d'emploi. Ed Le Bien Public :p 6-7.
10. **Dunstan H., Florentine S. K., Calviño-Cancela M., Westbrooke M. E., Palmer G. C., (2013)**. Dietary characteristics of Emus (*Dromaius novaehollandiae*) in semi-arid New South Wales, Australia, and dispersal and germination of ingested seeds.CSIRO PUBLISHING, pp 168-176.
11. **Emerenciano V. P., Barbosa K. O., Scotti M. T, Ferriro M. J. P., (2007)**, Self organising maps in chemotaxonomic studies of Asteraceae : a classification of tribes using flavonoid data. *Journal of brazilian chemical society.*, pp 891-899.
12. **Fournier.P., (1947)**, Livre des plantes médicinales et vénéneuses de France. Ed. Le chevalier. Tome 1, pp 176-178.
13. **Gaussen.H., Leroy H. F, (1982)**, Précis de botanique, végétaux supérieurs, 2ème Ed. p 426.

14. **Ghedira k., (2005)**, Les flavonoïdes : structure, propriétés biologiques, rôle prophylactique et emplois en thérapeutique. *Phytothérapie.*, pp 162-169.
15. **Greuter W., (1988)**, International code of botanical nomenclature, International Botanical Congress 1987B
16. **Heller W., Forkmann G., (1993)**, Biosynthesis of flavonoids. Chapman and Hall, London: 499-535.
17. **Hmamouchi M., (2001)**, Les plantes médicinales et aromatiques Marocaines, 2^{ème} ed.
18. **Hopkins W. G., (2003)**, Physiologie végétale. 2ème édition américaine, de Boeck et Lancier S A, Paris: p 514.
19. **Hostettmann. K., Marston. A., (2002)**, Twenty years of research into medicinal plants: results and perspectives. *Phytochemistry reviews.*
20. **Hostettmann. K., Poterat. O., Wolfender. J-L., (1998)**, The potential of higher plants as a source of drugs. *Chimia.*
21. **Imelouane B., Amhamdi H., Wathelet J.P., Ankit M., Khedid K., El Bachiri A., (2009)**, Chemical composition of the essential oil of thyme (*Thymus vulgaris*) from Eastern Morocco. *Int. J. Agric. Biol.*, 11: pp. 205-208
22. **Iserin P., Masson M., Restellini J. P., Ybert E., De Laage De Meux A., Moulard F., Zha E., De La Roque R., De La Roque O., Vican P., Deelesalle-Feat T., Biaujeaud M., Ringuet J., Bloth J., Botrel A., (2001)**, Larousse des plantes médicinales : identification, préparation, soins. 2ème édition de VUEF, Hong Kong: 335.
23. **Karaali A., Boyacioğlu D., Günez G., Özçelik B., (2004)**, Flavonoids in fruit and vegetables : their impact on food quality, nutrition and health—STREP or CA. European commission's the 6th framework programme for research. Istanbul technical university. Turkey
24. **Koul O., Walia S., Dhaliwal G.S, (2008)**, Essential oils as green pesticides: potential and constraints. *Biopestic. Int.* 4(1): pp.63–84
25. **Kulisic T., Radonic A., katalinic V., Milos M., (2004)**, Use of different methods for the testing activity of oregano essential oil. *Food Chemistry.* pp.633-640
26. **Lauro L., Rolih C., (1990)**, Observations and reseach on an extract of *Inula viscosa* Ait. *Bool – Soc- Ital – Biol – Sper.* n°9 pp 34-66.
27. **Lauro L., Rolih. C., (1990)**, Observation an research on an extract of *Inula viscosa*. *Bollettino, Societa Italiana Biological Sperimentable* pp 829-834.
28. **Lesley B., (1996)**, Plantes médicinales et aromatiques, Ed. Lavoisier. Paris. pp. 58-61

29. **Lo Cantore P., Iacobellis N.S., De Marco A., Capasso F., Senatore F., (2004)**, Antibacterial activity of *Coriandrum sativum* L. and *Foeniculum vulgare* Miller var. *vulgare* (Miller).
30. **Macheix J. J., Fleuriet A., Jay-Allemand C., (2005)**, Les composés phénoliques des végétaux un exemple de métabolites secondaires d'importance économique. Ed Presses polytechnologiques et universitaires romandes. p 4-5.
31. **Malešev D., Kuntić V., (2007)**, Investigation of metal-flavonoid chelates and the determination of flavonoids via metal-flavonoid complexing reactions. Journal of the serbian chemical society, pp 921-939
32. **Medić-Šarić M., Jasprica I., Smolčić-Bubalo A., Monar A., (2004)**, Optimisation of chromatography of flavonoids and phenolic acids. CROATICA CHEMICA ACTA CCACAA., pp 361-366.
33. **Nijveldt R. J., Van Nood E., Van Hoorn D. E. C., Boelens P. G., Van Norren K., Van Leeuwen P. A. M. (2001)**. Flavonoids : a review of probable mechanisms of action and potential applications. American journal of clinical nutrition, pp 418-425.
34. **Öksüz. S., (1976)**, Taraxasterol oetate from *Inula viscosa*. *Planta medica* vol 29 pp 343-345.
35. **Palomo N., (2011)**, La gestion des plantes médicinales chez les communautés autochtones Nahuas de la Huasteca Potosina, Mexique. Université de Montréal Nadja Palomo Contreras.
36. **Pelt J. M., (1980)**, Les drogues, leur histoire et leurs effets. Édition Doin, Paris: 221.
37. **Piquemal G., (2008)**, Les flavonoïdes.
38. **Reeb C., (Octobre 2010)**, Abeilles & Fleurs N° 720.
39. **Roulier G., (1990)**, Traité pratique d'aromathérapie, propriétés et indications thérapeutiques des Essences de plantes. Ed. Dangles. pp 64-65.
40. **Sarni-Manchado P., Veronique C., (2006)**, Les polyphénols en agroalimentaires. Collection sciences et techniques agroalimentaires, édition TEC et DOC, Paris (France): 398.
41. **Tounsi L., (2001)**, étude « in vitro » de l'effet antibactérien et antifongique de : *Inula viscosa* – *Lawsonia inermis* – *Asphodelus microcarpus* – *Aloe vera* – *Juniperus oxycedrus*. Université de Constantine.
42. **Ulubelen A., Goun S., (1986)**, Sesquiterpene acids from *Inula viscosa*, *Phytochemistry*. vol 26 n° 4, pp 1223-1224.

43. **Urquiaga I., Leighton F., (2000)**, Plant polyphenol antioxidants and oxidative stress. Biological Research., pp 55-64.
44. **W. Erdman J., Balentine J. D., Arab L., Beecher G., Dwyer J. T., Folts J., Harnly., Hollman J. P., L-Keen C., . Mazza G., Messina M., Scalbert A., Vita J., Williamson G. et Burrowes J., (2007)**, Flavonoids and heart health : Proceeding of the ILSI North America flavonoids workshop, Washington. Journal of Nutrition., p 137.
45. **Wichtl M., Anton R., (2009)**, Plantes thérapeutiques tradition, pratique officinale, science et thérapeutique. Édition Lavoisier, Paris: 38, 41.
46. **Yaniv, Z., Dafni, A., Friedman, J., Palevitch, D, (1987)**, Plants used for treatment of diabetes in Israel. Journal of Ethnopharmacology pp 19, 145-151.

Thèses

1. **Benaïssa Keddar Y., (2014)**, Contribution à l'étude phytochimique des feuilles et des racines d'*Inula viscosa* de la région de Aïn Temouchent (Ouest algérien), mémoire de master, Université Djillali Liabes, Sidi Bel Abbes.
2. **Benchohra A., (2008)**. Valorisation de l'Inule visqueuse (*Inula viscosa*) dans la wilaya de sidi bel abbés. Mémoire de mgister. Université de Djilali Liabes.
3. **Benghanou M., (2012)**. La phytothérapie entre la confiance et méfiance. Mémoire professionnel infirmier de la sante publique, institut de formation paramédical CHETTIA(Alger): 56.
4. **Chari. Z. (1999)**, Effets cicatrisants de *Inula viscosa* sur les brûlures expérimentales chez le lapin. Thèse de Magister. Université de Constantine.
5. **Diallo A. D. (2005)**. Etude des plantes médicinales de niafunke (region Tombouctou) Photochimie et pharmacologie de *Maerua crassifolia* Forsk. (Capparidacée).Thèse de Doctorat. Université de Bamako. p125.
6. **Kansole M, (2009)**, Etude Ethnobotanique, phytochimique et atcivités biologiques de quelques lamiaceae du Burkinafaso : cas de leucas *Martinicensis* (Jacquin) R. Brown, *Hoslundia Opposita* Vahl et *Orthosiphon Pallidus* Royle ex Benth. Mémoire de Diplôme d'Etudes Approfondies.
7. **Lucchesi M. E., (2005)**. Extraction sans solvant assistée par micro-ondes conception et application à l'extraction des huiles essentielles. Thèse de doctorat. Université de La Réunion, 72p.

8. **Mohammedi Z., (2005)**, Etude du pouvoir antimicrobien et antioxydant des huiles essentielles et flavonoïdes de quelques plantes de la région du Tlemcen, Thèse de magistère, Université Abou Bakr Belkaid - Telemcen

Revues

1. **Atanasova M., Ribarova F. (Avril 2009)**, Phénols et flavonoïdes totaux dans les extraits secs des feuilles des bouleaux argentés bulgares (*Betula pendula*), Revue de génie industriel.

Sites internet

1. **Webmaster 1** : www.telabotanica.org, consulté le 14/04/2016.
2. **Webmaster 2** : commons.m.wikimedia.org/wiki/, consulté le 14/04/2016.
3. **Webmaster 3** : nature.jardin.free.fr/vivace/ft_inula_viscosa.html,
consulté le 15/04/2016
4. **Webmaster 4** : <https://fr.wikipedia.org/wiki/Flavono%C3%AFde>,
consulté le 30/04/2016
5. **Webmaster 5** : <https://www.google.fr/maps/place/Sidi+Bel+Abbès+22000,+Algérie/>,
consulté le 15/06/2016