

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



N° Ref

Centre Universitaire

Abd Elhafid Boussouf Mila

Institut des Sciences et de la Technologie

Département des Sciences de la Nature et de la Vie

Mémoire préparé En vue de l'obtention du diplôme de Master

En domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences biologiques Spécialité : Biochimie appliquée

Thème :

***Etude des activités biologiques d'une plante
médicinale***

Présentée par :

- BOUDEN Omar
- GUERRAICHE Yahia

Soutenue devant le jury:

Président : Dr. BOUTELLAA Saber	MCB	Centre Universitaire de Mila
Examineur : Dr. BOUBENDIR Abdelhafid	MCA	Centre Universitaire de Mila
Promotrice : Dr. BOUCHEKRIT Moufida	MCB	Centre Universitaire de Mila

Année Universitaire : 2019/2020

REMERCIEMENT

Avant tout, on remercie

Allah de nous avoir donné la volonté afin qu'on puisse compléter ce travail.

On tient tout d'abord à remercier notre promotrice

De mémoire, Dr BOUCHEKRIT Moufida d'avoir acceptée d'encadrer ce travail, on n'oubliera jamais ses qualités humaines et scientifiques.

Qu'elle trouve ici le témoignage de notre reconnaissance et profond respect.

On remercie également notre jury de soutenance d'avoir accepté de juger ce travail, Dr. BOUBENDIR Abdelhafid et Dr. BOUTELLAA Saber qui sont des enseignants chercheurs au Centre Universitaire BOUSSOUF Abdelhafid, Mila

On vous remercie infiniment

On remercie également

Tous nos enseignants du Centre Universitaire de Mila pour leur présence, leur aide et leurs conseils au cours de notre formation.

A tous et à toutes, un grand merci et une reconnaissance infinie.

Dédicaces

A l'aide de dieu "ALLAH" tout puissant

Qui m'a tracé le chemin de ma vie

J'ai pu réaliser ce travail.

*Que je dédie : à ma famille spécialement aux personnes les plus chères au monde .mon père **ABD ERRAZAK** et ma mère **samira**, qui sont la lumière de mes yeux, l'ombre de mes pas et le bonheur de ma vie. qui m'ont apporté son appui durant toutes mes années d'études, pour ses sacrifices et soutien et qui m'ont donné la tendresse, la confiance, le courage et la sécurité.*

*A mes deux chers frères : **ISLAM** et **AKRAM**.*

*A mes deux chères sœurs : **ABIR** et **MANAR**.*

*À ma chère fiancée **KHOULOU**.*

À mon grand-père et ma grand-mère pour leur soutien.

À mes seconds pères, mes oncles pour les conseils et l'orientation.

À mes chères tantes Pour leur amour et leur affection.

*A mon binôme **Yahia**.*

*A tous mes amis surtout **YASSER**, **NAFAA** ET **ZAKI** pour leur intérêt.*

*À tous les employés de la pharmacie **K.RIAD** surtout mes collègues **ADEL** et **TAKI**.*

A mes collègues d'étude et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour que ce travail soit possible.

OMAR

Dédicaces

Je dédie ce Modest travail

À celle qui ma éclaire le chemin de la vie, et ma comble d'amour, d'affection de l'encouragement pour que je devienne ce que je suis aujourd'hui, A celle qui m'a donné la vie, le symbole de tendresse ;

*Ma mère ; **LEILA.***

Que dieu la protège et lui donne longue vie.

*A l'âme de mon père ; **AMOR**, école de mon enfance, qui avait toujours souhaite ma réussite, et qui a veillé tout au*

Long de ma vie à m'encourager, à me donner l'aide et à me protégé, que dieu domicile le paradis.

*A ma grande mère ; **KHDIJA** que dieu la garde pour nous.*

*A mes chers frères ; **AHMED, ABD ESSAMED et AYOUB.***

*A mes adorables sœurs **ASMA et HIBA.***

*A mon cher binôme **OMAR.***

*A mes amies **ISKENDER, RACHID, AISSAM et YASSER.***

A toute la promotion de 2ème années master biochimie 2020.

A tous ceux qui me sont chères. A tous ceux qui

M'aime.

A tous ceux que j'aime.

A Tous ceux qui m'ont connu, aimés apprécies, Encouragés, aidés du près ou du loin pendant tous

Mon cursus.

Yahia

Tables de Matières

Résumé.....	I
Liste des figures	IV
Liste des tableaux.....	V
Abréviation.....	VI
Introduction générale	1

Chapitre I : famille des fabacées et le genre *Genista*

1. Introduction	3
2. Famille des Fabacées.....	3
2.1. Position systématique de la famille des Fabacées.....	3
2.2. Répartition géographique.....	4
2.3. Description botanique	4
2.4. Importance économique des Fabacées.....	7
2.5. Plantes médicinales et utilisation thérapeutique	7
2.6. Toxicité de certaines Fabacées.....	9
3. Genre <i>Genista</i>	10
3.1. Généralités	10
3.2. Distribution du genre	10
3.3. Systématique du genre	10
3.4. Utilisation en médecine traditionnelle	11

Chapitre II : métabolites secondaires

1. Introduction	13
2. Principaux métabolites secondaires du genre <i>Genista</i>	13
2.1. Polyphénols.....	17
2.1.1. Acides phénoliques.....	17

2.1.1.1.	Acides hydroxybenzoïques	18
2.1.1.2	Acides hydroxycinnamiques.....	19
2.1.2.	Stilbènes	19
2.1.3.	Lignines (C6-C3) _n	20
2.1.4.	Lignanes (C6-C3) ₂	20
2.1.5.	Coumarines	21
2.1.6.	Flavonoïdes et isoflavonoïdes	21
2.1.6.1.	Flavonoïdes	21
2.1.6.2.	Isoflavonoïdes	23
2.1.6.3.	Propriétés structurales et classification	24
2.1.7.	Tanins	25
2.1.7.1.	Tanins condensés (flavan-3-ols).....	25
2.1.7.2.	Tanins hydrolysables.....	26
2.2.	Composés Triterpéniques	27
2.2.1.	Saponines.....	28
2.2.1.1.	Propriétés structurales et classification	28
2.2.1.2.	Voie de biosynthèse des Saponines.....	29
2.2.1.3.	Génines Triterpéniques	29
2.2.1.4.	Génines Stéroïdiques.....	30
2.2.1.5.	Sucres	31
2.2.1.6.	Acides organiques	31
2.3.	Alcaloïdes	32
2.3.1.	Classement des alcaloïdes d'après leurs origines biosynthétiques.....	32
2.3.2.	Classement des alcaloïdes d'après leur structure chimique.....	33

Chapitre III : Activités biologiques des Métabolites secondaires

1.	Introduction	35
----	--------------------	----

2.	Activités biologiques des polyphénols	35
2.1.	Activités biologiques des acides phénoliques.....	36
2.2.	Activités biologiques des stilbènes	36
2.3.	Activités biologiques des flavonoïdes	36
2.3.1.	Activité antibactérienne	36
2.3.2.	Activité antivirale	36
2.3.3.	Activité antiallergique	36
2.3.4.	Activité antiulcéreuse	37
2.3.5.	Activité antioxydante.....	37
2.3.6.	Activité cardiovasculaire	37
2.3.7.	Activité anticancéreuse.....	38
2.3.8.	Activité anti-inflammatoire	38
2.3.9.	Autres activités biologiques.....	38
2.4.	Activités biologiques des tanins	38
2.4.1.	Activité antioxydante.....	38
2.4.2.	Inhibition enzymatique	38
2.4.3.	Activité anti-diarrhéique.....	39
2.4.4.	Activité antimicrobienne	39
2.4.5.	Activité antivirale	39
2.5.	Activités biologiques des lignines	39
2.6.	Activités biologiques des coumarines.....	39
3.	Activités biologiques des composés tri-terpéniques	39
3.1.	Activités biologiques des saponines	40
3.1.1.	Activité hémolytique	40
3.1.2.	Activité sur la membrane plasmique	40
3.1.3.	Activité anti-inflammatoire	41
3.1.4.	Activité cytotoxique et anti-tumorale.....	41

3.1.5. Activité immunomodulatrice	41
4. Activités biologiques des alcaloïdes	41

Chapitre IV : Travaux antérieurs des espèces du genre *Genista*

1. Travaux antérieurs des espèces du genre <i>Genista</i>	43
Conclusion et perspectives	57
Liste des références	60
Annexes	72

الملخص

يهدف هذا العمل لدراسة ببيوغرافية عن جنس جينيسطا الذي ينتمي إلى عائلة البقوليات والذي ينمو بشكل رئيسي في حوض البحر الأبيض المتوسط، في أوروبا وشمال إفريقيا. ولقد تمت دراسة هذا الجنس على نطاق واسع من قبل الباحثين والعلماء الذين أظهروا غناء في المستقلبات الثانوية النشطة بيولوجياً، إما بتركيز عالٍ أو بكميات ضئيلة. من بين الجزيئات النشطة بيولوجياً البوليفينول مثل الأحماض الفينولية والفلافونويد والكومارين ومركبات ثلاثي تيريين والقلويدات. يعد التنوع الكبير وكذلك النسبة العالية للمركبات النشطة بيولوجياً المسجلة في جنس الجينيسطا هو الأساس لوجود العديد من الأنشطة البيولوجية، من بينها نشاط مضاد للأكسدة، مضاد للالتهابات، مضاد للميكروبات ومضاد لتحلل الدم. أكدت النتائج التي تم الحصول عليها من خلال العديد من الدراسات استخدام النباتات التي تنتمي إلى هذا الجنس في الطب التقليدي، وكذلك جعلها مهمة جداً اقتصادياً وتستعمل على نطاق واسع في طب الأعشاب.

الكلمات المفتاحية: الجينيسطا، البقوليات، النشاطات البيولوجية، المستقلبات الثانوية

Résumé

Ce travail est consacré à une étude bibliographique sur le genre *Genista*, appartenant à la famille des Fabacées et qui pousse essentiellement dans le bassin méditerranéen, en Europe et en Afrique du Nord. D'après la littérature, ce genre est très étudié par les chercheurs et les scientifiques qui ont montré sa richesse en métabolites secondaires bioactifs, soit en concentration élevée ou sous forme de traces. Parmi les molécules bioactives, on trouve les polyphénols tels que les acides phénoliques, les flavonoïdes et les coumarines, les composés tri-terpéniques et les alcaloïdes. La grande diversité ainsi que le taux élevé des composés biologiquement actifs enregistré dans le genre *Genista* est à la base de la présence de plusieurs activités biologique, entre autres l'activité antioxydante, anti-inflammatoire, antimicrobienne et anti-hémolytique. Les résultats obtenus par de nombreuses études ont confirmé l'utilisation des plantes contenants dans ce genre en médecine traditionnelle, et les rendent très importantes économiquement et largement utilisées en phytothérapie.

Mots clés : *Genista*, Fabacées, activités biologiques, métabolites secondaires.

Abstract

This work is devoted to a bibliographical study on the *Genista* genus, belonging to the Fabaceae family and which grows mainly in the Mediterranean basin, in Europe and in North Africa. According to the literature, this genus is widely studied by researchers and scientists who have shown its richness in bioactive secondary metabolites, either in high concentration or in trace amounts. Among the bioactive molecules are polyphenols such as phenolic acids, flavonoids and coumarins, tri-terpene compounds and alkaloids. The great diversity as well as the high level of biologically active compounds recorded in *Genista* genus is the basis for the presence of several biological activities, among others antioxidant, anti-inflammatory, antimicrobial and anti-hemolytic activity. The results obtained by numerous studies have confirmed the use of containing plants in this genus in traditional medicine, and make them very important economically and widely used in herbal medicine.

Key words: Génista, Fabaceae, biological activities, secondary metabolites

Liste des figures

Figure 1: Carte géographique de la répartition de la famille des Fabacées.....	4
Figure 2: Feuille composée des Fabacées. Evolutions et variations autour de la feuille imparipennée typique de la famille	5
Figure 3: Fleur des Fabacée.....	5
Figure 4: Fruit des Fabacées	6
Figure 5: Structure chimique du phénol	17
Figure 6: Structure chimique des acides hydroxybenzoïques	18
Figure 7: Structures chimiques de l'acide hydroxycinnamique	19
Figure 8: Structure chimique des stilbènes.....	20
Figure 9: Structure chimique des lignanes.	20
Figure 10: Structure chimique des coumarines.	21
Figure 11: Squelette de base des flavonoïdes.....	21
Figure 12: Voies de la biosynthèse des flavonoïdes.....	22
Figure 13: Structure des flavonoïdes (aglycones) et position des principaux substituants.	25
Figure 14: Structures des flavanes-3-ols présents dans les tanins condensés.	26
Figure 14: Structure générale des tanins hydrolysables.	27
Figure 16: Différentes classes des triterpénoïdes.	28
Figure 17: Structure du 2,3-époxydosqualène.....	29
Figure 18: Exemples de génines triterpéniques.....	30
Figure 19: Principaux squelettes stéroïdiques	30
Figure 20: Les différents acides organiques rencontrés dans les saponosides.	31
Figure 21: Rôle des polyphénols chez l'homme.	35

Liste des tableaux

Tableau 1: quelques métabolites secondaires isolés à partir des plantes du genre <i>Genista</i>	14
Tableau 2: principales classes des polyphénols	18
Tableau 3: Quelques flavonoïdes et isoflavonoïdes isolés de différentes espèces du genre <i>Genista</i>	23
Tableau 4 : : résumé des études antérieures réalisées sur des espèces du genre <i>genista</i>	51

Abréviations

ABTS : L'acide 2,2'-azino-bis(3-éthylbenzothiazoline-6-sulphonique).

APG: Angiosperm Phylogeny Group.

ATCC: American Type Culture Collection.

BHA: beta hydroxy acid.

BHT: hydroxytoluene butyle.

Ca⁺² : Calcium ion.

¹³C : Carbon-13.

CCM : Chromatographie couche mince.

CMB : Concentration minimale bactéricide.

CMF : Concentration minimale fongique.

CMI: concentration minimale d'inhibition.

COLOC: correlation via long range coupling.

COSY 1H-1H: correlation Spectroscopy.

COX: cyclooxygénase.

CUPRAC: cupric-reducing antioxidant capacity.

DPPH: 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl.

ER: Estrogen receptor.

ERO : espèces réactives de l'oxygène.

ESI-MS: Electrospray ionization mass spectrometry.

FAB: Fast atom bombardment.

FRAP: Fluorescence recovery after photobleaching.

H₂O₂: Peroxyde d'hydrogène.

HIV: Human Immunodeficiency Virus.

HMBC: Heteronuclear Multiple Bond Correlation.

HPLC-MS: high performance Liquid chromatography–mass spectrometry.

HSQC: Heteronuclear single quantum coherence spectroscopy.

IC₅₀: inhibitory concentration 50%.

IE : impact électronique.

K⁺ : ion potassium.

L'AMPc : Adénosine monophosphate cyclique.

LDL: Low Density Lipoproteins.

NCTC: National Collection of Type Cultures.

ORAC: acronyme pour Oxygen Radical Absorbance Capacity.

PAF: Platelet Activating Factor.

RMN 1D : résonance magnétique nucléaire a une seule dimension.

RMN 1H : Résonance Magnétique Nucléaire 1H.

RMN 2D : résonance magnétique nucléaire a une seule dimension.

RMN: résonance magnétique nucléaire.

ROESY: Rotating frame Overhauser Effect Spectroscopy.

RSKK : Refik Saydam National Type Culture Collection.

SIDA : Syndrome d'immunodéficience acquise.

TEAC: Trolox equivalent antioxidant capacity.

TOCSY : Total Correlated Spectroscopy.

UV-visible : ultraviolet-visible.



Introduction general

Introduction générale

Depuis la nuit des temps, l'homme utilise des plantes, d'abord pour se nourrir, puis pour se soigner. Après de nombreux tâtonnements successifs au cours des siècles, une première distinction a pu être faite entre plantes comestibles et toxiques. Au cours du temps, d'autres constatations ont permis de sélectionner des plantes pour soigner des maladies précises comme la grippe et celles liées au tube digestif. Les connaissances empiriques accumulées ont facilité aux différentes civilisations de prendre les plantes comme source essentielle de médicaments. Jusqu'au début du XX^{ème} siècle, presque tous les médicaments étaient d'origine végétale (**Mekkiou, 2005**).

La flore Algérienne avec ses 3000 espèces appartenant à plusieurs familles botaniques dont 15% endémiques (**Öksüz et Topcu, 1987**) reste très peu explorée tant sur les plans phytochimique que pharmacologique. En effet, l'immense intérêt que suscite actuellement l'emploi des plantes médicinales pour combattre diverses maladies pour préserver la santé de l'être humain, ainsi que la connaissance de leur composition chimique et la détermination de leurs activités biologiques revêtent une importance capitale car leurs propriétés médicinales sont sûrement dues aux substances bioactives qu'elles renferment.

Le genre *Genista* (Fabaceae), riche en polyphénols, constitue un immense réservoir de nouveaux métabolites secondaires bioactifs. En Algérie, le genre *Genista* est représenté par 23 espèces dont 11 endémiques réparties notamment dans le nord du pays. Certaines espèces de *Genista* sont utilisés comme décoctions et infusions pour le traitement du diabète, la goutte et les rhumatismes (**Sentkowska et al., 2016**). Du point de vue de la composition chimique, les membres de ce genre sont des producteurs de flavonoïdes et d'alcaloïdes connus pour présenter diverses propriétés biologiques telles que l'activité hypoglycémiante, anti-inflammatoire, antiulcéreuse, spasmolytique, antioxydant, oestrogénique et cytotoxique contre différentes lignées cellulaires cancéreuses humaines (**Boutaghane et al., 2019**).

Le présent travail s'insère dans le cadre d'une recherche bibliographiques sur les molécules bioactives contenu dans le genre *Genista*, ainsi leur divers effet biologique essentiellement sur la santé humaine, Aussi la réalisation d'une recherche sur les travaux antérieurs effectuée sur nombreuse espèces du genre *Genista* concernant l'évaluation des activités biologiques de ces derniers.

Ce manuscrit sera divisé en quatre chapitres, dont le premier contient une description botanique de la famille des Fabacées et le genre *Génista*, alors que le deuxième parle des

métabolites secondaires qui y trouvent. Dans le troisième chapitre, une étude bibliographique sur les différentes activités biologiques des substances bioactives sera développée, cependant le quatrième chapitre représentera une synthèse bibliographique sur les travaux réalisés par différents chercheurs en utilisant les espèces de ce genre.

- Une recherche bibliographique comprenant une description botanique de la famille, et du Genre de plante à étudier.
- La détermination des métabolites secondaires de celle-ci.
- Les différentes activités biologiques des substances bioactives trouvées.
- Une étude bibliographique sur les travaux antérieurs sur des espèces de genre *Genista* qu'ils agissent d'une étude phytochimique et évaluations des activités biologiques.

Chapitre I

Famille des Fabacées et le genre
Genista

1. Introduction

Le genre *Genista* appartient à une famille de plantes appelée « Fabacées » qui regroupe toutes les plantes dicotylédones. Dans cette grande famille, on va étudier le genre *Genista* qui a de nombreuses propriétés biologique et économique importantes.

2. Famille des Fabacées

La grande famille des Fabacées (de *Faba* = la fève), s'appelle aussi famille des Légumineuses puisque leurs fruits se nomment gousses ou légumes. Elles constituent une des plus grandes familles des plantes à fleurs, avec plus de 730 genres et 19400 espèces, réparties aussi bien en milieu tempéré que tropical (**Wojciechowski et al., 2004**). Les formes arborescentes prédominent dans les pays chauds, alors que les formes herbacées se trouvent dans les régions tempérées (**Dupont et al., 2007**).

Au fait, la prédilection des plantes de cette famille pour les habitats arides ou semi-arides est reliée à leur métabolisme dépendant de l'azote, qui est considéré comme une adaptation aux variations climatiques et imprévisibles de l'habitat. La fixation de l'azote via la symbiose légumineuses-*Rhizobium* permet aux plantes de cette famille d'obtenir des taux élevés en azote ammoniacal au niveau de leurs racines en fonction de la demande de leur métabolisme (**Wojciechowski et al., 2004**).

Cette famille est composée de variétés horticoles, dont beaucoup d'espèces sont récoltées dans un but alimentaire, tant pour l'alimentation humaine (haricot, pois, fève, soja) qu'animale (trèfle, luzerne, sainfoin). Elle est utilisée pour ses huiles (arachide, soja), ses fibres et bois comme combustible, ainsi que son utilisation en médecine (spartéine extraite du genêt à balais, réglisse) ou en chimie (**Wojciechowski et al., 2004**).

2.1. Position systématique de la famille des Fabacées

Selon l'Angiosperm Phylogeny Group III (2009) (APG), les Fabacées peuvent être réparties en 4 sous-familles : les Bauhinoïdes, Caesalpinoideae, les Mimosoideae et les Papilionoideae ou Faboïdeae. Cette dernière constitue la plus grande sous-famille des Fabacées avec 28 tribus, 478 genres et environ 13800 espèces dont 97% parmi les espèces testées sont nodulées (**De Faria et al., 1989**). Les membres des Faboïdeae sont principalement des herbacées.

2.2. Répartition géographique

La famille est particulièrement concentrée dans les régions subtropicales et tempérées chaudes (Fig. 01) comme l'Afrique du sud ou sur le pourtour méditerranéen. Les régions tropicales abritent essentiellement des espèces ligneuses, tandis que les régions tempérées regorgent des espèces herbacées (Djeghim, 2016).



Figure 1: Carte géographique de la répartition de la famille des Fabacées (Heywood, 1996).

2.3. Description botanique

Les plantes de cette famille sont herbacées, arbustes, arbres ou plantes grimpantes à lianes volubiles ou à vrilles. Elles possèdent un métabolisme azoté élevé et renferment des acides aminés non protéogéniques. Aussi, elles sont souvent constituées de nodules racinaires contenant des bactéries fixatrices d'azote, *Rhizobium*. Dans de nombreux cas, elles sont constituées d'alcaloïdes, parfois de composés cyanogénétiques. La longueur des poils est variable et les feuilles sont généralement alternes, composées pennées (ou bipennées) à composés palmées, trifoliolées ou unifoliolées (Fig. 02). Les folioles sont parfois transformées en vrilles. Ces plantes sont constituées de renflements moteurs à la base de la feuille et des folioles bien développées, produisant généralement des mouvements de veille et de sommeil. Les stipules sont présentes, minuscules à foliacées, et parfois transformées en épines. (Spichiger *et al.*, 2002)

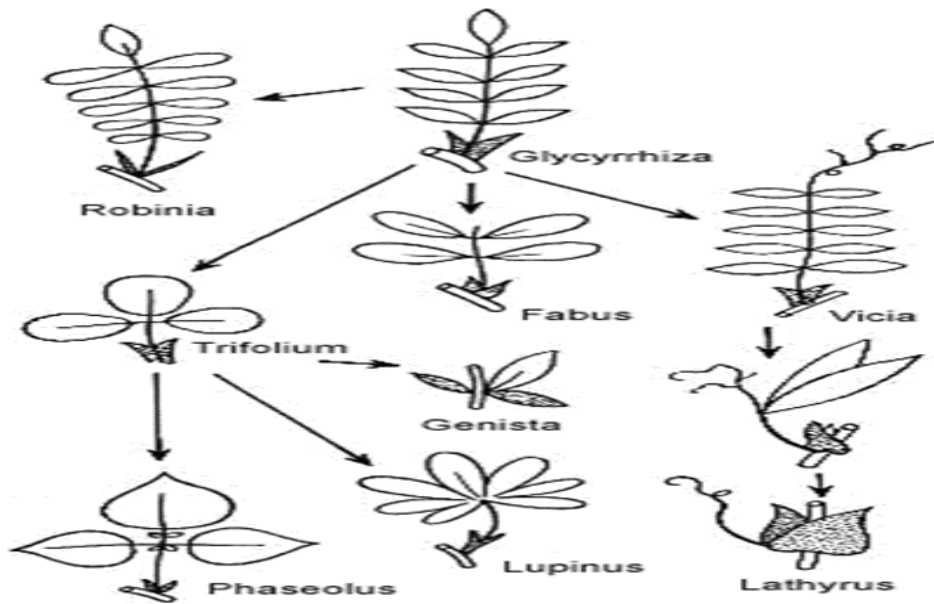


Figure 2: Feuille composée des Fabacées. Evolutions et variations autour de la feuille imparipennée typique de la famille (Ati, 2018).

Les Inflorescences sont presque toujours indéterminées, parfois réduites à une fleur solitaire, terminales ou axillaires. Également, les fleurs sont généralement hermaphrodites, actinomorphes à zygomorphes, à hypanthium court et généralement cupuliforme (Fig. 03).

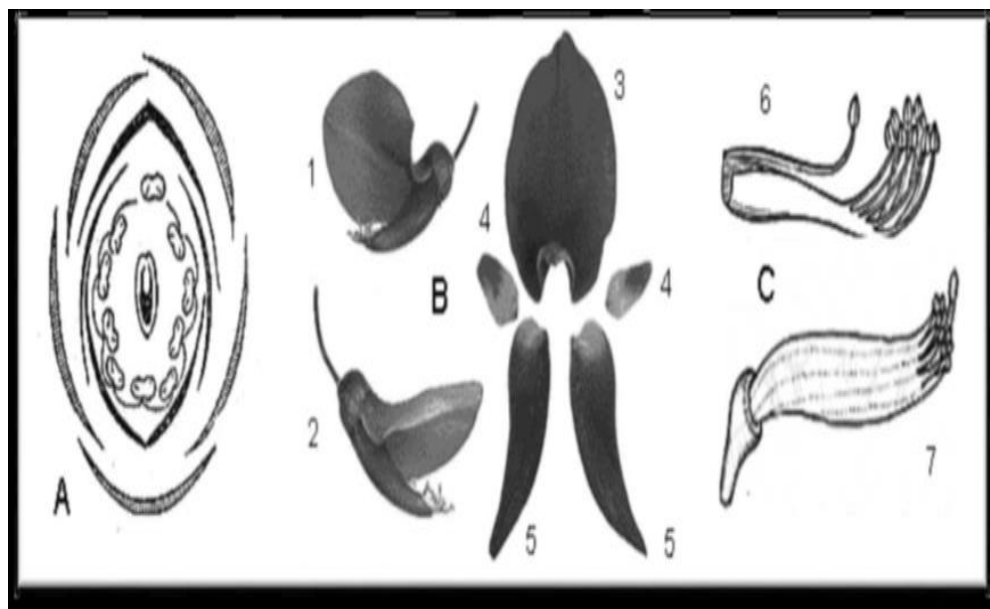


Figure 3: Fleur des Fabacées (Ati, 2018).

A - Diagramme floral chez *Phaseolus vulgare*. B- La corolle chez *Erythrina crista-galii* : 1 et 2 vues des fleurs, 3 étendards, 4 ailes et 5 carènes. C - Androcée diadelphé 6 et Monadelphé 7.

Les sépales sont généralement au nombre de 5, libres ou soudés, valvaires ou imbriqués, tous semblables, ou le pétale postérieur différent par la forme, la taille et la couleur, disposé intérieurement ou extérieurement dans le bouton. Les deux pétales inférieurs étant souvent soudés ou adhérents et formant une carène, ou largement étalés. Les étamines sont parfois nombreuses, mais généralement au nombre de 10, abritées dans le périanthe ou longuement exsertes, parfois bien évidentes. Les grains de pollen sont tricolporés, tricolpés ou triporés, généralement en monades, mais parfois en tétrades ou en polyades. Le carpelle est souvent unique, libre, généralement allongé, au sommet d'un court gynophore. L'ovaire est supère à placentation pariétale. (Spichiger *et al.*, 2002).

Le fruit est généralement une gousse, parfois une samare, un fruit lomentacé, une gousse indéhiscente, un akène, une drupe ou une baie (Fig. 04) (Spichiger *et al.*, 2002).

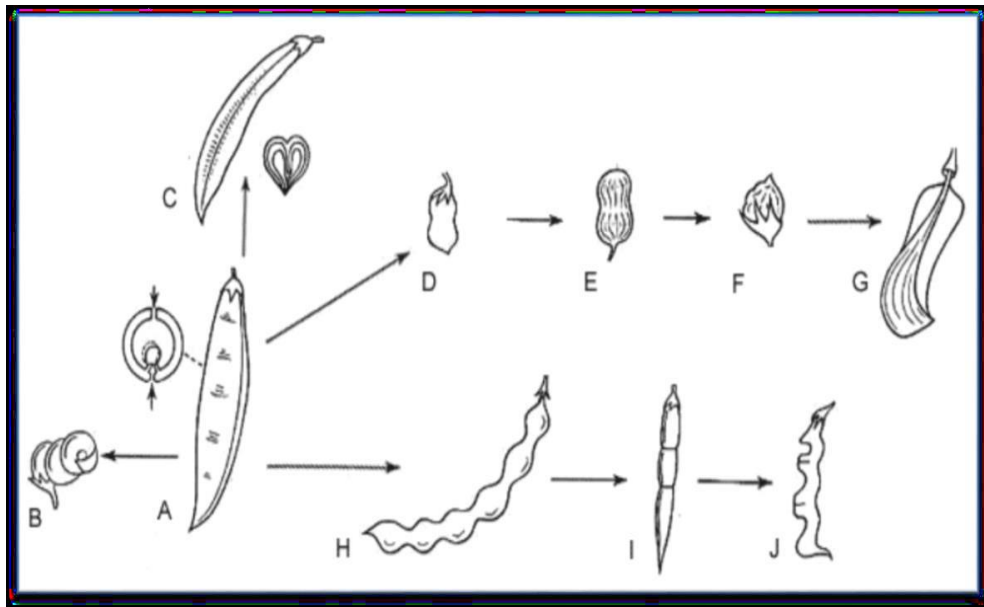


Figure 4: Fruit des Fabacées (Ati, 2018).

A- Gousse typique des Fabaceae chez *Phaseolus* ; B - Gousse spiralée chez *Medicago sativa* ; C - Gousse à intraflexion chez *Astragalus* ; D - Gousse bisperme chez *Lens culinaris* ; E - Gousse pauciséminée devenue indéhiscente chez *Arachis hypogea* ; F - Gousse uniséminée et indéhiscente de type akenoïde chez *Lathyrus* ; G - Gousse monosperme, indéhiscente et ailée de type samaroïde chez *Toluifera* ; H - Gousse lomentacée chez *Sophora japonica* ; I - Gousse articulée chez *Coronilla* ; J - Gousse articulée chez *Hippocrepis* (Ati, 2018).

2.4. Importance économique des Fabacées

L'importance économique des plantes de cette famille est notable par ce qu'outre les plantes alimentaires et fourragères, on trouve des bois précieux, des sources de pigments et des tanins et des drogues utilisées en thérapeutique. La production et la consommation des légumes sont très développées dans le monde entier, à titre d'exemple le pois (*Pisum*), le haricot (*Phaseolus*), la lentille (*Lens*) et la fève (*Vicia*) qui sont des plantes alimentaires poussant en Europe et notamment la France. Egalement, de nombreuses autres espèces apparentées sont cultivées hors l'Europe, dans les régions tropicales ou subtropicales, telles que ceux qui font partie des genres *Vigna*, *Dolichos* et *Cajanus*. Les industries agroalimentaires sont, aussi, de grosses consommatrices qui utilisent beaucoup le soja, *Glycine max*, sous forme d'huile, la lécithine en tant qu'émulsifiant, concentré protéiques et tourteaux. L'arachide, *Arachis hypogaea*, est aussi employée sous forme d'huile et produits dérivés. Les légumineuses fourragères comme la luzerne (*Medicago sativa*) et les tourteaux de soja ou d'arachide sont utilisées dans l'agriculture pour l'alimentation animale grâce à leur richesse en protéines qui ne nécessite pas d'engrais azotés. Elles sont consommées par les ruminants soit directement par pâturage des prairies, soit récoltées sous forme de fourrage, voire déshydrate.

Dans le domaine pharmaceutique, les baumes ont une utilisation très restreinte : le baume du Pérou (*Myroxylon balsamum*) possède des propriétés cicatrisantes mais du fait de sa composition riche en dérivés cinnamiques, il peut être à l'origine de dermatites allergiques de contact. Les molécules actives extraites industriellement sont rares, ce sont beaucoup de produits de synthèse qui sont maintenant utilisés (**Petit, 2011**).

2.5. Plantes médicinales et utilisation thérapeutique

Beaucoup d'espèces des Fabacées ont des propriétés thérapeutiques et sont utilisées en médecine traditionnelle. Dans ce qui suit, nous allons citer quelques exemples d'espèces de très grande importance médicinale.

Alexa wachenheimi Benoist : l'écorce de cet arbre est utilisée en lavage externe contre la fièvre. Elle est également employée par les amérindiens (du Nord-Ouest) contre le paludisme et les morsures de *Bothrops* (serpent venimeux) (**Grenand et al., 1987**).

Andira coriacea Pulle : plante utilisée en Guyane pour guérir les lésions buccales (**Kraft et al., 1987**).

Diploptropis purpurea Rich : cet arbre, est fréquemment utilisé dans la construction des canoës, et possède par ailleurs des propriétés antifongiques (**Cirad-forêt et Doat, 1993 ; Miller et al., 2003**).

Eperua sp : les copeaux de ce genre de bois, utilisés comme litière, auraient un effet bénéfique contre le paludisme chez les singes et les écureuils en captivité (**Sauvain, 1989**).

Hymenea courbaril L : en médecine traditionnelle créole, la décoction de l'écorce de tronc de cet arbre très commun possède une fonction dépurative et antipyrétique, en additionnant de sucre, elle peut remplacer le thé. On utilise également la résine pour traiter les plaies récentes. Chez les Wayãpi, les sécrétions résineuses fraîches ainsi que l'arille des fruits offre un remède contre la dysenterie. Les Palikur, quant à eux, se servent de la résine fraîche délayée dans de l'eau, douleurs abdominales et les maux de cœur. L'écorce est préparée en décoction dans le miel contre les maux d'estomac (**Grenand et al., 1987**). Le thé de courbaril est également utilisé contre la grippe, les courbatures et le paludisme (**Cirad-forêt et Doat, 1993**).

Hymenolobium flavum Kleinh : l'écorce de ce grand arbre est préparée en décoction à titre d'antiseptique local. Une diminution de la parasitémie chez les singes atteints de paludisme est également observée lors d'un usage de ce bois en litière (**Sauvain, 1989 ; Cirad-forêt et Doat, 1993**).

Inga alba Willd : cette espèce, comme de nombreuses autres espèces du même genre, produit une sève riche en tanin utilisée comme colorant, ainsi que des fruits comestibles. Les Wayãpi utilisent l'écorce râpée et pressée en usage externe contre les dermatoses buccales et les piqûres de fourmi chez l'enfant. Généralement, un usage fréquent de l'écorce contre les infections cutanées est observé, plus que ses vertus cicatrisantes (**Grenand et al, 1987**).

Parkia nitida Milk : les Tiriyo (de la famille likarib) du Surinam utilisent le bois de cet arbre en décoction (une fois râpé) et aussi en lavage externe pour soigner les fièvres (**Cirad-forêt et Doat, 1993**).

Pterocarpus rohrii Vahl : utilisée contre le paludisme en Guyane (**Bertani et al., 2005**).

2.6. Toxicité de certaines Fabacées

Un nombre non négligeable de Fabacées est toxique et il est important de noter que son ordre comporte plus de 16000 espèces dangereuses (**Bruneton, 2001**). Après avoir cité quelques espèces d'intérêt thérapeutique, il serait utile d'attirer l'attention sur un certain nombre d'espèces dangereuses. Les parties les plus souvent incriminées dans les empoisonnements sont les graines où sont accumulés les principes toxiques.

- *Physostigma venenosum* (fève de Calabar) : pousse spontanément en Afrique occidentale et elle est utilisée par les habitants locaux comme poison d'épreuve. Le principal principe actif de cette espèce est la physostigmine ou ésérine isolée dès 1864. C'est un inhibiteur réversible des cholinestérases. Elle empêche la destruction de l'acétylcholine et se comporte comme un parasymphomimétique provoquant bradycardie, hypotension et autres effets comme vertiges, convulsions et une paralysie respiratoire (**Pousset, 1992**). Cependant, Il a été reporté que la prise par voie orale ou intraveineuse de physostigmine redonnait la mémoire aux patients atteints de la maladie d'Alzheimer (**Takano et Ogasawara, 1989**).

- *Tephrosia vogelii* : utilisée comme poison de pêche (les feuilles, les gousses et les graines sont grossièrement pilées et jetées dans les cours d'eau préalablement barrés, les poissons meurent et remontent à la surface) et pour la désinfection des animaux domestiques et les habitations car elle possède des propriétés insecticide (**Marston et al., 1984**).

- Certaines espèces du genre *Coronilla* sont toxiques à certains moments de leur développement. Spontanément, le bétail évite de les consommer à ces périodes (**Deyson, 1979**).

- Le mélilot « *Melilotus sp.* » connu pour ses propriétés thérapeutiques devient toxique à de très fortes doses, il provoque divers troubles et se montre émétique. Lorsque le mélilot moisit, la coumarine se transforme en dicoumarol, substance toxique utilisée pour tuer les rats et les souris par hémorragie interne (**Hostettmann, 1997**).

3. Genre *Genista*

3.1. Généralités

Parmi les 700 genres de la famille des Fabacées, environ 53 genres et 337 espèces se trouvent en Algérie (**Quezel et Santa, 1963**). Le genre *Genista* contient environ 150 espèces réparties en Europe et en région méditerranéenne (Annexe 01) (**Bruneton, 1999**). D'après la bibliographie, il montre une richesse en composés phénoliques, notamment les isoflavonoïdes connus pour leurs activités biologiques diverses. Il a été décrit pour la première fois par LINNE en 1753, et appartient à la famille des Fabacées, sous-famille des Papilionacées et à la tribu des Genistées (**Maire, 1987**). Quezel et Santa (1963) comptent pour ce genre 23 espèces en Algérie dont 11 endémiques.

3.2. Distribution du genre

Il est constitué d'arbustes épineux et non épineux, dont la plupart de ces espèces (87 espèces) forment des maquis sclérophylles ou des matorrals (**Martins et al., 2005**). Il est largement distribué dans le bassin méditerranéen (circumméditerranéen) en Europe et en Afrique du nord (Libye, Tunisie, Algérie et Maroc). En Algérie, il est localisé dans la région Est et Sud (**Quezel et Santa, 1963**).

3.3. Systématique du genre

La position systématique du Genre *Genista* est la suivante :

Règne : Plantae

Embranchement : Spermaphytes

Sous-embranchement : Angiospermae

Classe : Eudicotyledonae

Ordre : Fabidées

Sous-ordre : Fabales

Famille : Légumineuses (Fabacées)

Sous-famille : Papilionacées

Genre : *Genista* (**APG III, 2009**).

3.4. Utilisation en médecine traditionnelle

Certaines espèces de ce genre sont utilisées en médecine traditionnelle populaire pour guérir un bon nombre des maladies, on citera par exemple :

- *Genista tenera* : l'infusion des parties aériennes est utilisée dans la médecine traditionnelle Portugaise pour traiter le diabète (**Rauter et al., 2009**)
- *Genista anglica* et *Genista germanica* : sont préconisées en tant que diurétiques pour le traitement de néphrolithiase et encore contre la goutte (**Guarrera et Leporatti, 2007 ; Adams et al., 2009**)

Chapitre II

Métabolites Secondaires

1. Introduction

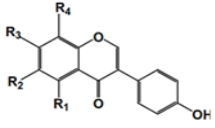
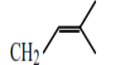
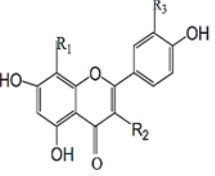
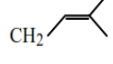
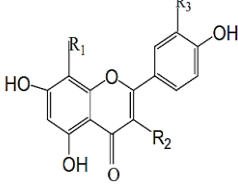
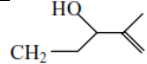
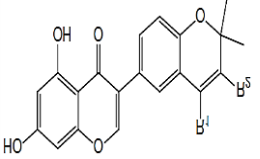
Une des originalités majeures des végétaux réside dans leur capacité à produire des substances naturelles très diversifiées. En effet, à côté des métabolites primaires classiques (glucides, protides, lipides, acides nucléiques), ils produisent et accumulent fréquemment des métabolites dits « secondaires » dont la fonction physiologique n'est pas toujours évidente mais qui représentent une source importante de molécules utilisables par l'homme à différents domaines.

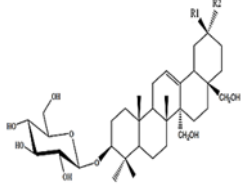
Les métabolites secondaires appartiennent à différents groupes chimiques tels que : les alcaloïdes, les terpènes, les composés phénoliques...etc, qui sont répartis de manière diversifiée chez les végétaux. Ils ne sont pas vitaux pour l'organisme mais jouent un rôle important dans la vie du végétal. Aussi, ils interviennent dans l'adaptation de la plante à son environnement et la régulation des symbioses et d'autres interactions plantes-animaux. Ils peuvent également s'utiliser pour se défendre contre les prédateurs et les pathogènes, comme agents allélopathiques ou pour attirer les agents chargés de la pollinisation ou de la dissémination des fruits (**Attou, 2011 ; Benayache, 2013**).

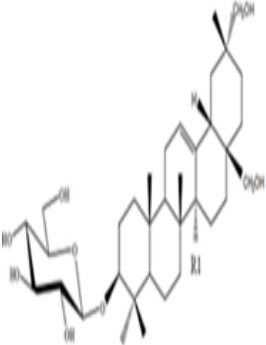
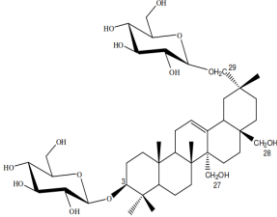
2. Principaux métabolites secondaires du genre *Genista*

Les plantes du genre *Genista* ont fait l'objet de nombreuses investigations phytochimiques et pharmacologiques qui ont montré que les principaux métabolites secondaires de ce genre sont les alcaloïdes, les flavonoïdes, les isoflavonoïdes, les saponosides (Tab.01) et les composés terpéniques (**Boutaghane, 2013 ; Djeghim, 2016**).

Tableau 1: quelques métabolites secondaires isolés à partir des plantes du genre *Genista*

Nom de l'espèce	Nom du composé isolé	Structure de base	R1	R2	R3	R4	Références
Flavonoïdes et isoflavonoïdes							
<i>Genista ephedroides</i>	Génistéine		OH	H	OH	H	(Pistelli et al., 1998)
	Isoprunétine		OCH3	H	OH	H	
	Wighteone		OH		OH	H	
	Génistine		OH	H	Oglc	H	
	Génisteone		OH		Oglc	H	
	8-C-glucoside génistéine		OH	H	OH	Glc	
	Apigénine		H	H	H		
	Ephedroïdine			H	H		
Isokaempféride	H		OCH3	OH			
<i>Genista corcica</i>	Isoderrone		H	H			(Pistelli et al., 2000)
	Ficuisoflavone		H	OH			
	Dihydroisoderrondiol		OH	OH			

Saponosides							
<i>Genista ulicina</i>	acide 3-O- β-D-glucopyranosyl- oléan-12-ène- 3β,27,28-triol-29- carboxylique		CH2OH				(Boutaghan, 2013)
	3-O-β-D- glucopyranosyl-oléan- 12-ène-3β,27,28,30- tétraol			COOH			

	<p>acide 3-O-β-D-glucopyranosyl-oléan-12-ène-3β,28,29-triol-27-carboxylique</p>		<p>COOH</p>				
	<p>3-O-β-D-glucopyranosyl-oléan-12-ène-3β,27,28,29-tétraol</p>		<p>CH₂OH</p>				
	<p>3-O-β-D-glucopyranosyl, 29-O-β-D-glucopyranosyl-oléan-12-ène-3β,27,28,29-tétraol</p>						

2.1. Polyphénols

Connus également sous le nom de composés phénoliques (**Hennebelle *et al.*, 2004**) ou polyhydroxyphénols. Au fait, ils représentent une classe structurelle naturelle de produits chimiques organiques, mais également synthétiques ou semi-synthétiques. Ils sont caractérisés par la présence de multiples unités structurales phénoliques (Fig. 05), dont leur nombre et leurs caractéristiques sont à la base des propriétés physiques, chimiques et biologiques uniques (métabolisme, toxicité, thérapeutique, etc.) de certains membres de la classe (**Srivastava et Mishra, 2015**).

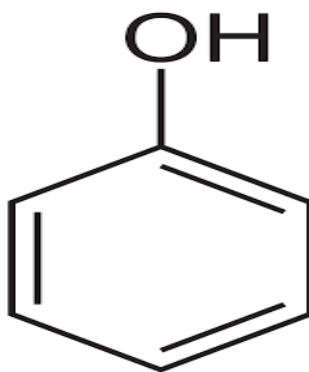


Figure 5: Structure chimique du phénol (**Sobiesiak, 2017**).

Les polyphénols sont des métabolites secondaires présents chez toutes les plantes vasculaires. Ils représentent le groupe le plus distribué des substances dans le royaume végétal avec plus de 8000 structures phénoliques réparti dans tous les organes de la plante. Aussi, ils se produisent bio-génétiquement de deux voies synthétiques principales, la voie de shikimate et de l'acétate (**Lugasi *et al.*, 2003**), et capables de se conjuguer aux oses ou acides organiques. Ils regroupent plusieurs classes moléculaires (Tab.02), mais ils peuvent réparties en deux grands groupes, les flavonoïdes et les non-flavonoïdes (**Chira *et al.*, 2008**).

2.1.1. Acides phénoliques

Ils ne possèdent pas de squelette flavane, solubles dans l'éther et peuvent être associés à la lignine. Ils se présentent sous forme d'ester et se localisent dans la partie insoluble dans l'alcool de la feuille. Deux types des acides phénoliques sont distingués, les dérivés d'acide benzoïque qui sont constitués d'un squelette à sept atomes de carbones et les dérivés d'esters hydroxycinnamiques qui sont formés d'une structure de type C6-C3 (**Bruneton, 1999**).

Tableau 2: principales classes des polyphénols (Boubekri, 2014).

Squelette carboné	Classe	Exemple	Origine (exemple)
C6	Phénol simple	Catéchol	
C6-C1	Acides hydroxybenzoïques	<i>p</i> -Hydroxybenzoïques	Epices, fraise
C6-C3	Acides hydroxycinnamiques	Acide caféique, acide Férulique	Pomme de terre
	Coumarines	Scopolétine, Esculétine	Pomme Citrus
C6-C2-C6	Stilbènes	Resvératrol	Vigne
C6-C3-C6	Flavonoïdes :		
	Flavonols	Kamphérol, quercétine	Fruits, légumes, fleurs
	Anthocyanes	Cyanidine, pélargonidine	Fleurs, fruits rouges
	Flavanols	Catéchine, épicatechine	Pomme, raisin
	Flavanones	Naringénine	Citrus
	Isoflavonols	Daidzéine	Soja
(C6-C3) ₂	Lignanes	Pinorésinol	Pin
(C6-C3) _n	Lignines		Bois, noyau de fruits
(C15) _n	Tanins		Raisin rouge, kaki

2.1.1.1. Acides hydroxybenzoïques

Sont des dérivés de l'acide benzoïque dont la structure de base est C6-C1 (Fig. 06). Ils incluent l'acide benzoïque, l'acide *p*-hydroxybenzoïque, l'acide protocatéchique, l'acide gallique, l'acide vanillique, l'acide gentisique, l'acide salicylique, l'acide vétratrique et l'acide syringique (Annexe 02) (Ramírez-Tortosa *et al.*, 2006 ; Laribi, 2015).

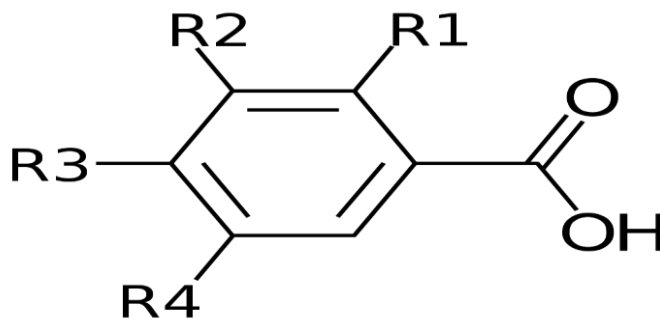


Figure 6: Structure chimique des acides hydroxybenzoïques (Stalikas, 2007)

2.1.1.2. Acides hydroxycinnamiques

Sont des dérivés de l'acide cinnamique, dont la structure de base est C6-C3 (Fig. 07). Ils incluent l'acide *p*-coumarique, l'acide *o*-coumarique, l'acide *m*-coumarique, l'acide caféique, l'acide ferulique et l'acide sinapique (Annexe 03) (Ramírez-Tortosa *et al.*, 2006; Laribi, 2015). Les acides hydroxycinnamiques sont présents dans toutes les parties des fruits et légumes. Ils sont présents sous forme liée (dérivés glycosylés ou esters d'acide quinique, acide shikimique ou acide tartrique) dans les fruits et rarement sous forme libre (uniquement dans les aliments transformés soumis à la fermentation, à la stérilisation ou à la congélation) (Papuc *et al.*, 2017).

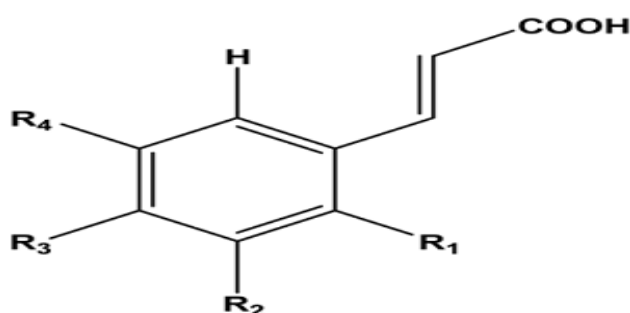


Figure 7: Structures chimiques de l'acide hydroxycinnamique (Stalikas, 2007)

2.1.2. Stilbènes

Sont des composés possédants un squelette de 14 atomes de carbone (C6-C2-C6) (Fig. 08) mais pouvant aussi avoir des structures monomères, oligomères ou polymères (Papuc *et al.*, 2017). Ils sont présents à faibles quantités dans notre alimentation. La plupart d'entre eux ont la capacité d'agir comme des phytoalexines antifongiques, donc ils ne sont alors synthétisés que suite à une infection ou une blessure (Pandey et Rizvi, 2009). En raison de leurs diverses activités biologiques (actions antioxydantes, anticancéreuses, oestrogéniques et antibactériennes), le *trans*-resvératrol a attiré l'attention de nombreux chercheurs. Le resvératrol (3, 4', 5-trihydroxystilbène) est présent dans diverses plantes telles que le raisin, la baie, l'arachide, le cacao ainsi que le vin rouge (Papuc *et al.*, 2017).

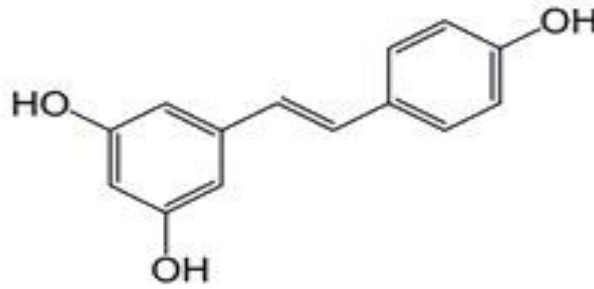


Figure 8: Structure chimique des stilbènes (Allen et Tresini, 2000).

2.1.3. Lignines

Sont des macromolécules tridimensionnelles hydrophobes de haut poids moléculaire. Elles sont produites par toutes les plantes vasculaires ligneuses et herbacées. Elles ont un rôle très important au niveau de la paroi cellulaire végétale, dont le remplissage des espaces entre la cellulose et les hémicelluloses. Elles agissent aussi comme une résine qui unit l'ensemble de la lignocellulose (biomasse lignocellulosique). Ce composé phénolique est le troisième polymère naturel le plus abondant (Laine *et al.*, 2007).

2.1.4. Lignanés

Sont des composés phénoliques formés de deux unités monolignols (Fig. 09). Ils sont présents dans les parois cellulaires des vaisseaux conducteurs. Malgré leur structure simple, il existe une grande variété de lignanés qui se distinguent par le type de liaison entre deux unités et les modifications intervenant après la dimérisation (Laine *et al.*, 2007).

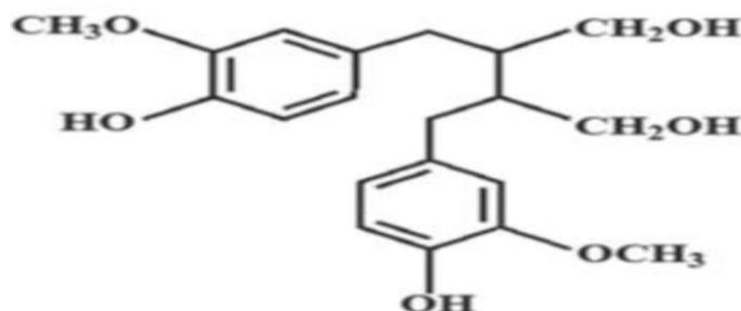


Figure 9: Structure chimique des lignanés (Pandey et Rizvi, 2009).

2.1.5. Coumarines

Font partie des composés phénoliques les plus connus. Elles sont substituées en C-7 par un hydroxyle (Fig. 10). La 7-hydroxycoumarine, connue sous le nom d'ombelliférone, est le précurseur des coumarines 6,7-di- et 6,7,8-trihydroxylées. Les coumarines, de différents types, se trouvent dans de nombreuses espèces végétales et possèdent des propriétés très diverses. Elles sont capables de prévenir la peroxydation des lipides membranaires et de capter les radicaux hydroxyles, superoxydes et peroxydes (Igor, 2002).

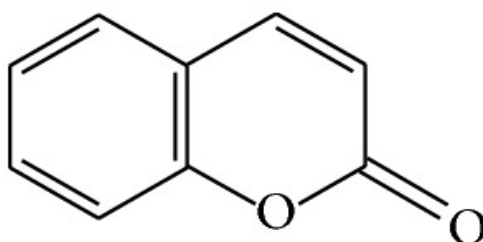


Figure 10: Structure chimique des coumarines (Venugopala *et al.*, 2013).

2.1.6. Flavonoïdes et isoflavonoïdes

2.1.6.1. Flavonoïdes

Ce sont des pigments universels des végétaux responsables de la coloration des fruits, des fleurs et parfois des feuilles. Ce sont des composés polyphénoliques constitués de deux noyaux benzéniques A et B reliés par une chaîne de trois atomes de carbone. Ils proviennent de l'addition de trois groupements en C2 à l'acide coumarique. On en a dénombré actuellement plus de trois mille, et on a distingué deux catégories de flavonoïdes : la première catégorie avec le cycle C insaturé (flavonols, flavones et anthocyanines) et la seconde catégorie avec le cycle C saturé (flavanes et flavanones) (Djoukeng, 2005) (Fig. 11).

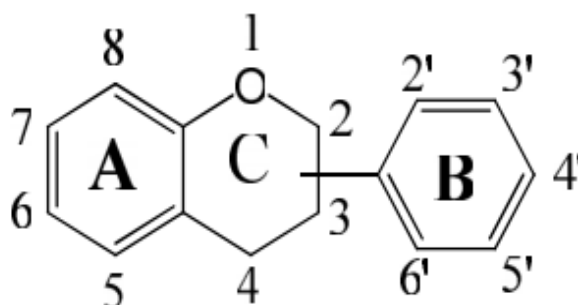


Figure 11: Squelette de base des flavonoïdes (Benayache, 2013).

2-1-6-1-1- Voies de biosynthèse des flavonoïdes

La structure en C6-C3-C6 des flavonoïdes est le produit de deux voies de synthèse des composés phénoliques, le noyau B et le pont carboné constituant une unité phénylpropanoïde synthétisée à partir de la phénylalanine provenant de la voie de l'acide shikimique, alors que le noyau A vient de la condensation de 3 motifs acétates via la voie de l'acide malonique. La fusion de ces deux parties implique la condensation d'un phénylpropanoïde, le 4-coumaryl avec 3 malonyl CoA donnant chacun 2 atomes de carbone. La réaction est catalysée par la chalcone synthase donnant ainsi le tétrahydroxy chalcone, qui va à son tour donner tous les flavonoïdes (Annex 04) (Crozier, 2003).

La structure de base des flavonoïdes peut subir de nombreuses substitutions qui modifient leur solubilité. Les groupements hydroxyles étant généralement en positions 4, 5 et 7. La plupart des flavonoïdes existent sous forme de glycosides, dont la nature du sucre varie grandement selon les espèces. Les hydroxylations et les glycosylations rendent les composés généralement plus hydrophiles, alors que d'autres substitutions telles que la méthylation, les rendent plus lipophiles (Fig. 12) (Rahman, 2005).

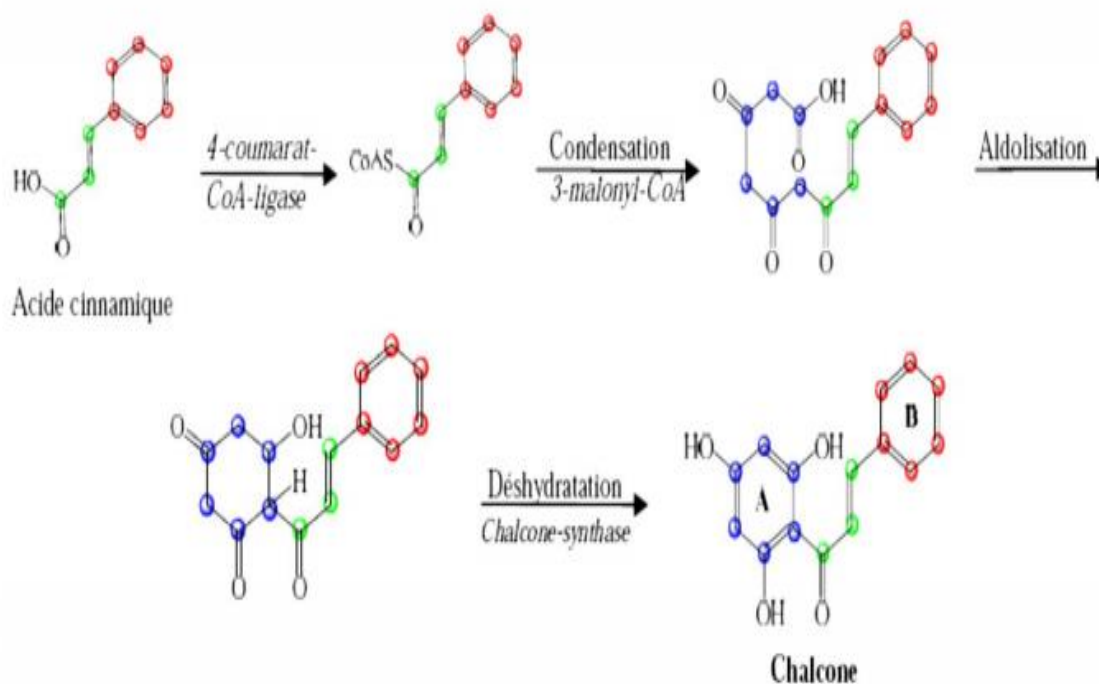


Figure 12: Voies de la biosynthèse des flavonoïdes (Rahman, 2005).

2.1.6.2. Isoflavonoïdes

Les isoflavonoïdes ou isoflavones appartiennent à un groupe de composés qui partagent une structure de base constituée de deux cycles benzéniques liés par un noyau C pyrane hétérocyclique. Ces composés se trouvent principalement dans les fèves de soja et les légumineuses. Il est bien connu que les isoflavones agissent comme des phytoestrogènes pour exercer une activité pseudohormonale en se liant aux récepteurs des oestrogènes (ER) chez les mammifères, et possèdent également des activités antioxydantes, anticancéreuses, antimicrobiennes et anti-inflammatoires tout comme les autres flavonoïdes. La daidzéine et la génistéine sont les isoflavones les plus courantes, dont la structure chimique caractéristique (B-anneau lié à la position C3 du C-anneau au lieu de la C2) ressemble à celle des oestrogènes, en particulier le 17- β -estradiol (Yu *et al.*, 2016).

La recherche bibliographique réalisée montre bien la richesse du genre *Genista* en composés flavoniques notamment les isoflavones (Tab. 03). Il est important de souligner que les isoflavonoïdes du type génistéine, daidzéine et isopruneatine se trouvent majoritairement dans ce genre (Harborne et Turner, 1984).

Tableau 3: Quelques flavonoïdes et isoflavonoïdes isolés de différentes espèces du genre *Genista*.

Nom de l'espèce	Nom du composé isolé	Références
<i>Genista ephedroides</i>	Génistéine	(Pistelli <i>et al.</i> , 1998)
	Isopruneatine	
	Wightone	
	Génistine	
	Génisteone	
	8-C-glucoside génistéine	
	Alpinumisoflavone	
	Hydroxyalpinumisoflavone	
	Apigénine	
	Ephedroïdine	
	Isokaempféride	
<i>Genista corcica</i>	Daidzéine	(Pistelli, 2000)
	Isopruneatine	
	Isoderrone	
	Ficuisoflavone	
	Dihydroisoderrondiol	
	Lutéoline	
	7-O- β - glucoside lutéoline	

	4'-O- β -glucoside luteoline	
	Toxifoline	
	5-methoxytoxifoline	
	8-C-glucosode génistéine	(Giachi, 2002)
	6-C-glucosode génistéine	
<i>Genista morisii</i>	Daidzéine	(Giachi, 2002)
	Génistéine	
	Isoprunétine	
	7-O- β -D-glucopyranoside génistéine	
	7-O- β -D-glucopyranoside isoprunétine	
	7,4'-di-O- β -D-glucopyranoside génistéine	
	7,4'-di-O- β -D-glucopyranoside isoprunétine	
	Lutéoline	
	7-O- β -D-glucopyranoside lutéoline	
	Orientine	
	Vitexine	
Eriodictyol		

2.1.6.3. Propriétés structurales et classification

Les flavonoïdes possèdent le même élément structural de base, à savoir l'enchaînement phenyl-2 chromone. Ils peuvent être regroupés en différentes classes selon le degré d'oxydation de noyau pyranique central (Narayane *et al.*, 2001). Ils diffèrent les uns des autres par la position des substitutions sur les noyaux A et B et la nature de C. Les flavonoïdes sont répartis en différentes catégories dont les plus importantes sont les flavonols, les flavones, les flavanols, les isoflavones, les flavanones et les anthocyanes (Fig.13) (Bruneton, 2009).

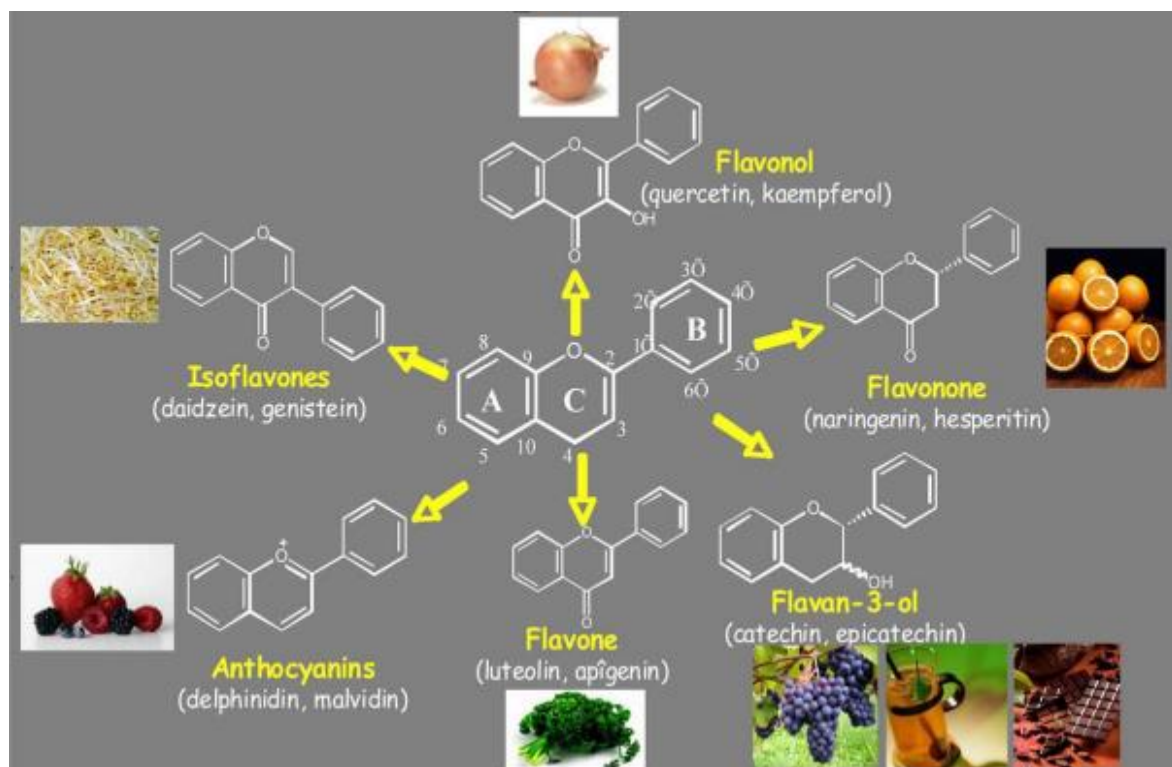


Figure 13: Structure des flavonoïdes (aglycones) et position des principaux substituants (Stoclet et Schini-Kerth, 2011).

2.1.7. Tanins

Sont les polyphénols que l'on trouve dans de nombreux végétaux tels que 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 et leur degré d'oxydation (Hemingway, 1992). Ces tanins sont des donneurs de protons aux radicaux libres lipidiques produits au cours de la peroxydation. Des radicaux tanniques plus stables sont alors formés, ce qui stoppe par conséquent la réaction en chaîne de l'auto-oxydation des lipides (Cavin, 1999). Ainsi, ils sont divisés en deux groupes : les tanins condensés formés de proanthocyanidines (sous forme d'oligomères) et les tanins hydrolysables sous forme d'esters des acides phénols et de glucose.

2.1.7.1. Tanins condensés

Sont des composés non hydrolysables ayant un poids moléculaire plus élevé, issus de la polymérisation d'unités flavan-3-ols en dimères, oligomères (2-10 monomères) et polymères (>10 monomères), et qui sont hydroxylés en position 3. Cette condensation leur confère une structure voisine à celle des flavonoïdes (Fig.11). La variation structurale des tanins condensés est due aux différentes unités, aux positions, aux orientations et aux types des

liaisons inter-flavanoïdes. Les unités flavan-3-ols les plus courantes trouvées dans les tanins condensés comprennent la catéchine, l'épicatéchine, la gallocatéchine et l'épigallocatéchine (Fig.14) (Naumann *et al.*, 2017).

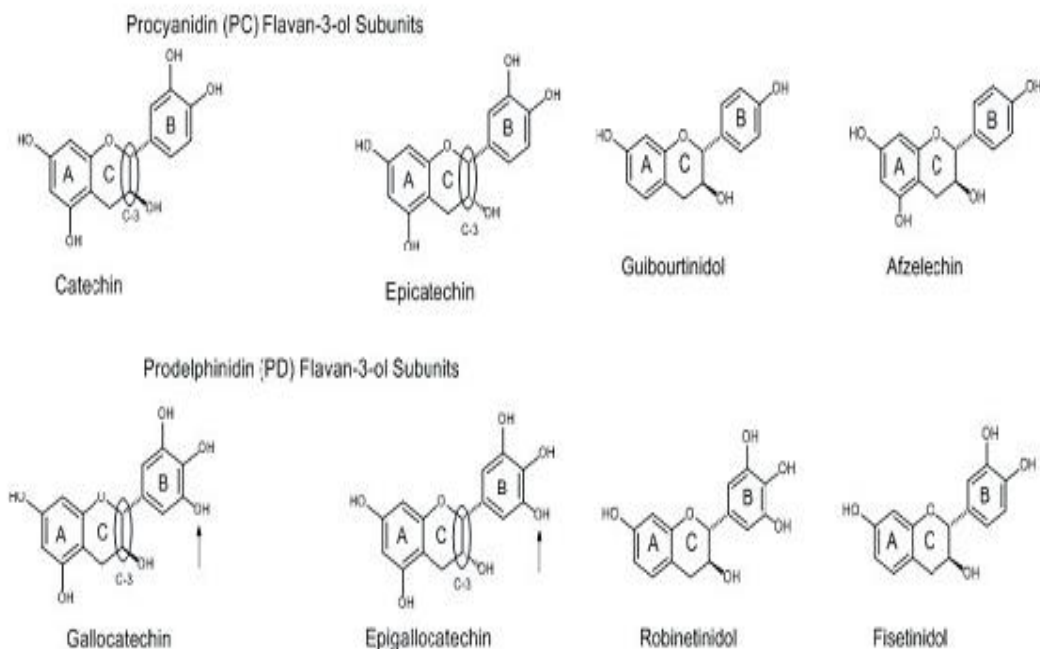


Figure 14: Structures des flavanes-3-ols présents dans les tanins condensés. (Naumann *et al.*, 2017)

2.1.7.2. Tanins hydrolysables

Sont des esters d'acide gallique, de ses dimères (acide digallique, acide ellagique) et de monosaccharides (le plus souvent le glucose) (Fig.15). Ces substances sont constituées de molécules phénoliques simples et comme leur nom l'indique, ils sont facilement hydrolysables par les acides et les enzymes (tannase) en pyrogallol. Au niveau cellulaire, les tanins hydrolysables sont majoritairement présents dans les parois et les espaces intracellulaires (Rira, 2019).

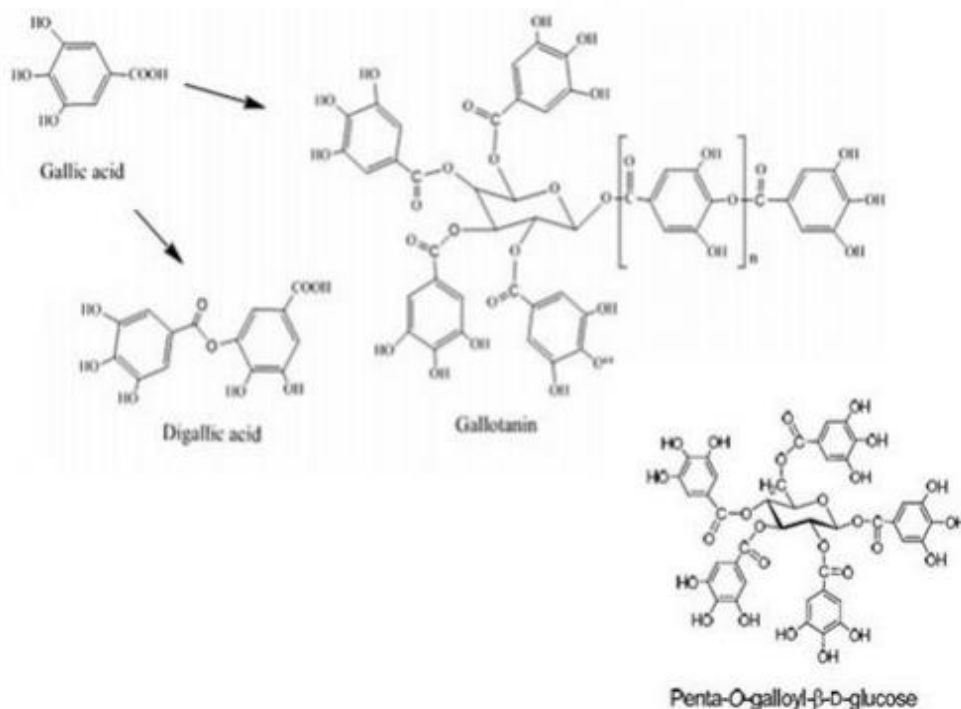


Figure 15: Structure générale des tanins hydrolysables (Naumann *et al.*, 2017).

2.2. Composés Triterpéniques

Les triterpénoïdes représentent une classe des métabolites secondaires très répandus dans le règne végétal et animal dont la structure de base est en C₃₀. Ils sont issus de la cyclisation de l'époxysqualène et quelque fois du squalène. Ces molécules sont presque toujours hydroxylées en position 3 étant donné l'ouverture de l'époxyde lors de la cyclisation. On dénombre plus de 4000 triterpènes isolés des végétaux et dérivés de plus de 40 types de squelettes. Ils peuvent être classés en trois groupes (Fig. 16) : composés acycliques comme le squalène rencontré notamment dans le règne animal et également dans des huiles végétales insaponifiable (Olive, Lin, Arachide), composés tétracycliques tels que les stéroïdes, les phytostéroïles et les cycloartanes, ainsi que les composés pentacycliques qui sont très fréquents chez les plantes comme les α et β amyrines (Bruneton, 1999).

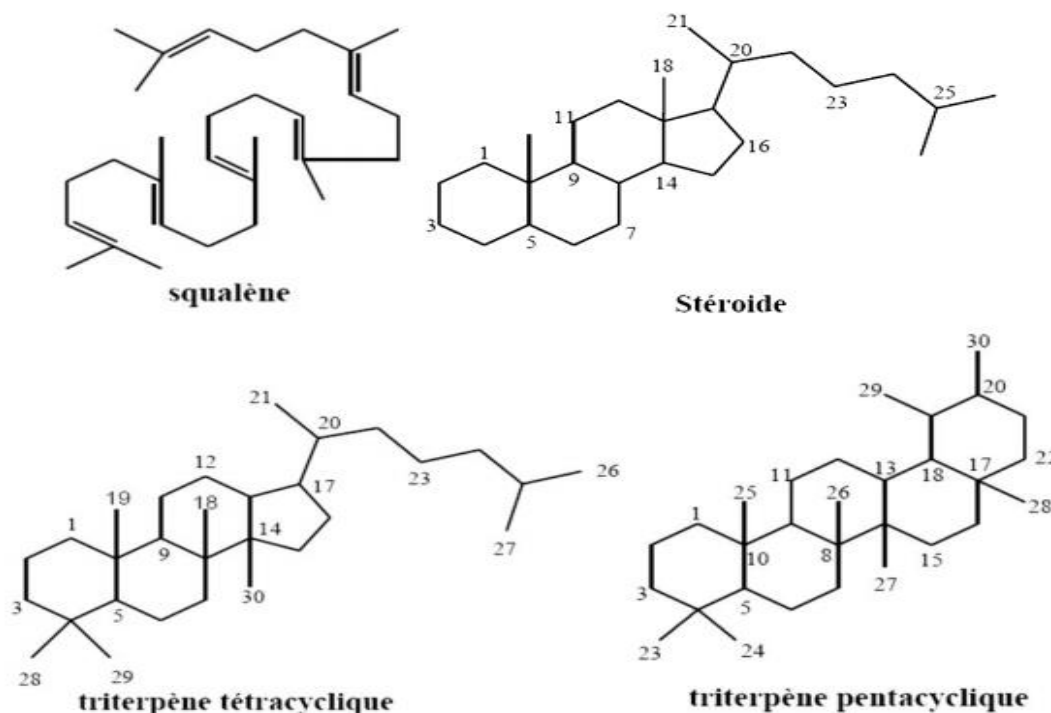


Figure 16: Différentes classes des triterpénoïdes (Djehim, 2016).

2.2.1. Saponines

Sont généralement connues comme des composés non-volatils, tensioactifs et principalement distribués dans le règne végétal (Vincken *et al.*, 2007). Le nom « Saponine » est dérivé du mot latin *Sapo* qui signifie « Savon », et en contact avec l'eau, il forme une solution moussante. Ainsi, leur tensioactivité qu'a fondue l'utilisation multiséculaire de certaines plantes renfermant la saponaire (*Saponaria officinalis* L.) (Bruneton, 2009). Egalement, ils servent comme matériel de défense des plantes, dont de nombreuses études ont rapporté que les saponines existent dans les plantes sous forme biologiquement active et sont impliquées dans la phyto-protection antimicrobienne (Hostettmann et Marston, 1995).

2.2.1.1. Propriétés structurales et classification

Les saponines peuvent être classées en deux groupes en se basant sur la nature de leur squelette aglycone. Le premier groupe est constitué par des saponines stéroïdiennes, qui se rencontrent presque exclusivement dans les monocotylédones angiospermes, alors que le deuxième groupe est représenté par les saponines triterpenoïdes qui sont les plus communs et peuvent être trouvés chez les dicotylédones angiospermes. Quelques auteurs ont distingué un troisième groupe appelé amines stéroïdiennes, et classé par certains auteurs comme des alcaloïdes stéroïdiennes (Sparg *et al.*, 2004).

Pour la plupart, les saponosides sont des composés très polaires et souvent retrouvés sous forme de mélanges complexes dans la plante. Ils possèdent un large spectre de propriétés biologiques et pharmacologiques notamment les propriétés immunomodulatrice, immunoadjuvante, cytotoxique, antitumorale et hypocholestérolémiant (Lacaille-Dubois, 2000).

2.2.1.2. Voie de biosynthèse des Saponines

Il apparaît qu'un nombre important de plantes synthétisent les saponines triterpéniques, comme une partie de leur programme normal de croissance et de développement ou comme réponse aux attaques pathogènes et au stress (Osborn et Haralampidis, 2002).

2.2.1.3. Génines Triterpéniques

Les sapogénines triterpéniques, comme la majorité des triterpénoïdes, sont issues de la cyclisation du (3S)-2,3-époxy-2,3-dihydrosqualène (Fig. 17) (Bruneton, 2009).

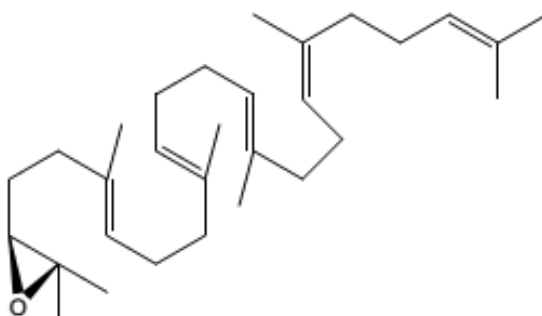


Figure 17: Structure du 2,3-époxydosqualène (Bruneton, 2009)

Cette cyclisation conduit en premier lieu au dammarane qui est une molécule tétracyclique, existe à l'état d'hétéroside dans les plantes comme le ginseng, ou au cucurbitane lorsqu'elle implique une conformation différente du précurseur (une distribution restreinte chez les Cucurbitacées principalement).

Beaucoup plus fréquemment, le composé tétracyclique de type dammarane n'est qu'un intermédiaire qui s'évolue vers des squelettes pentacycliques : oléananes, ursanes et lupanes qui peuvent, eux-mêmes, subir quelques réarrangements (Fig. 18). Au fait, les sapogénines triterpéniques les plus nombreuses sont des molécules pentacycliques : oléanane (s'appelle aussi dérivés de la β -amyrine), ursane (s'appelle aussi dérivés de la α -amyrine) et lupane. Plus de 50% des saponines connues se rattachent à l'oléanane, en particulier à l'acide oléanolique et à l'hédéragénine (Gaoussou, 2012).

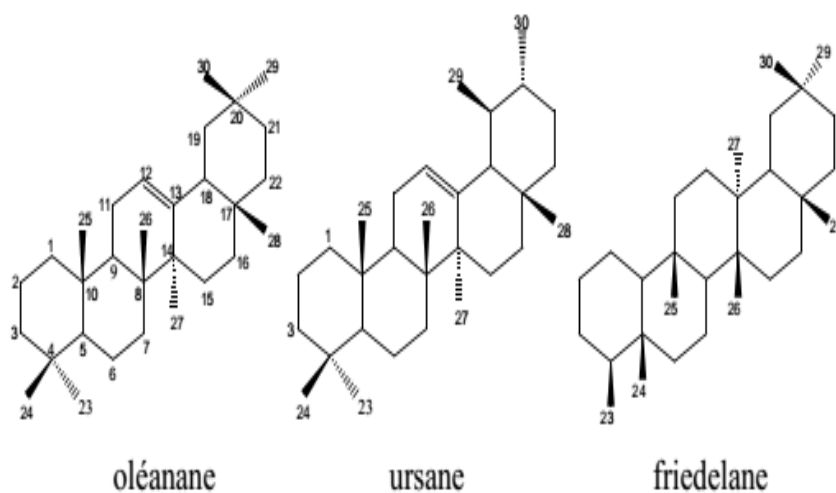


Figure 18: Exemples de génines triterpéniques (Gaoussou, 2012).

2.2.1.4. Génines Stéroïdiques

Toutes les génines stéroïdiques, autrement dit les sapogénines, possèdent un squelette à 27 atomes de carbone qui comporte habituellement six cycles : les deux cycles E (furanique) et F (pyranique) sont la conséquence d'une cétylisation (mise en contact d'une fonction carbonyle avec deux fonctions alcool) intramoléculaire qui intervient après l'oxydation en C-16, C-22 et C-26 d'un précurseur cholestanique (Fig. 19) (Bruneton, 2009).

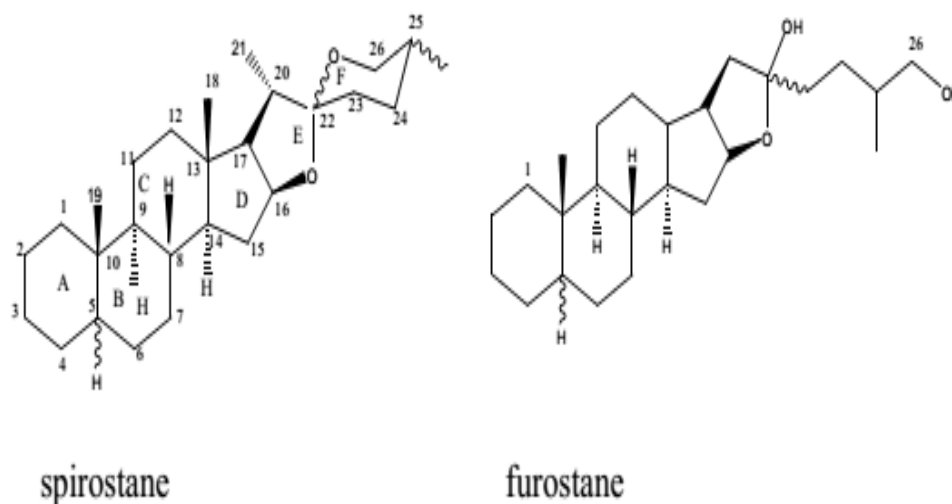


Figure 19: Principaux squelettes stéroïdiques (Djeghim, 2016)

2.2.1.5. Sucres

Les sucres constituent la partie hydrophile des saponines. Ils peuvent être constitués d'une ou plusieurs chaînes osidiques (linéaires ou ramifiées) à des positions différentes sur l'aglycone (Bruneton, 2009). Le D-glucose, le D-galactose, le D-xylose, le D-fucose, le D-apiose, l'arabinose, le L-rhamnose et l'acide D-glucuronique sont les oses les plus fréquemment rencontrés dans la structure des saponosides, cependant la partie osidique de certains saponosides ainsi que les fonctions hydroxyles libres des génies peuvent être substituées par des acides aromatiques ou aliphatiques (Boutaghane, 2013).

2.2.1.6. Acides organiques

Divers acides peuvent estérifier les saponines au niveau de l'aglycone ou au niveau des sucres (Hostettmann et Marston, 1995). La figure 20 résume ceux qui sont les plus fréquemment rencontrés.

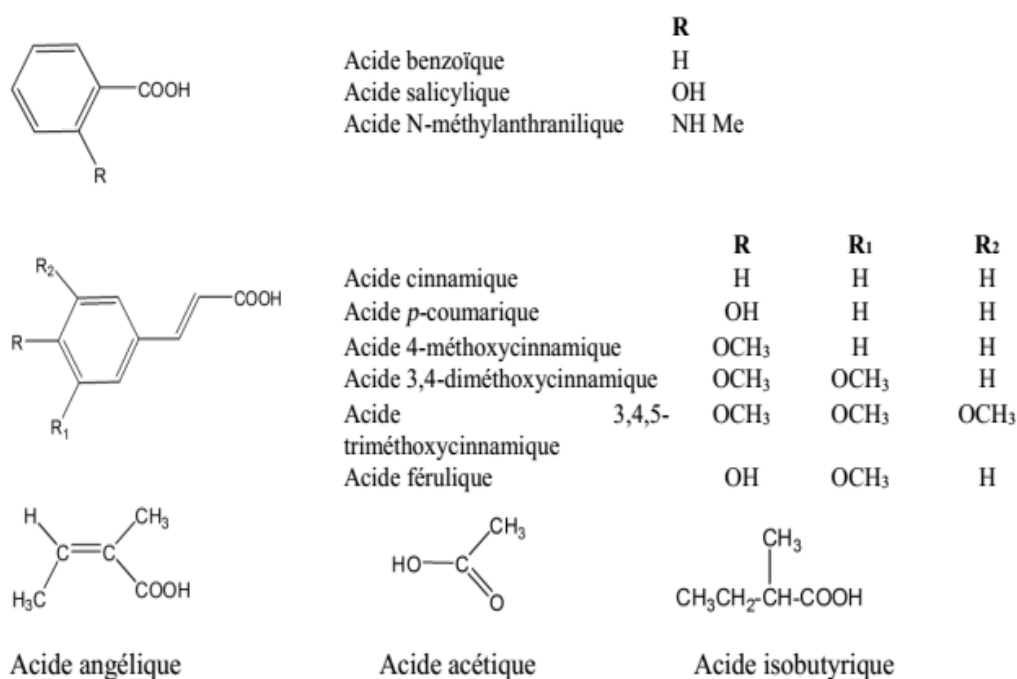


Figure 20: Les différents acides organiques rencontrés dans les saponosides (Hostettmann et Marston, 1995).

2.3. Alcaloïdes

Les alcaloïdes représentent le groupe de substances naturelles d'intérêt thérapeutique le plus important, en termes de nombre, de diversité structurale et activités pharmacologiques. Ils sont au cœur des phénomènes d'adaptation et de défense face aux pressions biotiques (herbivore microorganisme) (Tiwari *et al.*, 2013). Ils ont été, particulièrement, étudiés du fait des intérêts thérapeutiques et économiques qui y sont associés. On retrouve des molécules exploitées par l'industrie pharmaceutique comme la quinine, les stupéfiants (la morphine, la cocaïne), les anticancéreux (la colchicine, la vincristine, la camptothécine, le taxol, ...), des molécules utilisées comme poisons (la strychnine.), comme stimulants (la caféine...) ou encore comme antibiotiques du type pénicilline (Vollhardt et Schore, 2004).

Certains alcaloïdes existent dans plusieurs genres appartenant aux différentes familles, parfois très éloignées taxonomiquement comme pour le cas de la caféine retrouvée dans le café (Rubiacees), le thé (Ternstroemiacees), le kolatier (Sterculiacees), le maté (Aquifoliacees) et le guarana (Sapindacees). D'autres sont caractéristiques d'un nombre limité de genres à l'intérieur d'une famille (hyoscyamine, famille des Solanacees) ou d'un groupe d'espèces à l'intérieur d'un genre (thébaïne, genre Papaver), certains sont étroitement spécifiques (morphine de *Papaver somniferum* L.). La teneur en alcaloïdes varie dans de larges limites : de quelques ppm comme dans le cas des alcaloïdes antitumoraux de la pervenche de Madagascar (*Catharanthus roseus* L.), à plus de 15% pour les écorces de tronc du quinquina (*Cinchona ledgeriana* Moens). Les plantes à alcaloïdes ne renferment que très rarement un seul alcaloïde. Elles livrent, le plus souvent, un mélange complexe éventuellement dominé par un composé majoritaire. Il n'est pas rare que plusieurs dizaines d'alcaloïdes soient présents dans une même plante (O'connor, 2010).

2.3.1. Classement des alcaloïdes d'après leurs origines biosynthétiques

On distingue, les alcaloïdes vrais qui possèdent un azote intra-cyclique. Ce sont des substances d'origine naturelle et de distribution restreinte, de structure souvent complexe et de caractère basique. Ils existent aussi dans la plante sous forme de sels. Ces molécules ont pour origine biosynthétique un acide aminé et sont dotées d'une activité pharmacologique significative. Les proto-alcaloïdes proviennent d'acides aminés dont l'azote n'est pas inclus dans un système hétérocyclique, (L-phénylalanine, acides aminés aliphatiques). Les pseudo-alcaloïdes qui sont, également, des métabolites présentant les caractéristiques des alcaloïdes vrais, excepté leur origine biosynthétique. Dans la majorité des cas connus, ce sont des

dérivés d'isoprénoïdes et du métabolisme de l'acétate (dérivés xanthiques, terpéniques, stéroïdiens, pipéridiniques) (Croteau *et al.*, 2000 ; Glenn *et al.*, 2013).

2.3.2. Classement des alcaloïdes d'après leur structure chimique

Les alcaloïdes sont aussi catégorisés en fonction de leur structure chimique, dont on distingue 12 principales classes d'alcaloïdes: les alcaloïdes tropaniques, les alcaloïdes pyrrolizidiniques, les alcaloïdes quinolizidiniques, les alcaloïdes indolizidiniques, les alcaloïdes pipéridiniques, les alcaloïdes pyridiniques, les alcaloïdes isoquinoléiques, les alcaloïdes indoliques, les alcaloïdes quinoléiques, les alcaloïdes imidazoliques, les alcaloïdes terpéniques et les bases puriques (Bruneton, 2009).

Chapitre III

Activités biologiques des Métabolites secondaires

1. Introduction

Comme nous avons vu auparavant, le genre *Genista* montre une richesse et une diversité en métabolites secondaires. Au fait, plusieurs molécules ont été isolées, identifiées et testées en utilisant différentes méthodes pour confirmer ou infirmer leur potentiel biologique. Selon la bibliographie, un nombre très élevé des travaux scientifiques a été publié sur les substances bioactives à faible dose et sans effets secondaires.

2. Activités biologiques des polyphénols

D'après la littérature, les polyphénols ont plusieurs activités biologiques telles que les activités antioxydantes, antivirales (Ulomskiy *et al.*, 2020), antibactériennes (Abudunia *et al.*, 2017), antidiabétiques (Ren *et al.*, 2020), anticancéreuses (Yang *et al.*, 2020), analgésiques, anti-inflammatoire, antipyrétiques (Javed *et al.*, 2020), cardioprotectrices, neuroprotectrices, antiasthmatiques, antiseptiques, protection cérébrovasculaire, hypocholestérolémiantes, hépatoprotectrices (Ganesan et Baojun, 2017), antifongique, anti-thrombotiques, (Ali *et al.*, 2007), antiallergiques et vasodilatatrices (Falleh *et al.*, 2008) (Fig. 23) (annexe 05).

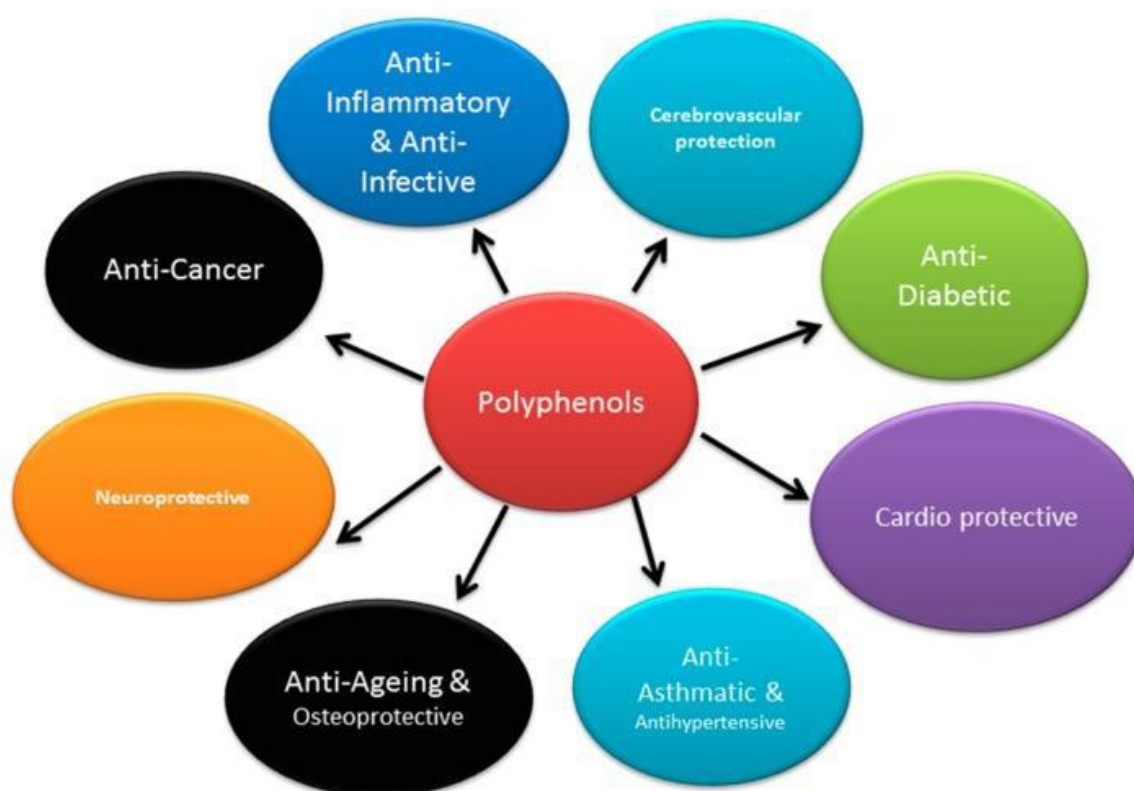


Figure 21: Rôle des polyphénols chez l'homme (Ganesan et Baojun, 2017).

2.1. Activités biologiques des acides phénoliques

Les acides phénoliques présentent un fort potentiel en tant que composés antioxydants capables de piéger les radicaux libres. Ils jouent un rôle reconnu dans le maintien d'un bon état de santé et pourraient participer à la prévention de diverses maladies dégénératives, telles que les maladies cardiovasculaires et le cancer, liées à un excès des radicaux libres et au stress oxydatif (Saxena *et al.*, 2012). Ces molécules présentent également des activités anti-inflammatoires (Liu *et al.*, 2018), anti-carcinogènes, antioxydantes notamment l'acide rosmarinique (Yener ,2020) et même antimicrobiennes (Abdelkhalek *et al.*, 2020) comme l'acide ellagique, l'acide benzoïque et l'acide salicylique (Adelkhalek *et al.*, 2020).

2.2. Activités biologiques des stilbènes

Ces métabolites secondaires suscitent beaucoup d'intérêt pour leurs propriétés biologiques, comme les activités antioxydantes (Jung *et al.*, 2009), anticancéreuses comme le piceatannol (Banik *et al.*,2020), neuro-protectives, anti-inflammatoires tels que le pallidol (Nagumo *et al.*,2019) et le resvératrol qui est le plus célèbre des stilbènes, et a été découvert en 1939 au Japon chez *Veratrum grandiflorum* de la famille des Melanthiacées (Udenigwe *et al.*, 2008).

2.3. Activités biologiques des flavonoïdes

2.3.1. Activité antibactérienne

Les flavonoïdes sont capables d'inhiber la croissance de plusieurs souches bactériennes (*Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Enterobacter cloacae*, etc...), avec une intensité différente selon le microorganisme et l'écosystème dans lequel il se trouve comme le myricetin (Abdelkhalek *et al.*,.2020).

2.3.2. Activité antivirale

Les flavonoïdes sont aussi connus pour leur activité antivirale, principalement contre le rétrovirus HIV responsable du symptôme d'immunodéficience acquise (SIDA), le virus d'influenza et l'adénovirus (ADV) comme la quercétine (Wu *et al.*, 2016 ; Guo *et al.*,2019).

2.3.3. Activité antiallergique

Les flavonoïdes sont également connus pour leurs effets antiallergiques. Ils agissent par inhibition des enzymes qui favorisent la libération d'histamine à partir des mastocytes et des basophiles, l'AMPC phosphodiesterase et la Ca⁺² ATPase. En outre, la quercétine exerce un

puissant effet inhibiteur de la libération d'histamine à partir des mastocytes et la lutéoline (Mwakalukwa *et al.*, 2019).

2.3.4. Activité antiulcéreuse

Dans des expériences réalisées sur les rats, la quercétine et la naringénine ont montré un rôle important dans la réduction de l'ulcère et la protection des cellules gastriques. Il a été suggéré que la quercétine exerce son activité via un mécanisme complexe impliquant la production de mucus, le piégeage des radicaux libres et également l'inhibition de la production de leucotriènes. D'autres études ont permis d'établir une relation étroite entre les propriétés antiulcéreuses de la quercétine, la naringénine, la rutine, le kaempférol et la production de PAF (Platelet Activating Factor) qui est un agent ulcérogène potentiel. En effet, il s'est avéré que la réduction des dommages gastro-intestinaux est due probablement à l'inhibition du PAF par ces flavonoïdes (Vil *et al.*, 2019).

2.3.5. Activité antioxydante

Les flavonoïdes sont des molécules avec une activité antioxydante prononcée. Ils expriment les propriétés antioxydantes par le piégeage direct des espèces réactives de l'oxygène (ERO), la suppression de la formation des ERO par l'inhibition de quelques enzymes ou par chélation des ions métalliques impliqués dans leur production, ainsi que la protection des systèmes de défense antioxydants de l'organisme comme la naringénine, l'apigénine, la rutine, (Bailly, 2020) et le taxifolin (Luo *et al.*, 2018).

2.3.6. Activité cardiovasculaire

Les flavonoïdes jouent un rôle important dans la prévention des maladies cardiovasculaires. Leur consommation se traduit par une augmentation transitoire de la capacité anti-oxydante du plasma dans les heures qui suivent le repas. Parvenus au niveau des artères, ils préviennent l'oxydation des lipoprotéines de faible densité (Low Density Lipoproteins ou LDL), qui est l'un des facteurs clé du processus physiopathologique de l'athérosclérose.

L'inhibition de l'oxydation des LDLs, limite leur incrustation dans les parois des artères qui contribue à l'épaississement des parois et à réduire le flux de sang qui parvient au niveau des tissus. Les flavonoïdes agiraient aussi en inhibant l'agrégation plaquettaire impliquée dans le phénomène de thrombose qui peut conduire à l'occlusion des artères (Scalbert *et al.*, 2005).

2.3.7. Activité anticancéreuse

Les substances polyphénoliques sont capables d'activer les mécanismes naturels de la défense anticancéreuse comme l'Isoxanthohumol. En effet, les premiers stades de la phase d'initiation cancéreuse peuvent être bloqués par la capacité des tissus cibles à intercepter et à métaboliser les agents mutagènes (**Bailly, 2020**)

2.3.8. Activité anti-inflammatoire

De nombreuses études ont indiqué que les polyphénols notamment les flavonoïdes possèdent des propriétés anti-inflammatoires et qu'ils sont capables de moduler le fonctionnement du système immunitaire par inhibition de l'activité des enzymes qui peuvent être responsables des inflammations. Ils peuvent aussi moduler l'adhésion des monocytes durant l'inflammation athérosclérotique en inhibant l'expression des médiateurs inflammatoires (**Liu et al., 2020**). D'autres flavonoïdes sont capables d'inhiber l'histamine, les flavones et les flavonols sous forme glycosylée ou libre comme la quercétine et la myricétine ont une activité inhibitrice de la cyclooxygénase COX (**Batista et al., 2015**).

2.3.9. Autres activités biologiques

Plusieurs travaux biologiques ont montré, également, que les flavonoïdes possèdent de nombreuses activités antifongiques, antiparasitaires et insecticides (**Azzouzi 2016**).

2.4. Activités biologiques des tanins

2.4.1. Activité antioxydante

Les tanins ont la particularité d'inhiber la peroxydation des lipides en agissant comme donneur des protons et accepteur des radicaux libres, stoppant ainsi le mécanisme d'auto-oxydation (**Liang et al., 2020**) comme les procyanidines (**Luo et al., 2018**). Les tanins hydrolysables et condensés sont 15 à 30 fois plus efficaces que les phénols simples (**Peronny, 2005**).

2.4.2. Inhibition enzymatique

La fixation des tanins avec les protéines peut engendrer l'inhibition de plusieurs enzymes comme l'inhibition de la protéine kinase C par les tanins éllagiques et les tanins complexes. Aussi, les dimères procyanidoliques ont une activité inhibitrice sur l'histidine décarboxylase et l'élastase. Ils sont capables, également, d'inhiber l' α -amylase salivaire humaine (**Peronny, 2005**).

2.4.3. Activité anti-diarrhémique

Par voie interne, les tanins exercent un effet anti-diarrhémique qui est du à l'inhibition de la motilité intestinale. Toutefois, en utilisant la voie externe, ils imperméabilisent les couches les plus externes de la peau et les muqueuses protégeant ainsi les couches sous-jacentes (Djahra *et al.*, 2013).

2.4.4. Activité antimicrobienne

Les tanins ont été rapportées comme bactériostatique ou bactéricide sur plusieurs souches bactériennes. L'acide tannique peut inhiber la croissance des bactéries des aliments et des bactéries intestinales humaines (Djahra *et al.*, 2013).

2.4.5. Activité antivirale

L'activité antivirale des tanins est due à la fixation des molécules des tanins à l'enveloppe protéique du virus ou la membrane de la cellule hôte, et par conséquence l'inhibition de l'adsorption et la pénétration virale. On note deux tanins ellagiques: 2,4-valonéoyl-3,6-hexahydroxydiphényl- β -D-glucose et 1,2-di-O-galloyl-3,6-valonéoyl- β -D-glucose (Sekowski *et al.*, 2020).

2.5. Activités biologiques des lignines

Ces composés présentent des effets antioxydants, antifongiques, immunostimulants (De Melo *et al.*, 2020), anti-cancéreux (Barapatre *et al.*, 2016), antimicrobiens (Alzagameem *et al.*, 2019) et antiviraux comme l'acide liginosulfonique (Gordts *et al.*, 2015).

2.6. Activités biologiques des coumarines

Les coumarines sont considérées comme anti-inflammatoires (osthole) (Liang *et al.*, 2020), antiparasitaires (De Alcantara *et al.*, 2015), analgésiques (Li *et al.*, 2017), anticancéreuses (ombelliférone) (Önder, 2020), antifongiques, antibactériennes (Erdogdu *et al.*, 2020), anti oxydantes (Khaldi-Khellafi *et al.*, 2020) et même antispasmodiques (Kostova, 2005).

3. Activités biologiques des composés tri-terpéniques

Les activités biologiques des tri-terpènes sont diverses. Ainsi, ils sont connus comme antimicrobiens (l'hopane) (Zhang *et al.*, 2019), antiprolifératifs (la betuline), anti-inflammatoires (betulin-3-O-caffeate), immuno-modulateurs (Wold *et al.*, 2020), insecticide (le β -sitosterol) (Wu *et al.*, 2020), antinéoplasiques, antiulcéreux, anti-

hypercholestérolémiques (Vil *et al.*, 2019), antivirales (pseudolarnoids A–C) (Zhao *et al.*, 2020), cytotoxiques, chimio préventifs (serratene) (Boonya-Udtayan *et al.*, 2019) ce qui peut les rendre favorables à l'usage pharmacologique.

3.1. Activités biologiques des saponines

Les propriétés biologiques de ce type des métabolites secondaires ne sont pas limitées à la protection des plantes, car de nombreuses espèces végétales à forte teneur en saponines sont utilisées en médecine traditionnelle comme les racines de *Bupleurum falcatum* L. (Fu *et al.*, 2005). Ils retiennent l'attention aussi bien pour leur exploitation industrielle liée à leurs propriétés biologiques différentes : antiulcéreuses (Nwafor et Bassey, 2007), antifongique (Carotenuto *et al.*, 1999), antidiabétique, anti-obésité (Jeepipalli *et al.*, 2020) et anticancéreuses (Desai et Joshi, 2019).

Les saponines sont connues aussi pour leurs activités anti-tumorales (Podolak *et al.*, 2010), anti-inflammatoires (Tian *et al.*, 2020), immunostimulantes, immunoadjuvantes, molluscicides (Diab *et al.*, 2012), antimicrobiennes (Dong *et al.*, 2020), antioxydantes et antibactériennes (Najjar-Tabrizi *et al.*, 2020).

3.1.1. Activité hémolytique

Les saponines ont le pouvoir de rompre la membrane érythrocytaire (membrane solide mais souple jouant un rôle important dans la déformation des globules rouge, et donc retient l'hémoglobine). La propriété hémolytique est généralement justifiée par l'interaction entre les saponines et les stérols de la membrane érythrocytaire. Cette réaction conduit à l'éclatement de la membrane, provoquant ainsi une augmentation de la perméabilité suivie de la perte de l'hémoglobine, comme aristatoside C, cephoside A et davisianoside B (Sarikahya *et al.*, 2018).

3.1.2. Activité sur la membrane plasmique

Les saponines facilitent la libération intracellulaire de l'ion potassium (K^+) ainsi que la lactase déshydrogénase (enzyme intracellulaire participe à la glycolyse), ce qui montre leur rôle dans la déstabilisation de la membrane plasmique (Lorent *et al.*, 2014).

3.1.3. Activité anti-inflammatoire

Les saponines isolées de la partie aérienne de *Dianthus barbatus* présentent des activités analgésiques (Ado *et al.*, 2011) et anti-inflammatoires (Tian *et al.*, 2020).

3.1.4. Activité cytotoxique et anti-tumorale

De nombreuses saponines possèdent une activité cytotoxique *in vitro* envers une grande variété de lignées cellulaires cancéreuses notamment l'aristatoside C et le davisianoside B (Sarikahya *et al.*, 2018).

3.1.5. Activité immunomodulatrice

Les saponines, de façon générale, ont montré une aptitude à contrôler les cellules malignes, en inhibant leur croissance ou en déclenchant l'apoptose grâce aux différents mécanismes. Des saponines tri-terpéniques isolées des espèces appartenant au genre *Cephalaria* ont montré un rôle immunomodulateur *in vitro* et lympho-prolifératif sur les cellules leucémiques humaines (Sarikahya *et al.*, 2018).

4. Activités biologiques des alcaloïdes

Les alcaloïdes possèdent plusieurs activités biologiques importantes telles que: les activités anti-inflammatoires, antiprolifératives (zanthoaustrones A-C) (Fu *et al.*, 2020), analgésiques (talatizamine) (Guo *et al.*, 2018), antioxydantes, anti-malaria (manzamines), antimicrobiennes (harmine, harmaline et harmalol) (Dai *et al.*, 2018), sédatives (Smith *et al.*, 2013), anxiolytiques (Stephens, 2013), hypnotiques (Baldwin et Tiwari, 2015), anti-hypertensives (tetrandrine) (Huang *et al.*, 2016), spasmolytiques (isosarcodine) (Khalid *et al.*, 2004), gastro protectrices (boldine) (Boeing *et al.*, 2020), anti-arythmiques (quinidine) (Serdoz *et al.*, 2019) et antivirales comme la lamellarine (Fukuda *et al.*, 2020).

Chapitre IV

**Travaux antérieurs sur des espèces
du genre *Genista***

1. Travaux antérieurs sur des espèces du genre *Genista*.

La phytochimie de l'espèce *Genista ferox* Poirr a été l'objet d'une étude réalisée par **Mekkiou (2005)**. Au fait, les parties aériennes de l'espèce ont été collectées dans la région d'El-Kala (Est algérien), et sont macérées dans le n-butanol pour obtenir l'extrait n-butanolique. La détermination structurale des molécules isolées a été effectuée par la combinaison de différentes méthodes spectrales telles que la spectrophotométrie UV-Visible, la RMN et ses séquences, bidimensionnelle COSY ^1H - ^1H , XHCOR, COLOC ainsi que la spectrométrie de masse IE et FAB. Les composés identifiés sont : le phytol, le β -sitostérol, trois flavones et une isoflavone (énistéine, apigénine, 7-O-glucosyl apigénine et lutéoline). La même espèce a été aussi étudiée par **Ati (2018)**, qui a utilisé ses feuilles et fleurs (collectées d'Annaba, Algérie) pour réaliser le test antioxydant, le test anti-hémolytique et le test antibactérien. Le test de DPPH a noté une activité antioxydante très importante des extraits méthanolique des feuilles et des fleurs de *G. ferox* Poirr avec des IC_{50} égale à $0,50 \pm 0,006$ et $0,59 \pm 0,02 \text{ mg ml}^{-1}$, respectivement. Ces résultats sont très proches de celle enregistrés par l'acide ascorbique, $0,51 \pm 0,004 \text{ mg ml}^{-1}$, et loin de celle obtenue par le BHT, $0,17 \pm 0,02 \text{ mg ml}^{-1}$. Egalement, l'extrait d'acétate d'éthyle des feuilles et des tiges de *G. ferox* ont présenté une très bonne activité antioxydante avec des IC_{50} de l'ordre de $14,2 \pm 0,02$ et $14,9 \pm 0,1 \mu\text{g ml}^{-1}$, respectivement, cependant l'extrait n-butanolique des mêmes parties a présenté un effet un peu plus faible, une IC_{50} de $55,5 \pm 0,2$ et $52,5 \pm 1,0 \mu\text{g ml}^{-1}$, respectivement (**Bencherchar et al., 2017**).

L'activité antimicrobienne des extraits des flavonoïdes, des tannins, l'extrait méthanolique, l'infusion et la décoction des parties aériennes de *G. ferox* sur les souches *Klebsiella pneumoniae carbapenemase positive*, *Klebsiella pneumoniae carbapenemase négative*, *Klebsiella oscytoca*, *Klebsiella pneumoniae*, *Salmonella* et *Escherichia coli* a été soulevée (**Ati, 2018**). Les résultats obtenus ont montré que la décoction et l'infusion sont inefficaces sur toutes les souches bactériennes testées (souche résistante inférieur a 8mm) sauf *Salmonella shigilla* sur laquelle ces deux extraits exercent un effet très modéré, diamètre d'inhibition égale à 9mm. Les flavonoïdes et les tannins sont inactifs sur les différentes souches bactériennes testées sauf sur *Klebsiella pneumoniae* qui a exprimé une sensibilité modérée à ces deux extraits avec des zones d'inhibitions de 12 et 14mm, respectivement.

De même, l'effet anti-hémolytique de l'extrait méthanolique des fleurs de *G. ferox* en présence de différentes concentrations a été évalué. Les résultats ont été comparés avec ceux

obtenus par le témoin négatif contenant des globules rouges en présence de H₂O₂ (puissant oxydant provoquant la perturbation de la structure membranaire cellulaire) et le témoin positif contenant des hématies intactes. D'après les résultats, les taux d'hémolyse de l'extrait méthanolique sont directement proportionnels à l'augmentation de ses concentrations, les fleurs de *G. numidica* a une activité inhibitrice importante contre l'hémolyse provoqué par H₂O₂ allant de 21,27 ± 0,089 % à 68,08 ± 0.025% suivi par l'extrait de *G. ferox*, puis *G. tricuspidata* (Ati, 2018). L'activité antiproliférative des parties aériennes de *G. ferox* a été aussi évaluée, dont les résultats ont montré que l'extrait chloroformique des feuilles a enregistré l'activité antiproliférative la plus efficace contre les lignées cellulaires HeLa (Bencherchar *et al.*, 2017).

Plusieurs chercheurs ont étudié la chimie de l'espèce *Genista saharae* Coss & Dur ainsi que ces activités biologiques (Mekkiou, 2005 ; Guettaf, 2016 ; Barek *et al.*, 2020). En effet, l'identification structurale des molécules isolées de l'extrait n-butanolique des parties aériennes collectées de Boussaâda (Sud algérien) a été effectuée en utilisant plusieurs procédures spectrales à savoir la spectrophotométrie UV-Visible, la RMN et ses séquences, bidimensionnelle COSY ¹H-¹H, XHCOR, COLOC, plus que la spectrométrie de masse IE et FAB. L'étude phytochimique de cet extrait nous a permis d'obtenir 24 produits purs, dont neuf molécules ont été identifiées, cinq isoflavones, trois flavones et un flavonol: (Génistéine), (5,7-dihydroxy-6'', 6''-diméthylpyrano [2'', 3'' : 4', 3'] flavone), (5, 7-dihydroxy-3'-methoxy-6'', 6''-diméthylpyrano [2'', 3'' : 4', 5'] flavone), (Apigénine), (Kaempférol), (4', 5, 7-trihydroxy 6-méthoxy isoflavone), (5, 7-dihydroxy 8-C-glucosylisoflavone), (4', 5, 7-trihydroxy 8-C-glucosylisoflavone (8-C-glucopyranosylgénistéine)) et (4', 7-dihydroxy 8-C-glucosyl 5-methoxyisoflavone) (Mekkiou, 2005). L'examen phytochimique qualitatif de l'extrait aqueux de *G. saharae* a montré la présence des phénols, des alcaloïdes, des flavonoïdes, des tannins, des terpénoïdes, des stéroïdes, des composées réductrices et des saponines. Le dosage des métabolites secondaires a montré que *G. saharae* est riche en composés phénoliques avec une teneur de 130 mg AGE g⁻¹ Extr. (Guettaf, 2016).

Le potentiel antioxydant de *G. saharae* a été signalé par Barek *et al.* (2019) en employant différents tests à savoir DPPH, ABTS et CUPRAC. Les résultats enregistrés ont montré que l'extrait chloroformique a une bonne activité antioxydante avec les tests ABTS et CUPRAC mais restent moins de ceux obtenus par le standard BHA, les IC₅₀ de l'extrait sont 4,03±0,0200 et 35,63±1,42µg ml⁻¹, alors que celles de BHA sont 1.29±0.30 et 5.35±0.71µg

ml⁻¹, respectivement. Pour le teste de DPPH, tous les extraits avaient une activité modérée en comparant avec les témoins positif BHA et acide ascorbique, IC₅₀ = 0.079±0.006 et 0.10±0.161mg ml⁻¹, respectivement. L'extrait chloroformique a enregistré l'activité antioxydante la plus élevée avec IC₅₀ égale à 1,34±0,1721mg ml⁻¹, suivi par l'extrait hydrométhanolique avec IC₅₀ de 3,16±0,136mg ml⁻¹, puis l'extrait acétate d'éthyle avec IC₅₀ de 4,26±0,663mg ml⁻¹ et finalement l'extrait n-butanolique avec une IC₅₀ de 8,31±0,395mg ml⁻¹. Aussi, l'extrait aqueux de la même espèce peut inhiber la peroxydation couplée de l'acide linoléique/β-carotène à 77%. Cette valeur est proche de celles obtenues par les antioxydants standards utilisés (**Guettaf, 2016**).

D'autre part, le pouvoir antibactérien des extraits de *G. saharae* a été évalué en déterminant la concentration minimale inhibitrice (CMI) sur *Escherichia coli*, *Acinetobacter baumannii*, *Citrobacter freundii*, *Proteus mirabilis*, *Salmonella typhimurium*, *Enterobacter cloacae*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, *Bacillus subtilis*, *Enterococcus faecalis* et *Listeria monocytogenes*. Les résultats ont montré que la fraction chloroformique avait une bonne activité antibactérienne avec une CMI de 20µg/mL, suivie par la fraction de n-butanol avec une CMI de 313µg/ml vis-à-vis *Escherichia coli* et *Staphylococcus aureus*. L'extrait hydrométhanolique et l'extrait d'acétate d'éthyle ont donné un faible potentiel antibactérien sur *Acinetobacter baumannii*, *Staphylococcus aureus* et *Enterobacter cloacae* avec une CMI de 10mg/ml (**Barek et al., 2019**). Egalement, l'effet anti-inflammatoire *in vitro* et *in vivo*, la capacité d'inhiber l'œdème de l'oreille induit par le xylène, l'activité analgésique *in vivo* ainsi que l'évaluation de la toxicité aiguë de l'extrait aqueux de *G. saharae* ont été étudiés et ont donné de bons résultats qui justifient l'utilisation de l'espèce dans la médecine traditionnelle algérienne (**Guettaf, 2016**).

Maanani et ces collaborateurs (**2018**) a étudié la chimie des parties aériennes de *Genista microcephala* Coss et Dur. Collectées de Chillia, la wilaya de Khenchla (Algérie). Des méthodes chromatographiques ont été utilisées pour isoler cinq molécules (isoflavonoïdes), alors que leur identification a été effectuée par des méthodes spectroscopiques RMN du proton, de carbone 13 et 2D. Les isoflavonoïdes sont : la génistéine ((5, 7,4`-trihydroxyisoflavone), la daidzéine (7,4`-trihydroxyisoflavone), isopropyl ((5-methoxy daidzein), génistéine ((7-O-β-Dglucopyranosylgenistein) et daidzéine ((7-O-β-Dglucopyranosyl)daidzein).

L'effet antimicrobienne des extraits acétate d'éthyle, n-butanolique (**Maanani et al., 2018**), aqueux et éthanolique (feuilles collectées dans la région Alkhums de la Libye) (**Edrah**

et al., 2017) a été testé sur une panoplie de souches microbiennes en utilisant la méthode de diffusion sur gélose. Au fait, l'extrait d'acétate d'éthyle et n-butanolique ont été testés sur *Lactococcus garvieae*, *Yersinia ruckeri*, *Vibrio anguillarum*, *Listeria monocytogenes* ATCC 7644, *Staphylococcus aureus* ATCC 25923, *Bacillus cereus* RSKK 863, *Micrococcus luteus* NRRL B-4375, *Escherichia coli* ATCC 11229, *Escherichia coli* ATCC 35218, *Escherichia coli* O157:H7, *Yersinia enterocolitica* NCTC 11175, *Candida albicans* ATCC 10231 et *Candida glabrata* RSKK 04019, cependant l'extrait aqueux et éthanolique ont été testés sur *Escherichia coli*, *Salmonella*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus saprophyticus* et *Staphylococcus epidermidis*.

D'après **Maanani et al. (2018)**, la gamme CMB et CMF de l'extrait d'acétate d'éthyle et n-butanolique était de 3,75 à 30mg/ml, dont la CMB la plus faible a été enregistrée chez *Bacillus cereus* RSKK 863, 3.75mg/ml (souche sensible) alors que celles les plus élevées sont obtenues avec les bactéries *Lactococcus garvieae*, *Vibrio anguillarum* et *Yersinia ruckeri*. Les CMF de l'extrait n-butanolique sont deux et quatre fois plus élevées que celles de l'extrait d'acétate d'éthyle pour *Candida Albicans* ATCC 10231 et *Candida Glabrata* RSKK 04019, respectivement. Ces résultats peuvent suggérer que le solvant acétate d'éthyle pourrait être le meilleur solvant pour extraire les molécules antifongiques. L'extrait éthanolique de *G. microcephala* a présenté un effet antibactérien élevé sur *Salmonella*, *P. aeruginosa*, *Staphylococcus saprophyticus* et *Staphylococcus epidermidis* avec des zones d'inhibitions de 8mm, 9mm, 10mm, 11mm, respectivement, par contre l'extrait aqueux a donné une faible zone d'inhibition contre *Salmonella* et *Staphylococcus epidermidis* (7mm) et s'est avéré inefficace vis-à-vis *Escherichia coli* (**Edrah et al., 2017**). Le potentiel antioxydant a été aussi étudié en utilisant différents tests à savoir FRAP, CUPRAC et TAC, dont les résultats ont montré que l'extrait d'acétate d'éthyle a une bonne activité par rapport à l'extrait n-butanolique (**Maanani et al., 2018**).

Genista numidica ssp *numidica* a fait l'objet d'une étude biologique réalisée par **Ati (2018)**, les parties aériennes (feuilles et fleurs) ont été récoltées dans la région de Cap de garde, la wilaya d'Annaba (Algérie). En effet, l'activité antioxydante a été évaluée en utilisant trois méthodes, le piégeage du radical libre DPPH, la réduction du fer et le piégeage du radical hydroxyle. L'effet antioxydant de l'extrait méthanolique des feuilles et des fleurs avec le test de DPPH s'est montré très important avec des IC₅₀ égale à 0,55±0,03 et 0,89±0,06mg ml⁻¹, respectivement, mais elles restent moins de celles montrées par les standards ; acide ascorbique et HBA, 0,51±0,004 et 0,17±0,02mg ml⁻¹, successivement. Aussi les résultats de

test de fer et le piégeage du radical hydroxyle montre des activités biologiques comme celle-ci de teste de DPPH.

Le potentiel antibactérien de trois extraits de cette espèce, les flavonoïdes, les saponines et l'infusion des parties aériennes, a été aussi testé contre les souches bactériennes *Escherichia coli*, *Staphylococcus ATTC*, *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis*, *Proteus*, *Pseudomonas sp* et *Acinetobacter*. Les résultats obtenus ont permis de constater que les trois extraits avaient une activité sensiblement similaire sur toutes les souches testées, où les diamètres des zones d'inhibition ont été compris entre 8 et 10.9mm. De plus, l'activité anti-hémolytique de différentes concentrations de l'extrait méthanolique des fleurs a été effectuée et montrée que cette espèce est capable d'inhiber l'hémolyse provoquée par H₂O₂ avec des pourcentages d'inhibition allant de 21,27±0,089% à 68,08±0.025%.

L'activité anti-inflammatoire de l'extrait n-butanolique obtenu des parties aériennes de *Genista quadriflora* Munby (collectées d'El-Kala, Algérie) a été évaluée par la création d'un œdème dans la patte du rat induit par le carraghénine (**Boubekri et al., 2014**). Les résultats ont montré que le traitement oral avec cet extrait exerce une activité inhibitrice sur le développement de l'œdème de la patte avec une réduction significative ($p < 0,001$; $p < 0,01$) de son volume en fonction des doses utilisées. Les mêmes auteurs ont étudié aussi l'effet antioxydant de l'extrait n-butanolique et d'acétate d'éthyle par la méthode de DPPH, la peroxydation lipidique et l'évaluation du contenu phénolique total (TPC). Les résultats ont montré que les deux extraits, n-butanolique et acétate d'éthyle, sont capables d'inhiber la peroxydation lipidique avec des IC₅₀ de 287,23±0,21 et 247,60±0,14µg ml⁻¹, respectivement, et qui sont moins de celle enregistrée par le standard. Aussi, le test de DPPH a confirmé que les deux extraits ont une activité antioxydante mais reste toujours faible en comparant avec celle du standard acide ascorbique, les IC₅₀ en ordre descendant sont : 5.18±0.12µg ml⁻¹ pour l'acide ascorbique, 64.96±0.03 µg ml⁻¹ pour l'extrait d'acétate d'éthyle et 117.90±0.21 µg ml⁻¹ pour l'extrait n-butanolique.

La partie aérienne de l'espèce *Genista tinctoria* L. et l'espèce *Genistella sagittalis* L. ont été récoltées de la province de Transylvanie (Nord-Ouest de la Roumanie) et subissées à une extraction éthanolique pour avoir un extrait éthanolique (**Hanganu et el., 2016**). En premier temps, des molécules ont été isolées et identifiées dans l'extrait éthanolique, ensuite l'effet antioxydant de ce dernier a été évalué. L'isolement et l'identification des molécules contenant dans les deux extraits éthanoliques a été réalisé par l'utilisation d'une méthode chromatographique couplée à la spectrométrie de masse (HPLC-MS), les molécules sont :

l'acide chlorogénique, l'acide *p*-coumarique, l'isoquercitrine et l'apigénine. Les composés identifiés dans l'extrait de *G. tinctoria* sont l'acide caféique, l'acide férulique, l'hyperoside, la rutine, la quercitrine et la lutéoline, tandis que la quercétine n'a été déterminée que chez *G. sagittalis*. L'activité antioxydante a été réalisée par le biais des tests de DPPH, TEAC et ORAC. Les résultats du piégeage du radical libre DPPH ont montré que l'extrait éthanolique de *G. tinctoria* avait une activité supérieure de celui de *G. sagittalis* avec des IC₅₀ de 65.45±0.75µg mL⁻¹ et 304.05±0.65µg mL⁻¹, respectivement, mais elles restent moins de celles obtenues par les standards, quercétine (5.40±0.32 µg mL⁻¹) et BHT (15.6±0.44µg mL⁻¹).

Les résultats de test TEAC ont montré que l'extrait éthanolique de *G. tinctoria* avait une activité supérieure de celui de *G. sagittalis* avec des IC₅₀ de 94.45±5.09 mmolTrolox mg⁻¹ et 40.49±4.88mmolTrolox mg⁻¹, respectivement, mais elles restent moins de celles obtenues par les standards, quercétine (5.40±0.32 µg mL⁻¹) et BHT (15.6±0.44µg mL⁻¹).

Les résultats de test ORAC ont montré que l'extrait éthanolique de *G. tinctoria* avait une activité supérieure de celui de *G. sagittalis* avec des IC₅₀ de 88.12±1.17mmolTrolox mg⁻¹ et 67.14±2.04mmolTrolox mg⁻¹, respectivement, mais elles restent moins de celles obtenues par les standards, quercétine (5.40±0.32 µg mL⁻¹) et BHT (15.6±0.44µg mL⁻¹).

La phytochimie des parties aériennes de la plante *Genista tricuspidata* a été mise en évidence en suivant différentes étapes (Boumazza,2013) Au fait, après une extraction hydroalcoolique des parties choisies, l'extrait obtenu a subi des affrontements au chloroforme, acétate d'éthyle et n-butanol. Pour la séparation des molécules, les phases organiques récupérées sont soumises aux plusieurs méthodes chromatographiques à savoir la colonne, CCM sur gel de silice et sur polyamide, papier Wattman, alors que l'identification structurale des composés isolés a fait appel aux différentes techniques physico-chimiques notamment la spectroscopie d'absorption UV-Vis, la RMN ¹H et ¹³C et leurs séquences bidimensionnelles, l'hydrolyse acide et la spectrométrie de masse à haute résolution I.E et FAB. La phytochimie des phases polaires et semi polaires menée sur *G. tricuspidata* a permis l'isolement de vingt produits purs et natifs et la détermination des structures de trois isoflavones, quatre flavonoïdes, une flavane, deux triterpènes, un diterpène et un phthalate. Les molécules isolées et identifiées dans les extraits des parties aériennes de *G. tricuspidata* sont: Di-(2-methyl heptyl) phtalate, Erythrodiol 3 palmitate, Phytol, 7-methoxy-4'-hydroxyflavane, Erythrodiol (3β, 28-Dihydroxyolean-12-ène), Quercétrine, Génisteine, 4',glucosylgénisteine (sophoricoside), 4',7-dihydroxy-5-methoxyisoflavone (isoprunitine), 4',5,7-trihydroxy-3'-methoxy-3-O-glucosylflavone (isorhamnetine 3-glucoside), 4', 5, 7-

trihydroxy-3', 8-dimethoxy-3-O-glucosylflavone, 4', 5, 7-trihydroxy-3', 8-dimethoxy-3-O-rhamnoglucosylflavone.

Les activités biologiques des parties aériennes (feuilles et fleurs) de *G. tricuspidata* Desf. Collectée de Tipaza (Algérie) ont été aussi soulevées (**Ati, 2018**). L'effet antioxydant de l'extrait méthanolique des feuilles et fleurs a été effectué suivant trois méthodes, le piégeage du radical libre DPPH, la réduction du fer et le piégeage du radical hydroxyle. Le test de DPPH des feuilles et fleurs a donné des IC₅₀ égale à 0,95±0,13 et 0,93±0,16 mg ml⁻¹, respectivement, et qui sont élevées en comparant avec celles des standards, acide ascorbique et BHA (0,51±0,004 et 0,17±0,02 mg ml⁻¹ en ordre.

L'effet anti-hémolytique a été aussi réalisé et montré que *G. tricuspidata* Desf a une activité inhibitrice importante contre l'hémolyse provoqué par H₂O₂ (puissant oxydant provoquant la perturbation de la structure membranaire cellulaire). Les résultats obtenus montrent que les taux d'hémolyse sont directement proportionnels à l'augmentation des concentrations des extraits, (**Ati, 2018**). De plus, l'activité antibactérienne des extraits des saponines, l'infusion et la décoction des parties aériennes de *G. tricuspidata* a été évaluée en utilisant la méthode des disques. Les résultats enregistrés par ces trois extraits ont permis de constater que tous les diamètres sont largement supérieurs de celui des disques (8mm), ce qui confirme que les extraits sont actifs sur les différentes souches bactériennes testées sauf le *Pseudomonas sp* qui s'est révélé résistant.

En 2013, une étude a été réalisée sur les parties aériennes de l'espèce *Genista ulicina* récoltée dans la région d'El-Aouana, la wilaya de Jijel (Nord-Est algérien) (**Boutaghane, 2013**). Au fait, l'analyse phytochimique de l'extrait butanolique, a permis d'isoler en utilisant plusieurs méthodes chromatographiques 20 composés naturels répartis en deux classes de métabolites secondaires, 14 saponosides dont sept de structures nouvelles et 6 flavonoïdes dont deux C-glycosylés et une isoflavone. L'identification de ces molécules a été réalisée par le biais de différentes techniques, entre autres RMN 1D et 2D (¹H, ¹³C J-modulé, COSY H-H, HSQC J-modulé, HMBC, TOCSY et ROESY), Ultra-Violet (UV), Spectrométrie de Masse (MS), la mesure des pouvoirs rotatoires et par la comparaison avec les données de la littérature. Également, l'effet antibactérien de la fraction n-butanolique et les composés isolés de la même espèce a été évalué en utilisant la méthode des disques sur *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa* et *Enterococcus faecalis*. Les résultats ont montré l'inefficacité des échantillons testés sur les bactéries utilisées. L'activité antiproliférative a été aussi évaluée et les résultats ont été négatifs.

Genista cadasonensis a été l'objet d'une étude phytochimique et biologique réalisée par **Serrilli** et ces collaborateurs (2010). Les parties aériennes de cette espèce ont été collectées au Nord-Est de la Sardaigne dans la région de Sisine Codula (Italie), et soumises à une extraction alcoolique avec le dichlorométhane, l'acétone et l'éthanol. Le profil RMN ^1H de l'extrait dichlorométhane a montré la présence des composés de type di- et tri-terpénoïdique, cependant ceux de l'extrait acétonique et éthanolique ont révélé la présence des flavonoïdes et d'isoflavonoïdes. En effet, la lutéoline a été identifiée dans l'extrait éthanolique de *G. cadasonensis*, alors que les isoflavones de type génistéine et 6-hydroxy-génistéine plus que le flavone (lutéoline) ont été isolés de son extrait acétonique.

Egalement, l'activité antioxydante a été évaluée en utilisant deux radicaux libres, 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) et l'acide 3-éthylbenzothiazoline-6-sulfonique (ABTS). Les IC_{50} obtenues par les trois extraits dichlorométhane, éthanolique et acétonique avec le test de DPPH ont été de l'ordre de $10,36 \pm 0,84$, $2,98 \pm 0,81$ et $2,42 \pm 0,63$ mg mL^{-1} , respectivement, mais restant moins de celle enregistrée par le standard BHA, $0,18 \pm 0,32$ mg mL^{-1} . Dans le test d'ABTS et en mesurant le pouvoir antioxydant des extraits, les résultats sont similaires de ceux donnés par le test de DPPH. Les IC_{50} enregistrées par l'extrait dichlorométhane, l'extrait éthanolique et l'extrait acétonique ont été $2,83 \pm 0,95$, $1,1 \pm 0,73$ et $0,88 \pm 0,62$ mg mL^{-1} respectivement (**Serrilli et al., 2010**).

L'extraction des parties aériennes de *Genista cilentina* et *Genista sulcitana* récoltées dans la région de Sicile et Sardaigne (Italie), respectivement a été effectuée en utilisant un appareil de type Soxhlet avec le n-hexane, le chloroforme et le méthanol successivement. Les extraits méthanoliques ont été fractionnés avec l'acétate d'éthyle et le n-butanol. L'analyse chromatographique de l'extrait n-butanolique suivant différentes procédures a conduit à l'isolement et l'identification de neuf composés (flavonoïdes) de *Genista cilentina* et de quatre constituants dans l'extrait n-butanolique de *Gensita sulcitana*. La lutéoline, lutéoline 7-O-glucoside, vicénine-2, orobol, génistéine 7-O-glucoside, biochanine A 7-O-glucoside, génistéine 4,7-di-Oglucoside, génistéine 8-C-glucoside et pratenséine 7-O-glucoside ont été isolés de *G. cilentina*, alors que la lutéoline, 7-O-glucoside, génistéine 7-O-glucoside, génistéine 8-C-glucoside et acide *p*-coumarique ont été isolés de *Genista sulcitana*. Aussi, le D-pinitol qui est un marqueur chimiotaxonomique de la famille des Légumineuses, a été isolé de *Genista cilentina*. Tous les flavonoïdes purifiés (six isoflavones et trois flavones, à la fois sous forme aglyconique et glycosidique) avec l'acide *p*-coumarique et le D-pinitol ont été

identifiés par analyse spectrale (RMN ^1H et ^{13}C , ESI-MS) et par comparaison avec les données de la littérature (Noccioli *et al.*, 2012).

Les parties aériennes de l'espèce *Genista cephalantha* Spach ont été recueillies pendant la phase de floraison dans la région de M'Sila (Est algérien) et étudiées par Chebbah *et al.* (2014). Le criblage phytochimique de cette espèce a révélé la présence de plusieurs métabolites secondaires. Le fractionnement de l'extrait méthanolique en employant deux solvants de différentes polarités, acétate d'éthyle et n-butanol, a abouti à une distribution intéressante de contenu phénolique total (TPC) et teneur totale en flavonoïdes (TFC). Le niveau de TPC était plus élevé dans le n-butanolique ($156.86 \pm 42.98 \text{ mgGAE g}^{-1}$ d'extrait) par rapport à l'extrait d'acétate d'éthyle ($124,64 \pm 20,22 \text{ mgGAE g}^{-1}$ d'extrait). La fraction n-butanolique était également plus riche en flavonoïdes ($125.03 \pm 18.42 \text{ mgQE g}^{-1}$ d'extrait) que la fraction d'éthyle d'acétate ($65,83 \pm 4,35 \text{ mgQE g}^{-1}$ d'extrait). L'activité antioxydante de ces deux fractions a été étudiée en utilisant deux méthodes, le piégeage DPPH et blanchiment du β -carotène. Les résultats du piégeage du radical libre DPPH ont montré que le TPC et le TFC de l'extrait de n-butanolique a une activité plus élevée que celui de l'acétate d'éthyle, avec IC_{50} égale à $144,06 \pm 15,30 \mu\text{g mL}^{-1}$ et $56,71 \pm 3,45 \mu\text{g mL}^{-1}$, respectivement. Qui sont supérieurs à IC_{50} de standard (acid ascorbique) qui est égale à $21,37 \pm 1,71 \mu\text{g mL}^{-1}$. En effet Les résultats de test de blanchiment du β -carotène ont montré que les deux extraits à une bonne activité antioxydante (63-70%) par rapport aux substances standard BHA et trolox (87-91%).

Tableau 04 : résumé des études antérieures réalisées sur des espèces du genre *genista*.

L'espèce étudiée	L'auteur et l'année	La partie utilisée et le lieu de récolte	L'activité biologique évaluée ou l'étude phytochimique	Méthodes	Le résultat
<i>Genista ferox</i> Poirr	Mekkiou (2005)	Parties aériennes (récoltée de la région d'El-Kala)	Etude phytochimique	Méthodes spectrales telles que la spectrophotométrie UV-Visible, la RMN et ses séquences...	Les composés identifiés : le phytol, le β -sitostérol, trois flavones et une isoflavone (énistéine, apigénine, 7-O-glucosyl apigénine et lutéoline).
<i>Genista saharae</i>	Mekkiou (2005)	Parties aériennes collectées de Boussaâda	Etude phytochimique	Méthodes spectrales telles que la spectrophotométrie UV-Visible,	Obtenir 24 produits purs, dont neuf molécules ont été identifiées, cinq isoflavones, trois flavones et un flavonol.

				la RMN et ses séquences...	
<i>Genista ferox</i> <i>Poirr</i>	Ati (2018)	Feuilles et fleurs collectées d'Annaba	Activite antioxydant	DPPH	Activité antioxydante très importante.
<i>Genista ferox</i> <i>Poirr</i>	Ati (2018)	Feuilles et fleurs collectées d'Annaba	L'activité antimicrobienne	Antibiogramme	La décoction et l'infusion sont inefficaces sur toutes les souches bactériennes testées (souche résistante inférieur a 8mm) sauf <i>Salmonella shegilla</i> (un effet très modéré), diamètre d'inhibition égale à 9mm. Les flavonoïdes et les tannins sont inactifs sur les différentes souches bactériennes testées sauf sur <i>Klebsiella pneumoniae</i> (une sensibilité modérée) avec des zones d'inhibitions de 12 et 14mm, respectivement.
<i>Genista ferox</i> <i>Poirr</i>	Ati (2018)	Feuilles et fleurs collectées d'Annaba	L activite anti-hémolytique		Effet anti hémolytique important.
<i>Genista ferox</i> <i>Poirr</i>	Bencherchar et al., (2020).	Feuilles et des tiges	Activite antioxydante	DPPH	Très bonne activité antioxydante.
<i>Genista ferox</i> <i>Poirr</i>	Bencherchar et al., (2020).	Feuilles et des tiges	L'activité antiproliférative		L'activité antiproliférative la plus efficace contre les lignées cellulaires HeLa.
<i>Genista saharae</i>	Barek et al. (2019)	Parties aériennes	Activite antioxydante	DPPH, ABTS et CUPRAC	Bonne activité antioxydante.
<i>Genista saharae</i>	Barek et al. (2019)	Parties aériennes	L'activité antimicrobienne	A abase de détermination de la concentration minimale inhibitrice (CMI)	La fraction chloroformique avait une bonne activité antibactérienne avec une CMI de 20µg/mL, suivie par la fraction de n-butanol avec une CMI de 313µg/ml vis-à-vis <i>Escherichia coli</i> et <i>Staphylococcus aureus</i> . L'extrait hydrométhanolique et l'extrait d'acétate d'éthyle ont donné un faible potentiel antibactérien sur <i>Acinetobacter baumannii</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> et

					<i>Enterobacter cloacae</i> avec une CMI de 10mg/ml.
<i>Genista microcephala</i>	Maanani et al., (2018).		Activité antioxydante	FRAP, CUPRAC et TAC	Bonne activité antioxydante.
<i>Genista numidica</i> ssp <i>numidica</i>	Ati (2017)	Parties aériennes récoltées dans la région de Cap de garde, la wilaya d'Annaba	Activité antioxydante	DPPH, la réduction du fer et le piégeage du radical hydroxyle.	Activité antioxydante très importante.
<i>Genista numidica</i> ssp <i>numidica</i>	Ati (2017)	Parties aériennes récoltées dans la région de Cap de garde, la wilaya d'Annaba	Activité antimicrobienne	Antibiogramme	Les trois extraits de plante avaient une activité sensiblement similaire sur toutes les souches testées, où les diamètres des zones d'inhibition ont été compris entre 8 et 10.9mm.
<i>Genista numidica</i> ssp <i>numidica</i>	Ati (2017)	Parties aériennes récoltées dans la région de Cap de garde, la wilaya d'Annaba	Anti-hémolytique		Cette espèce est capable d'inhiber l'hémolyse provoquée par H ₂ O ₂ .
<i>Genista quadriflora</i> Munby	Boubekri et al., 2014).	Des parties aériennes collectées d'El-Kala, (Algérie).	L'activité anti-inflammatoire	La création d'un œdème dans la patte du rat induit par le carraghénine	Le traitement oral avec cet extrait exerce une activité inhibitrice sur le développement de l'œdème de la patte avec une réduction significative de son volume en fonction des doses utilisées.
			Activité antioxydant	DPPH	Bonne activité antioxydante.
<i>Genistella sagittalis</i> L	Hanganu et al., (2016)	Partie aérienne récoltée de la province de Transylvanie (Nord-Ouest de la Roumanie)	Etude phytochimique	Méthode chromatographique couplée à la spectrométrie de masse (HPLC-MS)	L'acide chlorogénique, l'acide <i>p</i> -coumarique, l'isoquercitrine et l'apigénine, la quercétine.
<i>Genistella sagittalis</i> L	Hanganu et al., (2016)	Partie aérienne récoltée de la province de Transylvanie (Nord-Ouest de la Roumanie)	Activité antioxydante	DPPH, TEAC et ORAC	Très bonne activité antioxydante.
<i>Genista tinctoria</i> L	Hanganu et al., (2016)	Partie aérienne. Récoltée de la province de Transylvanie (Nord-Ouest de la	Etude phytochimique	Méthode chromatographique couplée à la spectrométrie de masse (HPLC-	L'acide caféique, l'acide férulique, l'hyperoside, la rutine, la quercitrine et la lutéoline,

		Roumanie)		MS	
<i>Genista tinctoria</i> L	Hanganu et al., (2016)	Partie aérienne. Récoltée de la province de Transylvanie (Nord-Ouest de la Roumanie	Activite antioxydante	DPPH, TEAC et ORAC	Très bonne activité antioxydante.
<i>Genista tricuspida</i>	Boumaza, 2013)	Parties aériennes	Etude phytochimique	Différentes techniques physico-chimiques notamment la spectroscopie d'absorption UV-Vis, la RMN ¹ H et ¹³ C et leurs séquences bidimensionnelles, l'hydrolyse acide et la spectrométrie de masse à haute résolution I.E et FAB	Les molécules isolées et identifiées sont: Di-(2-méthyl heptyl) phtalate, Erythrodiol 3 palmitate, Phytol, 7-methoxy-4'-hydroxyflavane, Erythrodiol (3β, 28-Dihydroxyolean-12-ène), Quercétrine, Génisteine, 4',glucosylgénisteine (sophoricoside), 4',7-dihydroxy-5-methoxyisoflavone (isoprunetine), 4',5,7-trihydroxy-3'-methoxy-3-O-glucosylflavone (isorhamnetine 3-glucoside), 4', 5, 7-trihydroxy-3', 8-dimethoxy-3-O-glucosylflavone, 4', 5, 7-trihydroxy-3', 8-dimethoxy-3-O-rhamnoglucosylflavone.
<i>Genista tricuspida</i> Desf	Ati, (2017)	Parties aériennes	Activite antioxydant	Le piégeage du radical libre DPPH, la réduction du fer et le piégeage du radical hydroxyle.	Activité antioxydante tres important.
<i>Genista tricuspida</i> Desf	Ati, (2017)	Parties aériennes	Activite anti-hémolytique		Bonne Activite anti-hémolytique
<i>Genista tricuspida</i> Desf	Ati, (2017)	Parties aériennes	L'activité antibactérienne	Méthode des disques	Tous les diamètres sont largement supérieurs de celui des disques (8mm), ce qui confirme que les extraits sont actifs sur les différentes souches bactériennes testées sauf le <i>Pseudomonas sp</i> qui s'est révélé résistant.
<i>Genista ulicina</i>	Boutaghan e, (2013)	Parties aériennes récoltée dans la	Etude phytochimique	RMN 1D et 2D (¹ H, ¹³ C J-	Permet d'identifie 20 composés naturels répartis

		région d'El-Aouana, la wilaya de Jijel		modulé, COSY H-H, HSQC J-modulé, HMBC, TOCSY et ROESY), Ultra-Violet (UV), Spectrométrie de Masse (MS).	en deux classes de métabolites secondaires, 14 saponosides dont sept de structures nouvelles et 6 flavonoides dont deux C-glucosylés et une isoflavone
<i>Genista ulicina</i>	Boutaghan e, (2013)	Parties aériennes récoltée dans la région d'El-Aouana, la wilaya de Jijel	L'activité antibactérienne	Méthode des disques	Les résultats ont montré l'inefficacité des échantillons testés sur les bactéries utilisées.
<i>Genista cadasone nsis</i>	Serrilli <i>et al.</i> , (2010)	Parties aériennes collectées au Nord-Est de la Sardaigne dans la région de Sisine Codula (Italie)	Etude phytochimique	Le profil RMN ¹ H	La présence des composés de type di- et tri-terpénoïdique, cependant ceux de l'extrait acétonique et éthanolique ont révélé la présence des flavonoïdes et d'isoflavonoïdes
<i>Genista cadasone nsis</i>	Serrilli <i>et al.</i> (2010)	Parties aériennes collectées au Nord-Est de la Sardaigne dans la région de Sisine Codula (Italie)	Activite antioxydante	DPPH, ABTS	Activité antioxydante tres important.
<i>Genista cephalantha</i> Spach	Chebbah <i>et al.</i> (2014).	Parties aériennes recueillies dans la région de M'Sila	Activite antioxydante	DPPH et blanchiment du β -carotène	Bonne activité antioxydante .



CONCLUSION

Conclusion

Afin de minimiser les effets secondaires des médicaments, les plantes médicinales restent toujours la source fiable des principes actifs connus par leurs propriétés pharmaceutiques, en exhibant le pouvoir de traiter diverses pathologies sachant que ces principes actifs extraits de plante dépourvu généralement des effets indésirables qui peut perturber la santé humaine.

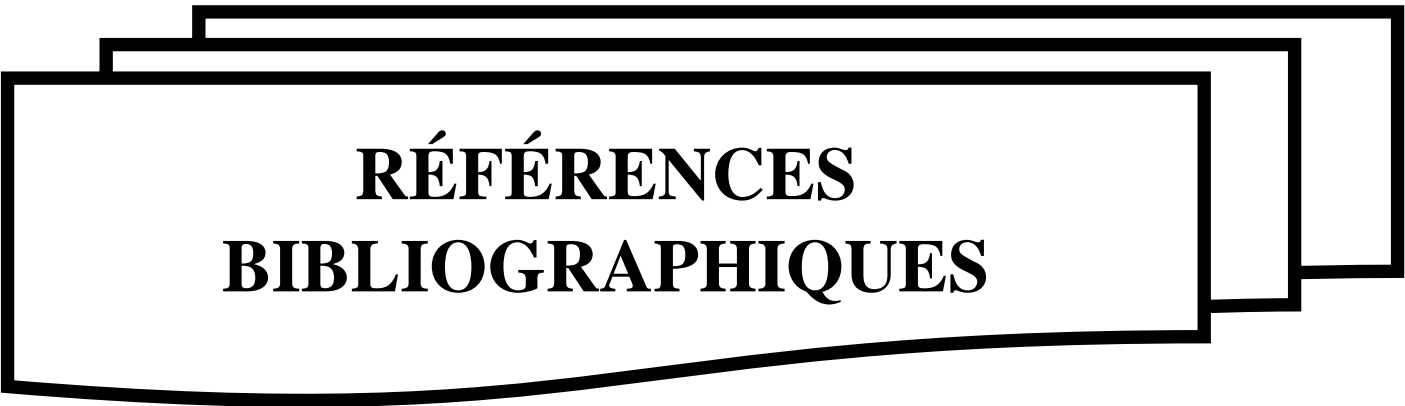
Les plantes du genre *Genista* représentent de nombreux effets biologiques qui sont utilisés depuis longtemps pour traiter plusieurs maladies et donc préserver la santé humaine. Pour ce là on peut considérer que cette plante est une plante médicinale et peut extrait partir du quelle des molécules bioactives qui peuvent être exploitées dans le domaine industriel pour produire des médicaments à base de ces molécules.

Afin de déterminer et identifier les molécules et intéressant de la plante d'une part et évaluer les diverses activités biologiques d'autre part, en utilisant les parties aériennes plus précisément les feuilles et les fleurs comme échantillon pour les différents tests phytochimiques.

D'une part, L'étude bibliographique sur la phytochimie de la plante montre une richesse et une diversité de métabolites secondaire notamment les composés tri-terpénique, les alcaloïdes et les polyphénols surtout les flavonoïdes en particulier : les isoflavonoïdes qui est considérer le métabolite secondaire le plus dominant chez la plante. D'autre part, la richesse de cette plante on métabolites secondaires est responsable à la présence des activités biologique multiples caractérisant ce genre, notamment : anti inflammatoire, anti cancéreuse, anti ulcère, antibactérienne, cardiovasculaire, antiseptique, immunomodulatrice, antifongique, anti-diarrhéique, analgésique, antiallergique..., ainsi que l'activité la plus couramment trouvée c'est l'activité antioxydant.

Perspectives

- Faire une étude phytochimique sur les espèces du genre *Genista* et mettre en évidence leur composition chimique.
- La réalisation de différents tests biochimiques permettant l'évaluation des activités biologique pour leur exploitation à l'échelle pharmaceutique.



**RÉFÉRENCES
BIBLIOGRAPHIQUES**

Liste des references

Abdelkhalek, A., Salem, M. Z., Ali, H. M., Kordy, A. M., Salem, A. Z., & Behiry, S. I. (2020). Antiviral, antifungal, and insecticidal activities of Eucalyptus bark extract: HPLC analysis of polyphenolic compounds. *Microbial Pathogenesis*, 104383.

Abudunia, A. M., Marmouzi, I., Faouzi, M. E. A., Ramli, Y., Taoufik, J., El Madani, N., ... & Ibrahimi, A. (2017). Anticandidal, antibacterial, cytotoxic and antioxidant activities of Calendula arvensis flowers. *Journal de mycologie medicale*, 27(1), Pp.90-97.

Adams, M., Berset, C., Kessler, M., Hamburger, M. (2009). Medicinal herbs for the treatment of rheumatic disorders. A survey of European herbals from the 16th and 17th century. *Journal of Ethnopharmacology*, 121, Pp.343–359.

Adão, C. R., da Silva, B. P., & Parente, J. P. (2011). A new steroidal saponin from *Allium ampeloprasum* var. *porrum* with antiinflammatory and gastroprotective effects. *Phytochemistry Letters*, 4(3), Pp.306-310.

Ali, M. B., Hahn, E. J., & Paek, K. Y. (2007). Methyl jasmonate and salicylic acid induced oxidative stress and accumulation of phenolics in *Panax ginseng* bioreactor root suspension cultures. *Molecules*, 12(3), Pp.607-621.

Allen, R. G., & Tresini, M. (2000). Oxidative stress and gene regulation. *Free Radical Biology and Medicine*, 28(3), Pp.463-499.

Alzagameem, A., Klein, S. E., Bergs, M., Do, X. T., Korte, I., Dohlen, S., ... & Schulze, M. (2019). Antimicrobial activity of lignin and lignin-derived cellulose and chitosan composites against selected pathogenic and spoilage microorganisms. *Polymers*, 11(4), 670.

APGIII. (2009). An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 161(2) : Pp.105–121.

Ati, S. (2018), Etude biologique et phytochimique de trois genêts endémiques en Algérie : « *Genista numidica* Spach, *Genista ferox* Poiret & *Genista tricuspidata* Desf ». Thèse de doctorat en biologie végétal, université Badji Mokhtar Annaba, 183 p.

Références bibliographiques

Attou, A. (2011). Contribution à l'étude phytochimique & activités biologiques des extraits de la plante *Ruta chalepensis* (fidjel) de la région d'Ain Témouchent. Mémoire en vue de l'obtention du diplôme de magister en biologie, université Abou Bekr belkaid Tlemcen, Pp.9-15.

Azzouzi S. (2016). Etude phytochimique et biologique de *Bituminaria bituminosa* (L.) C.H. Stirton (fabaceae) et *Centaurea dimorphaviv.* (asteraceae). Thèse de doctorat en chimie organique, Université des Frères Mentouri-Constantine, 125 p.

Bailly, C. (2020). Molecular and cellular basis of the anticancer activity of the prenylated flavonoid icaritin in hepatocellular carcinoma. *Chemico-Biological Interactions*, 109124.

Baldwin, D. S., & Tiwari, N. (2015). Anxiolytic and hypnotic drugs. *Fundamentals of Clinical Psychopharmacology*, 1501, 125.

Banik, K., Ranaware, A. M., Harsha, C., Nitesh, T., Girisa, S., Deshpande, V., ... & Kunnumakkara, A. B. (2020). Piceatannol: A natural stilbene for the prevention and treatment of cancer. *Pharmacological research*, 153, 104635.

Barapatre, A., Meena, A. S., Mekala, S., Das, A., & Jha, H. (2016). In vitro evaluation of antioxidant and cytotoxic activities of lignin fractions extracted from *Acacia nilotica*. *International journal of biological macromolecules*, 86, Pp.443-453.

Barek, S., Rahmoun, N. M., Aissaoui, M., El Haci, I. A., Bensouici, C., & Choukchou-Braham, E. N. (2020). Phenolic Contents, Antioxidant, and Antibacterial Activities of the Algerian *Genista saharae* Solvent Extracts. *Journal of Herbs, Spices & Medicinal Plants*, 26(1), Pp.1-13.

Batista, D., Falé, P. L., Serralheiro, M. L., Araújo, M. E., Madeira, P. J., Borges, C., ... & Rauter, A. P. (2015). New In Vitro Studies on the Bioprofile of *Genista tenera* Antihyperglycemic Extract. *Natural products and bioprospecting*, 5(6), Pp.277-285.

Benayache, F. (2013). Étude phytochimique et biologique de l'espèce *thymus numidicus* Poiret. Mémoire en vue de l'obtention du diplôme de magister en chimie organique, université Constantine 1, Pp.23-34.

Bencherchar, I., Demirtas, I., Altun, M., Gül, F., Sarri, D., Benayache, F., ... & Mekkiou, R. (2017). HPLC analysis, antioxidant activity of *Genista ferox* and its antiproliferative effect in HeLa cell line. */// Bangladesh Journal of Pharmacology///*, 12(3), Pp.260-267.

Références bibliographiques

- Bertania, S., Bourdyb, G., Landaua, I., Robinsonc, J. C., Esterred, P. H. & Deharo, E. (2005).** Evaluation of French Guiana traditional antimalarial remedies. *Journal of Ethnopharmacology*, 98(1-2), Pp.45-54.
- Boeing, T., Mariano, L. N. B., dos Santos, A. C., Tolentino, B., Vargas, A. C., de Souza, P., ... & da Silva, L. M. (2020).** Gastroprotective effect of the alkaloid boldine: Involvement of non-protein sulfhydryl groups, prostanoids and reduction on oxidative stress. *Chemico-Biological Interactions*, 109166.
- Boonya-Udtayan, S., Thasana, N., Jarussophon, N., & Ruchirawat, S. (2019).** Serratene triterpenoids and their biological activities from Lycopodiaceae plants. *Fitoterapia*, 136, 104181.
- Boubekri, C. (2014).** Etude de l'activité antioxydante des polyphénols extraits de *Solanum melongena* par des techniques électrochimiques. Thèse de doctorat en Chimie, Université Mohamed Khider Biskra, Pp.24-29.
- Boubekri, N., Belloum, Z., Boukaabache, R., Amrani, A., Kahoul, N., Hamama, W., ... & Benayache, S. (2014).** In vivo anti-inflammatory and in vitro antioxidant activities of *Genista quadriflora* Munby extracts. *Der Pharmacia Lettre*, 6(1), Pp.1-7.
- Boumaza, O. (2013).** Recherche et Détermination Structurale des Métabolites Secondaires de *Genista tricuspidata* (Fabaceae), et *Haloxylon scoparium* (Chenopodiaceae). Thèse de doctorat en Chimie Organique, Université Mentouri Constantine, p.27.
- Boutaghane, N. (2013).** Etude phytochimique et pharmacologique de plantes médicinales Algériennes *Genista ulicina* Spach (Fabaceae) et *Chrysanthemum macrocarpum* (Sch. Bip.) Coss. & Kralik ex Batt (Asteraceae), Thèse de doctorat en Pharmaco-chimie, Université de Constantine 1, Pp.20-41.
- Boutaghane, N., Alabdul Magid, A., Abedini, A., Cafolla, A., Djeghim, H., Gangloff, S. C., ... & Kabouche, Z. (2019).** Chemical constituents of *Genista numidica* Spach aerial parts and their antimicrobial, antioxidant and antityrosinase activities. *Natural product research*, 33(12), Pp.1734-1740.
- Bruneton J. (1999).** Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales. 3eme édition, éditeur Technique et Documentation Lavoisier, Paris, 1120 p.
- Bruneton J. (2009).** Pharmacognosie, Phytochimie, Plantes médicinales, Edition Technique et Documentation, Médicales internationales, 4e édition, 1289 p, 1292 p.

Références bibliographiques

Bruneton J. (2009). Pharmacognosie-Phytochimie, plantes médicinales. 4ème édition. Paris : Edition Tec & Doc, Edition médicales internationales, 1292 p.

Bruneton, J. (2001). Plantes toxiques végétaux dangereux pour l'homme et les animaux. 2ème édition, Éditeur Technique et Documentation, Paris, 343 p.

Bruneton, J. (2009). Acides phénols. In : Pharmacognosie, phytochimie et plantes médicinales. Edition : Lavoisier, Paris, Pp.198-260.

Carotenuto, A., Fattorusso, E., Lanzotti, V., & Magno, S. (1999). Spirostanol saponins of *Allium porrum* L. *Phytochemistry*, 51(8), Pp.1077-1082.

Cavin A., (1999). Investigation phytochimique de trois plantes Indonésiennes aux propriétés antioxydantes et antiradicalaires : *Tinos poracispa* (Menispermacées), *Merremia emarginata* (Convolvulacées) et *Oropea enneanda* (Annonacées). Thèse de doctorat, Lausanne : 241 p.

Chebbah, K., Marchioni, E., Menad, A., Mekkiou, R., Sarri, D., Ameddah, S., ... & Benayache, F. (2014). Preliminary phytochemical screening, analysis of phenolic compounds and antioxidant activity of *Genista cephalantha* Spach.(Fabaceae). *Int. J. Phytomed*, 6, Pp.360-369.

Chira, K., Suh, J. H., Saucier, C.& Teissèdre, P. L. (2008). Les polyphénols du raisin. *Phytothérapie*, 6(2), Pp.75-82.

Cirad-forêt & Doat J., (1993). Bois des Dom-Tom, *Cirad-forêt*. 231 p.

consequences for red blood and cancer cells. *Org. Biomol. Chem*, 12, Pp.8803-8822

Croteau, R., Kutchan, T. M.& Lewis, N. G. (2000). Natural products (secondary metabolites). *Biochemistry and molecular biology of plants*, 24, Pp.1250-1319.

Crozier, A. (2003). Classification and biosynthesis of secondary plant products : an overview. *Plants : Diet and Health : The Report of a British Nutrition Foundation Task Force*, Pp.27-48.

Dai, J., Dan, W., Schneider, U., & Wang, J. (2018). β -Carboline alkaloid monomers and dimers: Occurrence, structural diversity, and biological activities. *European Journal of Medicinal Chemistry*, 157, Pp.622-656.

De Alcantara, F. C., Lozano, V. F., Velosa, A. S. V., dos Santos, M. R. M., & Pereira, R. M. S. (2015). New coumarin complexes of Zn, Cu, Ni and Fe with antiparasitic activity. *Polyhedron*, 101, Pp.165-170.

Références bibliographiques

- De Faria, S. M., Lewis, G. P., Sprent, J. I. & Sutherland, J. M. (1989).** Occurrence of nodulation in the Leguminosae. *New phytologist*, 111(4), Pp.607-619.
- De Melo, C. M. L., da Cruz Filho, I. J., de Sousa, G. F., de Souza Silva, G. A., do Nascimento Santos, D. K. D., da Silva, R. S., ... & de Moraes Rocha, G. J. (2020).** Lignin isolated from *Caesalpinia pulcherrima* leaves has antioxidant, antifungal and immunostimulatory activities. *International Journal of Biological Macromolecules*, 162, Pp.1725-1733
- Desai, T. H., & Joshi, S. V. (2019).** Anticancer activity of saponin isolated from *Albizia lebbek* using various in vitro models. *Journal of ethnopharmacology*, 231, Pp.494-502.
- Deyson, G. (1979).** Cours de botanique générale, Organisation et classification des plantes vasculaires 2ème partie systématique, tome II, 347 p.
- Diab, Y., Ioannou, E., Emam, A., Vagias, C., & Roussis, V. (2012).** Desmettianosides A and B, bisdesmosidic furostanol saponins with molluscicidal activity from *Yucca desmettiana*. *Steroids*, 77(6), Pp.686-690.
- Djahra, A. B., Bordjiba, O., & Benkherara, S. (2013).** Extraction, séparation et activité antibactérienne des tanins de marrube blanc (*Marrubium vulgare* L.). *Phytothérapie*, 11(6), Pp.348-352.
- Djeghim, H. (2016).** Etude phytochimique et biologique d'une plante médicinale Algérienne du Genre *Genista* (Fabaceae). Mémoire fin étude pour l'obtention du diplôme de master en Biochimie Moléculaire et santé, Université des Frères Mentouri Constantine, p.4, Pp.14-18.
- Djoukeng, J.D. (2005).** Étude phytochimique et activité biologique de quatre espèces camerounaises de la famille de myrtaceae *eucalyptus saligna* sm, *callistemon viminalis* W., *Syzygium guineense* W. et *Syzygium aromaticum* M. et Perry. Thèse de doctorat en science, Université de Neuchâtel, 198 p.
- Dong, S., Yang, X., Zhao, L., Zhang, F., Hou, Z., & Xue, P. (2020).** Antibacterial activity and mechanism of action saponins from *Chenopodium quinoa* Willd. husks against foodborne pathogenic bacteria. *Industrial Crops and Products*, 149, 112350.
- Dupont, F. & Guignard, J.L. (2007).** Abrégé de Botanique. 14ème édition, Editions Masson Paris, p.285.
- Edrah, S. M., Alafid, F., Imramovský, A., Altwair, K., Alkhumsi, S. I., & Hrdina, R. (2017).** Phytochemical screening and antibacterial activity of *Genistamicrocephala* and

Références bibliographiques

Rosmarinus officinalis extracts from Libyan's regions. *Int J Res Ayurveda Pharm*, 8(4), Pp.52-56.

Falleh, H., Ksouri, R., Chaieb, K., Karray-Bouraoui, N., Trabelsi, N., Boulaaba, M., & Abdelly, C. (2008). Phenolic composition of *Cynara cardunculus* L. organs, and their biological activities. *Comptes Rendus Biologies*, 331(5), Pp.372-379.

Fu, H., Koike, K., Li, W., Nikaido, T., Lin, W., & Guo, D. (2005). Silenorubicosides A– D, Triterpenoid Saponins from *Silene r ubicunda*. *Journal of natural products*, 68(5), Pp.754-758.

Fu, Y. H., Guo, J. M., Xie, Y. T., Hua, J., Dai, Y. Y., Zhang, W., ... & Liu, Y. P. (2020). Structural characterization, antiproliferative and anti-inflammatory activities of alkaloids from the roots of *Zanthoxylum austrosinense*. *Bioorganic Chemistry*, 104101.

Fukuda, T., Ishibashi, F., & Iwao, M. (2020). Lamellarin alkaloids: Isolation, synthesis, and biological activity. In *The Alkaloids : Chemistry and Biology*, 83, Pp.1-112.

Gaoussou, T. (2012). Isolement et caractérisation des saponosides de plantes de la famille des Alliaceae, caryophyllaceae et Polygalaceae et évaluation de leurs activités cytotoxiques sur cellules tumorales. Thèse de doctorat en environnement et santé, Université de Bourgogne, Pp.13-21.

Giachi, I., Manunta, A., Morelli, I.& Pistelli, L (2002), Flavonoids and isoflavonoids from *Genista morisii*. *Biochemical Systematics and Ecology*, 30 (8), Pp.801-803.

Glenn, W. S., Runguphan, W.& O'Connor, S. E. (2013). Recent progress in the metabolic engineering of alkaloids in plant systems. *Current opinion in biotechnology*, 24(2), Pp.354-365.

Gordts, S. C., Férir, G., D'huys, T., Petrova, M. I., Lebeer, S., Snoeck, R., ... & Schols, D. (2015). The low-cost compound liginosulfonic acid (LA) exhibits broad-spectrum anti-HIV and anti-HSV activity and has potential for microbicidal applications. *PLoS One*, 10(7), e0131219.

Grenand, P., Moretti, C.& Jacquemin, H. (1987). Pharmacopées Traditionnelles en Guyane, Créoles, Palikur, *Wayapi*, Edit, ORSTOM, Paris, 569 p.

Guarrera, P.M., Leporatti, M.L. (2007). Ethnobotanical remarks on Central and Southern Italy. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 3, 23.

Références bibliographiques

Guo, H., Wan, X., Niu, F., Sun, J., Shi, C., Ye, J. M., & Zhou, C. (2019). Evaluation of antiviral effect and toxicity of total flavonoids extracted from *Robinia pseudoacacia* cv. idaho. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 118, 109335.

Guettaf, S. (2016). Recherche d'activités biologiques des plantes endémiques du Sahara algérienne ; *Genista sahara* Coss et Dur. et *ononis angustissima* Lam (Fabaceae). Mémoire de magister en physiologie animale, école normale supérieure Koba Alger, 115 p.

Guo, Q., Xia, H., Meng, X., Shi, G., Xu, C., Zhu, C., ... & Shi, J. (2018). C₁₉-Diterpénoid alcaloïde arabinosides from an aqueous extract of the lateral root of *Aconitum carmichaelii* and their analgésiques activités. *Acta pharmaceutica sinica B*, 8(3), Pp.409-419.

Hanganu, D., Olah, N. K., Benedec, D., Mocan, A., Crisan, G., Vlase, L., ... & Oniga, I. (2016). Comparative polyphénolique contenu et activités antioxydantes de *Genista tinctoria* L. et *Genistella sagittalis* (L.) Gams (Fabaceae). *Pakistan journal of pharmaceutical sciences*, 29(1), Pp.301-307.

Harborne, J.B & Turner, B.L. (1984). Plant Chemosystematics, *London; Orlando* : Academic Press, 562 p.

Hemingway, R.W. (1992). Variation structurelle dans les proanthocyanidines et leurs dérivés. Vol 59, Edition Plant Polyphénols, 337 p.

Hennebelle, T., Sahpaz, S. & Bailleul, F. (2004). Polyphénols végétaux, sources, utilisations et potentiel dans la lutte contre le stress oxydatif. *Phytothérapie*, 2(1), Pp.3-6.

Heywood, V. H. (1996). Les Plantes à Fleurs - 306 Familles de la Flore Mondiale. *Editions Nathan*, Paris, Pp.149-152.

Hostettmann, K & Marston, A. (1995). Saponins, (Chimie pharmacologie de produits naturels). Cambridge : *Cambridge University Press*, 590 p.

Hostettmann, K. (1997). Tout savoir sur le pouvoir des plantes sources de médicaments. Editions Favre SA, Lausanne, 240 p.

Huang, Y. L., Cui, S. Y., Cui, X. Y., Cao, Q., Ding, H., Song, J. Z., ... & Wang, Z. J. (2016). Tétrandrine, un alcaloïde de *S. tetrandra* présente des effets anti-hypertenseurs et favorables au sommeil dans le SHR via différents mécanismes. *Phytomedicine*, 23(14), Pp.1821-1829.

Igor Passi L.B. (2002). Étude des activités biologiques de *Fagara zanthoxyloides*, lam (Rutaceae). Thèse de pharmacie, université de Bamako, p.133.

Références bibliographiques

Javed, F., Jabeen, Q., Aslam, N., & Awan, A. M. (2020). Pharmacological evaluation of analgesic, anti-inflammatory and antipyretic activities of ethanolic extract of *Indigofera argentea* burm. F. *Journal of Ethnopharmacology*, 112966.

Jeepipalli, S. P., Du, B., Sabitaliyevich, U. Y., & Xu, B. (2020). New insights into potential nutritional effects of dietary saponins in protecting against the development of obesity. *Food Chemistry*, 126474.

Jung, J. C., Lim, E., Lee, Y., Kang, J. M., Kim, H., Jang, S., ... & Jung, M. (2009). Synthesis of novel trans-stilbene derivatives and evaluation of their potent antioxidant and neuroprotective effects. *European journal of medicinal chemistry*, 44(8), Pp.3166-3174.

Khaldi-Khellafi, N., Oukacha-Hikem, D., Bouaziz, S. T., Abdoun, A., Makhloufi-Chebli, M., Dumas, F., ... & Hamdi, M. (2020). Green synthesis, characterization, structure, biological activity, theoretical calculations and drug-likeness analysis of coumarins. *Chemical Data Collections*, 25, 100341.

Khalid, A., Ghayur, M. N., Feroz, F., Gilani, A. H., & Choudhary, M. I. (2004). Cholinesterase inhibitory and spasmolytic potential of steroidal alkaloids. *The Journal of Steroid Biochemistry and Molecular Biology*, 92(5), Pp.477-484.

Kostova, I. (2005). Synthetic and natural coumarins as cytotoxic agents. *Current Medicinal Chemistry-Anti-Cancer Agents*, 5(1), Pp.29-46.

Kraft, C., Jenett-Siems, K., Siems, K., Solis, P.N., Gupta, M.P., Bienzle, U., Eich E.& Andinermals, A.C. (1987). Antiplasmodial constituents from *Andira inermis*, *Phytochem* 58 : Pp.769-774.

Lacaille-Dubois, M. A. (2000). Biologically and Pharmacologically active saponins from plants: recent advances in Saponins in Food, Feedstuffs and Medicinal plants. Marston A. and Oleszek W., Ed. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, p.205.

Lainé, E., Hano, C.,& Lamblin, F. (2007). Les lignanes phytoestrogènes du lin sont-ils des bienfaiteurs méconnus ? *Phytothérapie*, 5(3), Pp.121-128.

Laribi R. (2015). Les composés phénoliques de quelques variétés de l'huile d'olive algérienne : identification et propriétés. Thèse de doctorat en biochimie, Université Ferhat Abbas Sétif 1, p.11.

Li, R., Zhao, C., Yao, M., Song, Y., Wu, Y., & Wen, A. (2017). Analgesic effect of coumarins from *Radix angelicae pubescentis* is mediated by inflammatory factors and TRPV1

Références bibliographiques

in a spared nerve injury model of neuropathic pain. *Journal of Ethnopharmacology*, 195, Pp.81-88.

Liang, H., Shi, Y., Zeng, K., Zhao, M., Tu, P., & Jiang, Y. (2020). Coumarin derivatives from the leaves and twigs of *Murraya exotica* L. and their anti-inflammatory activities. *Phytochemistry*, 177, 112416.

Liang, X., Jiang, Y., Guo, Z., & Fang, S. (2020). Separation, UPLC-QTOF-MS/MS analysis, and antioxidant activity of hydrolyzable tannins from water caltrop (*Trapa quadrispinosa*) pericarps. *LWT*, 110010.

Liu, Y. P., Yu, X. M., Zhang, W., Wang, T., Jiang, B., Tang, H. X., ... & Fu, Y. H. (2020). Prenylated chromones and flavonoids from *Artocarpus heterophyllus* with their potential antiproliferative and anti-inflammatory activities. *Bioorganic Chemistry*, 101, 104030.

Lorent, J. H., Quetin-Leclercq, J., & Mingeot-Leclercq, M. P. (2014). The amphiphilic nature of saponins and their effects on artificial and biological membranes and potential consequences for red blood and cancer cells. *Organic & biomolecular chemistry*, 12(44), Pp.8803-8822.

Lorent, J.H., Quetin-Leclercq, J., Mingeot-Leclercq, M.P. (2014). The amphiphilic nature of saponins and their effects on artificial and biological membranes and potential

Lugasi, A., Hovari, J., Sagi, K.V. & Biro, L. (2003). The role of antioxidant phytonutrients in the prevention of diseases. *Acta Biologica Szegedensis* 47(1-4), Pp.119-125.

Luo, X., Cui, J., Zhang, H., Duan, Y., Zhang, D., Cai, M., & Chen, G. (2018). Ultrasound assisted extraction of polyphenolic compounds from red sorghum (*Sorghum bicolor* L.) bran and their biological activities and polyphenolic compositions. *Industrial Crops and Products*, 112, Pp.296-304.

Maanani, D., Segueni, N., Rhouati, S., Çakmak, Y. S., Asan-Ozusaglam, M., May, A., ... & Akkal, S. (2018). Phenolic Contents, in vitro Antioxidant and Antimicrobial Activities of *Genista microcephala* Coss. & Dur. *Acta Scientifica Naturalis*, 5(2), Pp.8-22.

Maire, R. (1987). La flore de l'Afrique du Nord. Les légumineuses, vol 16, *Le chevalier Ed, Paris*, 305 p.

Marston, A., Msonthi, J. D. & Hostettman, K. (1984). On the reported molluscicidal activity from *Tephrosia vogelii* leaves. *Phytochemistry*, 23(8): Pp.1824-1825.

Références bibliographiques

- Martins, A., Wink, M., Tei, A., Brum-Bousquet, M., Tillequin, F. & Rauter, A. P. (2005).** A phytochemical study of the quinolizidine alkaloids from *Genista tenera* by gas chromatography–mass spectrometry. *Phytochemical Analysis: An International Journal of Plant Chemical and Biochemical Techniques*, 16(4), Pp.264-266.
- Mekkiou, R. (2005).** Recherche et Détermination Structurale des Métabolites Secondaires d'espèces du Genre *Genista* (Fabaceae) : *G. saharae*, *G. ferox*. Thèse de doctorat en chimie organique, Université Mentouri Constantine, 199 p.
- Miller, R.B., Wiedenhoeft, A.C., Williams, R.S., Stockman, W. & Green, F. (2003).** Characteristics of ten tropical hard woods from certified forests in Bolivia. Part II. Natural durability to decay fungi, *Wood and Fiber Science*, 35: Pp.429-433.
- Mwakalukwa, R., Ashour, A., Amen, Y., Niwa, Y., Tamrakar, S., Miyamoto, T., & Shimizu, K. (2019).** Anti-allergic activity of polyphenolic compounds isolated from olive mill wastes. *Journal of Functional Foods*, 58, Pp.207-217.
- Nagumo, M., Ninomiya, M., Oshima, N., Itoh, T., Tanaka, K., Nishina, A., & Koketsu, M. (2019).** Comparative analysis of stilbene and benzofuran neolignan derivatives as acetylcholinesterase inhibitors with neuroprotective and anti-inflammatory activities. *Bioorganic & medicinal chemistry letters*, 29(17), Pp.2475-2479.
- Najjar-Tabrizi, R., Javadi, A., Sharifan, A., Chew, K. W., Lay, C. H., Show, P. L., ... & Berenjian, A. (2020).** Hydrothermally extraction of saponin from *Acanthophyllum glandulosum* root–Physico-chemical characteristics and antibacterial activity evaluation. *Biotechnology Reports*, e00507.
- Narayana, K. R., Reddy, M. S., Chaluvadi, M. R., & Krishna, D. R. (2001).** Bioflavonoids classification, pharmacological, biochemical effects and therapeutic potential. *Indian journal of pharmacology*, 33(1), Pp.2-16.
- Naumann, H. D., Tedeschi, L. O., Zeller, W. E. & Huntley, N. F. (2017).** The role of condensed tannins in ruminant animal production: advances, limitations and future direction. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 46, Pp.929-949.
- Noccioli, C. E. C. I. L. I. A., Luciardi, L., Barsellini, S., Favro, C., Bertoli, A. L. E. S. S. A. N. D. R. A., Bader, A., ... & Pistelli, L. U. I. S. A. (2012).** Flavonoids from two Italian *Genista* species: *Genista cilentina* and *Genista sulcitana*. *Chemistry of Natural Compounds*, 48(4), Pp.672-673.

Références bibliographiques

- Nwafor, P. A., & Bassey, A. I. (2007).** Evaluation of anti-diarrhoeal and anti-ulcerogenic potential of ethanol extract of *Carpolobia lutea* leaves in rodents. *Journal of ethnopharmacology*, 111(3), Pp.619-624.
- O'Connor, S.E. (2010).** 1.25-Alkaloids. *Comprehensive Natural Products II, 1*, Pp.977-1007.
- Öksüz, S., & Topcu, G. (1987).** Triterpene fatty acid esters and flavonoids from *Inula britannica*. *Phytochemistry*, 26(11), Pp.3082-3084.
- Önder, A. (2020).** Anticancer activity of natural coumarins for biological targets. *Studies in Natural Products Chemistry*, 64, Pp.85-109.
- Osborn, A.E., Haralampidis, K. (2002).** Triterpenoid Saponin Biosynthesis in Plants. Vol 36, *Recent Advances in Phytochemistry*, Pp.81-93.
- Pandey, K. B. & Rizvi, S. I. (2009).** Plant polyphenols as dietary antioxidants in human health and disease. *Oxidative medicine and cellular longevity*, 2 (5): Pp.270-278.
- Papuc, C., Goran, G. V., Predescu, C. N., Nicorescu, V. & Stefan, G. (2017).** Plant polyphenols as antioxidant and antibacterial agents for shelf-life extension of meat and meat products: Classification, structures, sources, and action mechanisms. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 16(6), Pp.1243-1268.
- Peronny, S. (2005).** La perception gustative et la consommation des tannins chez le maki (*Lemur catta*), Thèse de doctorat en Éco-Ethologie, 151 p.
- Petit, A.C. (2011).** Toxicité et utilisation de quelques Fabaceae alimentaires et médicinales. Thèse de Docteur d'Etat en Pharmacie, Nancy 1 Université Henri Poincaré, Pp.2-4.
- Pistelli, L., Bertoli, A., Giachi, I. & Manunta, A. (1998).** Flavonoids from *Genista ephedroides*. *Journal of natural products*, 61(11), Pp.1404-1406.
- Pistelli, L., Giachi, I., Potenzs, D. & Morselli, I. (2000).** A New Isoflavone from *Genista corcica*. *Journal of Natural Products*, 63, Pp.504-506.
- Podolak, I., Galanty, A., & Sobolewska, D. (2010).** Saponins as cytotoxic agents: a review. *Phytochemistry Reviews*, 9(3), Pp.425-474.
- Pousset, J.L. (1992).** Plantes médicinales Africaines. Tome II, *Edition marketing*, 159 p.
- Quezel, P. & Santa, S. (1963).** Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Vol 2, Éditions du Centre National de la Recherche Scientifique, 565 p.

Références bibliographiques

- Rahman, A.U. (2005).** Studies in natural products chemistry: Bioactive natural products Part K. vol 30, Edition Elsevier USA, 978 p.
- Ramirez-Tortosa, M. C., Granados, S. E. R. G. I. O. & Quiles, J. L. (2006).** *Chemical composition, types and characteristics of olive oil.* CABI Publishing: Oxford, UK, Pp.45-62.
- Rauter, A. P., Martins, Al., Lopes, R., Ferreira, J., Serralheiro, L. M., Araujo, M., Borges, C., Justino, J., Silva, F., Goulart, M., Thomas-Oates., Rodrigues, J. A., Edwards, E., Noronha, J. & Helder Mota-Filipe, R. P. (2009).** Bioactivity studies and chemical profile of the antidiabetic plant *Genista tenera*. *Journal of Ethnopharmacology*, 122, Pp.384–393.
- Ren, M., Xu, W., Zhang, Y., Ni, L., Lin, Y., Zhang, X., & Huang, M. (2020).** Qualitative and quantitative analysis of phenolic compounds by UPLC-MS/MS and biological activities of *Pholidota chinensis* Lindl. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 113350.
- Rira, M. (2019).** Les tanins hydrolysables et condensés : une piste pour la réduction de la production du méthane entérique par les ruminants en milieu tropical. Thèse de doctorat en Génétique, université Clermont Auvergne, p.16.
- Sarikahya, N. B., Nalbantsoy, A., Top, H., Gokturk, R. S., Sumbul, H., & Kirmizigul, S. (2018).** Immunomodulatory, hemolytic and cytotoxic activity potentials of triterpenoid saponins from eight *Cephalaria* species. *Phytomedicine*, 38, Pp.135-144.
- Sauvain, M. (1989).** Etudes de plantes antiparasitaires du plateau des Guyanes en Amazonie : antipaludiques et antileishmaniens (Doctoral dissertation, Paris 11). Thèse de doctorat en sciences pharmaceutiques, université de paris sud, 209 p.
- Saxena, M., Saxena, J., & Pradhan, A. (2012).** Flavonoids and phenolic acids as antioxidants in plants and human health. *Int. J. Pharm. Sci. Rev. Res*, 16(2), Pp.130-134.
- Scalbert, A., Manach, C., Morand, C., Rémésy, C., & Jiménez, L. (2005).** Dietary polyphenols and the prevention of diseases. *Critical reviews in food science and nutrition*, 45(4), Pp.287-306.
- Sentkowska, A., Biesaga, M., Pyrzynska, K. (2016).** Application of Hydrophilic Interaction Liquid Chromatography for the Quantification of Flavonoids in *Genista tinctoria* Extract. *Journal of Analytical Methods in Chemistry*, Pp.1-9.
- Serdoz, L. V., Rittger, H., Furlanello, F., & Bastian, D. (2019).** Quinidine—a legacy within the modern era of antiarrhythmic therapy. *Pharmacological research*, 144, Pp.257-263.

Références bibliographiques

Serrilli, A. M., Graziosi, V., Ballero, M., Foddìs, C., Serafini, M., Poli, F., ... & Bianco, A. (2010). Endemic sardinian plants: The case of *Genista cadasonensis valsecchi*. *Natural product research*, 24(10), Pp.942-947.

Smith, K. L., Ford, G. K., Jessop, D. S., & Finn, D. P. (2013). Behavioural, neurochemical and neuroendocrine effects of the endogenous β -carboline harmaline in fear-conditioned rats. *Journal of Psychopharmacology*, 27(2), Pp.162-170.

Sparg, S., Light, M. E. & Van Staden, J. (2004). Biological activities and distribution of plant saponins. *Journal of ethnopharmacology*, 94(2-3), Pp.219-243.

Spichiger, R. E., Savolainen, V. V., Figeat, M. & Jeanmoned, D. (2002). Botanique systématique des plantes à fleur. 3ème Edition, *Presses polytechniques et Universitaires romandes*, CH – Lausanne, 393 p.

Stalikas, C. D. (2007). Extraction, separation, and detection methods for phenolic acids and flavonoids. *Journal of separation science*, 30(18), Pp.3268-3295.

Stephens, D. N. (2013). Anxiolytic B-Carbolines: From Molecular Biology to the Clinic. Vol 11. *Springer Science & Business Media*, Ed 2013, 151 p.

Stoclet, J. C & Schini-Kerth, V. (2011). Flavonoïdes alimentaires et santé humaine. Vol 69, In *Annales pharmaceutiques françaises*, Elsevier Masson, Pp.78-90.

Takano, S. & Ogasawara K. (1989). The Alkaloids, Edited by Brossi. New York, *Academic press*, p.36.

Tian, C., Chang, Y., Liu, X., Zhang, Z., Guo, Y., Lan, Z., ... & Liu, M. (2020). Anti-inflammatory activity in vitro, extractive process and HPLC-MS characterization of total saponins extract from *Tribulus terrestris* L. fruits. *Industrial Crops and Products*, 150, 112343.

Tiwari, R., Awasthi, A., Mall, M., Shukla, A. K., Srinivas, K. S., Syamasundar, K. V. & Kalra, A. (2013). Bacterial endophyte-mediated enhancement of in planta content of key terpenoid indole alkaloids and growth parameters of *Catharanthus roseus*. *Industrial Crops and Products*, 43, Pp.306-310.

Udenigwe, C. C., Ramprasath, V. R., Aluko, R. E., & Jones, P. J. (2008). Potential of resveratrol in anticancer and anti-inflammatory therapy. *Nutrition reviews*, 66(8), Pp.445-454.

Références bibliographiques

Ulomskiy, E. N., Ivanova, A. V., Gorbunov, E. B., Esaulkova, I. L., Slita, A. V., Sinegubova, E. O., ... & Gerasimova, E. L. (2020). Synthesis and biological evaluation of 6-nitro-1, 2, 4-triazoloazines containing polyphenol fragments possessing antioxidant and antiviral activity. *Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters*, 127216.

Venugopala, K. N., Rashmi, V. & Odhav, B. (2013). Review on natural coumarin lead compounds for their pharmacological activity. *BioMed research international*, 963248, p.14.

Vil, V. A., Terent'ev, A. O., Savidov, N., Glorizova, T. A., Poroikov, V. V., Pounina, T. A., & Dembitsky, V. M. (2019). Hydroperoxy steroids and triterpenoids derived from plant and fungi: Origin, structures and biological activities. *The Journal of steroid biochemistry and molecular biology*, 190, Pp.76-87.

Vincken, J. P., Heng, L., de Groot, A. & Gruppen, H. (2007). Saponins, classification and occurrence in the plant kingdom. *Phytochemistry*, 68(3), Pp.275-297.

Vollhardt, P., Schore, N. (2004), *Traité de chimie organique*. 4eme Edition, De Boeck, Pp.1125-1126.

Wojciechowski, M. F., Lavin, M. & Sanderson, M. J. (2004). A phylogeny of legumes (Leguminosae) based on analysis of the plastid matK gene resolves many well-supported subclades within the family. *American journal of botany*, 91(11), Pp.1846-1862.

Wold, C. W., Gerwick, W. H., Wangensteen, H., & Inngjerdingen, K. T. (2020). Bioactive triterpenoids and water-soluble melanin from *Inonotus obliquus* (Chaga) with immunomodulatory activity. *Journal of Functional Foods*, 71, 104025.

Wu W., Li R., Li X., He J., Jiang, S., Liu, S., & Yang, J. (2016). Quercetin as an antiviral agent inhibits influenza A virus (IAV) entry. *Viruses*, 8(1), 6.

Wu, Z., Wei, W., Cheng, K., Zheng, L., Ma, C., & Wang, Y. (2020). Insecticidal activity of triterpenoids and volatile oil from the stems of *Tetraena mongolica*. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 166, 104551.

Yang, Q. Q., Farha, A. K., Cheng, L. Z., Kim, G., Zhang, T., & Corke, H. (2020). Phenolic content and in vitro antioxidant activity in common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) are not directly related to anti-proliferative activity. *Food Bioscience*, 100662.

Yener, I. (2020). Determination of antioxidant, cytotoxic, anticholinesterase, antiurease, antityrosinase, and antielastase activities and aroma, essential oil, fatty acid, phenolic, and

Références bibliographiques

terpenoid-phytosterol contents of *Salvia pocolata*. *Industrial Crops and Products*, 155, 112712.

Yu, J., Bi, X., Yu, B. & Chen, D. (2016). Isoflavones: anti-inflammatory benefit and possible caveats. *Nutrients*, 8(6), 361.

Zhang, X., Chen, H. L., Hong, L., Xu, L. L., Gong, X. W., Zhu, D. L., ... & Yang, X. L. (2019). Three new hopane-type triterpenoids from the aerial part of *Adiantum capillus-veneris* and their antimicrobial activities. *Fitoterapia*, 133, Pp.146-149.

Zhao, X. T., Yu, M. H., Su, S. Y., Shi, X. L., Lei, C., & Hou, A. J. (2020). Cycloartane triterpenoids from *Pseudolarix amabilis* and their antiviral activity. *Phytochemistry*, 171, 112229.



ANNEXE

Annexe

Annexe 01 : Liste des espèces du genre *Genista* (le Catalogue de la vie 1 avril 2012):

(<http://www.catalogueoflife.org/col/search/scientific/genus/Genista/match/1>)

<i>Genista abchasica</i>	<i>Genista carinalis</i>	<i>Genista hystrix</i>	<i>Genista ferox</i>	<i>Genista millii</i>	<i>Genista quadriflora</i>	<i>Genista spartioides</i>
<i>Genista acanthoclada</i>	<i>Genista carpetana</i>	<i>Genista ifniensis</i>	<i>Genista januensis</i>	<i>Genista mingrelica</i>	<i>Genista radiata</i>	<i>Genista spinulosa</i>
<i>Genista aetnensis</i>	<i>Genista cephalantha</i>	<i>Genista involucrata</i>	<i>Genista juzepczukii</i>	<i>Genista monspessulana</i>	<i>Genista ramosissima</i>	<i>Genista stenopetala</i>
<i>Genista albida</i>	<i>Genista cinerascens</i>	<i>Genista florida</i>	<i>Genista kolakowskyi</i>	<i>Genista morisii</i>	<i>Genista sagittalis</i>	<i>Genista suanica</i>
<i>Genista anatolica</i>	<i>Genista cinerea</i>	<i>Genista anglica</i>	<i>Genista libanotica</i>	<i>Genista mugronensis</i>	<i>Genista sakellariadis</i>	<i>Genista subcapitata</i>
<i>Genista angustifolia</i>	<i>Genista clavata</i>	<i>Genista fukarekiana</i>	<i>Genista linifolia</i>	<i>Genista nissana</i>	<i>Genista salzmannii</i>	<i>Genista sulcitana</i>
<i>Genista arbusensis</i>	<i>Genista compacta</i>	<i>Genista gasparrinii</i>	<i>Genista lobelii</i>	<i>Genista numidica</i>	<i>Genista sanabrensis</i>	<i>Genista sylvestris</i>
<i>Genista aristata</i>	<i>Genista corsica</i>	<i>Genista germanica</i>	<i>Genista lucida</i>	<i>Genista obtusiramea</i>	<i>Genista sandrasica</i>	<i>Genista taurica</i>
<i>Genista armeniaca</i>	<i>Genista cupanii</i>	<i>Genista haenseleri</i>	<i>Genista lydia</i>	<i>Genista osmariensis</i>	<i>Genista sardoa</i>	<i>Genista tejedensis</i>
<i>Genista aspalathoides</i>	<i>Genista depressa</i>	<i>Genista halacsyi</i>	<i>Genista maderensis</i>	<i>Genista oxycedrina</i>	<i>Genista scorpius</i>	<i>Genista tenera</i>
<i>Genista aucheri</i>	<i>Genista desoleana</i>	<i>Genista hassertiana</i>	<i>Genista majorica</i>	<i>Genista paivae</i>	<i>Genista scythica</i>	<i>Genista teretifolia</i>
<i>Genista balearica</i>	<i>Genista dorycnifolia</i>	<i>Genista hillebrandtii</i>	<i>Genista melia</i>	<i>Genista parnassica</i>	<i>Genista segonnei</i>	<i>Genista tetragona</i>
<i>Genista berberidea</i>	<i>Genista ephedroides</i>	<i>Genista hirsuta</i>	<i>Genista michelii</i>	<i>Genista pilosa</i>	<i>Genista sericea</i>	<i>Genista thyrrena</i>
<i>Genista burdurensis</i>	<i>Genista falcata</i>	<i>Genista hispanica</i>	<i>Genista micrantha</i>	<i>Genista polyanthos</i>	<i>Genista sessilifolia</i>	<i>Genista tinctoria</i>
<i>Genista cadasonensis</i>	<i>Genista fasselata</i>	<i>Genista holopetala</i>	<i>Genista microcephala</i>	<i>Genista pseudopilosa</i>	<i>Genista sibirica</i>	<i>Genista toluensis</i>

Annexe

<i>Genista canariensis</i>	<i>Genista flagellaris</i>	<i>Genista humifusa</i>	<i>Genista microphylla</i>	<i>Genista pulchella</i>	<i>Genista spachiana</i>	<i>Genista tournefortii</i>
<i>Genista spartioides</i>	<i>Genista subcapitata</i>	<i>Genista tejedensis</i>	<i>Genista thyrrena</i>	<i>Genista transcaucasica</i>	<i>Genista tridentata</i>	<i>Genista verae</i>
<i>Genista spinulosa</i>	<i>Genista sulcitana</i>	<i>Genista tenera</i>	<i>Genista tinctoria</i>	<i>Genista triacanthos</i>	<i>Genista ulicina</i>	<i>Genista versicolor</i>
<i>Genista stenopetala</i>	<i>Genista sylvestris</i>	<i>Genista teretifolia</i>	<i>Genista toluensis</i>	<i>Genista tricuspidata</i>	<i>Genista umbellata</i>	
<i>Genista suanica</i>	<i>Genista taurica</i>	<i>Genista tetragona</i>	<i>Genista tournefortii</i>	<i>Genista tridens</i>	<i>Genista valentina</i>	

Annexe 02 : Structure chimique des acides hydroxybenzoïques (Stalikas, 2007).

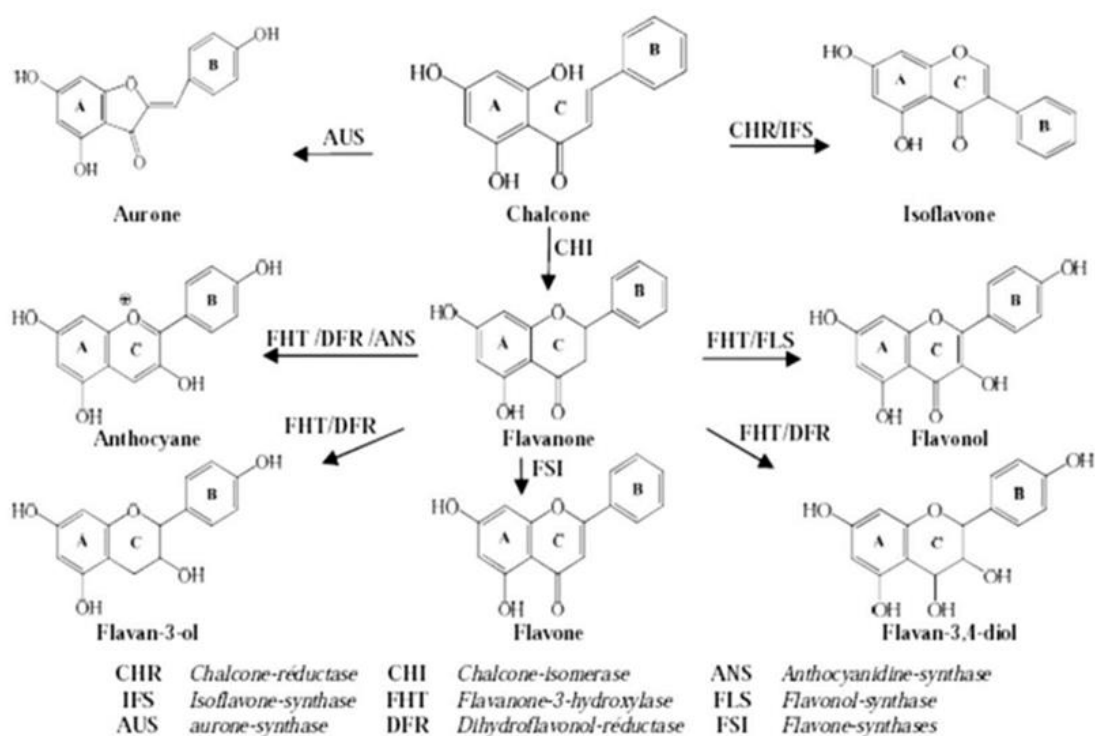
Nom	R1	R2	R3	R4
Acide benzoïque	H	H	H	H
Acide p-hydroxybenzoïque	H	H	OH	H
Acide vanillique	H	OCH ₃	OH	H
Acide gallique	H	OH	OH	OH
Acide protocatéchique	H	OH	OH	H
Acide syringique	H	OCH ₃	OH	OCH ₃
Acide gentisique	OH	H	H	OH
Acide vératrique	H	OCH ₃	OCH ₃	H
Acide salicylique	OH	H	H	H

Annexe 03 : Structures chimiques des acides hydroxycinnamiques (Stalikas, 2007).

Nom	R1	R2	R3	R4
Acide cinnamique	H	H	H	H
Acide o-coumarique	OH	H	H	H
Acide m-coumarique	H	OH	H	H
Acide p-coumarique	H	H	OH	H
Acide férulique	H	OCH ₃	OH	H
Acide sinapique	H	OCH ₃	OH	OCH ₃
Acide caféique	H	OH	OH	H

Annexe

Annexe 04 : Voies de biosynthèse des flavonoïdes (Rahman, 2005).



Annexe 05 : Propriétés biologiques de quelques polyphénols dans l'organisme

Polyphénols	Activités biologiques	Références
Acides phénoliques (cinnamiques et benzoïques)	Antibactériennes, antiulcéreuses, antiparasitaires, antifongiques, antioxydantes.	(Liu <i>et al.</i> , 2018 ; Abdelkhalek <i>et al.</i> , 2020 ; Yener, 2020).
Coumarines	Protectrices vasculaires, anti-inflammatoires, anti-parasitaires analgésiques et anti- œdémateuses	(De Alcantra <i>et al.</i> , 2015 ; Li <i>et al.</i> , 2017 ; Liang <i>et al.</i> , 2020 ; khaldi-khellafi <i>et al.</i> , 2020).
Flavonoïdes	Antioxydantes, antitumorales, antiparasitaires, vasodilatrices, antibactériennes, anti-carcinogènes, anti- inflammatoires, analgésiques, hypotensives, antivirales, diurétiques, ostéogènes, anti-atherogéniques, anti-thrombotiques et antiallergiques	(Wu <i>et al.</i> , 2016 ; Luo <i>et al.</i> , 2018 ; Guo <i>et al.</i> , 2019 ; Mwakalukwa <i>et al.</i> , 2019 ; Bailly, 2020).
Anthocyanes	Protectrices capillaroveineux,	(Bruneton, 2009)

Annexe

	antioxydantes	
Proanthocyanidines	Effets stabilisants sur le collagène, antioxydantes, antitumorales, antifongiques et antiinflammatoires	(Bruneton, 2009)
Tannins	Anti-diarrhéiques, vasoconstrictrices, antioxydantes, antiviral	(djahra <i>et al.</i>, 2013 ; Luo <i>et al.</i>, 2018 ; Sikowski <i>et al.</i>, 2020)
Lignanes	Anti-inflammatoires, analgésiques	(Laine <i>et al.</i>, 2007)
Quinones	Laxatifs stimulants, antidépressives, anti-protozoaires, antivirales, antibactériennes, fongicides et antiallergiques	(Bruneton, 2009; Hennebelle <i>et al.</i>, 2004)
Stiblène (trans-resveratrol)	Anticancéreuses, antioxydant	(Jung <i>et al.</i>, 2009; Banik <i>et al.</i>, 2020)

الملخص

يهدف هذا العمل لدراسة ببلوغرافية عن جنس جينيسطا الذي ينتمي إلى عائلة فاباسيا والذي ينمو بشكل رئيسي في حوض البحر الأبيض المتوسط، في أوروبا وشمال إفريقيا. وفقاً للعديد من الدراسات، تمت دراسة هذا الجنس على نطاق واسع من قبل الباحثين والعلماء الذين أظهروا غنا في المستقلبات الثانوية النشطة بيولوجياً، إما بتركيز عالٍ أو بكميات ضئيلة. من بين الجزيئات النشطة بيولوجياً البوليفينول مثل الأحماض الفينولية والفلافونويد والكومارين ومركبات ثلاثي تيربين والقلويدات. يعد التنوع الكبير وكذلك النسبة العالية للمركبات النشطة بيولوجياً المسجلة في جنس الجينيسطا هو الأساس لوجود العديد من الأنشطة البيولوجية، من بينها نشاط مضاد للأكسدة، مضاد للالتهابات، مضاد للميكروبات ومضاد لتحلل الدم. أكدت النتائج التي تم الحصول عليها من خلال العديد من الدراسات استخدام النباتات التي تنتمي إلى هذا الجنس في الطب التقليدي، وكذلك جعلها مهمة جداً اقتصادياً وتستعمل على نطاق واسع في طب الأعشاب.

الكلمات المفتاحية: الجينيسطا، البقوليات، النشاطات البيولوجية، المستقلبات الثانوية

Résumé

Ce travail est consacré à une étude bibliographique sur le genre *Genista*, appartenant à la famille des Fabacées et qui pousse essentiellement dans le bassin méditerranéen, en Europe et en Afrique du Nord. D'après la littérature, ce genre est très étudié par les chercheurs et les scientifiques qui ont montré sa richesse en métabolites secondaires bioactifs, soit en concentration élevée ou sous forme de traces. Parmi les molécules bioactives, on trouve les polyphénols tels que les acides phénoliques, les flavonoïdes et les coumarines, les composés tri-terpéniques et les alcaloïdes. La grande diversité ainsi que le taux élevé des composés biologiquement actifs enregistré dans le genre *Génista* est à la base de la présence de plusieurs activités biologique, entre autres l'activité antioxydante, anti-inflammatoire, antimicrobienne et anti-hémolytique. Les résultats obtenus par de nombreuses études ont confirmé l'utilisation des plantes contenant dans ce genre en médecine traditionnelle, et les rendent très importantes économiquement et largement utilisées en phytothérapie.

Mots clés : *Génista*, Fabacées, activités biologiques, métabolites secondaires.

Abstract

This work is devoted to a bibliographical study on the *Genista* genus, belonging to the Fabaceae family and which grows mainly in the Mediterranean basin, in Europe and in North Africa. According to the literature, this genus is widely studied by researchers and scientists who have shown its richness in bioactive secondary metabolites, either in high concentration or in trace amounts. Among the bioactive molecules are polyphenols such as phenolic acids, flavonoids and coumarins, tri-terpene compounds and alkaloids. The great diversity as well as the high level of biologically active compounds recorded in the *Genista* genus is the basis for the presence of several biological activities, among others antioxidant, anti-inflammatory, antimicrobial and anti-hemolytic activity. The results obtained by numerous studies have confirmed the use of containing plants in this genus in traditional medicine, and make them very important economically and widely used in herbal medicine.

Key words: *Génista*, Fabaceae, biological activities, secondary metabolites