



République Algérienne Démocratique et Populaire



Ministre de L'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Echahid Cheikh Laarbi Tebessi-Tebessa

Faculté des Sciences Exactes et des Sciences de la Nature et de la Vie

Département de biologie appliquée

N° d'ordre :

N° de série :

Mémoire présenté pour l'obtention du diplôme de

Master

Filière : Sciences biologiques

Option : Toxicologie

Thème :

**Etude botanique, chimique et activités
pharmacologiques des espèces du genre
*Medicago***

Présenté et soutenu par : Douaa BELAIDI

Hadil HADFI

Narimen NAHAL

Devant le jury composé de :

Président : Dr. Salim GASMI

Université Larbi Tebessi-Tebessa

Promotrice : Dr. Nadia DJERMANE

Université Larbi Tebessi-Tebessa

Examineur : Dr. Amar BENLAKHAL

Université Larbi Tebessi-Tebessa

Année universitaire : 2023/2024

REMERCIEMENT

De grands remerciements sont adressés au Dieu tout-puissant, car il nous a donné force, volonté, patience et détermination, et nous a guidés sur ce chemin.

*Nous remercions notre encadrante Mme **NADIA DJERMANE** pour avoir accepté. de nous encadrer et soutenir et de nous suivre tout au long de la réalisation de ce mémoire.*

Merci à tous les membres du jury qui ont accepté de juger ce travail, à tous ceux qui nous ont Accueilli et aidé tout au long de la réalisation de ce modeste travail.

Nous remercions également toute personne ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

DÉDICACES

قال الله تعالى: { يَرْفَعِ اللَّهُ الَّذِينَ آمَنُوا مِنْكُمْ وَالَّذِينَ أُوتُوا الْعِلْمَ دَرَجَاتٍ } [المجادلة: 11].

Tout d'abord, je tiens à remercier Dieu tout puissant pour tout ce qui me donne la santé, le bien-être, la patience, la volonté, la détermination et la capacité de mener à bien ce travail de recherche.

je présente le fruit de mes humbles efforts

*À mes chers parents, mon père **AMMAR** et ma mère **LATIFA**, chaque mot semble trop insignifiant pour exprimer l'amour profond et la gratitude infinie que j'ai pour vous deux, pour les innombrables sacrifices que vous avez consentis pour mon éducation. Vous avez été plus que mes guides, vous avez été mes modèles d'honnêteté, de sérieux, de responsabilité et de patience.*

Merci pour votre amour, votre confiance, vos conseils, vos efforts et votre soutien à mon égard. Grâce à vous, je suis arrivé là où je suis maintenant.

*À mes deux belles sœurs **MALAK & RITEDJ** et à mon cher frère **ABD RAOUF**, remerciez Dieu pour la bénédiction de votre présence dans ma vie.*

À mes grands-parents, mes tantes, mes oncles, mes cousines et mes cousins.

*Je tiens à remercier ma promotrice, madame **NADIA DJERMANE**, pour m'avoir guidé et aidé à développer cette recherche.*

*À mes amies, merci pour votre soutien et tous les souvenirs et tous les moments que nous avons passés ensemble **OUAFA, HADIL, NARIMENE, BOUTHAINA, SAFA, LINA, AYA.***

BELAIDI DOUAA

DÉDICACES

*Tout d'abord je tiens à remercier **ALLAH** le tout puissant de m'avoir donné la santé, la volonté, le courage et la patience pour mener à terme ma formation et pourvoir réaliser ce travail de recherche*

Avec l'expression de ma reconnaissance, je dédie ce modeste travail

à ceux qui, quels que soient les termes embrassés, je n'arriverais

jamais à leur exprimer mon amour sincère.

*Je tiens à remercier, ma promotrice Madame **Nadia Djermane** pour m'avoir guidé, dirigé et pour son aide active à l'élaboration de ce travail*

*Je dédie cet événement marquant de ma vie à la mémoire de mes grands-pères disparus **HADFI MOKDED** et **ABADLIA BELGACEM** qu'allah leur fasse miséricorde*

*À mes chers parents **ABDELHAMID & HANIA** pour leur amour, leur confiance, leurs conseils ainsi que leur soutien inconditionnel qui m'a permis de réaliser les études pour lesquelles je me destine et par conséquent ce mémoire*

*À mon frère **OKBA** et mon adorable petite sœur **FERIEL** qui sait toujours comment procurer la joie et le bonheur pour toute la famille.*

À mes tantes, mes oncles, mes cousines et mes cousins

*À mes amies en témoignage de l'amitié qui nous unit et des souvenirs de tous les moments que nous avons passés ensemble **OUAFA, DOUAA, BOUTHAINA, LINA, AYA, SAFA, NARIMENE.***

HADFI HADIL

DÉDICACES

Avant toute chose, je remercie Dieu, le tout puissant, pour m'avoir donné la force et la patience.

*Je dédie ce modeste travail à mon exemple intemporel, ma source de motivation et de bonheur, celui qui a toujours fait des sacrifices pour me voir réussir. Que Dieu te protège. À **mon cher père (Nahal Naceur)***

*À la femme qui me soutient dans mes moments difficiles, à la bien-aimée de mon cœur et source de mon bonheur. **Ma chère maman (Malika)***

*À la personne qui était loin de moi durant cette période, mais qui était proche de moi en me motivant, malgré sa distance, il est toujours présent dans mon cœur et dans mon esprit. **Mon cher frère (Radouan)***

*À qui Dieu m'a accordé la grâce de leur existence. **À mes chères sœurs (Imen, Hadil)***

*À mes chères collègues dans ce travail **(Hadil, Douaa)***

À ma famille

À tous mes amis

À tous ceux que j'aime

NAHAL NARIMEN

ملخص

هذا العمل عبارة عن خلاصة ببليوغرافية تجمع بين نتائج العديد من الدراسات الكيميائية والبيولوجية التي أجريت في جميع أنحاء العالم على الزيوت الأساسية والمستخلصات العضوية من عدة أنواع من نبات ال *Medicago* . وبالتالي، فإن الإنتاج المتوسط للزيوت الأساسية التي تم استخراجها من أنواع *M.sativa, M.hispida, M.polymorpha, M.arabica, M.minima, M.marina* هي 0.009, 0.27, 0.5, 0.8 و 0.6 و 0.02, 0.03% على التوالي. مردود المستخلصات العضوية لأنواع ال *Medicago* المدروسة (*M.murex, M.rigidula*) كانت كما يلي: مردود المستخلصات المائية، أسيتات الايثيل و الميثانولية لنوع ال *M.murex* هو 3.77%، 12.09% و 11.80% . بالنسبة ل *M.rigidula* مردود مستخلص الميثانول هو 11.78%. أظهرت تحليلات GC/MS وجود مركبات مختلفة في الزيوت الأساسية في الأنواع المدروسة لل *Medicago* *M.sativa, M.hispida, M.polymorpha, M.arabica, M.minima, M.marina*، وكانت المركبات السائدة هي الأحماض الدهنية. علاوة على ذلك أظهر تقييم النشاط المضاد للمكروبات للأنواع المدروسة من جنس ال *Medicago* اختلافا في النشاط على حسب الأنواع والتركيب الكيميائي للمستخلصات التي تم تحليلها وكذلك السلالات الميكروبية التي تم اختبارها. كما أظهرت نتائج النشاط الانزيمي للأنواع *M.murex, M.rigidula, M.laciniata*، ان مستخلصات ال *M.murex* تملك تثبيط ضد جميع الانزيمات المدروسة. و مستخلصات *M.rigidula* و *M.laciniata* تملك نشاطا مثبط ضد انزيمات α -glu و α -amy وبالإضافة الى ذلك فان دراسة النشاط المضاد للحشرات في *M.lupulina* تشير الى ان مستخلص الكلوروفورم أظهر أعلى نشاطا بنسبة 70% من الوفيات ضد نوع *T.castaneum*. كذلك تم تقييم النشاط المضاد للاكسدة للأنواع *M.murex, M.rigidula, M.sativa, M.orbicularis, M.lupulina* و ذلك من خلال الاختبارات DPPH, FRAP, TRP, CAT، أظهرت النتائج وجود علاقة ارتباط بين التركيب الكيميائي للمستخلصات المدروسة والنشاط المضاد للاكسدة. أشار أيضا تقييم النشاط المضاد للاورام للأجزاء المختلفة من مستخلص الميثانول لنبات ال *M.lupulina* مستويات معتدلة من تثبيط الأورام، حيث وصلت نسبة التثبيط الى 89% في الشكل الخام و 62% المستخلص الجزئي الكلوروفورمي. وبالنسبة لنشاط المضاد للفطريات الجلدية فقد أظهرت مستخلصات الأنواع الغنية ب saponine اختلاف ويرجع هذا الاختلاف الى اختلاف في نوع وكذلك جزء النبات المدروس. وتلك الموجودة في جذور الأنواع التي تمت دراستها هي الأكثر فعالية. وفي الأخير كشف تقييم سمية 12 نوعا من أنواع *Medicago* ان النوعين (*M.rigidula, M.arabica*) لديهما سمية عالية جدا .

الكلمات المفتاحية: *Medicago*، الزيوت الأساسية، المستخلصات العضوية مردود المستخلصات، التركيب الكيميائي، الانشطة البيولوجية.

Résumé

Ce travail est une synthèse bibliographique rassemble les résultats de diverses études chimiques et biologiques menées à travers le monde sur les huiles essentielles et les extraits organiques de quelques espèces du genre *Medicago*. Ainsi, les rendements moyens en huile essentielle extraite par les espèces *M. sativa*, *M. hispida*, *M. polymorpha*, *M. arabica*, *M. minima*, *M. marina* sont 0.009, 0.27, 0.5, 0.8, 0.6 et 0.02, 0.03% respectivement. Le rendement des extraits organiques des espèces étudiées de *Medicago* (*M. murex*, *M. rigidula*) étaient comme le suivant : les extraits méthanolique, acétate d'éthyle, aqueux de *M. murex* est de 12.09% 3,77% et 11.80% respectivement. Concernant *M. rigidula*, le rendement d'extrait méthanolique est 11,78%. Les analyses par GC/MS ont révélé la présence de divers composés dans l'huile essentielle des espèces étudiées *M. polymorpha*, *M. arabica*, *M. minima*, *M. marina*, *M. hispida* et *M. sativa*, dont les composés dominants étaient les acides gras. Par ailleurs, l'évaluation de l'activité antimicrobienne des extraits des espèces étudiées du genre *Medicago* ont montré une différence d'activité selon l'espèce, la composition chimique des extraits analysés ainsi que les souches microbiennes testées. De plus, les résultats de l'activité enzymatique des extraits de trois espèces *M. murex*, *M. rigidula* et *M. laciniata* ont démontré que les extraits de *M. murex* possèdent une activité inhibitrice contre toutes les enzymes étudiées, et les extraits de *M. rigidula* et *M. laciniata* possèdent une activité inhibitrice contre les enzymes α -amy et α -glu. En plus, l'examen de l'activité anti-insecticide de *M. lupulina* souligne que l'EChI a montré l'activité la plus élevée avec 70 % de mortalité contre l'espèce *T. castaneum*. En effet, l'activité antioxydante des extraits des espèces étudiées (*M. orbicularis*, *M. lupulina*, *M. murex*, *M. rigidula*, *M. sativa*) a été évaluée par différents tests DPPH, CAT, TRP, FRAP les résultats montrent une corrélation entre la composition chimique des extraits testés et l'activité antioxydante. L'évaluation de l'activité antitumorale des différentes fractions de l'EMeOH de *M. lupulina* a indiqué des niveaux modérés d'inhibition tumorale, atteignant 89 % sous la forme brute et 62 % dans la fraction chloroformique. Ainsi, l'activité anti-dermatophytique des extraits riches en saponines des espèces ont montré que les saponines varient selon l'espèce et la partie de la plante, et que celles présentes dans les racines des espèces étudiées pourraient être particulièrement les plus efficaces. Finalement, l'évaluation de la toxicité de douze espèces de *Medicago* a révélé que deux espèces (*M. arabica* et *M. rigidula*) présentent une toxicité très élevée.

Mots clés : *Medicago*, huile essentielle, extraits organiques, rendement d'extraction, composition chimique, activités biologiques.

Abstract

This work is a bibliographic synthesis that compiles the results of various chemical and biological studies conducted worldwide on the essential oils and organic extracts of several species of the genus *Medicago*. The average yields of essential oil extracted by the species *M. sativa*, *M. hispida*, *M. polymorpha*, *M. arabica*, *M. minima*, *M. marina* are 0.009, 0.27, 0.5, 0.8, 0.6 and 0.02, 0.03% respectively. The yield of the organic extracts of the studied species of *Medicago* (*M. murex*, *M. rigidula*) were as follows: the methanolic, ethyl acetate, aqueous extracts of *M. murex* is 12.09%, 3.77% and 11.80 respectively. Concerning *M. rigidula*, the yield of methanolic extract is 11.78%. Additionally, GC/MS analyses revealed the presence of various compounds in the essential oils of the studied species *M. polymorpha*, *M. arabica*, *M. minima*, *M. marina*, *M. hispida*, and *M. sativa*, with fatty acids being the dominant compounds. Furthermore, the evaluation of the antimicrobial activity of the extracts of the studied *Medicago* species demonstrated variations in activity depending on the species, the chemical composition of the extracts, and the microbial strains tested. Thus, the results of the enzymatic activity of the extracts of three species *M. murex*, *M. rigidula* and *M. laciniata* demonstrated that the extracts of *M. murex* possess inhibitory activity against all the enzymes studied, and the extracts of *M. murex*, *M. rigidula* and *M. laciniata* possess inhibitory activity against the enzymes α -amy and α -glu. Moreover, the examination of the anti-insecticide activity of *M. lupulina* highlights that EChI showed the highest activity with 70% mortality against the *T. castaneum* species. Indeed, the antioxidant activity of the extracts of the species studied (*M. orbicularis*, *M. lupulina*, *M. murex*, *M. rigidula*, *M. sativa*) was evaluated using various tests DPPH, CAT, TRP, FRAP the results showed a correlation between the chemical composition of the extracts tested and the antioxidant activity. Moreover, the evaluation of the antitumor activity of the different fractions of EMeOH from *M. lupulina* indicated moderate levels of tumor inhibition, reaching 89% in the crude form and 62% in the chloroform fraction. Therefore, the anti-dermatophytic activity of extracts rich in saponins of the species showed that saponins vary depending on the species and part of the plant, and that those present in the roots of the species studied could be particularly the most effective. Finally, the evaluation of the toxicity of twelve *Medicago* species revealed that two species (*M. arabica* and *M. rigidula*) present very high toxicity.

Key words: *Medicago*, essential oil, organic extracts, extraction yield, chemical composition, biological activities.

SOMMAIRE

Remerciements

Dédicace

المخلص

Résumé

Abstract

Sommaire

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des abréviations

Introduction générale

CHAPITRE I : Les plantes médicinales et la famille des *Fabaceae*

I.1. Les plantes médicinales	3
I.1.1. Historique	3
I.1.2. Phytothérapie	4
I.1.2.1. Définition.....	4
I.1.2.2. Types de phytothérapie.....	4
I.1.3. Définition de la plante médicinale.....	4
I.1.4. Origines des plantes médicinales.....	5
I.1.4.1. Plantes sauvages	5
I.1.4.2. Plantes cultivées	5
I.1.5. Utilisation des plantes médicinales	5
I.2. La famille des <i>Fabaceae</i>	6
I.2.1. Étymologie et caractéristiques.....	6
I.2.2. Habitat et repartition géographique	7
I.2.3. Classification systématique	8
I.2.4. Description botanique.....	9
I.2.4.1. Appareil végétative.....	9
I.2.4.2. Appareil reproductive	9
I.2.5. Intérêts des espèces de <i>Fabaceae</i>	12
I.2.5.1. L'intérêt écologique	12
I.2.6. L'intérêt thérapeutique	12

I.2.7. L'intérêt économique	13
I.2.8. Toxicité des espèces de la famille de <i>Fabacées</i>	13

CHAPITRE II: Analyse botanique des espèces du genre *Medicago*

II.1. Historique du genre <i>Medicago</i>	15
II.2. Présentation du genre <i>Medicago</i>	15
II.2.1. Description générale.....	15
II.2.2. Habitats et répartition géographique.....	15
II.2.3. Classification systématique et taxonomie	16
II.2.4. Les espèces du genre <i>Medicago</i>	20
II.2.5. Description botanique	22
II.2.6. Cycle de développement du genre <i>Medicago</i>	25
II.3. L'importance du genre <i>Medicago</i>	26

CHPITRE III : Analyse chimique des espèces du genre *Medicago*

III.1. Les substances du métabolisme primaire.....	28
III.2. Les substances du métabolisme secondaire	30
III.2.1. Les huiles essentielles	30
III.2.1.1. Rendement	30
III.2.1.2. Composition chimique.....	31
III.2.2. Les extraits végétaux	38
III.1.2.1. Rendement	39
III.1.2.2. Composition chimique.....	39

CHAPITRE IV : Analyse pharmacologique des espèces du genre *Medicago*

IV.1. Activité biologique des extraits des espèces <i>Medicago</i>	59
IV.1.1. Activité antimicrobienne	59
IV.1.2. Activité enzymatique	65
IV.1.3. Activité antioxydante.....	67
IV.1.4. Activité anti-insecticide	70
IV.1.5. Activité antitumorale	71
IV.1.6. Activité antidermatophytique des composés identifiées chez les extraits des espèces <i>Medicago</i>	73
IV.2. Étude de Toxicités de quelques espèces	73
Conclusion	75

Références bibliographiques

LISTE DES TABLEAUX

Titre de tableau	Page
Tableau 1 : Les différentes formes d'utilisation des plantes médicinales	6
Tableau 2 : Les genres des plantes de <i>Fabaceae</i> qui représentent dans l'Algérie	7
Tableau 3 : Position systématique des fabacées selon différentes approches phylogénétique ou morphologique	8
Tableau 4 : Usages de certaines espèces de la famille des <i>Fabaceae</i> .	13
Tableau 5 : Classification des taxons <i>Medicago</i>	17
Tableau 6 : Classification des taxons <i>Medicago</i>	18
Tableau 7 : Continue classification des taxons <i>Medicago</i>	19
Tableau 8 : Les espèces du genre <i>Medicago</i> rencontrées en Algérie.	21
Tableau 9 : Teneur en métabolites primaires (mg/g) dans quelques espèces du genre <i>Medicago</i> .	28
Tableau 10 a et b : Composition biochimique et valeur nutritionnelle de quelques espèces du genre <i>Medicago</i> .	29
Tableau 11 : Rendement en huile essentielle des espèces étudiées du genre <i>Medicago</i> .	31
Tableau 12 : Composition chimique des huiles essentielles de quelques espèces du genre <i>Medicago</i> .	32
Tableau 13 : Continue composition chimique des huiles essentielles de quelques espèces du genre <i>Medicago</i> .	34
Tableau 14 : Rendement des extraits de deux espèces de <i>Medicago</i> .	39
Tableau 15 : Teneur en isoflavones des espèces étudiées de <i>Medicago</i> .	40

Tableau 16: Continue teneur en isoflavones des espèces étudiées de <i>Medicago</i> .	41
Tableau 17 : Les flavonoïdes identifiés dans les espèces étudiées du genre <i>Medicago</i> .	43
Tableau 18 : Continue Les flavonoïdes identifiés dans les espèces étudiées du genre <i>Medicago</i> .	47
Tableau 19 : Teneur en saponine de quelques espèces de <i>Medicago</i> .	52
Tableau 20: Les saponines identifiées dans les espèces étudiées du genre <i>Medicago</i> .	52
Tableau 21: Continue les saponines identifiées dans les espèces étudiées du genre <i>Medicago</i> .	55
Tableau 22 a et b: Activité antibactérienne des extraits des espèces étudiées du genre <i>Medicago</i> .	59
Tableau 23 : Activité antifongique des extraits des espèces étudiées du genre <i>Medicago</i> .	61
Tableau 24 : Activité antibactérienne des saponines des espèces de <i>Medicago</i> .	63
Tableau 25: Activité antifongique des saponines des espèces de <i>Medicago</i> .	64
Tableau 26 a et b : Activité enzymatique des espèces étudiées du genre <i>Medicago</i> .	65
Tableau 27 : Activité antioxydante des extraits de <i>M. orbicularis</i> .	67
Tableau 28: Activité antioxydante des extraits de <i>M.lupulina</i> .	68
Tableau 29 : Activité antioxydante des extraits de <i>M.murex</i> et <i>M. rigidula</i> .	68
Tableau 30: Activité antioxydante des extraits de <i>M. sativa</i> .	69
Tableau 31 : Activité anti-insecticide des feuilles de <i>M. lupulina</i>	71
Tableau 32 : Activité antitumorale des extraits des feuilles de <i>M. lupulina</i> .	72
Tableau 33 : Activité antidermatophytique des extraits des espèces étudiées du genre <i>Medicago</i> .	73

Tableau 34 : DL50 des saponines chez 12 espèces du genre <i>Medicago</i> .

74

LISTES DES FIGURES

Titre de figure	Page
Figure 1 : Distribution des plantes de la famille des <i>Fabacées</i> dans le monde	7
Figure 2 La feuille des Fabacées.	9
Figure 3: Le fruit des Fabacées	10
Figure 4 : Graines de certaines espèces de plantes de sous-famille des Mimosoideae	11
Figure 5 : la morphologie florale d'une espèce appartenant à sous famille de Caesalpinioideae (Bianca decapetal)	11
Figure 6 : Caractères botaniques de sous-famille de Faboideae	12
Figure 7 : Distribution géographique du genre <i>Medicago</i> dans le monde	16
Figure 8 : Position systématique du genre <i>Medicago</i>	16
Figure 9 : Les espèces du genre <i>Medicago</i> rencontrées en Algérie	21
Figure 10 : graines de quelques espèces du genre <i>Medicago</i>	24
Figure 11a et b : Les gousses de quelques espèces du genre <i>Medicago</i>	25
Figure 12 : Cycle de développement de genre <i>Medicago</i>	26
Figure 13 : Structure des composés majoritaires des huiles essentielles des espèces étudiées du genre <i>Medicago</i>	37
Figure 14 : Squelette de base des flavonoïdes	40

LISTES DES ABRÉVIATIONS

CPT	Concentration en composants phénoliques total
CFT	Concentration en flavonoïde total
CAT	Capacité antioxydante totale
CMI	Concentration minimale inhibitrice
TRP	En anglais Total reducing power
DPPH	2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl
IC50	La concentration inhibitrice médiane
FRAP	En anglaise, Ferric reducing antioxidant power
mg GAE/g	Milligrammes d'équivalent d'acide gallique par gramme
µg QE/g	Microgrammes d'équivalent quercétine par gramme
mg AAE/g	Milligrammes d'équivalent acide ascorbique par gramme
mg TE/g	Milligrammes d'équivalent trolox par gramme
RE/g DM	Équivalents de rutine dans un gramme de matière sèche
GAE/g DM	Équivalents d'acide gallique dans un gramme de matière sèche
TEAC/g DM	Capacité d'absorption des radicaux Trolox dans un gramme de matière sèche
DMF	N,N-diméthylformamide
NFE	En anglais Nitrogen free extractive substances
HE	Huile essentielle
mg KAE/g d'extrait	Milligrammes d'équivalents d'acide kojique dans un gramme d'extrait
mmol ACAe/g d'extrait	Millimoles d'Équivalents d'acarbose dans un gramme d'extrait
UAE	Ultrasound-assisted extraction (Extraction assistée par ultrasons)
ASE	Accelerated solvent extraction (Extraction accélérée par solvant)
EFS	L'extraction par un fluide supercritique
GC/MS	La chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse

Introduction

générale

Introduction générale

Au cours des siècles, les humains ont compté sur la nature pour répondre à leurs besoins fondamentaux, pour la production de nourriture, d'abris, de vêtements, de transports, d'engrais, d'arômes et de parfums, ainsi que de médicaments (Cragg & Newman, 2005).

Les plantes médicinales constituent « l'épine dorsale » de la médecine traditionnelle et représentent la forme de médicament la plus ancienne, utilisée depuis des milliers d'années en médecine traditionnelle dans de nombreux pays du monde en Chine, en Inde, Grèce et dans le monde Arabe..., à travers les siècles, le savoir concernant les plantes s'est organisé, documenté et a été transmis de génération en génération (Khan, 2014).

Les plantes, en tant que ressources primaires de nombreux médicaments, revêtent une importance vitale pour la santé des êtres humains. Leur utilisation thérapeutique est bien établie, offrant une gamme variée d'aides curatives et thérapeutiques. Dans le domaine de la santé, l'intégration des plantes médicinales occupe une place prépondérante à l'échelle mondiale, pour le bien-être des végétaux que pour celui des êtres humains (Rehman et al., 2020 ; Ali et al., 2021).

De nombreux médicaments, en effet, tirent leur efficacité principalement des extraits de plantes, riches en composants bioactifs. L'étude des remèdes traditionnels et thérapeutiques a permis de mettre en lumière les propriétés médicinales des plantes, lesquelles sont à l'origine de nombreux médicaments modernes.

Dans notre synthèse on est intéressée du genre *Medicago* qui appartient à la famille des *Fabacées* (légumineuses), la troisième plus grande famille après les *Asteraceae* et les *Orchidaceae* en termes de nombre d'espèces végétales (Doyle 1994 ; Christenhusz & Byng 2016), cette famille contient environ 770 genres et 19 500 espèces réparties avec la plus grande diversité au Brésil, au Mexique, en Afrique de l'Est et à Madagascar (Wink, 2013).

De nombreuses espèces de cette famille ont été largement étudiées pour leurs constituants chimiques bioactifs tels que les acides phénoliques, les flavonoïdes, les saponines, les alcaloïdes et les caroténoïdes ...etc (Usman et al., 2022). Les études pharmacologiques ont montré que certaines espèces de cette famille ont été étudiées pour leurs activités anticancéreuse, antioxydante, antimicrobienne, anti-inflammatoire, analgésique, antiulcéreuse, antidiabétique, antirhumatismale, cytotoxique, antiparasitaire...etc (Ahmad et al., 2016, Obistioiu et al., 2021).

Medicago est l'un des genres les plus connus de la famille des fabacées, historiquement, les plantes de ce genre ont été utilisées dans la médecine traditionnelle pour

Introduction générale

leur potentiel thérapeutique (Fumić et al., 2017). Cependant, en dépit de nombreux rapports anecdotiques, les preuves scientifiques soutenant ces allégations sont limitées (Bora & Sharma, 2011). Ce manque de données empiriques nécessite une enquête scientifique complète sur les caractéristiques botaniques, la composition chimique et les activités pharmacologiques des espèces de ce genre.

Cette recherche vise à fournir une meilleure compréhension des propriétés médicinales de ces espèces, ce qui pourrait éventuellement conduire au développement de nouveaux agents thérapeutiques.

Notre travail est divisé en quatre chapitres :

- ✓ Le premier chapitre présentera des généralités sur les plantes médicinales, la phytothérapie, et des notions essentielles sur la famille des *Fabaceae*.
- ✓ Le deuxième chapitre est consacré à une description botanique des espèces du genre *Medicago*.
- ✓ Le troisième chapitre est consacré à une synthèse bibliographique sur les principaux constituants chimiques des espèces du genre *Medicago*.
- ✓ Le quatrième chapitre examinera les activités biologiques des espèces du genre *Medicago* étudiées.

Ce travail s'achèvera par une conclusion générale.

Chapitre I:
Les plantes médicinales et la
famille des *Fabaceae*

I.1. Les plantes médicinales

I.1.1. Historique

Les plantes médicinales sont des ressources naturelles inconnues et inexplorées qui sont offertes à l'humanité depuis des temps immémoriaux. Plus de 35 000 espèces ont été largement utilisées dans toutes les cultures humaines du monde entier (plus de 75% de la population) en tant que source de médicaments sûrs et efficaces (**Bahadur et al., 2007**).

Depuis l'antiquité, la théorie des signatures a été largement utilisée afin de repérer par analogie les plantes essentielles à la guérison personnelle. Toutefois, elle a été fortement critiquée dès le XVII^e siècle et oubliée du monde savant au siècle des Lumières (**Guy, 2016**).

Certaines inscriptions indiquent que les Égyptiens et les Chinois, étaient parmi les premiers êtres humains qui utilisaient les plantes comme médicaments depuis plus de 27 siècles avant JC. (**Jamshidi-Kia et al., 2017**).

Depuis plus de 5000 ans, la phytothérapie est présente en Chine. Il existe aujourd'hui plus de 3000 variétés d'herbes médicinales qui ont des propriétés thérapeutiques spécifiques, dans la pratique médicale chinoise traditionnelle à base de plantes. (**Giannenas et Sidiropoulou, 2020**).

Vers 2900 avant notre ère, la civilisation égyptienne a été l'une des premières à utiliser des huiles essentielles de plantes, démontrant ainsi une grande conscience médicale de leur utilité. (**Giannenas et Sidiropoulou, 2020**).

Selon l'Organisation mondiale de la santé, entre 14 et 28 % des plantes ont été utilisées dans le monde à des fins thérapeutiques, et près de 80% des populations dépendent de la médecine traditionnelle pour leurs soins de santé primaire (**OMS, 2002 ; Stefano et al., 2002**).

La reconnaissance officielle de la médecine traditionnelle dans les systèmes de santé nationaux par l'OMS en 2006 met en évidence son importance dans les pays où la médecine moderne est peu accessible. Il est essentiel de recourir aux plantes médicinales. En nombreux pays d'Afrique, la phytothérapie représente une option de soins alternatifs aux médicaments dits "modernes". (**Jiofack et al., 2009, 2010**). Ceci est non seulement à cause de l'inaccessibilité des installations modernes de soins de santé et des coûts élevés de la médecine conventionnelle mais aussi de la phytothérapie qui est très souvent considérée comme une méthode de traitement plus appropriée et efficace (**Marshall, 1998**).

En Algérie, la médecine traditionnelle y a sa place malgré l'absence de complémentarité de la phytothérapie à la médecine moderne (**Hamza, 2019**).

I.1.2. Phytothérapie

I.1.2.1. Définition

Le mot Phytothérapie provient du grec phyton (=plante) et thérapie, et il désigne la "guérison à l'aide de plantes» (Miraldi & Bains, 2018). L'Académie de médecine a reconnu la phytothérapie comme une discipline distincte depuis 1987. Il est crucial de ne pas confondre cette discipline avec la phytopharmacie, qui englobe tous les produits utilisés pour soigner les plantes, tels que les pesticides, les fongicides et les herbicides (Chabrier, 2010). Il existe plusieurs niveaux d'utilisation de la plante médicinale : traditionnel, clinique et moderne.

I.1.2.2. Types de phytothérapie

a. La phytothérapie traditionnelle

C'est une thérapie alternative qui vise à atténuer les symptômes d'une maladie. Ses origines peuvent remonter à très loin dans le temps et elle repose sur l'utilisation empirique des plantes en fonction de leurs vertus (Prescrire, 2007).

b. La Phytothérapie Clinique

Cette une thérapie qui prend en considération l'état général du patient et un examen clinique approfondi, et elle élabore la plante médicinale en se basant sur les données traditionnelles et une utilisation validée par les connaissances scientifiques actuelles (Jorite, 2015).

c. La Phytothérapie moderne

Le développement de la chimie moderne a permis d'utiliser des produits d'extraction ou de fabrication. Les recherches sur les plantes médicinales ont également permis d'identifier les mécanismes d'action qui régissent les propriétés thérapeutiques accordées par l'utilisation traditionnelle (Jorite, 2015).

I.1.3. Définition de la plante médicinale

Une plante médicinale est une substance végétale (partie de plante) qui fait partie de la pharmacopée. Le terme "poudre de plante" est couramment utilisé pour désigner la poudre de médicaments végétaux. Le pissenlit (Racine et Feuille) et le cassissier (Feuille et Fruit) sont deux exemples d'espèces botaniques capables de générer diverses substances pharmaceutiques végétales (Loïc, 2016).

D'après l'organisation mondiale de la santé, une plante médicinale est une plante dont un ou plusieurs organes contiennent une substance pouvant être utilisée à des fins

thérapeutiques ou qui sont des précurseurs de la semi-synthèse chimio-pharmaceutique (Karunamoorthi et al., 2013).

I.1.4. Origines des plantes médicinales

Les plantes médicinales sont caractérisées par deux origines. Ce sont les plantes cultivées et les plantes spontanées, appelées « sauvages » ou « de cueillette » (Chabrier, 2010).

I.1.4.1. Plantes sauvages

La première utilisation de cette catégorie remonte à l'époque et représente encore une part significative du marché international, leur répartition et leur développement sont influencés par différents éléments, tels que le type de sol et, essentiellement, le climat (Chabrier, 2010).

I.1.4.2. Plantes cultivées

Les techniques de culture standardisées permettent d'obtenir des matières premières de qualité et en quantité adéquate et homogène grâce à ces plantes. La culture des plantes médicinales respecte en effet les directives de l'OMS concernant les bonnes pratiques agricoles et de récolte pour les plantes médicinales (Who, 2003).

I.1.5. Utilisation des plantes médicinales

Les plantes médicinales sont utilisées pour leurs propriétés particulières bénéfiques pour la santé humaine. Dans la nature, les plantes médicinales n'ont été utilisées que sous forme de tisanes ou de poudres. Mais actuellement, elles sont exploitées de différentes manières, décoction, macération, digestion, infusion... etc. (Tableau 01) (Bézanger, 1986 ; Dutertre, 2011).

Les différentes parties des plantes médicinales peuvent être utilisées, telles que les graines, les racines, les feuilles, les fruits, les fleurs ou même la plante entière. La majorité des composés actifs présents dans la plupart des parties des plantes médicinales ont des propriétés thérapeutiques directes ou indirectes et sont employés comme pilules (Jamshidi-Kia et al., 2017).

Les plantes sont de plus en plus associées. Ces produits ont bénéficié d'une élaboration de normes de bonnes pratiques officinales. Il existe de multiples critères à respecter, tels que le nombre de plantes, les options d'association, la saveur et le goût qui devront être adaptés au client. Il faudra aussi tenir compte de l'âge et de l'état du patient. Par exemple, il sera déconseillé à un patient atteint d'ulcère de consommer de menthe (Chabrier, 2010).

CHAPITRE I : Les plantes médicinales et la famille des *Fabaceae*

D'autre part, Ces plantes médicinales sont utilisées dans l'industrie alimentaire (Les épices, les colorants et les herbes aromatiques), et dans l'industrie cosmétiques (Produits de beauté, parfumerie, articles de toilette, produits d'hygiène...etc) (Bahorun, 1997).

Tableau 01 : Les différentes formes d'utilisation des plantes médicinales.

Méthode	Définition	Reference
Macération	Préparation réalisée en ajoutant de l'eau froide à la quantité requise de médicament, que l'on laisse tremper à température ambiante pendant 6 à 8 heures avant d'être filtrée.	Van Wyk & Wink, 2018
Infusion	Il s'agit d'un mélange obtenu en ajoutant de l'eau bouillante à la quantité de médicament nécessaire, que l'on laisse infuser pendant 5 à 10 minutes avant de le filtrer. On appelle souvent une telle préparation « thé ».	Van Wyk & Wink, 2018
Extraction hydroalcoolique par fermentation	Est une méthode d'extraction qui utilise les principes de base de la fermentation pour extraire les composés chimiques bioactifs de certaines plantes médicinales. Dans cette méthode, la plante médicinale entière est immergée en poudre ou en décoction pendant une période déterminée.	Manousi et al., 2019
Décoction	Une préparation faite en ajoutant de l'eau froide à la dose de médicament nécessaire. Par la suite, il est mis à bouillir et laissé mijoter pendant 5 à 10 minutes, après quoi il est égoutté	Van Wyk & Wink 2018
Digestion	Est une méthode de macération qui utilise une chaleur douce lors de l'extraction pour améliorer l'efficacité de l'extraction du solvant.	Manousi et al., 2019).
Extraction par ultrasons (Sonication)	Est une méthode utilisée d'ultrasons à des fréquences supérieures à 20 KHz est utilisée dans ce processus pour perturber toutes les cellules végétales, augmenter la diffusion du solvant dans les tissus et briser les parois cellulaires par cavitation et étirement.	Elmtai, 2023
Extraction au Soxhlet	Est une méthode d'extraction, On cycle constamment le solvant d'extraction à travers la matrice, en le chauffant et en le condensant, l'échantillon étant ensuite collecté dans le solvant chaud.	Ridgway et al., 2012

I.2. La famille des *Fabaceae*

I.2.1. Étymologie et caractéristiques

La famille des fabacées, tire son nom du genre *Faba* (fève en latin), de l'indo-européen commun *bhabha, qui signifie « fruit sec» (Mallor, 1997).

Les fabacées sont une vaste famille de plantes à fleurs économiquement importantes, couramment désignées sous les noms de famille des légumineuses, famille des pois, famille des haricots ou famille des légumineuses proprement dites (Maroyi, 2023).

CHAPITRE I : Les plantes médicinales et la famille des *Fabaceae*

Cette famille s'adapte à un large éventail d'habitats, et comprend autant de plantes herbacées, aquatiques ou xérophytes que des arbustes, des arbres ou des plantes grimpantes à lianes volubiles ou à vrilles (Boutaghane, 2013).

I.2.2. Habitat et repartition géographique

Les fabacées sont considérées comme la troisième plus grande famille de plantes terrestres en termes de nombre d'espèces, après la famille des orchidées et la famille des astéracées, avec 730 genres et plus de 19 400 espèces (Rahman et Parvin 2014). Ils vivent presque dans le monde entier, dans les régions tropicales, subtropicales ou tempérées. Les principales régions de diversité des *Fabaceae* sont le centre et le sud des États-Unis. Il existe aussi d'autres centres de diversité en Afrique et en Asie (Figure 1) (Ndayishimiye, 2011).

En Algérie, il y a environ 53 genres et 339 espèces de fabacées (Tableau 02) (Quézel et Santa, 1962 ; Ozenda, 1991).



Figure 1 : Distribution des plantes de la famille des *Fabacées* dans le monde (Heywood, 1996).

Tableau 02 : Les genres des plantes de *Fabaceae* qui représentent dans l'Algérie (Quézel et Santa, 1962).

Sous-familles	Genres
<i>Caesalpinioideae</i>	<i>Ceratonia, Cassia</i>
<i>Mimosoideae</i>	<i>Prosopis, Acacia</i>
<i>Faboideae</i>	<i>Adenocarpus, Anagyris, Alhagi, Anthyllis, Argyrolobium, Astragalus, Amphinomia, Biserrula, Coronilla, Cicer, Colutea, Crotalaria, Cytisus, Calycotome, Dorycnium, Edenus, Erinacea, Galega, Genista, glycyrrhiza, Hammatolobium, Hippocrepis, Hedysarum, Hymenocarpus, Indigofera, Lathyrus, Lotus, Lotophyllus, Lyauteya, Lens, Lupinus, Medicago,</i>

CHAPITRE I : Les plantes médicinales et la famille des *Fabaceae*

	<i>Melilotus</i> , <i>Ononis</i> , <i>Ornithopus</i> , <i>Onobrychis</i> , <i>Psoralea</i> , <i>Pisum</i> , <i>Retama</i> , , <i>Rhynchosia</i> , <i>Robinia</i> , <i>Spartium</i> , <i>Scorpiurus</i> , <i>Tetragonolobus</i> , <i>Trifolium</i> , <i>Trigonella</i> , <i>Tephrosia</i> , <i>Ulex</i> , <i>Vicia</i> .
--	---

I.2.3. Classification systématique

Les fabacées sont traditionnellement divisées en trois sous-familles : les *Caesalpinioideae*, les *Mimosoideae* et les *Faboideae* (Gunn, 1984).

Dans la plupart des classifications (Tableau 03), ces groupes sont perçus comme des sous-groupes, mais ils sont parfois perçus comme des familles distinctes, comme dans la classification de Cronquist. Le terme « *Leguminosae* » est utilisé à la fois au niveau familial (Engler) et ordinal (Cronquist).

Le nom *Fabaceae* est actuellement privilégié dans la nouvelle classification systématique de l'Angiosperme Phylogeny Groupe (APG) (Boutaghane, 2013).

Tableau 03 : Position systématique des *fabacées* selon différentes approches phylogénétique ou morphologique.

Reference	Engler(1887-1915)	Cronquist(1988)	Thorne(1992)	APG III (2009)
Règne	<i>Plantae</i>	<i>Plantae</i>	<i>Plantae</i>	<i>Plantae</i>
Embranchement	<i>Embryophyta</i>	<i>Magnoliophyta</i>	<i>Spermatophytae</i>	<i>Spermatophyta</i>
Sous-embranchement	<i>Angiospermae</i>	-	<i>Angiospermae</i>	<i>Angiospermae</i>
Classe	<i>Dicotyledonae</i>	<i>Magnoliopsida</i>	<i>Magnoliidae</i>	<i>Eudicotyledonae</i>
Sous-classe	<i>Archichlamydeae</i>	<i>Rosidae</i>	<i>Rutanae</i>	<i>Rosidae</i>
Ordre	<i>Rosales</i>	<i>Fabales</i>	<i>Rutales</i>	<i>Eurosidae</i> (= <i>Fabidees</i>)
Sous-ordre	<i>Leguminosineae</i>	-	<i>Fabineae</i>	<i>Fabales</i>
Famille	<i>Leguminosae</i>	<i>Fabaceae</i> (= <i>papilionaceae</i>) <i>Mimosaceae</i> <i>Caesalpinaceae</i>	<i>Fabaceae</i>	<i>Fabaceae</i> (= <i>Leguminosae</i>)
Sous-famille	<i>Faboideae</i> <i>Mimosoideae</i> <i>Caesalpinioideae</i>	-	<i>Faboideae</i> <i>Mimosoideae</i> <i>Caesalpinioideae</i> <i>Swartzioideae</i>	<i>Faboideae</i> <i>Mimosoideae</i> <i>Caesalpinioideae</i>

I.2.4. Description botanique

I.2.4.1. Appareil végétative

➤ Feuilles :

Les feuilles sont alternes, pennées ou trifoliolées, on peut observer quelques modifications : foliole terminale absente (fève) ou en vrille (vesce), folioles remplacées par des épines (ajonc), stipules remplacées par des épines (robinier faux acacia), folioles réduites (trèfle, genêt), nervation palmée (lupin) (Morel, 2011).

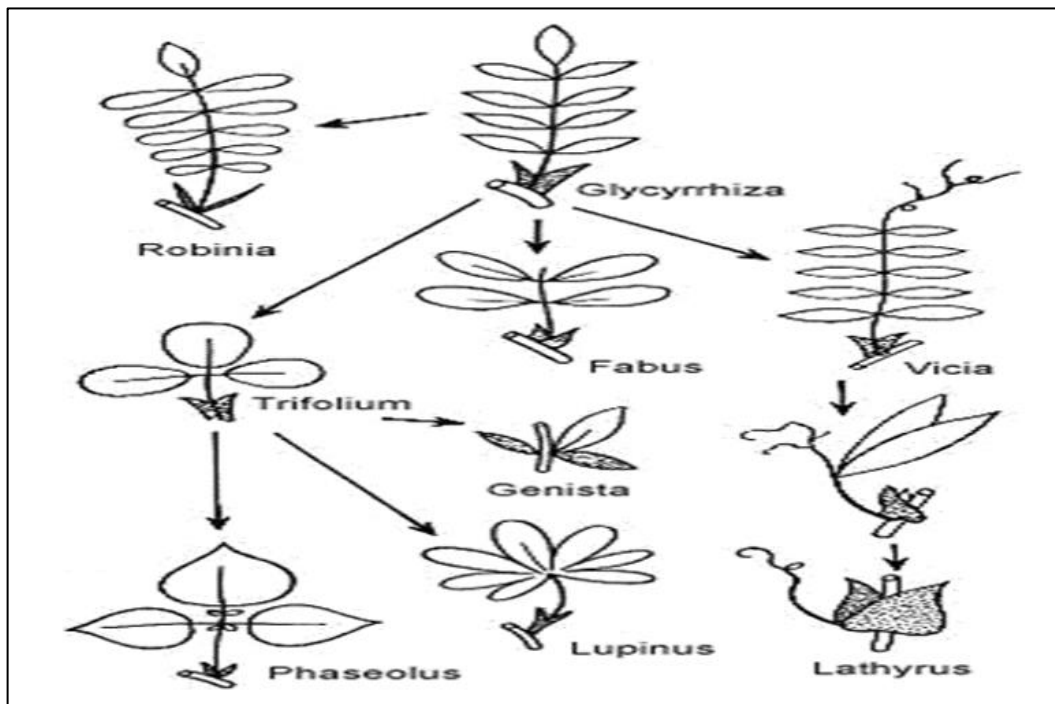


Figure 02 : La feuille des Fabacées.

I.2.4.2. Appareil reproductive

➤ Fruit

Les fruits des fabacées est appelé légumineuse, c'est-à-dire un fruit sec, plus ou moins long, issu d'un seul carpelle qui s'ouvre ou « se déhiscre » le long d'une ou des deux sutures longitudinales (Wanda et al., 2015).

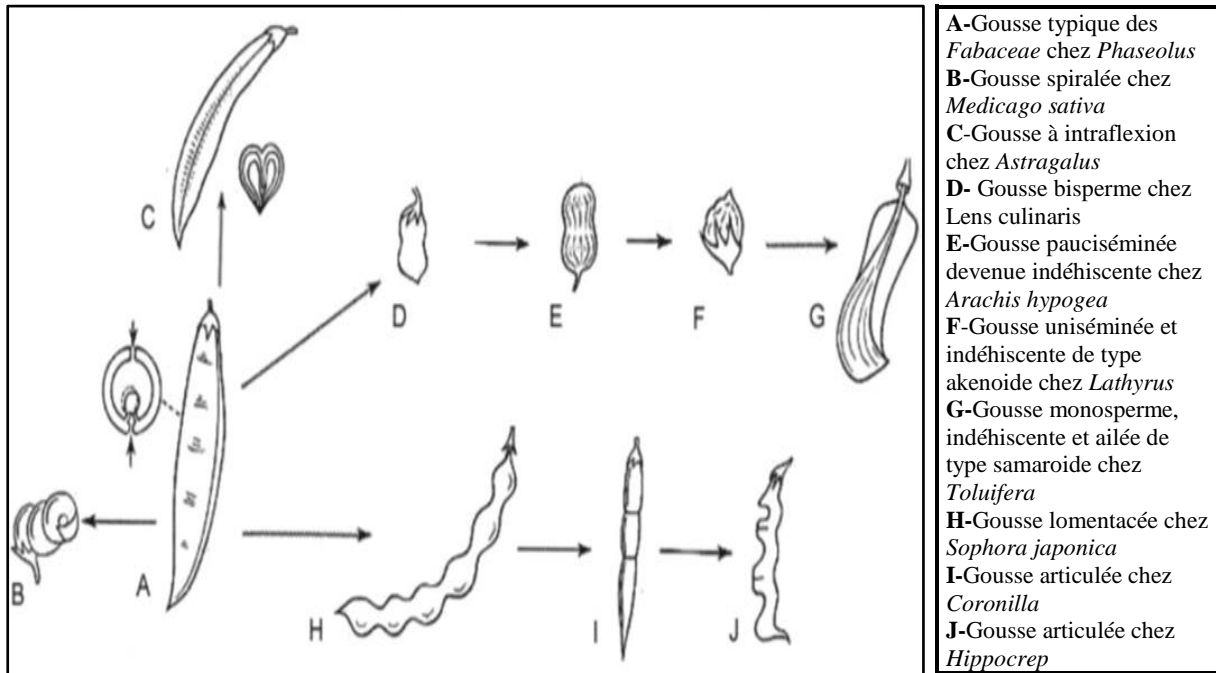
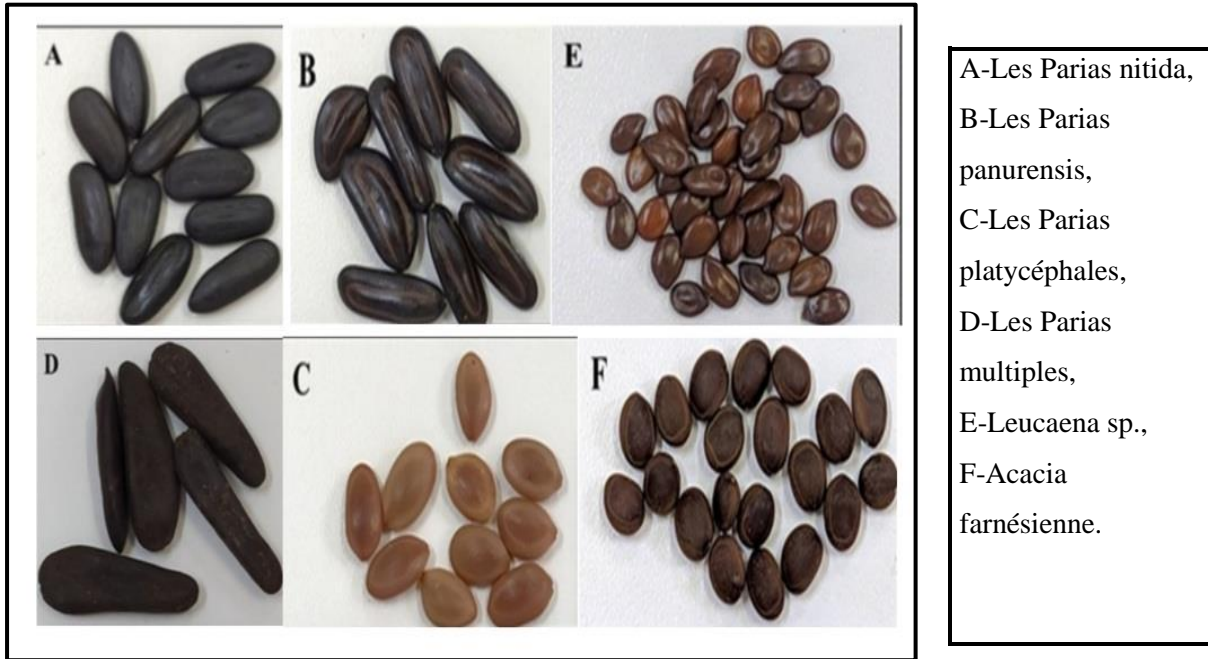


Figure 03 : Le fruit des Fabacées (Ati, 2018)

La classification phylogénétique APG III (2009) divise les fabacées en 3 sous familles : *Caesalpinioideae*, les *Mimosoideae* et les *Faboideae* (Ghouana, 2017).

➤ **Sous famille des *Mimosoideae***

Les *Mimosoideae* sont la deuxième sous-famille en nombre de taxons, avec quatre tribus (Mimosées, Mimosyganthées, Acaciées et Ingées) et environ 3275 espèces et 79 genres. Ils se rencontrent dans les régions tropicales, subtropicales et tempérées, mais ils sont abondants en Amérique, en Afrique, en Asie et en Australie. (Cavada et Osterne, 2020). Elle se distingue par des feuilles composées bipennées, des fleurs petites, cycliques, régulières, actinomorphes, gamopétales, monocarpelles, et un fruit gousses ou légume parfois indehiscent et des graines avec un pleurogramme en forme de U. (Singh, 2007 ; berrabahet al, 2006) (Cavada et Osterne, 2020).

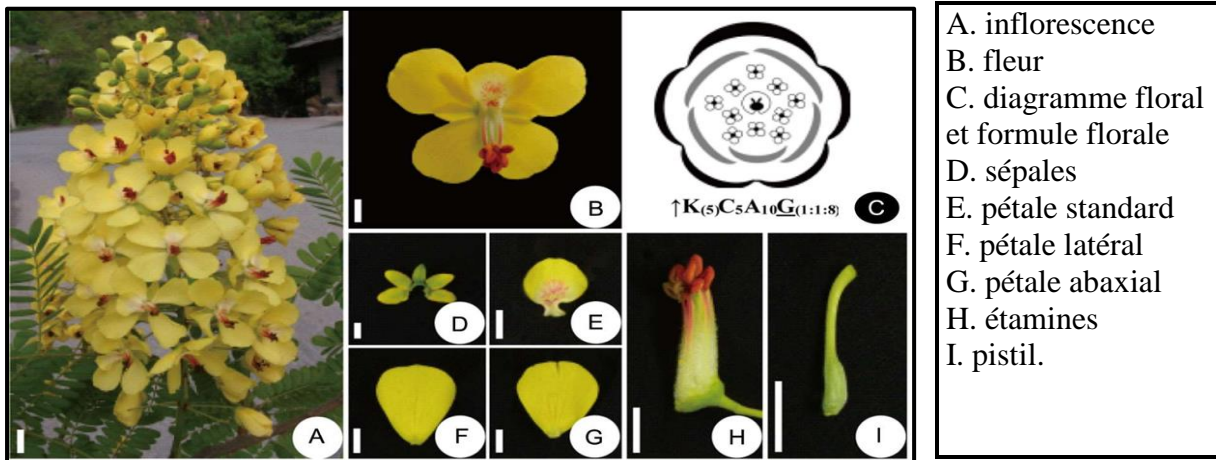


A-Les *Parias nitida*,
 B-Les *Parias panurensis*,
 C-Les *Parias platycéphales*,
 D-Les *Parias multiples*,
 E-*Leucaena* sp.,
 F-*Acacia farnésienne*.

Figure 04 : Graines de certaines espèces de plantes de sous-famille des *Mimosoideae* (Cavada et al., 2020).

➤ **Sous famille des *Caesalpinioideae***

Caesalpinioideae est une famille très variée, principalement tropicale, comprenant 162 genres et environ 3 000 espèces différentes (Doyle & Luckow, 2003). Elle se distingue par des feuilles généralement droites et bipennées, des fleurs rarement bilatérales ou symétriquement radiales, avec un pétale médian interne ou des pétales valvulaires, graines dépourvues de valves hilaires complexes, avec ou sans pleur gramme, radicule de l'embryon, Inflorescences à racèmes spiralés, habituellement panicules ramifiées ou disposées en épis ou en fascicules (Silva et al., 2018).



A. inflorescence
 B. fleur
 C. diagramme floral et formule florale
 D. sépales
 E. pétale standard
 F. pétale latéral
 G. pétale abaxial
 H. étamines
 I. pistil.

Figure 05 : la morphologie florale d'une espèce appartenant à sous famille de *Caesalpinioideae* (*Bianca decapetal*) (Rather et al., 2023).

➤ Sous famille des *Faboideae*

Les *Faboideae* ou *Papilionoideae* sont une sous-famille très similaire, comprenant 476 genres et environ 14 000 espèces différentes (Doyle et Luckow, 2003). Elle se distingue par ses feuilles alternes, stipulées et pennées, par ses fleurs zygomorphes à corolle « en papillon » et par ses fruits disposés en gousse (Petit, Anne-Claire, 2011).

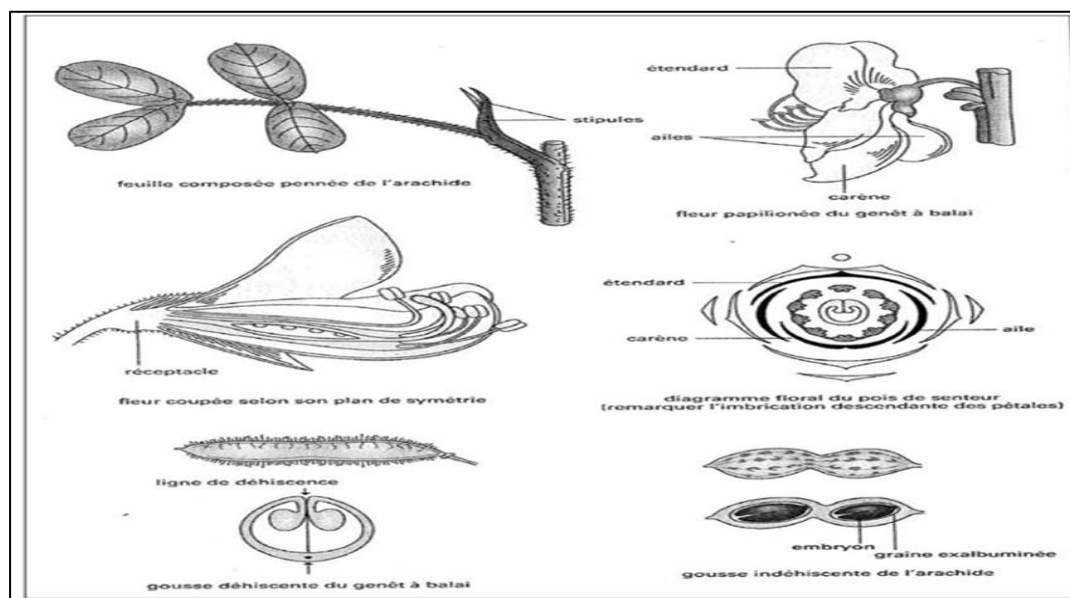


Figure 06 : Caractères botaniques de sous-famille de *Faboideae* (Petit, Anne-Claire, 2011).

I.2.5. Intérêts des espèces de *Fabaceae*

De nombreuses espèces de la famille de *Fabaceae* possèdent des valeurs écologiques, thérapeutiques et économiques importantes.

I.2.5.1.L'intérêt écologique

Les Fabacées sont une famille écologiquement très appréciée, comme la plupart des espèces de cette famille ont des racines qui pénètrent en profondeur dans le sol, s'opposent à l'érosion et renferment des nodules remplis de bactéries qui convertissent les gaz d'azote de l'atmosphère en azote liquide, par exemple (Gurău, 2023).

I.2.6. L'intérêt thérapeutique

La médecine traditionnelle a longtemps employé les *Fabaceae* pour le rhumatisme, l'arthrite, l'inflammation, le néoplasme, l'hémorroïde, la bronchite, l'asthme, les infections des voies urinaires et les maladies du foie. La résistance aux acides phénoliques et aux flavonoïdes est une caractéristique très importante de la famille *Fabaceae*. (Demir et al., 2019).

I.2.7. L'intérêt économique

La plupart des Fabacées sont culturelles et économiquement importantes à l'échelle mondiale et sont utilisées comme sources de médicaments traditionnels, de nourriture, de bois, d'ornement de jardin, de colorants, de fibres, de carburants, de gommes et d'insecticides divers (Maroyi, 2023). Quelques utilisations d'espèces de cette famille sont présentées dans le tableau suivant :

Tableau 04 : Usages de certaines espèces de la famille des *Fabaceae*.

Espèces	Utilisations	Références
<i>Astragalus gombo</i>	-Utilisée pour réduire le taux de sucre dans le sang (Les feuilles) -Stimuler la lactation pour les femmes -Utilisée comme un anti sudorifique, diurétique et tonique.	Chouana, 2017 Bougandoura, 2018
<i>Astragalus membranaceus</i>	-Utilisée également pour traiter le diabète, la néphrite, la leucémie et le cancer de l'utérus	Tang et Eisenbrand, 1992
<i>Apios americana</i>	- Utilisée pour traiter diverses maladies telles que le l'hypertension, l'obésité et le diabète.	Sohn, et al .,2015
<i>Ceratonia siliqua</i>	- Utilisée pour le traitement du système digestif, du système respiratoire et du système hépatique.	N.Tahri,A.El basti et al .,2012
<i>Glycyrrhiza glabra L</i>	- Utilisées comme antitussive.	Saha, et al .,2011.
<i>Sophora flavescens</i>	-Utilisé pour traiter l'asthme, les ulcères, les hemorragies gastro-intestinales, les allergies, l'inflammation et ses effets anti-ulcereux et est utilisé pour traiter la diarrhée et l'eczema.	Miao & Za Hang,2001
<i>Trifolium pratense</i>	- Utilisée pour traiter les symptômes de la ménopause.	Fugh-berman et Kronenberg,2001

I.2.8. Toxicité des espèces de la famille de *Fabacées*

De nombreuses espèces de la famille des fabacées sont nocives du fait de la presence chez certains molecules toxiques, et il convient de souligner que son ordre compte plus de 16 000 espèces risquées (Ati, 2018), par exemple :

L'espèce *Physostigma venenosum* se développe en Afrique occidentale et est utilisée comme poison d'épreuve.

CHAPITRE I : Les plantes médicinales et la famille des *Fabaceae*

L'utilisation de *Tephrosia vogelii* comme poison de pêche consiste à piler grossièrement les feuilles, les gousses et les graines, puis à les jeter dans les cours d'eau préalablement barrés, ce qui provoque la mort des poissons et leur remontée à la surface.

Chapitre II :
Analyse botanique des
espèces du genre *Medicago*

CHAPITRE II : Analyse botanique des espèces du genre *Medicago*

II.1. Historique du genre *Medicago*

Dès l'Antiquité, le genre *Medicago* a été découvert et étudié, notamment par Théophraste et Pline l'Ancien, où la plante a été utilisée à des fins médicales (**Herzhoff, B 1991**). Cependant, les botanistes (telle que suédois Carl Linnaeus 1753) ont commencé à explorer et à décrire les différentes espèces de *Medicago* au 18^e siècle, contribuant ainsi à la compréhension de la diversité de ce genre (**Russelle, M.P.2001**). Les premières études ont établi les bases pour l'étude ultérieure de ces plantes, soulignant leur valeur botanique et agronomique. Au fil du temps, les recherches sur le genre *Medicago* ont évolué pour inclure des aspects génétiques, physiologiques et écologiques, ce qui a amélioré notre compréhension de ce genre.

II.2. Présentation du genre *Medicago*

II.2.1. Description générale

"*Medicago*" est un terme dérivé du mot latin "Medica", qui signifie "plante médicinale" ou "herbe médicinale" mais dans autre littérature, le nom scientifique du genre *Medicago* n'est pas lié à ses propriétés médicales, mais il est originaire de Médie (région allant du nord-ouest de l'Iran à l'Azerbaïdjan) (**Pierre, 2008 ; Messioughi, 2010**).

La famille des *Fabaceae* comporte plus de 80 espèces du genre *Medicago* annuelles ou vivaces (**Heyn, 1963 ; Lesins & Lesins, 1979 ; Small & Jomphe, 1989 ; Quiros & Bauchan, 1988**), ce genre est également connues sous les noms de Trèfles et de Luzernes.

II.2.2. Habitats et répartition géographique

La majorité des espèces de *Medicago* proviennent de régions méditerranéennes et tempérées chaudes, c'est-à-dire du sud de l'Europe, du nord de l'Afrique et du proche-Orient (**Lesins & Lesins, 1979 ; Lapeyronie, 1982**). Cependant, certaines sont très résistantes à la sécheresse et peuvent pousser dans des zones arides et semi-arides, comme les steppes et les déserts. Ils ont été introduits en nord d'Amérique, en Australie et en Nord de l'Europe. D'autres espèces de *Medicago* sont considérées comme adventices et peuvent pousser dans les cultures et les zones perturbées par l'homme, comme les bords des champs et les terrains vagues (**Derek et Ernest, 1997**).

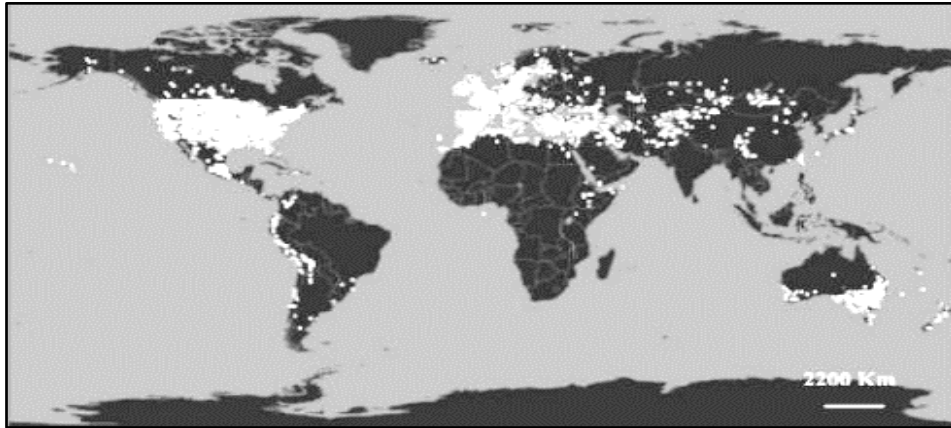


Figure 07 : Distribution géographique du genre *Medicago* dans le monde (Prolea, 2002).

II.2.3. Classification systématique et taxonomie

Medicago est un genre de famille des *Fabacées*, sous-famille des *Papilionoideae* superfamille des *légumineuses*, et l'ordre des *Fabales*, (Small & Jomphe, 1989). Ce dernier est proche des genres *Melilots* et *Trigonelle* (Prosperi, 1995).

La position systématique du genre *Medicago* est comme suit :

Règne : <i>Plantea</i>
Embranchement : <i>Spermatophytes</i>
Sous-embranchement : <i>Angiospermes</i>
Classe : <i>Dicotylédones</i>
sous- classe : <i>Rosidées</i>
Ordre : <i>Fabale</i>
Famille : <i>Fabaceae</i>
sous- famille : <i>Faboideae</i>
Tribus : <i>Trifolieae</i>
Genre: <i>Medicago</i>

Figure 08 : Position systématique du genre *Medicago* (Halmi, 2010).

Lesins et Lesins ont classé le genre *Medicago* en quatre sous-genres (*Lupularia*, *Orbicularia*, *Spirocarpos* et *Medicago*), quatorze sections et quatre sous-sections, cette classification est basée sur une combinaison de caractères morphologiques, anatomiques, géographiques et phylogénétiques pour mieux comprendre la diversité et les relations entre les espèces de ce genre (Tableau 05) (Heyn, 1963 ; Quezel, 1962 ; Lesins et Lesins ,

CHAPITRE II : Analyse botanique des espèces du genre *Medicago*

1979). Cependant, ce genre est subdivisé en douze sections et huit sous-sections selon (Small & Jomphe, 1989) (Tableau 06) et (Tableau 07) .

Tableau 05 : Classification des taxons *Medicago* d'après (Lesins, K. A., et Lesins, I , 1979).

Sous-genre	Section	Sous-section	Les taxons
<i>Lupularia</i>	-	-	<i>M.lupulina</i> <i>M.secundiflora</i>
<i>Orbicularia</i>	<i>Carstiensae</i>	-	<i>M.carstiensis</i>
	<i>Platycarpae</i>		<i>M.platycarpa</i> <i>M.ruthenica</i>
	<i>Orbiculares</i>		<i>M.orbicularis</i>
	<i>Hymenocarpos</i>		<i>M.radiata</i>
	<i>Heyniana</i>		<i>M.heyniana</i>
	<i>Cretaceae</i>		<i>M. cretacea</i>
<i>Medicago</i>	<i>Falcago</i>	<i>Falcatae</i>	<i>M.falcata</i> <i>M.sativa</i> <i>M.giomerata</i> <i>M.giutinosa</i> <i>M.prostrata</i>
		<i>Rupestres</i>	<i>M.rhodopea</i> <i>M.saxatilis</i> <i>M.rupestris</i> <i>M.cancellata</i>
		<i>Daghestanicae</i>	<i>M.daghestanica</i> <i>M.pironae</i>
		<i>Papillosae</i>	<i>M.dzhawakhetica</i> <i>M.papillosa</i>
	<i>Arboreae</i>	-	<i>M.arborea</i>
	<i>Marinae</i>	-	<i>M.marina</i>
	<i>Suffruticosae</i>	-	<i>M.suffruticosa</i> <i>M.hybrida</i>
	<i>Spirocarpos</i>	<i>Rotatae</i>	-
<i>Pachyspirae</i>		<i>M.soleirolii</i> <i>M.tornata</i> <i>M.littoralis</i> <i>M.truncatula</i> <i>M.rigidula</i> <i>M.murex</i> <i>M.constricta</i> <i>M.turbinata</i> <i>M.doliata</i>	
<i>Leptospirae</i>		<i>M.sauvagei</i> <i>M.laciniata</i> <i>M.minima</i> <i>M.praecox</i>	

CHAPITRE II : Analyse botanique des espèces du genre *Medicago*

		<i>M.coronata</i> <i>M.polymorpha</i> <i>M.arabica</i> <i>M.lanigera</i> <i>M.disciformis</i> <i>M.tenoreana</i>
	<i>Intertextae</i>	<i>M.intertexta</i> <i>M.ciliaris</i> <i>M.muricoleptis</i> <i>M.granadensis</i>

Tableau 06: Classification des taxons *Medicago* d'après (Small et Jomphe, 1989).

Section	Sous-section	Les taxons
<i>Orbiculares</i>		<i>M. orbicularis</i>
<i>Heyniana</i>		<i>M. heyniana</i>
<i>Hymenocarpos</i>		<i>M. radiata</i>
<i>Lupularia</i>		<i>M. lupulina</i> <i>M. secundiflora</i>
<i>Dendrotelis</i>		<i>M. arborea</i> <i>M. strasseri</i>
<i>Medicago</i>		<i>M. sativa</i> <i>M. suffruticos</i> <i>M. papillosa</i> <i>M. marina</i> <i>M. prostrata</i> <i>M. rupestris</i> <i>M. cancellata</i> <i>M. rhodopea</i> <i>M. saxatilis</i> <i>M. daghestanica</i>
<i>Geocarpa</i>		<i>M. hypogaea</i>
<i>Spirocarpos</i>	<i>Intertextae</i>	<i>M. intertexta</i> <i>M. ciliaris</i> <i>M. muricoleptis</i> <i>M. granadensis</i>
	<i>Leptospireae</i>	<i>M. sauvagei</i> <i>M. tenoreana</i> <i>M. laciniata</i>

CHAPITRE II : Analyse botanique des espèces du genre *Medicago*

		<i>M. disciformis</i> <i>M. minima</i> <i>M. lanigera</i> <i>M. praecox</i> <i>M. coronata</i> <i>M. polymorpha</i>
	<i>Pachyspireae</i>	<i>M. soleirolii</i> <i>M. constricta</i> <i>M. italica</i> <i>M. lesini</i> <i>M. truncatula</i> <i>M. murex</i> <i>M. doliata</i> <i>M. turbinata</i> <i>M. rigidula</i>
	<i>Rotatae</i>	<i>M. rugosa</i> <i>M. scutellata</i> <i>M. blancheana</i>

Tableau 07: Continue classification des taxons *Medicago* d'après (Small et Jomphe, 1989).

Section	Sous-section	Les taxons
<i>Platycarpae</i>	-	<i>M. platycarpa</i> <i>M. popovii</i> <i>M. ruthenica</i> <i>M. ovalis</i> <i>M. edeworthii</i> <i>M. cretacea</i> <i>M. archiducis-nicolai</i>
<i>Lunatae</i>		<i>M. rostrata</i> <i>M. biflora</i> <i>M. brachycarpa</i> <i>M. huberi</i>
<i>Buceras</i>	<i>Isthmocarpae</i>	<i>M. rhytidiocarpa</i> <i>M. isthmocarpa</i>
	<i>Erectae</i>	<i>M. heldreichii</i>

CHAPITRE II : Analyse botanique des espèces du genre *Medicago*

		<i>M. astroites</i> <i>M. phyrgia</i> <i>M. halophila</i> <i>M. fisheriana</i> <i>M. arenicola</i> <i>M. persica</i> <i>M. rigida</i> <i>M. crassipes</i> <i>M. monantha</i> <i>M. pamphylica</i> <i>M. orthoceras</i> <i>M. carica</i> <i>M. polyceratia</i>
	<i>Deflexae</i>	<i>M. retrorsa</i>
	<i>Reflexae</i>	<i>M. monspeliaca</i>
<i>Carstienses</i>	-	<i>M. carstiensis</i>
















II.2.4. Les espèces du genre *Medicago*

En Algérie les espèces du genre *Medicago* sont largement réparties dans des étages bioclimatiques variés. Elles présentent un important potentiel agropastoral notamment dans les zones steppique arides ou semi arides, et parmi les espèces les plus connues dans ce genre *Medicago ciliaris* (L) et *Medicago intertexta* (L), la première se rencontre dans le Nord-Ouest et la seconde se rencontre essentiellement dans le Nord-Est (**Laouar et Abdelguerfi, 2003**).





Le genre *Medicago* est représenté en Algérie par de nombreuses espèces vivaces et annuelles (**Hireche, 2006; Halmi, 2010**).

CHAPITRE II : Analyse botanique des espèces du genre *Medicago*

Tableau 08 : Les espèces du genre *Medicago* rencontrées en Algérie.

Plantes vivaces			
<i>M. sativa</i>		<i>M. falcata</i>	
<i>M. marina</i>			
			
Plantes annuelles			
<i>M. lupulina (ou bisannuelle)</i>		<i>M. secundiflora (ou bisannuelle)</i>	
<i>M. scutellata</i>		<i>M. orbicularis</i>	
<i>M. ciliaris</i>		<i>M. littoralis</i>	
<i>M. truncatula</i>		<i>M. murex</i>	
<i>M. minima</i>		<i>M. arabica</i>	
<i>M. laciniata</i>		<i>M. hispida</i>	

CHAPITRE II : Analyse botanique des espèces du genre *Medicago*

<i>M. intertexta</i>		<i>M. rugosa</i>	
<i>M. rigidula</i>		<i>M. tuberculata</i>	

II.2.5. Description botanique

D'après **Heyn (1963)** toutes les espèces du genre *Medicago* présentent des feuilles à trois folioles dentées, de différentes formes : rondes, largement ou étroitement obovées, elliptiques, obcordées et ovées.

Les racines de *Medicago* sont des structures souterraines complexes, descendant jusqu'à 6 mètres de profondeur et se ramifiant en un réseau de racines secondaires.

Les fleurs de *Medicago* sont typiquement *Papilionacées*, avec un grand pétale supérieure appelée "étendard", deux pétales latéraux appelés "ailes", deux pétales inférieurs fusionnés pour former la "carène", un calice constitué de cinq sépales soudés ensemble qui protège les corolles, qui sont composées de cinq pétales libres, et un pistil. Certaines espèces du genre *Medicago* présentent une colonne staminale, qui est une structure florale comprenant les étamines (10 étamines dont 9 soudées et la dixième libre). Les fleurs de *Medicago* peuvent varier en couleur selon les espèces, elles sont de couleur du mauve à jaunes et parfois oranger. La taille des fleurs peut varier selon l'espèce et les conditions de croissance, mais elles sont généralement petites à moyennes et présente une symétrie bilatérale (**Lesins, K.A., & Lesins, I. 1979**).

Les gousses de *Medicago* font référence aux fruits, elles sont des structures botaniques qui se forment après la pollinisation des fleurs et contiennent les graines de la plante qui sont plus ou moins réniforme et longue d'environ 10 mm. Ces gousses peuvent varier selon les espèces de *Medicago* en taille (des gousses relativement petites ou des gousses plus grandes et plus imposantes), en forme (spiralée ou faucille; épineuse ou non) et en couleur (présenter une gamme de couleurs, y compris le vert, le brun, le noir et le rouge), mais elles partagent généralement des caractéristiques communes, telles que leur forme allongée et leur capacité à se diviser en segments pour libérer les graines à maturité (**Heyn, 1963 ; Mathieu, 2003 ; Hireche, 2006**).

CHAPITRE II : Analyse botanique des espèces du genre *Medicago*

L'inflorescence dans le genre *Medicago* peut se présenter sous différentes formes et couleurs, mais elle est généralement composée de fleurs regroupées en grappes ou en têtes, composée de fleurs relativement petites, généralement de couleur blanche, jaune ou violette, selon l'espèce. Par exemple *Medicago sativa* présente des fleurs violettes ou bleuâtres, regroupées en grappes oblongues et l'espèce *Medicago lupulina* présente des fleurs jaunes regroupées en têtes globuleuses.

La floraison des plantes du genre *Medicago* varie en fonction des espèces. Par exemple, *Medicago marina* fleurit de février à juin, tandis que *Medicago arabica* fleurit de mai à septembre. En plus, plusieurs éléments peuvent affecter le processus de floraison des plantes, tels que la quantité de lumière, la température, l'humidité, et même la disponibilité des nutriments dans le sol (**Tucker, N.J.S. 2010**).

CHAPITRE II : Analyse botanique des espèces du genre *Medicago*

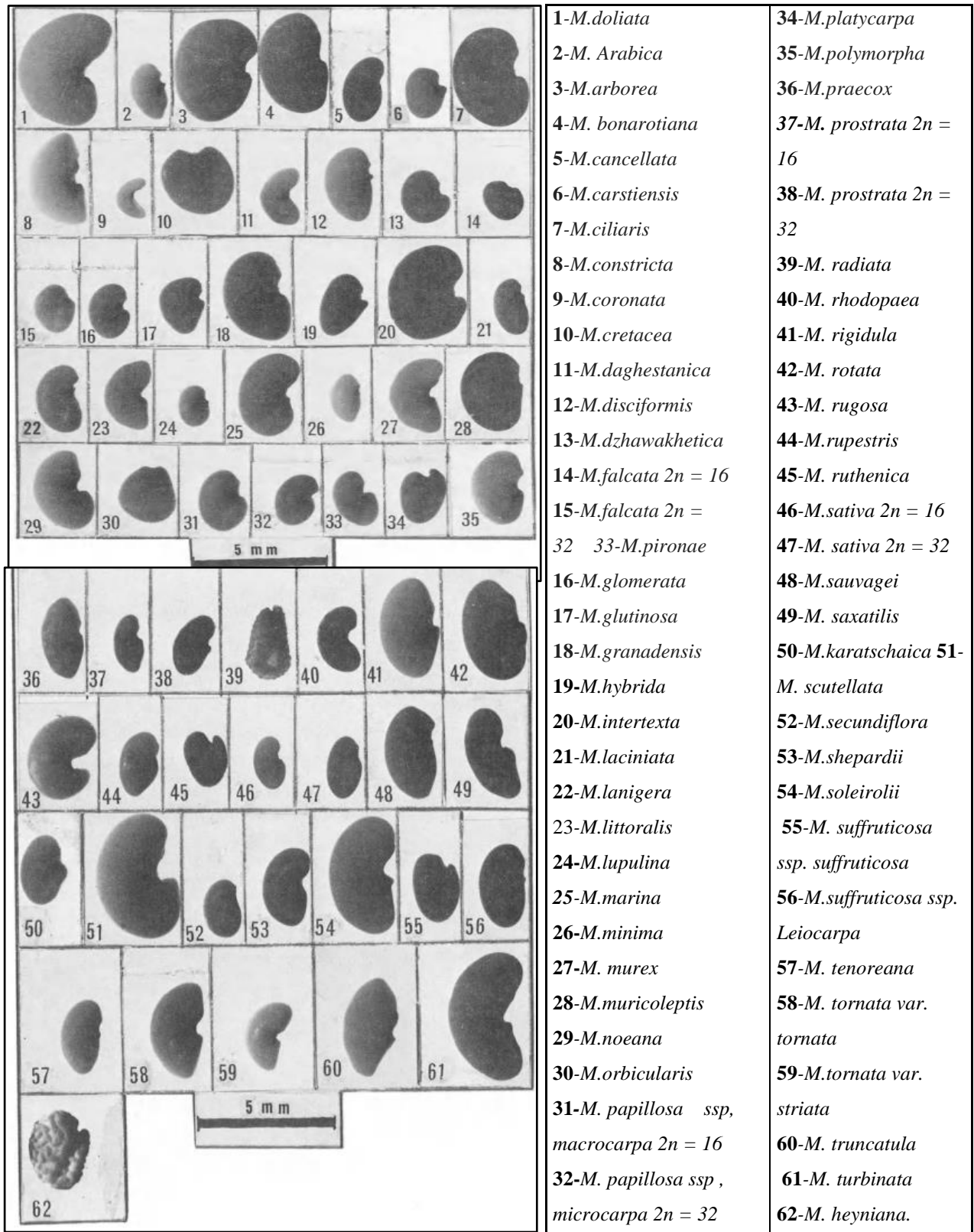


Figure 10 : graines de quelques espèces du genre *Medicago* (Lesins,K.A.,&Lesins,l . 1979).

CHAPITRE II : Analyse botanique des espèces du genre *Medicago*

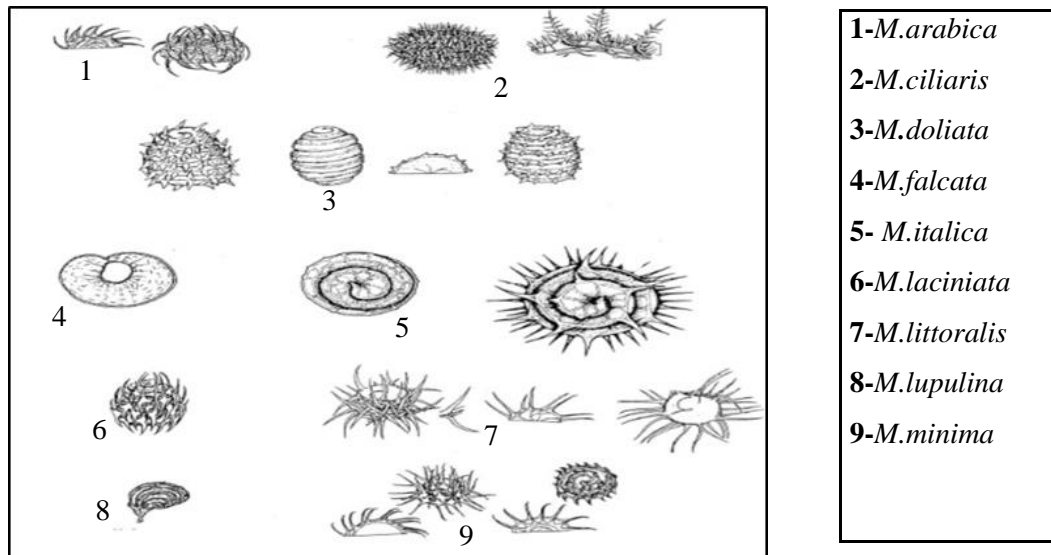


Figure 11.a : Les gosses de quelques espèces du genre *Medicago* (Lesins,K.A.,& Lesins,I . 1979).

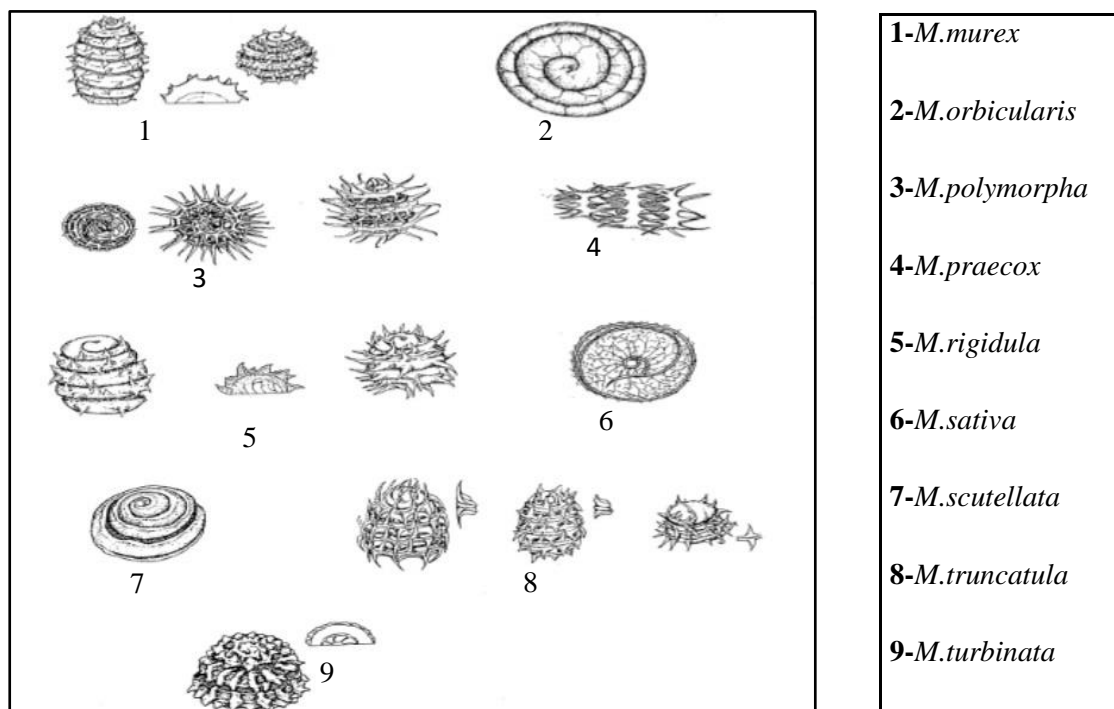


Figure 11.b : Les gosses de quelques espèces du genre *Medicago* (Lesins,K.A.,&Lesins,I . 1979).

II.2.6. Cycle de développement du genre *Medicago*

En général, les plantes du genre *Medicago* présentent une diversité de cycles de développement, avec des espèces vivaces et annuelles. Les espèces vivaces ont un cycle de vie plus long, tandis que les espèces annuelles complètent leur cycle en une seule saison de croissance.

CHAPITRE II : Analyse botanique des espèces du genre *Medicago*

D'après Mathieu (2003), le cycle de développement des espèces du genre *Medicago* passe par différents stades végétatifs :

- Stade 1 : Germination : La plante émerge en tant que dicotylédone (germination hypogée).
- Stade 2 : Formation de la première feuille : Une feuille unifoliée apparaît.
- Stade 3 : Développement foliaire : Les feuilles se multiplient et deviennent alternées, avec trois folioles attachées à la tige par un pétiole (feuilles trifoliées). La première tige grandit progressivement en produisant des feuilles alternées
- Stade 4 : Formation du collet : Un bourgeon axillaire de la première feuille unifoliée se développe pour former une tige secondaire. Deux autres tiges secondaires émergent également au niveau des cotylédons. Les luzernes pérennes non dormantes produisent davantage de tiges secondaires à partir du niveau des cotylédons que les types dormants, dont la croissance est interrompue en hiver. L'ensemble de ces tiges forme le collet de la plante.
- Stade 5 : Le développement des tiges : on distingue des tiges primaires, secondaires et tertiaires.
- Stade 6 : floraison, maturité.

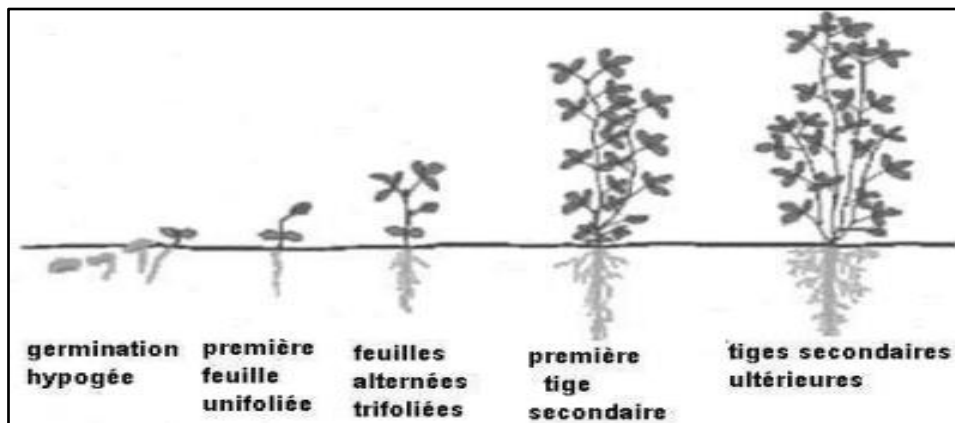


Figure 12: Cycle de développement de genre *Medicago* (mathieu2003).

II.3. L'importance du genre *Medicago*

Certaines espèces de *Medicago* ayant des utilisations médicinales. Par exemple, des extraits de la luzerne cultivée (*M.sativa*) sont parfois utilisés dans des remèdes traditionnels pour divers maux et aussi pour stimuler la lactation.

D'autres sont cultivées comme plantes fourragères en raison de sa haute teneur en protéines et en éléments nutritifs (Boudour, 2012), ou pour la protection des sols et leur

CHAPITRE II : Analyse botanique des espèces du genre *Medicago*

enrichissement en azote assimilable. Par exemple l'espèce *Medicago sativa* c'est une plante de haute valeur à la fois pour le fourrage qu'elle produit et pour sa capacité de fixer l'azote atmosphérique dans le sol grâce à une symbiose avec des bactéries rhizobiennes. Cela améliore la structure du sol, et donc réduit l'érosion et augmente sa capacité de rétention d'eau. (Pawlowski, 1997 ; Schultze & Kondorosi, 1998 ; Guines, 2002).

Les espèces du genre *Medicago* sont également jouent un rôle important dans les écosystèmes naturels en tant que plantes hôtes pour les papillons et d'autres insectes pollinisateurs, contribuant ainsi à la biodiversité (Suso, M.J., et al., 2016).

Chapitre III :
Analyse chimique des
espèces du genre *Medicago*

III.1. Les substances du métabolisme primaire

Le métabolisme primaire des plantes est un mécanisme biochimique essentiel qui procure les substances essentielles à la croissance, au développement et à la reproduction des plantes. Il génère des métabolites primaires tels que des acides aminés, des protéines, des acides nucléiques, des lipides et des glucides simples (Zaynab et al., 2019).

Selon la bibliographie, Il existe que deux études chimiques primaires qui ont été réalisée sur quelques espèces du genre *Medicago*. Ces études ont permis d'identifier des substances du métabolisme primaire comme il illustre les **tableaux 9, 10** (Fahmy et al., 2023; Teleuță & Țîței, 2014).

Tableau 9: Teneur en métabolites primaires (mg/g) dans quelques espèces du genre *Medicago*.

Partie utilisée : les grains				
Les metabolites	Les espèces			
	<i>M.sativa</i>	<i>M.orbiculari</i>	<i>M.lupulina</i>	<i>M.xvaria</i>
Les alcools	4.72	5.37	2.05	6.45
Les acides amines	7.38	10.39	6.39	10.11
Les aromatiques	0.19	0.27	0.15	0.21
Les acides gras/ les esters	14.72	18.40	14.93	24.46
Les composés azotés	0.28	0.27	0.26	0.30
Les acides organiques	5.17	6.05	4.01	5.11
Les glucides alcools	1.62	1.81	1.19	7.01
Les glucides	3.02	6.82	4.07	16.90

L'observation des résultats mentionnés dans le tableau ci-dessus montre que la teneur en métabolites primaires variait d'une espèce à une autre du genre *Medicago*. Cette variation peut être expliquée par les différences qui existent dans la composition chimique entre les tissus des végétaux.

CHAPITRE III : Analyse chimique des espèces du genre *Medicago*

Tableau 10.a : Composition biochimique et valeur nutritionnelle de quelques espèces du genre *Medicago*.

Indices	<i>M.s</i>	<i>M.f</i>	<i>M.v</i>	<i>M.t</i>	<i>M.a</i>	<i>M.c</i>	<i>M.g</i>
Unités nutritives	0.20	0.17	0.25	0.20	0.23	0.21	0.23
Energie métabolisable, MJ/kg	2.63	2.33	2.86	2.73	2.64	2.45	2.66
Matière sèche, g/kg	295.1	265.4	302.0	310.0	291.9	269.0	300.0
Protéines brutes, g/kg	48.7	48.7	62.1	56.4	53.8	41.5	50.4
Graisses brutes, g/kg	4.7	5.8	4.8	7.1	8.8	8.1	8.1
Cellulose brute, g/kg	104.7	102.0	95.4	117.5	87.6	90.7	99.9
Substances NFE, g/kg	112.0	86.5	111.9	103.9	116.0	110.2	114.3
Minéraux, g/kg	25.0	22.0	27.8	25.1	25.7	19.4	27.3
calcium, g/kg	5.0	5.2	5.0	5.7	10.3	5.9	7.8
Phosphore, g/kg	1.3	1.2	1.7	1.5	1.4	1.4	2.0
Fer, mg/kg	77.8	57.3	130.6	58.0	54.6	71.9	210.0
Carotène (mg/kg)	4.7	7.5	3.2	8.5	9.2	7.8	10.7
Protéine digestible, g/n.u	182.6	242.7	196.2	211.6	175.6	148.2	164.5
<i>M.s</i> : <i>Medicago sativa</i> ; <i>M.f</i> : <i>Medicago falcata</i> ; <i>M.v</i> : <i>Medicago varia</i> ; <i>M.t</i> : <i>Medicago tianschanica</i> ; <i>M.a</i> : <i>Medicago agropyretorium</i> ; <i>M.c</i> : <i>Medicago cancellata</i> ; <i>M.g</i> : <i>Medicago glutinosa</i>							

Tableau 10.b : Composition biochimique et valeur nutritionnelle de quelques espèces du genre *Medicago*.

Indices	<i>M.d</i>	<i>M.b</i>	<i>M.h</i>	<i>M.p</i>	<i>M.i</i>	<i>M,t</i>	<i>M.trau</i>
Unités nutritives	0.23	0.22	0.18	0.23	0.14	0.19	0.21
Energie métabolisable, MJ/kg	3.02	2.83	2.48	2.95	1.70	2.49	2.70
Matière sèche, g/kg	335.0	318.0	285.0	330.0	199.0	279.0	301.0
Protéines brutes, g/kg	42.1	51.3	58.2	60.6	29.5	46.9	47.6
Graisses brutes, g/kg	5.8	5.5	6.3	10.0	4.4	6.1	6.2
Cellulose brute, g/kg	121.3	113.2	108.8	114.2	76.2	101.1	107.5
Substances NFE, g/kg	142.5	121.7	85.8	118.7	68.0	103.0	116.5
Minéraux, g/kg	23.3	26.3	25.8	26.5	20.9	22.0	23.2
calcium, g/kg	9.3	5.9	10.0	9.7	4.2	7.6	8.4
Phosphore, g/kg	2.0	1.4	1.7	1.6	1.1	1.2	1.6
Fer, mg/kg	65.8	72.0	84.0	75.9	112.6	66.9	51.62
Carotène (mg/kg)	9.8	10.0	10.1	13.0	2.0	9.7	9.5
Protéine digestible, g/n.u	137.2	174.8	242.7	198.2	157.9	185.2	170.0
<i>M.d</i> : <i>Medicago difalcata</i> ; <i>M.b</i> : <i>Medicago borealis</i> ; <i>M.h</i> : <i>Medicago hemicycla</i> ; <i>M.p</i> : <i>Medicago polychroa</i> ; <i>M.i</i> : <i>Medicago intertexta</i> ; <i>M,t</i> : <i>Medicago transoxana</i> ; <i>M.trau</i> : <i>Medicago trautvetterii</i>							

D'après les résultats mentionnés dans le **tableau 10.a et 10.b**, les espèces *M. varia*, *M. polychroa*, *M. hemicycle*, *M. tianschanica*, *M. agropyretorium* présentent une teneur importante en protéine brute avec une valeur atteinte de 53,8 à 62,1 g/kg, par rapport à celle

CHAPITRE III : Analyse chimique des espèces du genre *Medicago*

notée pour l'espèce standard *M. sativa* (48,7 g/kg), tandis que la teneur la plus faible a été enregistrée avec l'espèce *M. intertexta* (29,5 g/kg).

Cependant, les espèces les plus riches en graisses sont *M. polychroa*, *M. tianschanica*, *M. agropyretorium*, *M. glutinosa* et *M. Cancellata* (7,1 à 10,0 g/kg de fourrage naturel).

La teneur en cellulose est faible dans les espèces *M. agropyretorium*, *M. cancellata*, *M. varia* et *M. glutinosa* (86,6 à 101,1 g/kg de fourrage naturel), tandis que l'espèce *M. difalcata* présente la teneur la plus élevée (121,3 g/k).

Les espèces étudiées du genre *Medicago* présentent une teneur en protéines digestibles variée de 137,2 à 247,2 g dont la teneur la plus élevée a été noté dans le fourrage de l'espece *M. falcata* et *M.hemicycla* (242,7 g/n.u), et *M. tianschanica* (211,6 g/n.u).

D'une manière générale, toutes les espèces du genre *Medicago* étudiées étaient riches en métabolites primaires, ce qui signifie que ces espèces peuvent servir de matériel initial pour améliorer et mettre en œuvre de nouvelles variétés de légumineuses destinées à la production fourragère.

III.2.Les substances du métabolisme secondaire

Le métabolisme secondaire des plantes fait référence à la production de composés chimiques qui ne sont pas directement impliqués dans les processus de croissance, de développement ou de reproduction de la plante, contrairement aux métabolites primaires. Ces composés sont souvent synthétisés à partir de produits métaboliques primaires et sont généralement spécifiques à certaines espèces ou groupes de plantes (se différenciant en fonction de leurs appartenances taxonomiques). (Seigler 2012).

III.2.1.Les huiles essentielles

Les huiles essentielles sont l'essence végétale des plantes aromatique généralement de composition complexe obtenus à partir d'une matière première végétale botaniquement définie (Naeem et al., 2018), par variété de méthodes avancé (extraction par fluide supercritique, liquide d'extraction sous-critique, extraction par micro-ondes sans solvant) et conventionnel (hydrodistillation, distillation à la vapeur, hydrodiffusion, extraction par solvant) (Aziz et al., 2018).

III.2.1.1.Rendement

Selon Afnor, 1986, le rendement en huile essentielle est exprimé par la quantité d'huile (en ml) obtenue pour un poids de matière végétale sèche utilisé. Il est estimé par pourcentage et calculé par la formule suivante (Akrouf, 2004) :

CHAPITRE III : Analyse chimique des espèces du genre *Medicago*

Rendement en huile essentielle % = MHE/M × 100

Dont :

MHE : Masse de l'huile essentielle obtenue en gramme.

M : Masse de la matière végétale sèche en gramme.

Le Tableaux ci-dessous résume le rendement obtenu en huile essentielle des espèces étudiées du genre *Medicago* :

Tableau 11 : Rendement en huile essentielle des espèces étudiées du genre *Medicago*.

Éspece	<i>M. sativa</i>	<i>M. hispida</i>	<i>M. polymorpha</i>	<i>M. arabica</i>	<i>M. minima</i>	<i>M. marina</i>	
Origine de l'éspece	Japon	Chine	Turquie			Italie	
Partie étudiée	Partie aérienne	Partie aérienne	Partie aérienne			Partie aérienne	
Rendement %	0.009	0.27	0.5	0.8	0.6	0.03	0.02
Référence	Kami, 1983	Zheng et al., 2019	Sabudak & Goren, 2011			Flamini et al., 2003	

D'après les résultats de **tableaux 11**, le pourcentage de rendement en huile essentielle extraite à partir de la partie aérienne de six espèces étudiées du genre *Medicago* variait de 0.009 à 0.8 % (**Kami, 1983 ; et al., 2019**).

Le pourcentage de rendement maximal étant obtenu pour la partie aérienne de l'espèce *M. arabica* de la Turquie (0,8%), tandis que le pourcentage de rendement minimal étant obtenu pour la partie aérienne de l'espèce *M. sativa* de Japon (0.009 %). Ces variations de rendements des huiles essentielles du genre *Medicago* peuvent s'expliquer par l'origine et le type d'éspece étudiée.

D'autre part, le pourcentage de rendement en huile essentielle de la partie aérienne de l'espèce *M. marina* de l'Italie était de 0.02 % avant la période de floraison et de 0.03 % pendant la période de floraison, cela signifie que le cycle végétatif agit également sur le rendement d'extraction de la même espèce.

En générale, plusieurs facteurs agissent sur le rendement d'extraction des huiles essentielles, notamment, facteur de l'âge, du cycle végétatif, des localisations géographiques de la plante, de la période de séchage et de la méthode d'extraction utilisée.

III.2.1.2. Composition chimique

La détermination de la composition chimique des huiles essentielles de six espèces du genre *Medicago* a été réalisée par la méthode de GC/MS, et les résultats d'identification de la composition chimique de ces huiles sont consignés dans **les tableaux 12 et 13**.

CHAPITRE III : Analyse chimique des espèces du genre *Medicago*

Tableau 12: Composition chimique des huiles essentielles de quelques espèces du genre *Medicago*.

Composants chimiques	Les espèces					
	<i>M. polymorpha</i>	<i>M. arabica</i>	<i>M. minima</i>	<i>M. marina</i>	<i>M. hispida</i>	<i>M. sativa</i>
Origines des espèces	Turquie			Italie	Chine	Japan
1-pentène-3-ol	-	T	-	-	-	-
Pentanal	-	T	-	-	-	0.5
DMF	-	T	-	-	-	-
Toluène	2.0	T	1.4	-	-	-
Hexanal	1.7	1.6	-	-	-	0.5
Furfural	-	T	-	t	-	2
Xylène	-	T	-	-	-	-
Heptanal	t	T	-	t	t	0.1
Acétaldéhyde phénylique	-	T	-	-	-	-
Acide hexanoïque	3.6	-	-	-	-	0.4
Oxyde de linalol	t	T	-	-	-	0.7
Acide octanoïque	1	1.6	t	-	-	-
4-décanol	0.8	T	t	-	-	-
Acide nonanoïque	-	T	t	-	-	-
2,4-décadienal	-	T	t	-	-	-
Acide décanoïque	1.5	T	3.4	-	-	-
2-dodécanone	6.3	5.4	2.9	-	-	-
Tétradécane	t	T	t	-	-	-
Acide undécanoïque	2.6	2.3	4.9	-	-	-
Pentadécane	-	2.1	2.8	-	-	-
Acide 9-tétradécanoïque	2.1	-	-	-	-	-
Phytol	t	8.8	4.2	-	48.8	-
Acide hexadécanoïque	61.6	47.2	24.7	-	-	-
L'acide oléique	7.4	5.1	5.2	-	-	-
Acide linoléique	-	8.6	23.7	-	-	-
Tétracosane	3	3.4	3.3	-	0.13	-
Pentacosane	-	3.4	2.8	-	3.48	-
Hexacosane	-	T	-	-	5.35	-
(E)-2-Hexénal	-	-	-	1.0	5.7	-
2-heptanone	-	-	-	t	t	-

CHAPITRE III : Analyse chimique des espèces du genre *Medicago*

n-Nonane	-	-	-	1.1	0.7	-	-
(Z)-2-Hepténal	-	-	-	t	t	-	-
Benzaldéhyde	-	-	-	1.9	0.9	-	4
(E)-2-Heptenal	-	-	-	-	0.7	-	-
1-Octen-3-one	-	-	-	-	t	-	-
1-Octen-3-ol	-	-	-	0.7	9.3	-	-
6-méthyl-5-heptène-2-one	-	-	-	0.9	0.8	-	-
2-pentylfurane	-	-	-	1.1	t	-	-
Octanal	-	-	-	2.3	1	-	-
(E,E)-2,4-heptadiénal	-	-	-	0.6	1.5	-	-
1,8-Cinéole	-	-	-	0.4	-	-	-
Phénylacétaldéhyde	-	-	-	3.0	1.2	-	1
(E)-2-Octenal	-	-	-	t	t	-	-
1-Undécène	-	-	-	1.7	2.7	-	-
Linalol	-	-	-	1.2	5.8	-	-
Nonanal	-	-	-	4.7	4.8	-	-
(E,E)-2,4-Octadienal	-	-	-	-	0.6	-	-
Isophorone	-	-	-	t	-	-	-
Vératrole	-	-	-	t	-	-	-
(E,Z)-2,6-Nonadiénal	-	-	-	-	1.1	-	-
(E)-2-Nonenal	-	-	-	t	t	-	-
1-Nonanol	-	-	-	1.4	-	-	-
2,4-diméthylbenzaldéhyde	-	-	-	0.4	2.0	-	-
α -Terpinéol	-	-	-	0.4	3.3	-	-
1-Dodécène	-	-	-	-	1.7	-	-
salicylate de méthyle	-	-	-	-	t	-	-
Safranal	-	-	-	1.1	1.3	-	-
Décanal	-	-	-	9.6	11.5	-	-
β -Cyclocitral	-	-	-	1.3	2.4	-	-
p-Menth-4-en-3-one	-	-	-	1.1	-	-	-
(E)-2-Décénal	-	-	-	t	-	-	-
Thymol	-	-	-	-	0.7	-	-
Undécanal	-	-	-	t	0.8	-	-
4-Vinyl guaiacol	-	-	-	0.6	t	-	-
(E,E)-2,4-décadienal	-	-	-	-	t	-	-
Eugénol	-	-	-	1.8	9.4	-	-

CHAPITRE III : Analyse chimique des espèces du genre *Medicago*

(E)- β -Damasçénone	-	-	-	0.8	-	-	-
Méthyleugénol	-	-	-	20.4	1.7	-	-
Longifolène	-	-	-	1.0	-	-	-
(E)- β -Damascone	-	-	-	t	0.5	-	-
β -Cédrène	-	-	-	0.6	-	-	-
(E)-Géranylacétone	-	-	-	3.1	0.9	-	-
α -humulène	-	-	-	2.9	-	-	-
(E)- β -Ionone	-	-	-	5.6	14.4	-	-
Benzyl tiglate	-	-	-	-	t	-	-
n-Pentadecane	-	-	-	t	-	-	T
δ -cadinène	-	-	-	1.6	-	-	-
Oxyde de caryophyllène	-	-	-	0.5	-	-	-
5-Eudesmen-1-ol	-	-	-	2.6	-	-	-
n-heptadécane	-	-	-	t	-	-	-
References	Sabudak & Goren, 2011			Flamini et al., 2003		Zheng et al., 2019).	Kami, 1983

Tableau 13: Continue composition chimique des huiles essentielles de quelques espèces du genre *Medicago*.

Composants chimiques	Les espèces					
	<i>M. polymorpha</i>	<i>M. arabica</i>	<i>M. minima</i>	<i>M. marina</i>	<i>M. hispida</i>	<i>M. sativa</i>
Origines des espèces	Turquie			Italie	Chine	Japan
Pentadécanal	-	-	-	0.6	-	-
Benzoate de benzyle	-	-	-	t	-	-
Hexahydrofarnesyl Acétone	-	-	-	-	-	-
n-Tricosane	-	-	-	t	-	-
n-Pentacosane	-	-	-	t	-	-
3-méthoxy-1,2-propanediol	-	-	-	-	0.06	-
β -Caryophyllène	-	-	-	-	1.06	-
Hexadécane	-	-	-	-	0.05	-
2,4-di-tert-butylphénol	-	-	-	-	0.08	-
Heptadécane	-	-	-	-	0.08	-
2, 6, 10,15-Tetramethylheptadecane	-	-	-	-	0.29	-
Hexadécanal	-	-	-	-	0.15	-
Nonadécane	-	-	-	-	0.25	-
Éicosane	t	2.7	3.5	-	0.31	-
Heptadécanoate d'éthyle	-	-	-	-	0.23	0.1
Alcool elaidyl	-	-	-	-	0.73	-

CHAPITRE III : Analyse chimique des espèces du genre *Medicago*

Heneicosane	-	-	-	-	0.68	-
Docosane	-	-	-	-	2.74	-
Ester méthylique de l'acide 2-[[2-[(2-éthylcyclo propyl) méthyl] cyclopropyl] méthyl] cyclo propaneoctanoïque	-	-	-	-	1.07	-
Linoléate d'éthyle	-	-	-	-	1.79	-
Cis-9-tricosène	-	-	-	-	3.28	-
9-Hexacosène	-	-	-	-	2.28	-
Phtalate de diisooctyle	-	-	-	-	1.08	-
Pentacosanoate de méthyle	-	-	-	-	2.47	-
Nonacosane	-	-	-	-	4.16	-
Triacontane	-	-	-	-	7.53	-
Dotriacontane	-	-	-	-	4.78	-
p-cymène	-	-	-	-	-	0.3
Acétaldéhyde	-	-	-	-	-	0.2
3-méthylbutanal	-	-	-	-	-	0.6
1-octanal	-	-	-	-	-	T
1-nonanal	-	-	-	-	-	0.5
1-decanal	-	-	-	-	-	0.1
Acétone	-	-	-	-	-	4
6, 10,14-triméthylpentadecan-2-on	-	-	-	-	-	2
Ethanol	-	-	-	-	-	12
1-hexanol	-	-	-	-	-	0.6
trans-3-hexen-1-ol	-	-	-	-	-	0.7
cis-3-hexen-1-ol	-	-	-	-	-	2
l'alcool benzylique	-	-	-	-	-	2
2-phenylethanol	-	-	-	-	-	0.4
Phénol	-	-	-	-	-	0.6
4-hexanolide	-	-	-	-	-	0.5
2,3-diméthyl-2-nonen-4-olide	-	-	-	-	-	0.2
Dihydroactinidiolide	-	-	-	-	-	0.7
diméthyldisulfure	-	-	-	-	-	0.3
Diméthylsulfone	-	-	-	-	-	4
Phénylacétonitrile	-	-	-	-	-	0.6
Méthyleugénol	-	-	-	-	-	0.9
acide acétique	-	-	-	-	-	8
acide isovalérique	-	-	-	-	-	0.2
Acide 2-méthylbutyrique	-	-	-	-	-	2
acide caproïque	-	-	-	-	-	0.4
acide benzoïque	-	-	-	-	-	0.5
formiate d'éthyle	-	-	-	-	-	0.3
acétate d'éthyle	-	-	-	-	-	9
n-butyrate d'éthyle	-	-	-	-	-	0.6
2-méthylbutyrate d'éthyle	-	-	-	-	-	2
isovalérate d'éthyle	-	-	-	-	-	2
acétate d'isoamyle	-	-	-	-	-	0.2
n-valérate d'éthyle	-	-	-	-	-	0.2
caproate d'éthyle	-	-	-	-	-	1

CHAPITRE III : Analyse chimique des espèces du genre *Medicago*

acétate de n-hexyle	-	-	-	-	-	0.4	
acétate de trans-3-hexényle	-	-	-	-	-	0.7	
acétate de cis-3-hexényle	-	-	-	-	-	2	
oéanthate d'éthyle	-	-	-	-	-	0.3	
Acétate de 1-octène-3-yle	-	-	-	-	-	0.3	
caprylate d'éthyle	-	-	-	-	-	2	
caprylate d'éthyle	-	-	-	-	-	0.5	
malonate de diéthyle	-	-	-	-	-	0.2	
lévulinate d'éthyle	-	-	-	-	-	0.3	
benzoate de méthyle	-	-	-	-	-	0.3	
benzoate d'éthyle	-	-	-	-	-	1	
succinate de diéthyle	-	-	-	-	-	1	
3-hydroxyhexanoate d'éthyle	-	-	-	-	-	0.2	
acétate de benzyle	-	-	-	-	-	2	
phénylacétate d'éthyle	-	-	-	-	-	1	
acétate de 2-phényléthyle	-	-	-	-	-	0.3	
laurate d'éthyle	-	-	-	-	-	0.2	
myristate d'éthyle	-	-	-	-	-	0.6	
pentadécanoate d'éthyle	-	-	-	-	-	0.9	
palmitate d'éthyle	-	-	-	-	-	3	
stéarate d'éthyle	-	-	-	-	-	0.6	
oléate d'éthyle	-	-	-	-	-	0.4	
benzoate de benzyle	-	-	-	-	-	0.1	
Non identifié	1.6	1.5	8.1	-	-	-	
Totale	91.9	98.3	96.8	85.1	82.4	96.1	96.8
References	Sabudak & Goren, 2011			Flamini et al., 2003	Zheng et al., 2019).	Kami, 1983	

CHAPITRE III : Analyse chimique des espèces du genre *Medicago*

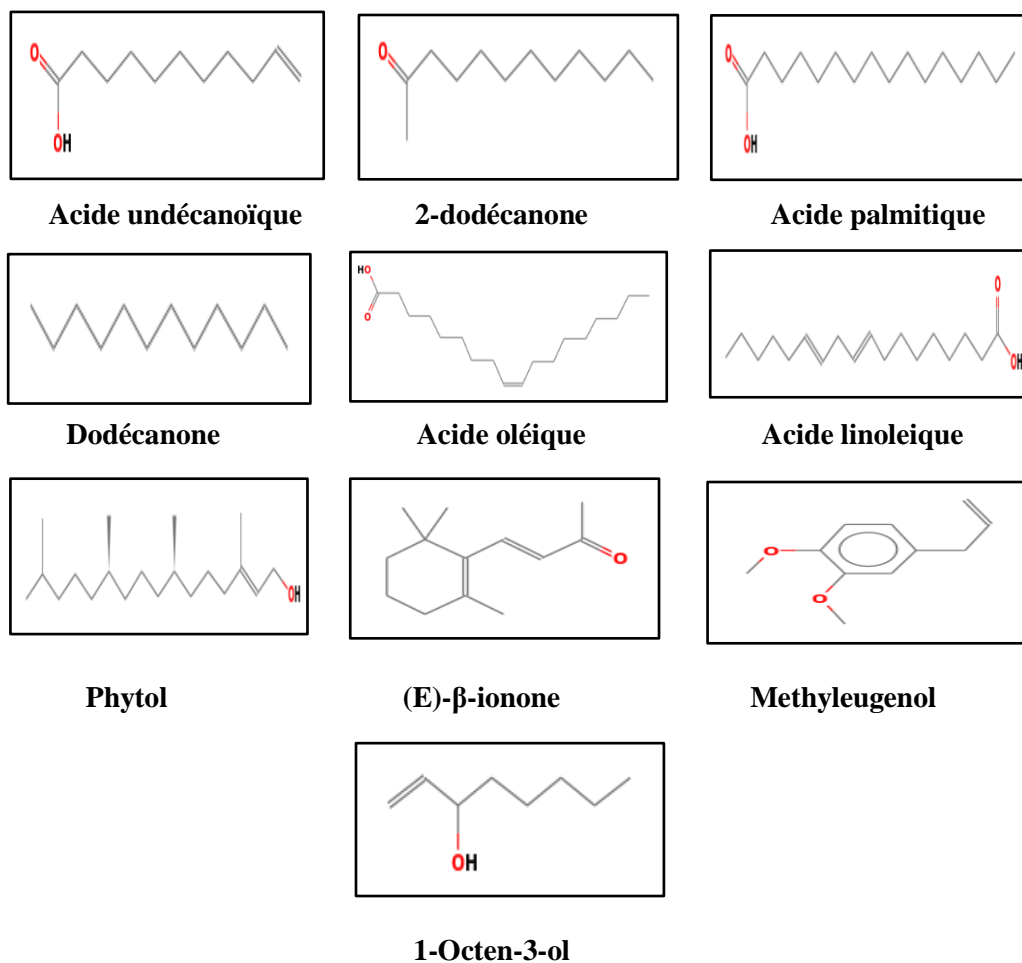


Figure 13 : Structure des composés majoritaires des huiles essentielles des espèces étudiées du genre *Medicago*.

D'après les résultats présentés dans les **tableaux 12 et 13**, **Sabudak & Goren, (2011)**, ont révélé que la composition chimique des huiles essentielles de trois espèces du genre *Medicago* (*M. polymorpha*, *M. arabica* et *M. minima*), provenant de la Turquie était plus ou moins similaire quantitativement et qualitativement, 30 constituants ont été identifiés pour chaque espèce représentant 96,8 à 91,9 % des volatils totaux. L'acide undécanoïque (2,3 - 4,9 %), 2-dodécanone (2,9 - 6,3 %), l'acide hexadécanoïque (acide palmitique), (24,7 - 61,6 %), l'acide oléique (5,1 - 7,4 %) et la tétracosane (3,0 - 3,4 %) étaient les principaux composés communs présents dans les huiles de trois espèces de *Medicago*. Cependant, l'acide linoléique (23,7 %) fait partie des composés les plus dominants de l'espèce *M. minima* (**Figure 13**). Ces résultats indiquent que les trois espèces du genre *Medicago* sont riches en acides gras.

Trente-huit et cinquante composants, représentant 82,4% et 85,1% du total des volatils, ont été identifiés pour l'huile essentielle de l'espèce *M. marina* provenant de l'Italie,

CHAPITRE III : Analyse chimique des espèces du genre *Medicago*

avant et pendant la période de floraison respectivement (Flamini et al, 2003). Les composants linalol (5,8 %) et α -terpinéol (3,3 %) étaient les principaux monoterpènes de l'huile essentielle de *M. marina* identifiés avant de période de floraison, tandis que le linalol (1,2 %) et la p-mentha-4-en-3-one (0,4 %) étaient les principaux monoterpènes identifiés lors de période de floraison. Cependant, les sesquiterpènes n'étaient présents dans l'huile que lors de période de de floraison. Les deux constituants 1-octène-3-ol (9,3% et 0,7%) et (E)- β -ionone (14,4% et 5,6%) présentent la plus grande différence entre les deux échantillons de l'HE dans les deux stades. Par ailleurs, des phénylpropanoïdes ont été également identifiés dans ces huiles, notamment le méthyleugénol (20.4%) lors de la phase de reproduction et l'eugénol lors de la phase végétative. Cette différence de la composition est attribuée uniquement aux différents stades de développement de la plante car le matériel végétal était obtenu à partir de la même espèce et la même région de récolte.

Dans l'huile essentielle de la partie aérienne de *M. hispida* de la chine (Zheng et al., 2019), le diterpène phytol est le composant le plus représenté (48.8%). Cependant, le taux des autres composés était très faible dans l'HE, son pourcentage est de 0,05 et 7,43%.

D'autre part, soixante sept composés ont été identifiés à partir de l'huile essentielle de l'espèce *M. sativa* de Japon présentant (96.8 %) du contenu total, dont les esters (32) et les alcools (07) étaient les composants dominants (Kami, 1983).

D'après ces résultats, on note généralement que la composition chimique des huiles essentielles de la partie aérienne des espèces étudiées du genre *Medicago* est différente, cette diversité est probablement due à des facteurs extrinsèques et intrinsèques, à savoir l'origine géographique de l'espèce, les changements climatiques, la composition du sol, la méthode et les conditions d'extraction utilisées, ainsi que la saison et la période de récolte, de séchage et de stockage de la plante (Masotti et al., 2003 ; Karousou et al., 2005, Angioni et al., 2006).

III.2.2. Les extraits végétaux

Les extraits végétaux sont des préparations liquides, semi solides ou solides, obtenus à partir de matières végétales en générale à l'état sec (Wichtl et Anton, 2003).

Les extraits liquides (fluides) sont des préparations où une partie en volume du solvant correspond à une partie en masse de drogue végétale séchée. Ces préparations sont ajustées, si nécessaire, de façon à répondre aux exigences de la teneur en solvant utilisé.

Les extraits semi-solides (mous ou fermes) sont des préparations faites par évaporation totale ou évaporation partielle du solvant ayant servi à leur extraction. Ils satisfont aux limites concernant le résidu sec et les limites du solvant utilisé.

CHAPITRE III : Analyse chimique des espèces du genre *Medicago*

Les extraits solides (secs) sont des préparations obtenues par évaporation totale du solvant ayant servi à leur extraction. Ils ont généralement une perte à la dessiccation ou une teneur en eau qui est au maximum de 5 %. (**Belgaid et Chikhoun, 2013**).

Les études sur les différents composants des extraits végétaux ont révélé des modes d'actions biologiques importantes pour éventuelle application dans le domaine de la santé. Certains d'entre eux constituent des alternatives efficaces à des composés de synthèse de l'industrie chimique, sans provoquer des effets secondaires sur la santé (**Bakkalia et al., 2007**).

III.1.2.1. Rendement

Le Tableaux ci-dessous résume le rendement obtenu en différents extraits de deux espèces du genre *Medicago*.

Tableau 14 : Rendement des extraits de deux espèces de *Medicago*.

Èspece	<i>Medicago murex</i>			<i>Medicago rigidula</i>
Origine de l'espèce	Turquie			Turquie
Partie étudiée	Partie aérienne			Partie aérienne
Extrait	Méthanolique	Acétate d'éthyle	Aqueux	Méthanolique
Rendement	12.09	3.77	11.80	11.78
Rèfèrence	Pamukcu et al 2020			Çakmak et al 2017

Les résultats résumés dans le **tableau 14** ci-dessus ont montré que l'extrait méthanolique de l'espèce *M. rigidula* a donné un rendement proche de celui de l'extrait aqueux avec des pourcentages de 12.09 et 11.80 % respectivement. Ces pourcentages étaient supérieurs à celui trouvé par l'extrait d'acétate d'éthyle de la même espèce (**Pamukcu et al 2020**). Cela signifie que le rendement d'extraction dépend du solvant d'extraction. En plus, l'extrait méthanolique de l'espèce *M.rigidula* a donné un pourcentage du rendement important (**Çakmak et al 2017**).

D'après ces résultats. On note que le rendement d'extraction obtenu avec le méthanol est le plus élevé, suivi par le rendement d'extraction obtenu avec l'eau. Cela peut s'expliquer par le fait que la polarité du solvant permet d'avoir des rendements élevés.

III.1.2.2. Composition chimique

La composition chimique des extraits végétaux des espèces du genre *Medicago* fait l'objet de plusieurs études. Les deux classes les plus importantes des substances bios actives identifiées dans les espèces du *Medicago* sont les flavonoïdes et les saponines.

CHAPITRE III : Analyse chimique des espèces du genre *Medicago*

a. Les flavonoïdes

Les flavonoïdes représentent le groupe le plus largement distribué dans le règne végétal, retrouvés également dans plusieurs plantes médicinales. Ils forment une classe de composés polyphénoliques, principaux métabolites secondaires des plantes, et ils sont présents dans toutes les parties des végétaux supérieurs.

Les flavonoïdes constituent des pigments responsables des colorations (la chlorophylle, des caroténoïdes et des bêtaïnes) de différents organes végétaux. Ils ont la capacité de préserver les tissus des conséquences néfastes du rayonnement UV, les flavonoïdes ont une origine biosynthétique commune et, de ce fait, présentent le même élément structural de base (Riberau-Gayon, 1968 ; Chevallier, 2008). (Figure 14).

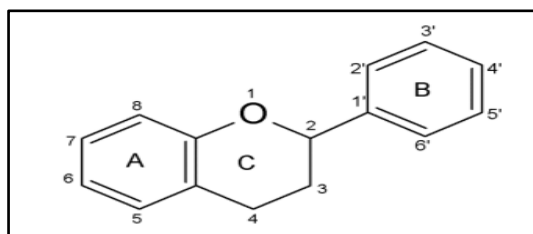


Figure 14 : Squelette de base des flavonoïdes (Ghedira, 2005).

Les tableaux suivants résument la teneur et les flavonoïdes isolés à partir des extraits de quelques espèces du genre *Medicago* provenant de différentes régions du monde.

Tableau 15: Teneur en isoflavones des espèces étudiées de *Medicago* (Rodrigues et al, 2014).

Espèces	Partie utilisé	isoflavones	Extrait		
			Aqueux	Hydroalcoolique	Alcoolique
<i>M. minima</i>	Feuille	Daidzin	1.70±0.05	N.d.	N.d.
		genistin	2.42±0.01	6.52±0.26	2.82±0.54
		Daidzéine	3.89±0.10	2.26±0.1	3.36±0.00
		Glycitéine	1.07±0.00	1.49±0.06	0.42±0.02
		Génistéine	3.51±0.16	1.72±0.05	9.31±0.14
		Formononétine	N.d.	N.d.	4.33±0.00
		Prunétine	N.d.	N.d.	3.03±0.01
		Biochanine	N.d.	N.d.	1.62±0.17
		Totale mg/kg/db	12.59	11.99	24.89
<i>M. tornata</i>	Feuille	Daidzin	1.60±0.01	5.28±0.07	1.82±0.11
		genistin	2.40±0.05	8.81±0.26	3.15±0.07
		Daidzéine	3.91±0.35	3.72±0.01	2.57±0.03
		Glycitéine	0.41±0.01	N.d.	N.d.
		Génistéine	0.72±0.00	3.28±0.04	1.03±0.07

CHAPITRE III : Analyse chimique des espèces du genre *Medicago*

		Formononétine	N.d.	N.d.	N.d.
		Prunétine	N.d.	N.d.	3.11±0.04
		Biochanine	N.d.	N.d.	N.d.
		Totale mg/kg/db	12.14	22.03	11.68
<i>M. truncatula</i>	Feuille	Daidzin	1.58±0.00	N.d	N.d
		genistin	2.15±0.01	2.42±0.44	2.67±0.12
		Daidzéine	2.74±0.35	4.09±0.01	7.13±0.55
		Glycitéine	4.56±0.36	7.39±0.53	0.53±0.01
		Génistéine	N.d	7.08±0.28	2.82±0.38
		Formononétine	2.55±0.10	3.18±0.00	5.46±0.12
		Prunétine	N.d	N.d	N.d
		Biochanine	N.d	N.d	N.d
		Totale mg/kg/db	13.58	24.16	18.61
<i>M. rigidula</i>	Feuille	Daidzin	N.d	N.d	1.88±0.01
		genistin	2.22±0.05	5.31±0.25	3.62±0.10
		Daidzéine	N.d	12.21±0.10	8.10±0.11
		Glycitéine	N.d	2.28±0.02	N.d
		Génistéine	5.67±0.24	1.84±0.89	6.41±0.17
		Formononétine	N.d	2.63±0.41	6.91±0.36
		Prunétine	N.d	3.22±0.01	5.92±0.22
		Biochanine	N.d	1.57±0.03	1.88±0.15
		Totale mg/kg/db	13.58	24.16	18.61

Tableau 16: Continue teneur en isoflavones des espèces étudiées de *Medicago* (Rodrigues et al, 2014).

Espèces	Partie utilisé	isoflavones	Extrait		
			Aqueux	Hydroalcoolique	Alcoolique
<i>M. scutellata</i>	Feuille	Daidzin	2.47±0.07	2.36±0.17	3.52±0.05
		genistin	N.d	5.16±0.56	9.60±0.27
		Daidzéine	N.d	N.d	19.20±0.57
		Glycitéine	N.d	N.d	3.92±0.02
		Génistéine	N.d	N.d	16.09±0.26
		Formononétine	N.d	N.d	N.d
		Prunétine	N.d	N.d	N.d
		Biochanine	N.d	N.d	N.d
		Totale mg/kg/db	2.47	7.52	52.33
<i>M. segitalis</i>	Feuille	Daidzin	N.d	N.d	N.d
		genistin	2.78±0.16	3.32±0.07	3.68±0.30
		Daidzéine	1.87±0.05	3.67±0.18	2.18±0.04
		Glycitéine	N.d	N.d	N.d
		Génistéine	N.d	N.d	N.d
		Formononétine	N.d	N.d	N.d

CHAPITRE III : Analyse chimique des espèces du genre *Medicago*

		Prunétine	N.d	N.d	N.d
		Biochanine	N.d	N.d	N.d
		Totale mg/kg/db	4.65	6.99	5.86
<i>M. sativa</i>	Feuille	Daidzin	N.d	N.d	N.d
		genistin	3.32±0.40	2.29±0.14	3.14±0.51
		Daidzéine	N.d	N.d	1.47±0.05
		Glycitéine	N.d	N.d	0.45±0.01
		Génistéine	N.d	N.d	0.93±0.13
		Formononétine	N.d	N.d	2.40 ± 0.06
		Prunétine	N.d	N.d	N.d
		Biochanine	N.d	N.d	N.d
		Totale mg/kg/db	3.32	2.29	8.39

Les résultats du **tableau 15 et 16**, montre que la teneur en composés de flavonoides (Isoflavones) des extraits de *Medicago* est considérablement variable en fonction de type de l'espèce et même de type de l'extrait testé (**Rodrigues et al, 2014**).

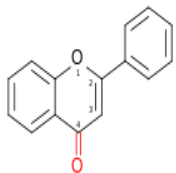
La teneur totale en isoflavones la plus importante a été enregistrée avec l'extrait alcoolique de l'espèce *M. scutelata* avec une valeur égale à 52.33 mg/kg/db, alors que la teneur la plus faible a été enregistrée avec l'extrait hydroalcoolique de l'espèce *M. sativa* (2.29 mg/kg/db).

La genistin, la daidzéine et la génistéine étaient les principales isoflavones identifiées dans la plupart des extraits, tandis que la formononétine, la prunétine et la biochanine sont présentes en petites quantités et dans quelques extraits.

En termes de la teneur totale en isoflavones par espèce, On constate que *M. rigidula* était l'espèce la plus riche en isoflavones et *M. sativa* était l'espèce la plus pauvre.

CHAPITRE III : Analyse chimique des espèces du genre *Medicago*

Tableau 17: Les flavonoïdes identifiés dans les espèces étudiées du genre *Medicago*.

Classe des flavonoïdes	Flavonoïde identifié	Source	Partie étudiée	Référence
FLAVONE 	3', 4', 7-Tihydroxyflavone-7-Glc	<i>M. arabica</i>	Plante entière	Saleh et al., 1982
	3', 4', 7-Tihydroxyflavone-7-GlcA			
	3', 4', 7-Tihydroxyflavone	<i>M. truncatula</i>	Racines	Farag et al., 2008
	3,5-Diméthoxylutéoline Glc Mal			Farag et al., 2007 et 2008
	4', 7-Dihydroxyflavone	<i>M. arabica</i>	Plante entière	Saleh et al., 1982
		<i>M. sativa</i>		
		<i>M. polymorpha</i>		
		<i>M. radiata</i>		
		<i>M. sativa</i>	Feuilles	Deavours et al., 2005
	4', 7-Dihydroxyflavone Glc	<i>M. truncatula</i>	Racines	Farag et al., 2007 et 2008
	4', 7-Dihydroxyflavone-7-GlcA	<i>M. Arabica</i>	Plante entière	Saleh et al., 1982
		<i>M. polymorpha</i>		
		<i>M. truncatula</i>	Racines	Staszkoń et al., 2011
	4', 7-Dihydroxyflavone-7-GlcGlc	<i>M. Arabica</i>	Plante entière	Saleh et al., 1982
		<i>M. sativa</i>		
		<i>M. polymorpha</i>		
	5, 3'-Diméthoxylutéoline β -D-Glc	<i>M. truncatulata</i>	Racines	Farag et al., 2007
	5, 3'-Diméthoxylutéoline β -D-Glc- Mal			
	5,3'-Diméthoxylutéoline			
	6,8-Dihydroxyflavone-7-O-β-D-GlcA	<i>M. sativa</i>	Racines	Liang et al., 2011
6-methoxy-8-hydroxy-flavone-7-O-β-D-GlcA	Feuilles		Deavours et al., 2005	
Apigenin	<i>M. sativa</i>	Feuilles	Deavours et al., 2005	
	<i>M. truncatulata</i>	Racines, graine	Pang et al., 2009	
		Feuille	Marczak et al., 2010	
Apigénine 7-O-Glc		Fleur	Pang et al., 2009	
Apigénine 4'-O- β -D-GlcAPyr	<i>M. sativa</i>	Parties aériennes	Stochmal et al., 2001	
Apigénine 4'-O-[2'-O-Fer-β-D-			Goławska et al., 2010	
			Goławska et al., 2010	

CHAPITRE III : Analyse chimique des espèces du genre *Medicago*

		GlcAPyr(1→2)]-O-β-D- GlcAPyr]			
		Apigénine 4'-O-[2'-O-E-Fer- O- β -GlcAPyr (1→2)- O-β -GlcAPyr]	<i>M. sativa var. Arta</i>	Parties aériennes	Stochmal et al., 2001
		Apigénine 7- GlcA	<i>M. arabica</i>	Plante entière	Saleh et al., 1982
		Apigénine 7-O-β-D-GlcAPyr	<i>M. sativa</i>	Parties aériennes	Stochmal et al., 2001
		Apigénine 7-O-β-GlcAPyr-4'-O-[2'-O-E-Fer-O-β-GlcAPyr (1→2)-O-β-GlcAPyr]	<i>M. sativa var. Arta</i>		
		Apigénine 7-O-[β -D-GlcAPyr(1→2)-O-β-D GlcAPyr]-4'-O- β -D- GlcAPyr	<i>M. sativa</i>		
		Apigénine 7-O-[2'-O-Cou-GlcAPyr-(1→2)-O-GlcAPyr]	<i>M. truncatolata</i>	Feuilles	Jasinskiet al., 2009
		Apigénine 7-O-[2'-O-Fer-GlcAPyr-(1→2)-O-GlcAPyr]			Marczak et al., 2010
		Apigénine 7-O-[2'-O-sinapoyl-GlcAPyr-(1→2)-O-GlcAPyr]			Marczak et al., 2010
		Apigénine 7-O-[2-O-Fer- β -D-GlcAPyr(1→2)-O-β-D-GlcAPyr]-4'-O- β -D-GlcAPyr	<i>M. sativa</i>	Parties aériennes	Stochmal et al., 2001 Goławska et al., 2010
		Apigénine 7-O-[2'-O-sinapoyl-β-D-GlcAPyr-(1→2)-O-β-D-GlcAPyr]	<i>M. truncatolata</i>	Parties aériennes	Kowalska et al., 2007
		Apigénine 7-O-[β -D-GlcAPyr (1→2)-O- β -D-GlcAPyr]	<i>M. sativa</i>	Parties aériennes	Stochmal et al., 2001
		Apigénine 7-O-{2'-O-Fer-[GlcAPyr-(1→3)]-O-GlcAPyr-(1→2)-O-GlcAPyr}	<i>M. truncatolata</i>	Feuilles	Marczak et al., 2010
		Apigénine 7-O-{2-O-E-Fer-[O- β -GlcAPyr(1→3)]- O-β -GlcAPyr (1→2)-O- β -GlcAPyr}	<i>M. ivanivivaiva var. Arta</i>	Parties aériennes	Stochmal et al., 2001
		Apigénine 7-O-{2-O-Fer-[β -D-GlcAPyr (1→3)]-O-β-D-GlcAPyr (1→2)-O-β -D-GlcAPyr}	<i>M. sativa</i>	Parties aériennes	Stochmal et al., 2001
			<i>M. truncatolata</i>		Kowalska et al., 2007
		Apigénine 7-O-{2-O-p-Cou-[β -GlcAPyr (1→3)]-O-β-D-GlcAPyr (1→2)-O-β -D-GlcAPyr}	<i>M. sativa</i>		Stochmal et al., 2001
		Apigénine 7-O-GlcAPyr-(1→2)-O-GlcAPyr	<i>M. truncatolata</i>	Feuilles	Jasinskiet al., 2009 Marczak et al., 2010

CHAPITRE III : Analyse chimique des espèces du genre *Medicago*

	Apigénine 7-O-GlcAPyr-(1→2)-O-GlcAPyr-(1→2)-O-Glc			Marczak et al., 2010
	Apigénine 7-O-GlcAPyr-(1→3)-O-GlcAPyr-(1→2)-O-GlcAPyr			Marczak et al., 2010
	Apigénine 7-O-β-D-GlcAPyr	<i>M. sativa</i>	Parties aériennes	Goławska et al., 2010
	Apigénine 7-O-β-D-GlcAPyr-(1→3)-O-β-D-GlcAPyr-(1→2)-O-β-D-GlcAPyr	<i>M. truncatulata</i>		Kowalska et al., 2007
	Apigénine 7-O-β-D-GlcAPyr-4'-O-[2'-O-Fer-O-β-D-GlcAPyr(1→2)-O-β-D-GlcAPyr]	<i>M. sativa</i>		Goławska et al., 2010
	Apigénine 7-O-β-D-GlcAPyr-4'-O-[2'-O-p-Cou-O-β-D-GlcAPyr(1→2)-O-β-D-GlcAPyr]	<i>M. sativa</i>		Stochmal et al., 2001 Goławska et al., 2010
	Chrysoériol	<i>M. truncatulata</i>		Racines
	Chrysoériol 7- GlcA	<i>M. arabica</i> <i>M. polymorpha</i> <i>M. radiata</i>	Plante entière	Saleh et al., 1982
	Chrysoériol GlcA	<i>M. truncatulata</i>	Racines	Staszkoń et al., 2011
	Chrysoériol 7- GlcAGlcA	<i>M. arabica</i> <i>M. sativa</i> <i>M. polymorpha</i>	Plante entière	Saleh et al., 1982
	Chrysoériol 7- GlcAGlcAGlcA	<i>M. sativa</i>		
	Chrysoériol 7-O-β-D-GlcAPyr-4'-O-β-D-GlcAPyr	<i>M. sativa</i>	Parties aériennes	Stochmal et al., 2001
	Chrysoériol 7-O-GlcAPyr	<i>M. truncatulata</i>	Feuilles	Marczak et al., 2010
	Chrysoériol 7-O-[2'-O-Fer O-β-D-GlcAPyr(1→2)-O-β-D-GlcAPyr]	<i>M. sativa</i>	Parties aériennes	Stochmal et al., 2001
	Chrysoériol 7-O-[2'-O-Cou-GlcAPyr-(1→2)-O-GlcAPyr]	<i>M. truncatulata</i>	Feuilles	Jasinskiet al., 2009 Marczak et al., 2010
	Chrysoériol 7-O-[2'-O-Fer-GlcAPyr-(1→2)- O-GlcAPyr]			
	Chrysoériol 7-O-{2'-O-Fer-[O-β-D-GlcAPyr(1→3)]-O-β-D-GlcAPyr (1→2)-O-β-D-GlcAPyr}	<i>M. sativa</i>	Parties aériennes	Stochmal et al., 2001
	Chrysoériol 7-O-{2'-O-p-Cou-[β-D-GlcAPyr-(1→3)]-O-β-D-GlcAPyr(1→2)-O-β-D-GlcAPyr}	<i>M. truncatulata</i>	Parties aériennes	Kowalska et al., 2007

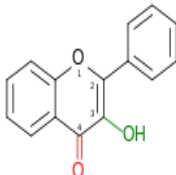
CHAPITRE III : Analyse chimique des espèces du genre *Medicago*

Chrysoériol 7-O-GlcAPyr-(1→2)-O-GlcAPyr		Feuilles	Jasinskiet al., 2009 Marczak et al., 2010
			Marczak et al., 2010
Chrysoériol 7-O-β-D-GlcAPyr-(1→2)-O-β-D-GlcAPyr		Parties aériennes	Kowalska et al., 2007
Irosolidone ou diméthoxylutéoline		Racines	Staszkw et al., 2011
Lutéoline	<i>M. sativa</i>	Graines	Phillips et al., 1995 Prati et al., 2001
	<i>M. falcata</i>		
	<i>M. polymorpha</i> <i>M. orbicularis</i>		
Lutéoline 7-GlcA	<i>M. arabica</i>	Plante entière	Saleh et al., 1982
	<i>M. sativa</i>		
	<i>M. polymorpha</i>		
	<i>M. radiata</i>		
Lutéoline 7-O-β-D-GlcAPyr	<i>M. sativa</i>	Parties aériennes	Stochmal et al., 2001
Lutéoline 7-O-GlcAPyr	<i>M. truncatulata</i>	Feuilles	Marczak et al., 2010
Lutéoline 7-O-[2-O-Fer-β-D-GlcAPyr(1→2)-O-β-D-GlcAPyr]-4'-O-β-D-GlcAPyr	<i>M. sativa</i>	Parties aériennes	Stochmal et al., 2001
Lutéoline 7-O-GlcAPyr	<i>M. truncatulata</i>	Feuilles	Jasinskiet al., 2009
Lutéoline Glc	<i>M. truncatulata</i>	Racines	Staszkw et al., 2011
		Fleur	Pang et al., 2007
		Racines	Staszkw et al., 2011
Lutéoline GlcA			
Lutéoline GlcAGlcA			
Lutéoline-7-O-Glc	<i>M. sativa</i>	graines	Phillips et al., 1995
	<i>M. falcate</i>		
	<i>M. polymorpha</i>		
	<i>M. orbicularis</i>		
Mal 3',5-Diméthoxylutéoline Glc	<i>M. truncatulata</i>	Racines	Farag et al., 2008
Rutine			Kowalska et al., 2007
Tricetin 7-O-β-D-GlcAPyr-3'-O-methyl	<i>M. sativa</i>	Parties aériennes	Stochmal et al., 2001
Tricine	<i>M. truncatulata</i>	Racines	Farag et al., 2007 et 2008
Tricine 7-GlcA	<i>M. sativa</i>	Plante entière	Saleh et al., 1982
Tricine 7-GlcAGlcA			
Tricine 7-GlcAGlcAGlcA			
Tricine 7-O-β-D-GlcAPyr	<i>M. sativa</i>	Parties aériennes	Stochmal et al., 2001
Tricine 7-O-[2'-O-Fer-β-D-GlcAPyr(1→2)-O-β-D-GlcAPyr]			
Tricine 7-O-[2'-O-p-			

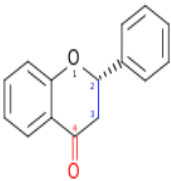
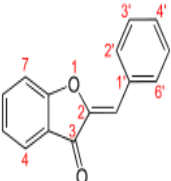
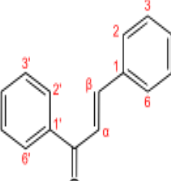
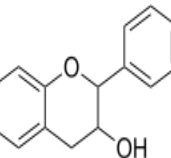
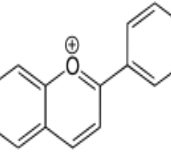
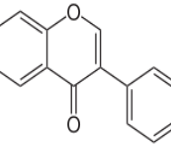
CHAPITRE III : Analyse chimique des espèces du genre *Medicago*

		Cou-β-D-GlcAPyr (1→2)-O)β-D-GlcAPyr]			
		Tricine 7-O-[2'-O-sinapoyl-β-D-GlcAPyr (1→2)-O-β-D-GlcAPyr]			
		Tricine 7-O-[2'-O-Cou-GlcAPyr-(1→2)-O-GlcAPyr]	<i>M. truncatolata</i>	Feuilles	Jasinskiet al., 2009 Marczak et al., 2010
		Tricine 7-O-[2'-O-Fer-GlcAPyr-(1→2)-O-GlcAPyr]			Marczak et al., 2010
		Tricine 7-O-[2'-O-Fer-β-D-GlcAPyr-(1→2)-O-β-D-glucopyranoside		Parties aériennes	Kowalska et al., 2007
		Tricine 7-O-[β -D-GlcAPyr (1→2)- O-β -D-GlcAPyr]	<i>M. sativa</i>	Parties aériennes	Stochmal et al., 2001
		Tricine 7-O-{2'-O-Fer-[β -D-GlcAPyr (1→3)]-O-β -D-GlcAPyr (1→2) -O-β -D-GlcAPyr }			
		Tricine 7-O-{2'-O-p-Cou-[β-D-GlcAPyr-(1→3)]-O-β-D-GlcAPyr(1→2) -O-β-D-GlcAPyr	<i>M. truncatolata</i>		Kowalska et al., 2007
		Tricine 7-O-GlcAPyr-(1→2)-O-GlcAPyr		Feuilles	Jasinskiet al., 2009 Marczak et al., 2010
		Tricine 7-O-β-D-GlcAPyr-4'-O-GlcAPyr Hyperoside	<i>M. truncatolata</i>	Parties aériennes	Kowalska et al., 2007

Tableau 18: Continue les flavonoïdes identifiés dans les espèces étudiées du genre *Medicago*.

FLAVONOL		Kaempférol	<i>M. truncatolata</i>	Fleur	Pang et al., 2009
		Kaempférol 3- Glc	<i>M. polymorpha</i>	Plante entières	Saleh et al., 1982
		Kaempférol 1 3,7- Glc Glc	<i>M. radiata</i>		
		Kaempférol 3-O-rutinoside	<i>M. truncatolata</i>	Graines	Pang et al., 2009
		laricitrine 3,5'- O-β -D-GlcAPyr	<i>M. littoralis</i>	Parties aériennes	Alessandra et al., 2010
		laricitrine 3,5'- GlcGlc	<i>M. truncatolata</i>		Kowalska et al., 2007
		laricitrine 3,5'- GlcGlcGlc			
		Laricitrine 3-O-g GlcAPyr-5'-O-GlcAPyr-1-7-O-Glc	<i>M. truncatolata</i>	Feuilles	Marczak et al., 2010
		Myricétine	<i>M. sativa</i>	Feuilles	LeRoy et al., 2002
Quercétine	Graines	Prati et al., 2007			

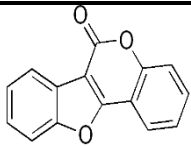
CHAPITRE III : Analyse chimique des espèces du genre *Medicago*

FLAVANONE		Naringénine	<i>M. truncatula</i>	Racines	Staszków et al., 2001
		Liquiritigénine	<i>M. truncatula</i>	Feuilles	Deavours et al., 2005
		P-Hydroxybenzaldéhyde Liquiritigénine Glc	<i>M. truncatula</i>	Germe	Hong et al., 2011
AURONE		Hispidol 4'-O-β-D-Glc	<i>M. truncatula</i>	Racines	Farag et al., 2007
		Hispidol 4'-O-β-D-Glc-Mal			
		Hispidol			
CHALCONE		Isoliquiritigénine	<i>M. truncatula</i>		Farag et al., 2007
			<i>M. sativa</i>	Feuilles	Deavours et al., 2005
FLAVAN-3-OL		Épicatéchine	<i>M. truncatulata</i>	Le tégument, fleur	Pang et al., 2007 et 2009
		Épicatéchine 3'-O-glucoside		Fleur, graines	Pang et al., 2007
		Catéchine		Le tégument	
		Gallocatéchine			
		Épigallocatéchine			
		Afzelechin			
		Épiafzéléchine			
ANTHOCYANID OL ou ANTHOCYANIDINE		Cyanidine	<i>M. truncatulata</i>	Le tégument	Pang et al., 2007
		Cyanidine 3-O-glucoside		Fleur, graines	Pang et al., 2009
		Delphinidine		Le tégument	Pang et al., 2007
		Pélargonidine		Racines	Pang et al., 2009
		Pélargonidine-3-O-glucoside			
ISOFLAVONE		2'-Hydroxyformononétine	<i>M. truncatulata</i>	Racines	Farag et al., 2007
		2'-Hydroxyformononétine MalGlc			Staszków et al., 2011
		2'-Hydroxyformononétineb-D-Glc			Farag et al., 2007 et 2008
		7,4'-dihydroxyflavoneononine	<i>M. sativa</i>	Racines	Coronado et al., 1995
		Afromosine		Feuilles	Deavours et al., 2005
		Afromosine-7-O-Glc		Plante entière	Kessmann et al., 1990
		Afromosin-7-O-Glc-6"-O-mal	<i>M. truncatulata</i>	Racines	Staszków et al., 2001

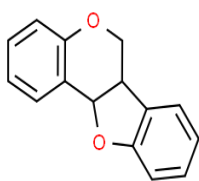
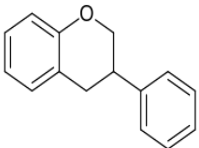
CHAPITRE III : Analyse chimique des espèces du genre *Medicago*

		Afromosine 7-O-β-D-Glc			
		Afromosine 7-O-β-D-Glc-6"-O-Mal		Racines	Farag et al., 2007 et 2008
		Afromosine 7-O-β-D-Glc-Mal (isomère)			
		Afromosine Glc		Racines	Staszków et al., 2011
		Afromosine MalGlc			Farag et al., 2008
		Alfalone			
		Biochanine A		Racines	Staszków et al., 2011
			<i>M. sativa</i>	Feuilles	Deavours et al., 2005
		Biochanine A 7-O-β-GlcAPyr	<i>M. littoralis</i>	Parties aériennes	Alessandra et al., 2010
		Biochanine A 7-O-β-D-Glc			Pang et al., 2009
		Biochanine A 7-O-β-D-Glc-6"-O-Mal			Farag et al., 2007
		Biochanine A MalGlc	<i>M. truncatulata</i>	Racines	Staszków et al., 2011
		Biochanine A MalGlcGlc			Staszków et al., 2011
		Biochanine A β-D- Glc Glc			Farag et al., 2007 et 2008
		Biochanine A β-D- Glc Glc-Mal			
		Daidzéine	<i>M. truncatulata</i>	Racines	Staszków et al., 2011
			<i>M. sativa</i>	Feuilles	Deavours et al., 2005
			<i>M. arabica</i>	Plante entière	Saleh et al., 1982
		Daidzéine 7-O-β-D-Glc (Daidzin)			Farag et al., 2007
		Daidzéine 7-O-β-D-Glc-6"-O-Mal (Daidzin Mal)			
		Daidzéine CouGlcAGlcA	<i>M. truncatulata</i>	Racines	Staszków, et al., 2011
		Daidzéine FerGlcAGlcA			
		Daidzéine GlcA			
		Daidzéine GlcAGlcA			
		Daidzéine MalGlc			
			<i>M. truncatulata</i>		Aloui et al., 2012
		Formononétine	<i>M. sativa</i>	Feuilles	Deavours et Dixon 2005
		Formononétine 7-O-β-(6'-O-MalGlc) (Malonine)		Racines	Aloui et al., 2012
			<i>M. truncatulata</i>	Feuilles	Jasinskiet al., 2009 Marczak et al., 2010
		Formononétine 7-O-Glc		Racines	Pang et al., 2009
		Formononétine 7-		Feuilles	Jasinskiet al.,

CHAPITRE III : Analyse chimique des espèces du genre *Medicago*

		O-Glc Mal			2009 Marczak et al., 2010	
		Formononétine-7- O-P-β-D- glycoside (Ononin)	<i>M. sativa</i>	racines	Coronado et al., 1995	
			<i>M. truncatulata</i>		Staszków et al., 2011	
		Formononétine 7- O-β-D-Glc-6"-O- Mal	<i>M. truncatulata</i>	Racines	Farag et al., 2007	
		Formononétine MalGlc			Staszków et al., 2011	
		Formononétine-7- O-P-β-D-Glc-6"- Mal méthyle ester	<i>M. sativa</i>	Racines	Coronado et al., 1995	
		Génistine	<i>M. truncatulata</i>	Racines	Staszków et al., 2011	
			<i>M. sativa</i>	Feuilles	Deavours et Dixon 2005	
		Génistine 7- O-β- GlcAPyr	<i>M. littoralis</i>	Parties aériennes	Alessandra et al., 2010	
		Génistéine 7-O-β- D-Glc-6" -O-Mal	<i>M. truncatulata</i>	Racines	Farag et al., 2007	
		Génistéine 7-O-β- D-Glc (génistine)				
		Génistéine CouGlcAGlcA		Racines	Staszków et al., 2011	
		Génistéine FerGlcAGlcA				
		Génistéine Glc Mal		Racines	Farag et al., 2008	
		Génistéine Glc Mal (isomère)				
		Génistéine GlcA		Racines	Staszków et al., 2011	
		Génistéine GlcAGlcA		Flours	Pang et al., 2009	
		Génistéine β-D- Glc Glc		Racines	Staszków et al., 2011	
		Génistéine β-D- Glc Glc Mal		Racines	Farag et al., 2007	
		Irilone				
		Irilone 4"-O-β-D- Glc-6"-O-Mal				
		Irisolidone				
		Irisolidone 7-O-β- D-Glc				
		Irisolidone 7-O-β- D-Glc-6"-O-Mal		Racines	Staszków et al., 2011	
		Irisolidone MalGlc				
		Pratenseine		<i>M. sativa</i>	Graines	Prati et al., 2007
		Isoflav-3-ene-Glc Mal		<i>M. truncatulata</i>	Racines	Farag et al., 2008
COUMESTAN		Coumestrol		<i>M. truncatulata</i>	Racines	Aloui et al., 2012
			<i>M. sativa</i>	Germe	Hong et al., 2011	
				Cotylédon	O'Neill 1996	

CHAPITRE III : Analyse chimique des espèces du genre *Medicago*

PTEROCARPAN		Médicarpine	<i>M. truncatolata</i>	Racines	Aloui et al., 2012
			<i>M. sativa</i>	Cotylédon	O'Neill 1996
		Médicarpine-3-O-Glc-6"-O-mal	<i>M. sativa</i>	Racines	Kessmann et al., 1990
		Médicarpine 3-O-β-D-Glc	<i>M. truncatolata</i>	Racines	Farag et al., 2007
Médicarpine 3-O-β-D-Glc Mal	Aloui et al., 2012				
ISOFLAVANE		Sativan	<i>M. sativa</i>	Feuilles	Ingham et Millar 1973
		Vestitol		Cotylédon	O'Neill, N. R. (1996)
		Vestitol β-D-Glc-Mal	<i>M. truncatolata</i>	Racines	Farag et al., 2007

D'après les résultats mentionnés dans les **tableaux 17 et 18**. On note que les études phytochimiques qui ont été réalisées sur les espèces de *Medicago* sont permis d'isoler et d'identifier une variété des composés de flavonoïde (Chalcone, flavone, flavanone, isoflavone, flavonol, ptérocarpane, aurone, glycoside d'anthocyanidine (anthocyanine) et proanthocyanidine (polymères flavan-3-ol).

b. Les Saponines

Les saponines sont des composés fréquents des plantes médicinales et retrouvées abondamment dans le règne végétal **Sparg et al., 2004** qui appartiennent aux glucosides, avec des hétérosides et une molécule aromatique et composées de stérols ou de triterpènes, qui sont très présentes dans les végétaux. Les saponines ont une action tensioactive, ce qui entraîne la formation de solutions colloïdales et la formation de mousse telle que le savon (en latin : *sapo* signifie savon) (**Cheeke et al., 2005**).

Selon la structure, les saponines peuvent être classées en deux groupes à partir de la nature de la génine :

➤ Les saponines triterpéniques :

La majorité des saponines végétales font partie de cette catégorie et elles sont extrêmement nombreuses chez les dicotylédones.

➤ Les saponines stéroïdiques :

Les saponines à génines stéroïdiques sont principalement présentes chez les angiospermes monocotylédones.

Les tableaux suivants résument la teneur et les saponines isolés à partir des extraits de quelques espèces du genre *Medicago* provenant de différentes régions du monde.

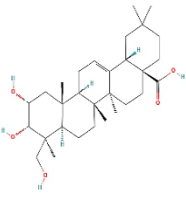
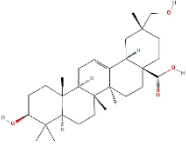
CHAPITRE III : Analyse chimique des espèces du genre *Medicago*

Tableau 19 : Teneur en saponine de quelques espèces de *Medicago* (Tava et Pecetti, 2012).

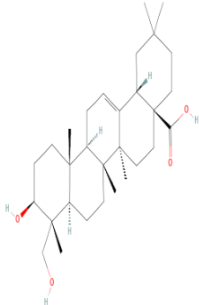
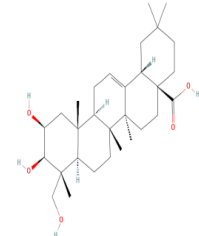
Espèce de <i>Medicago</i>	Teneur en saponine en %
<i>M. aculeata</i>	0.94 ± 0.04
<i>M. arabica</i>	0.90 ± 0.06
<i>M. blanchiana</i>	1.18 ± 0.04
<i>M. doliata</i>	0.45 ± 0.06
<i>M. littoralis</i>	0.59 ± 0.08
<i>M. polymorpha</i>	0.61 ± 0.04
<i>M. rigidula</i>	1.02 ± 0.10
<i>M. rotata</i>	0.45 ± 0.04
<i>M. rugosa</i>	0.38 ± 0.04
<i>M. scutellata</i>	1.35 ± 0.08
<i>M. tornata</i>	1.27 ± 0.08
<i>M. truncatula</i>	0.74 ± 0.06

Selon le **tableau 19**, les 12 espèces de *Medicago* présentent une variation de la quantité de saponine, allant de 0,38 ± 0,04 % pour *M. rugosa* à 1,35 ± 0,08 % pour *M. scutellata*. On constate que la quantité et la composition de la saponine peuvent varier en fonction de divers facteurs tels que le génotype, les conditions environnementales, l'organe végétal, le stade de croissance et l'âge de la plante.

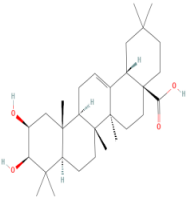
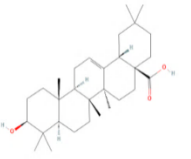
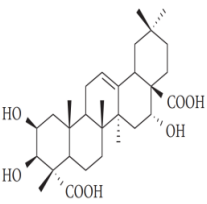
Tableau 20 : Les saponines identifiées dans les espèces étudiées du genre *Medicago*.

Les saponines				Source	Partie étudiée	Référence	
Composés identifiés		Les substituants					
		3-OH	30-CH3				28-COOH
Acide 2β, 3β, 30-Trihydroxyolean-12-en-28-oïc		α-L-Ara(1→2)-β-D-GluA	β-D-Glc	-	<i>M. arabica</i>	Feuilles	Tava et al., 2009
		β-D-GluA	α-L-Ara(1→2)-β-D-Glc	-			
		β-D-GluA	β-D-Glc	-			
Acide 3β, 30-Dihydroxyolean-12-en-28-oïc		α-L-Ara(1→2)-β-D-GluA	β-D-Glc	-	<i>M. arabica</i>	Feuilles	Tava et al., 2009
		β-D-GluA	α-L-Ara(1→2)-β-D-Glc	-			

CHAPITRE III : Analyse chimique des espèces du genre *Medicago*

Hédéragénine		α -L-Ara(1 \rightarrow 2)- β -D-Glc- (1 \rightarrow 2)- α -L-Ara	-	β -D-Glc	<i>M. arabica</i>	Feuilles	Tava et al., 2009
		β -D-Glc-(1 \rightarrow 2)- α -L-Ara	-	β -D-Glc			
		α -L-Ara	-	β -D-Glc			
		α -L-Ara(1 \rightarrow 2)- β -D-Glc (1 \rightarrow 2)- α -L-Ara	-	-			
		β -D-Glc-(1 \rightarrow 2)- α -L-Ara	-	-			
		α -L-Ara(1 \rightarrow 2)- β -D-GluA	-	-			
		α -L-Ara	-	-			
		α -L-Rha(1 \rightarrow 2)- α -L-Ara	-	β -D-Glc(1 \rightarrow 6)- β -D-Glc	<i>M. polymorpha</i>	Feuilles et racines	Tava et al., 2011
		β -D-Glc(1 \rightarrow 2)- α -L-Ara	-	β -D-Glc			
		α -L-Ara	-	β -D-Glc			
		α -L-Rha(1 \rightarrow 2)- α -L-Ara	-	-			
		α -L-Ara	-	-			
		β -D-Glc(1 \rightarrow 3)- β -D-Xyl	-	β -D-Glc	<i>M. sativa</i>	Feuilles et racines	Timbekova AE, et al., 1993
		β -D-Glc(1 \rightarrow 2)- α -L-Ara	-	β -D-Glc			
		β -D-GlcA	-	β -D-Glc	<i>M. hybrida</i>	Racines	Bialy et al., 2006
		α -L-Rha(1 \rightarrow 2)- β -D-Glc(1 \rightarrow 2)- β -D-Glc	-	β -D-Glc			
		β -D-GlcAMe	-	-			
β -D-Glc	-	-	<i>M. lupulina</i>	Feuilles	Oleszek et al., 1988		
GlcA	-	-	<i>M. truncatula</i>	Feuilles et racines	Huhman et al., 2002		
Glc-Ara	-	Glc					
Bayogénine		α -L-Ara	-	β -D-Glc	<i>M. arabica</i>	Feuilles	Tava et al., 2009
		α -L-Ara	-	-			
		α -L-Ara	-	-	<i>M. polymorpha</i>	Feuilles et racines	Tava et al., 2011
		β -D-Gal(1 \rightarrow 2)- β -D-GlcA	-	β -D-Glc	<i>M. sativa</i>	Feuilles et racines	Bialy et al., 1999
		β -D-GlcA	-	β -D-Xyl(1 \rightarrow 4)- α -L-Rha(1 \rightarrow 2)- α -L-Ara	<i>M. arborea</i>	Feuilles	Tava A, et al., 2005
β -D-Glc	-	β -D-Glc	<i>M. hybrida</i>	Racines	Bialy et al., 2006		

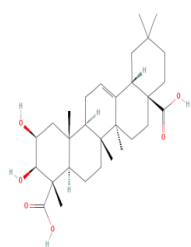
CHAPITRE III : Analyse chimique des espèces du genre *Medicago*

Acide 2 β -hydroxyoléanolique		α -L-Ara(1 \rightarrow 2)- β -D-GluA	-	β -D-Glc	<i>M. arabica</i>	Feuilles	Tava et al., 2009	
		β -D-GluA	-	-				
		α -L-Rha(1 \rightarrow 2)- α -L-Ara(1 \rightarrow 2)- β -D-Glc	-	-	<i>M. arborea</i>		Tava A, et al., 2005	
Acide oléanolique		β -D-Gal(1 \rightarrow 2)- β -D-GlcA	-	β -D-Glc	<i>M. hybrida</i>	Racines	Bialy et al., 2006	
		β -D-Gal(1 \rightarrow 2)- β -D-GlcA	-	α -L-Rha(1 \rightarrow 4) β -D-Glc				
		α -L-Ara(1 \rightarrow 2)- β -D-GluA	-	-	<i>M. arabica</i>	Feuilles	Tava et al., 2009	
		β -D-GluA	-	-				
Acide zanhique		β -D-Glc(1 \rightarrow 2)- β -D-Glc	-	β -D-Xyl(1 \rightarrow 4)-[β -D-Api(1 \rightarrow 3)]- α -L-Rha(1 \rightarrow 2)- α -L-Ara	<i>M. marina</i>	Feuilles et racines	Tava et al., 2020	
		β -D-Glc(1 \rightarrow 2)- β -D-Glc	-	β -D-Xyl(1 \rightarrow 4)- α -L-Rha(1 \rightarrow 2)- α -L-Ara				
		β -D-Glc	-	β -D-Xyl(1 \rightarrow 4)- α -L-Rha(1 \rightarrow 2)- α -L-Ara				
		β -D-Glc(1 \rightarrow 2)- β -D-Glc(1 \rightarrow 2)- β -D-Glc	-	β -D-Api(1 \rightarrow 3)-[β -D-Xyl(1 \rightarrow 4)]- α -L-Rha(1 \rightarrow 2)- α -L-Ara	<i>M. sativa</i>	Feuilles et racines	Oleszek et al., 1992 Bialy et al., 1999	
		β -D-Glc(1 \rightarrow 2)- β -D-Glc	-	β -D-Api(1 \rightarrow 3)- β -D-Xyl(1 \rightarrow 4)- α -L-Rha(1 \rightarrow 2)- α -L-Ara 23 COOH substitued: α -L-Ara				
		β -D-Glc	-	α -L-Ara(1 \rightarrow 3)- α -L-Rha(1 \rightarrow 2)- α -L-Ara	<i>M. arborea</i>	Feuilles	Tava A, et al., 2005	
		β -D-GlcA	-	β -D-Xyl(1 \rightarrow 4)- α -L-				

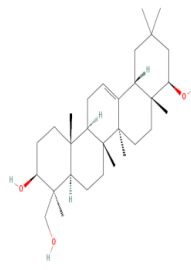
CHAPITRE III : Analyse chimique des espèces du genre *Medicago*

				Rha(1→2)- α -L-Ara			
		β -D-Glc	-	α -L-Ara(1→3)-[β -D-Xyl(1→4)]- α -L-Rha(1→2)- α -L-Ara			
		α -L-Ara(1→2)- β -D-Glc(1→2)- β -D-Glc	-	β -D-Api(1→3)-[β -D-Xyl(1→4)]- α -L-Rha(1→2)- α -L-Ara			
		β -Glc	-	β -Xyl(1→4)- α -Rha(1→2)- α -Ara	<i>M. truncatula</i>	Feuilles et racines	Bialy et al., 1999
		β -Glc(1→3)- β -Glc	-	α -Rha[4-Ac](1→2)- α -Ara			
		β -Glc(1→3)- β -Glc	-	β -Api(1→3)-[β -Xyl(1→4)]- α -Rha(1→2)- α -Ara			
		Glc-Glc-Glc	-	Api-Xyl-Rha-Ara, 23 COOH substitued: Ara			

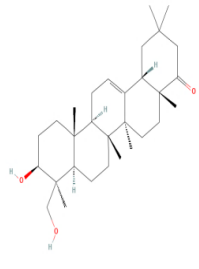
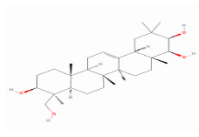
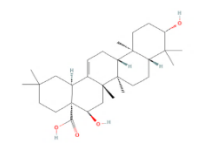
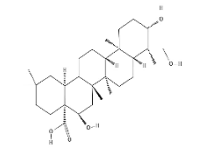
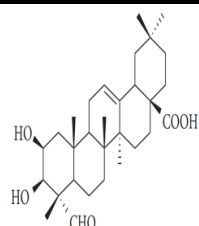
Tableau 21 : Continue les saponines identifiées dans les espèces étudiées du genre *Medicago*.

Acide médicagénique		β -D-Glc(1→2)- β -D-Glc	-	β -D-Xyl(1→4)-[β -D-Ara(1→3)]- α -L-Rha(1→2)- α -L-Ara	<i>M. marina</i>	Feuilles et racines	Tava et al., 2020
		β -D-Glc(1→2)- β -D-Glc	-	β -D-Xyl(1→4)-[β -D-Api(1→3)]- α -L-Rha(1→2)- α -L-Ara			
		β -D-GlcA	-	α -L-Ara(1→2)- α -L-Rha(1→2)- β -D-Xyl	<i>M. truncatula</i>	Graines	Ishiga et al., 2015
		β -D-Glc	-	α -L-Ara(1→			

CHAPITRE III : Analyse chimique des espèces du genre *Medicago*

				2)- α -L-Rha(1→2)- β -D-Xyl			
		β -D-Gal(1→2)- β -D-Glc		β -D-Glc	<i>M. sativa</i>	Feuilles et racines	Massiot G, et al., 1988
		β -D-Glc(1→2)- β -D-Glc		β -D-Xyl(1→4)- α -L-Rha(1→2)- α -L-Ara			
		α -L-Rha(1→2)- β -D-Glc(1→2)- β -D-Glc		β -D-Glc			
		β -D-Glc	-	α -L-Rha(1→2)- α -L-Ara	<i>M. arborea</i>	Feuilles	Lesins et lesins 1982 Montanari et al., 2016
		β -D-GlcA	-	α -L-Rha(1→2)- α -L-Ara			
		β -D-Glc	-	β -D-Xyl(1→4)- α -L-Rha(1→2)- α -L-Ara			
		β -D-Glc(1→2)- β -D-Glc	-	β -D-Xyl(1→4)- α -L-Rha(1→2)- α -L-Ara			
		β -D-GlcA	-	β -D-Api(1→3)-[[β -D-Xyl(1→4)]- α -L-Rha(1→2)- α -L-Ara			
Soyasapogénol B		L-Rha(1→2)- β -D-Gal(1→2)- β -D-GluA	-	-	<i>M. arabica</i>	Feuilles	Tava et al., 2009
		α -L-Rha(1→2)- β -D-Gal(1→2)- β -D-GluA	-	-	<i>M. marina</i>	Feuilles et racines	Tava et al., 2020
		α -L-Rha(1→2)- β -D-Gal(1→2)- β -D-GluA	-	-	<i>M. polymorpha</i>	Feuilles et racines	Tava et al., 2011
		α -L-Rha(1→2)- β -D-Gal(1→2)- β -D-GlcA	-	-	<i>M. truncatula</i>	Graines	Da Silva et al., 2012
		β -D-GlcA	-	β -D-Xyl(1→4)- α -L-Rha(1→2)- α -L-Ara			
		α -L-Rha(1→2)- β -D-Gal(1→2)- β -D-GlcA	-	-	<i>M. arborea</i>	Feuilles	Tava A, et al., 2005
		α -L-Rha(1→2)- β -D-Gal(1→2)- β -D-GlcA	-	-	<i>M. lupulina</i>	Feuilles	Oleszek et al., 1988
		β -D-Glc(1→2)- β -D-GlcA	-	-	<i>M. sativa</i>	Feuilles et	Kitagawa I, et al., 1988

CHAPITRE III : Analyse chimique des espèces du genre *Medicago*

		α -L-Rha(1→2)- β -D-Glu(1→2)- β -D-GlcA	-	-		racines	
		α -L-Rha(1→2)- β -D-Gal(1→2)- β -D-GlcA	-	-			
Soyasapogénol E		α -L-Rha(1→2)- β -D-Gal(1→2)- β -D-GluA	-	-	<i>M. marina</i>	Feuilles et racines	Tava et al., 2020
		α -L-Rha(1→2)- β -D-Gal(1→2)- β -D-GlcA	-	22-O-maltol	<i>M. sativa</i>	Feuilles et racines	Massiot et al., 1992
		α -Rha(1→2)- β -Gal(1→2)- β -GlcA	-	-	<i>M. truncatula</i>	Feuilles et racines	Da Silva et al., 2012
Soyasapogénol A		α -L-Rha(1→2)- β -D-Gal(1→2)- β -D-GlcA	-	α -L-Rha	<i>M. arborea</i>	Feuilles	Tava A, et al., 2005
		α -L-Rha(1→2)- β -D-Gal(1→2)- β -D-GlcA	-	α -L-Rha	<i>M. sativa</i>	Feuilles et racines	Bialy Z, et al., 1999
Acide échinocystique		α -L-Ara	-	β -D-Glc	<i>M. polymorpha</i>	Feuilles et racines	Tava et al., 2011
		α -L-Ara	-	β -D-Glc(1→6)- β -D-Glc			
		β -D-Glc(1→2)- α -L-Ara	-	β -D-Glc(1→6)- β -D-Glc			
		α -L-Ara	-	-			
		β -D-Glc	-	-			
Caulophyllogénine		α -L-Ara	-	-	<i>M. polymorpha</i>	Feuilles et racines	Tava et al., 2011
Acide 2 β , 3 β -Dihydroxy-23-oxo-olean-12en-28oic		β -D-Xyl(1→2)- β -D-Glc(1→2)- β -D-Glc	-	β -D-Glc	<i>M. sativa</i>	Feuilles et racines	Liu et al., 2019
		β -D-GlcA	-	β -D-Glc	<i>M. hybrida</i>	Racines	Bialy et al., 2006
		α -L-Rha(1→2)- α -L-Ara(1→2)- β -D-Glc	-	-	<i>M. arborea</i>	Feuilles	Tava A, et al., 2005
Acide 2 β , 3 β -Dihydroxy-23-oxo-olean-28oic	/	β -D-GlcA	-	β -D-Xyl(1→4)- α -L-Rha(1→2)- α -L-Ara	<i>M. arborea</i>	Feuilles	Tava A, et al., 2005

CHAPITRE III : Analyse chimique des espèces du genre *Medicago*

Selon les résultats présentés dans les **tableaux 20 et 21**, Les études des phytoconstituants menées sur les espèces de *Medicago* ont permis d'isoler et de déterminer une variété des saponines à chaîne de sucre courte (Les feuilles de *M. arabica*) , à chaîne de sucre longue (les feuilles et racines de *M. truncatula*) où mélange complexe de chaînes sucrées courtes et longues (racines et des parties aériennes de *M. sativa*) avec des aglycones telle que l'hédéragénine, l'acide médicagénique, l'acide zanhique et le soyasapogénol B comme les aglycones les plus caractéristiques. Cependant, chez toutes les espèces étudiées de *Medicago*, les saponines des acides médicagéniques et zanhiques sont toujours caractérisées par la présence de β -D-glucopyranose ou des unités β -D-glucuronopyranose comme premier sucre dans la position 3-O. Le deuxième monosaccharide β -D-glucopyranose, lié principalement au C-2 position, comme chez *M. arborea*, *M. hybrida* et *M. sativa*, ou en position C-3, comme chez *M. truncatula*.

Les résultats révèlent une grande diversité dans la composition des saponines parmi les espèces de *Medicago*, ce qui reflète une variabilité génétique et biochimique au sein du genre.

Chapitre IV :
Analyse pharmacologique
des espèces du genre
Medicago

IV.1. Activités biologiques des extraits des espèces *Medicago*

IV.1.1. Activité antimicrobienne

L'activité antimicrobienne c'est la capacité de certaines substances bioactives à inhiber la croissance de micro-organismes (bactéries, champignons) ou à les tuer. L'application médicale de ces substances est possible, car certaines d'entre elles sont cytotoxiques contre les microorganismes, mais pas contre les cellules de mammifères (Vidic, 2013).

Le tableau suivant montre des résultats de l'activité antibactérienne effectuée sur trois espèces du genre *Medicago* par la méthode de diffusion en milieu gélosé (méthode des disques), cette méthode est basée sur la mesure du diamètre des zones d'inhibition autour des disques chargés d'extraits végétaux.

Tableau 22.a: Activité antibactérienne des extraits des espèces étudiées du genre *Medicago*.

Espèce		<i>M.sativa</i>					<i>M. lupulina</i>				
Origine de l'espèce		Peshawar, Pakistan					Surab, Pakistan				
Partie étudiée		Plante entière					Feuilles				
Extrait testé		EEtO H	EMeO H	EAcE	EHex	EH2O	EHex	EChl	EAcE	EBuOH	EH2O
		Diamètre de la zone d'inhibition (mm) (moyenne ± écart type)									
		Bactérie a Gram positif									
Les souches bactériennes testées	<i>B. subtilis</i>	21±0.5	15±0.1	20±0.2	17±0.0	6.5±0.5	13.18±0.04	18.42±0.11	14.08±0.03	NA	NA
	<i>S. aureus</i>	15±0.1	12±0.0	17.5±1.5	13.5±0.5	10±0.1	19.49±0.10	26.02±0.04	15.06±0.01	13.04±0.18	11.52±0.02
	<i>B. Atropoeus</i>	19±0.1	21±0.0	17±0.0	18±0.0	15.5±0.5	NT	NT	NT	NT	NT
		Bactéries a Gram négatif									
	<i>K. pneumoniae</i>	19±0.1	17±0.2	15±0.1	10±0.0	10±0.0	NT	NT	NT	NT	NT
	<i>E. coli</i>	15±0.1	22±0.2	13±0.1	18.5±0.5	10.5±0.5	NA	12.49±0.03	NA	NA	NA
	<i>S. typhi</i>	17±0.1	15±0.2	12±0.0	12.5±0.5	8±0.0	NT	NT	NT	NT	NT
	<i>P. aeruginosa</i>	NT	NT	NT	NT	NT	10.02±0.11	16.06±0.08	10.39±0.04	NA	NA
		EEtOH : Extrait éthanolique, EMeOH : Extrait méthanolique, EAcE : Extrait d'Acétate d'Ethyle, EH2O : Extrait aqueux, EHex : Extrait hexanique, EChl : Extrait chloroformique, EBuOH : Extrait butanolique, NT : Non testé, NA : Non actif									

CHAPITRE IV : Analyse pharmacologique des espèces du genre *Medicago*

Tableau 22.b : Activité antibactérienne des extraits des espèces étudiées du genre *Medicago*.

Espèce		<i>M. falcata</i>				
Origine de l'espèce		Kohat, Pakistan				
Partie étudiée		Plante entière				
Extrait testé		EHex	EChl	EAcE	EBuOH	EH2O
		Diamètre de la zone d'inhibition (mm) (moyenne ± écart type)				
		Bactérie a Gram positif				
Les souches bactériennes testées	<i>B. subtilis</i>	NT	NT	NT	NT	NT
	<i>S. aureus</i>	18.66±1.15	12±1	NA	13±0.57	NA
	<i>B. Atropoeus</i>	NT	NT	NT	NT	NT
		Bactéries a Gram négatif				
	<i>K. pneumoniae</i>	NT	NT	NT	NT	NT
	<i>E. coli</i>	19.33±1.15	18.33±1.52	19.66±0.57	17.33±1.154	NA
	<i>S. typhi</i>	15.33±1.15	13.33±1.15	11.33±0.57	13.33±0.57	NA
	<i>P. aeruginosa</i>	NA	17.33±1.15	14±0	12.66±0.57	NA
	EH2O : Extrait aqueux, EHex : Extrait hexanique, EChl : Extrait chloroformique, EBuOH : Extrait butanolique, NT : Non testé, NA : Non actif					

D'après les résultats résumés dans le **tableau 22.a et 22.b**, le pouvoir antibactérien de différents extraits de trois espèces du genre *Medicago* (*M.sativa*, *M.lupulina* et *M.falcata*) provenant de trois régions différentes du Pakistan a été évalué contre des bactéries à Gram positif, il s'agit de (*Bacillus subtilis*, *Staphylococcus aureus*, et *Bacillus atropoeus*), et des bactéries à Gram négatif il s'agit de (*Klebseilla pneumoniae*, *Escherichia. coli*, *Salmonella typhi*, et *Pseudomonas aeruginosa*).

L'examen de ces résultats montre que tous les extraits de l'espèce *M. sativa* (**Khan et al, 2018**) donnaient une activité antibactérienne vis-à-vis de tous les germes testés. Les valeurs des diamètres des zones d'inhibition sont comprises entre (6.5±0.5) mm à (22±0.2) mm. L'EEtOH a montré un grand potentiel antibactérien vis-à-vis les souches testées avec des diamètres de zones d'inhibition allant de (15±0.1) à (19.8 ± 0.4) mm, suivi par l'EMeOH (12±0.0) à (22±0.2) mm, l'EAcE (12±0.0) à (20±0.2) mm, l'EHex (10±0.0) à (17±0.0) mm et en dernier l'EH2O dont les diamètres des zones d'inhibition enregistrées étaient (6.5±0.5) à (15.5±0.5) mm.

D'après **Baloch et al, (2013)**, les extraits des feuilles de l'espèce *M. lupulina* récoltée de Surab, Pakistan ont réagi efficacement avec les bactéries à Gram positif représentées par la souche *S.aureu* et *B.subtulis*. *S. aureus* était la bactérie la plus sensible avec tous les extraits en particulier avec l'EChl avec une zone d'inhibition de 26.02±0.04 mm de diamètre, suivi par l'EHex, l'EAcE, l'EBuOH et en dernier l'EH2O, dont les diamètres des zones d'inhibition

CHAPITRE IV : Analyse pharmacologique des espèces du genre *Medicago*

enregistrées étaient respectivement (19.49±0.10 mm), (15.06±0.01 mm), (13.04±0.18 mm), et (11.52±0.02 mm). Tandis que ces extraits ont réagi légèrement avec les bactéries à Gram négatif représentées par les souches *E. coli* et *P. aurogenosa*, *E. coli* était la souche la plus résistante, elle est sensible seulement vis-à-vis au l'EChI (12.49±0.03mm).

Dans le cas de l'espèce *M. falcata* (Javid et al, 2015), Il a été noté que tous les extraits ont présenté une activité antibactérienne contre les souches testées, à l'exception de l'extrait aqueux. Les bactéries à Gram négatif représentées par la souche *E. coli*, *S. typhi* et *P. aurogenosa* étaient plus sensibles par rapport à Gram positif représenté par *S. aureus* vers les extraits EHex, EChI, EAce et En BuOH, dont la souche *E. coli* a donné des valeurs entraines des diamètres des zones d'inhibition comprises entre (17.33±1.154) à (19.66±0.57).

À la lumière de ces résultats, On constate que la divergence de l'activité antibactérienne entre les espèces du genre *Medicago* pourrait être expliquer par le type et la région de récolte de l'espèce, la diversité en concentration et en composition chimique des extraits testés, ainsi que les types des souches bactériennes testées.

Le tableau suivant montre des résultats de l'activité antifongique de deux espèces du genre *Medicago* par la méthode des disques.

Tableau 23: Activité antifongique des extraits des espèces étudiées du genre *Medicago*.

Espèce		<i>M.sativa</i>					<i>M.lupulina</i>				
Origine de l'espèce		Peshawar, Pakistan					Surab, Pakistan				
Partie étudiée		Partie aérienne					Feuilles				
Extrait testé		EEtOH	EMeOH	EAcE	EHex	EH2O	EHex	EChI	EAcE	EBuOH	EH2O
		Diamètre de la zone d'inhibition (mm) (moyenne ± écart type)									
Les souches fongiques testées	<i>Candida Albicans</i>	15.5±0.5	19±0.1	14±0.0	17±0.2	13.5±0.5	45.02±0.08	58.38±0.10	40.10±0.09	38.02±0.18	35.49±0.10
	<i>Rhizopus</i>	18±0.0	19±0.0	0±0.0	14±0.0	16.5±0.5	NT	NT	NT	NT	NT
	<i>Aspergillus</i>	19±0.2	20±0.0	14±0.0	18.5±0.5	17.5±0.5	NT	NT	NT	NT	NT
	<i>Microsporium canis</i>	NT	NT	NT	NT	NT	36.46±0.10	46.02±0.06	30.06±0.02	NA	NA
	<i>Candida glaberata</i>	NT	NT	NT	NT	NT	52.13±0.06	62.03±0.09	48.12±0.06	35.62±0.10	30.53±0.04
	<i>Aspergillus flavus</i>	NT	NT	NT	NT	NT	NA	09.22±0.09	NA	NA	NA
		EEtOH : Extrait éthanolique, EMeOH : Extrait méthanolique, EAcE : Extrait d'Acétate d'Ethyle, EH2O : Extrait aqueux, EHex : Extrait hexanique, EChI : Extrait chloroformique, EBuOH : Extrait butanolique									

D'après les études réalisées par Baloch et al. (2013) et Khan et al. (2018), l'activité antifongique des extraits de polarité différente de deux espèces du genre *Medicago* a été

CHAPITRE IV : Analyse pharmacologique des espèces du genre *Medicago*

évaluée contre six champignons, les résultats ont été exprimés en diamètre de la zone d'inhibition (**tableau 23**).

Les extraits de l'espèce *M.sativa* ont été testés vis-à-vis une levure (*Candida albicans*) et deux moisissures (*Rhizopus et Aspergillus*), tandis que les extraits de l'espèce *M.lupulina* ont été testés vis-à-vis deux levures de *Candida* il s'agit de (*Candida albicans* et *Candida glabrata*), et deux moisissures il s'agit de (*Microsporium Canis* et *Aspergillus flavus*).

Selon les résultats obtenus, tous les extraits de la plante *M.sativa* sont actifs vis-à-vis les souches fongiques testées sauf l'EAcE était inactif sur la croissance mycélienne de la souche fongique *Rhizopus*, Les zones d'inhibition enregistrées étaient entre 13.5 ± 0.5 et 20 ± 0.0 mm.

Concernant la plante *M. lupulina*, les résultats montrent que tous les extraits testés ont un pouvoir inhibiteur sur la croissance de deux espèces du genre *Candida*. L'activité inhibitrice de l'EChl est plus importante que les autres extraits. Le diamètre de la zone d'inhibition le plus élevé est (62.03 ± 0.09 et 58.38 ± 0.10 mm), suivi par l'Hex (52.13 ± 0.06 et 45.02 ± 0.08 mm), puis l'EAcE et l'EBuOH et en dernier l'EH₂O. Cela signifie que l'activité antifongique mise en évidence dépend du solvant d'extraction utilisé. Cependant, tous les extraits ont montré une absence du pouvoir inhibiteur sur la croissance mycélienne d'*Aspergillus flavus* sauf l'EChl, et pour la souche *Microsporium canis*, l'activité inhibitrice a été observée seulement avec trois extraits sur cinq testés, dont l'EChl a présenté l'inhibition la plus importante (46.02 ± 0.06 mm).

En général, les résultats obtenus ont montré une différence dans les effets inhibiteurs des extraits sur la croissance des souches fongiques testées. Les diamètres des zones d'inhibition diffèrent d'un extrait à un autre et d'une souche à une autre. Cela signifie que la variation de l'activité antifongique des extraits pourrait être expliquée par les variations de la composition chimique des extraits testés et des souches ciblées.

Selon la bibliographie, l'activité antimicrobienne du genre *Medicago* a été réalisée chez différents extraits des différentes espèces.

Le tableau suivant résume des résultats de l'activité bactérienne des constituants de saponinines exprimée en CMI ($\mu\text{g} / \text{mL}$) :

CHAPITRE IV : Analyse pharmacologique des espèces du genre *Medicago*

Tableau 24: Activité antibactérienne des saponines des espèces de *Medicago* (Avato et al., 2006).

Échantillon	Espèce	Partie étudiée	Origine de l'espèce	Les souches bactériennes						
				Bacillus subtilis	Bacillus cereus	Staphylococcus aureus	Staphylococcus aureus	Staphylococcus aureus	Enterococcus faecalis	Enterococcus faecalis
				6633	11778	6538p	25923	29213	29212	19433
				CMI _s (µg/mL)						
Saponine totales	<i>M. sativa</i>	S	italy	500	>500	>500	>500	>500	>500	>500
		R		>500	>500	>500	>500	>500	>500	>500
	<i>M. arabica</i>	S	poland	>500	>500	125	>500	>500	>500	>500
		R		>500	>500	150	>500	>500	>500	>500
	<i>M. arborea</i>	S	italy	>500	>500	>500	>500	>500	>500	>500
Prosapogénines	<i>M. sativa</i>	S	italy	>500	>500	>500	>500	>500	>500	>500
	<i>M. arborea</i>	S	italy	>500	>500	>500	>500	>500	>500	>500
mélanges de Sapogénine	<i>M. sativa</i>	S	italy	500	200	>500	500	>500	400	42.5
		R		>500	>500	>500	>500	>500	>500	>500
	<i>M. arabica</i>	S	poland	>500	110	150	125	250	95	31.25
		R		250	250	250	250	95	150	125
	<i>M. arborea</i>	S	italy	125	42.5	>500	>500	500	95	225
Sapogénines pures	Acide medicagénique			250	400	500	500	52.5	50	32.5
	Hédéragénine			62.5	250	500	500	400	400	>500
	Bayogénine			>500	>500	>500	>500	>500	>500	>500
S: sommités R: raciness										

D'après les résultats (Avato et al., 2006), les saponines totales de *M. arabica* ont présenté des effets inhibiteurs contre *Staphylococcus aureus* 6538p (CMI sommités : 125 µg / mL et CMI racines : 150 µg / mL) et des CMI très élevées (> 500) pour les autres espèces. Les effets inhibiteurs les plus significatifs étant observés pour les mélanges de sapogénines de *M. arabica* (sommités comme racines). Les sapogénines des sommités de *M. arabica* ont eu un impact significatif sur les deux souches d'*E. faecalis* (CMI : 95 et 31,25 µg / mL). Les sapogénines des racines de *M. arabica* ont montré une valeur de CMI de 250 µg/mL contre *B. subtilis*, *B. cereus* et les deux souches de *S. aureus* 6538 p et 25923 et des CMI plus faibles

CHAPITRE IV : Analyse pharmacologique des espèces du genre *Medicago*

chez *S. aureus* 29213 (95 µg /mL) et *E. faecalis* 29212 (150 µg /mL) et 19433 (125 µg/mL). Les sapogénines des sommités de *M. arborea* ont également montré de bonnes activités inhibitrices contre *B. subtilis* (CMI = 125 µg/mL), *B. cereus* (CMI = 42,5 µg/mL) et *E. fécalis* (CMI = 95 et 225 µg/mL). En outre, l'acide médicagène a démontré une activité antibactérienne significative contre *S. aureus* 29213 (CMI = 52,5 µg/mL) et les deux souches d'*E. faecalis* (CMI = 50 et 32,5 µg/mL). Certains Gram positifs ont également été inhibés par l'hédéragénine (*B. subtilis*, CMI = 62,5 µg/mL), alors que la bayogénine a présenté des CMI très élevées (> 500) pour toutes les espèces.

L'analyse des résultats indique que, les saponines et les composés spécifiques des extraits des espèces de *Medicago* présentent des activités antibactériennes variées en particulier les mélanges de sapogénines et l'acide médicagénique, ont un potentiel significatif en tant qu'agents antibactériens.

Le tableau suivant résume des résultats de l'activité antifongique des constituants des saponines exprimée en CMI (µg / mL) :

Tableau 25 : Activité antifongique des saponines des espèces de *Medicago* (Avato et al., 2006).

Échantillon	Espèce	Partie étudiée	Origine de l'espèce	Les souches					
				Candida albicans 10231	Candida albicans 14053	Candida tropicalis 10750	Cryptococcus Laurentii 18803	Blastomyces Capitatus 10663	Saccharomyces cerevisiae Y139
				CMI (µg/mL)					
Saponines Totals	<i>M. sativa</i>	S	italy	>500	>500	>500	>500	>500	500
		R		>500	>500	>500	>500	>500	200
	<i>M. arabica</i>	S	poland	>500	>500	62.5	>500	>500	500
		R		>500	>500	125	>500	>500	500
	<i>M. arborea</i>	S	italy	>500	>500	>500	>500	>500	500
Prosapogénines	<i>M. sativa</i>	S	italy	>500	>500	>500	>500	>500	250
	<i>M. arborea</i>	S	italy	>500	>500	>500	>500	>500	250
mélanges de Sapogénine	<i>M. sativa</i>	S	italy	>500	>500	>500	>500	>500	125
		R		>500	>500	>500	>500	>500	400
	<i>M. arabica</i>	S	poland	>500	125	500	>500	>500	62.5
		R		500	500	500	250	>500	250
	<i>M. arborea</i>	S	italy	250	>500	200	250	500	175
Sapogénines pures	Acide médicagénique			>500	>500	125	400	125	42.5
	Hédéragénine			>500	>500	>500	>500	>500	225
	Bayogénine			>500	>500	>500	>500	>500	>500
				S: sommités R: racines					

CHAPITRE IV : Analyse pharmacologique des espèces du genre *Medicago*

D'après les résultats mentionnés dans le **tableau 25**, *S. cerevisiae* a été l'espèce la plus sensible, avec une inhibition de la croissance importante lorsqu'il a été traité avec les mélanges de sapogénines des différentes espèces de *Medicago* : des CMI de 125 µg / mL, 62,5 µg / mL et 175 µg / mL ont été observées avec *M. sativa*, *M. arabica* et *M. arborea*, respectivement. La même souche a été traitée avec un acide médicagénique présentant une CMI plus faible (42,5 µg/mL), qui était également actif contre *C. tropicalis* et *B. capitatus* avec une CMI de 125 µg/mL. Le traitement de *B. Capitule* et *C. Laurentii* avec l'acide médicagénique est très sensible avec une inhibition de 125 µg/mL (Avato et al., 2006).

Ces résultats montrent que les extraits de *Medicago*, en particulier l'acide médicagénique, ont des applications prometteuses dans le traitement des infections fongiques.

IV.1.2. Activité enzymatique

L'inhibition enzymatique désigne la capacité d'une substance à diminuer la vitesse d'une réaction catalysée par une enzyme ou à empêcher le fonctionnement normal des enzymes (Kuddus, 2019).

Nombreuses études bibliographiques ont montrés que des produits naturels isolés à partir des extraits des plantes ont des effets inhibiteurs efficaces vis-vis des enzymes différentes.

Le tableau suivant résume des résultats de l'activité enzymatique (exprimés en termes d'IC50.) effectuée sur des extraits de quatre espèces du genre *Medicago* vis-a-vis quatre enzymes il s'agit de l'enzyme alpha-amylase, alpha-glucosidase, acétyle cholinestérase, et tyrosinase.

Tableau 26.a: Activité enzymatique des especes étudiées du genre *Medicago*.

Espèces	<i>M. murex</i>	<i>M. rigidula</i>	<i>M. laciniata</i>	<i>M. rigidula</i>	<i>M. murex</i>	<i>M. laciniata</i>
Origine de l'espèce	Turquie	Turquie	-	Turquie	Turquie	-
Partie étudiée	parties aériennes	parties aériennes	Raciness	parties aériennes	parties aériennes	racines
Reference	Pamukcu et al 2020	Çakmak et al., 2017	Tshabalala 2017	Çakmak et al., 2017	Pamukcu, et al 2020	Tshabalala 2017
Extrait testé	Inhibition de l' α -amylase (mmol ACAE/g d'extrait)			Inhibition de l' α -glucosidase (mmol ACAE/g d'extrait)		
EHEtOH	-	-	3.38±0.01	-	-	0.07±0.01
EEOH	-	-	2.11±0.03	-	-	0.87±0.01
EAc	-	-	6.78±0.10	-	-	0.75±0.02
EH2O	0.41±0.02	-	5.97±0.13	-	2.70±0.16	1.22±0.03
EMeOH	0.82±0.03	0.73±0.04	-	1.30±0.09	4.28±0.31	-
EAcE	1.01±0.02	-	-	-	6.34±0.17	-
EAcE : Extrait d'Acétate d'Ethyle, EMeOH : Extrait méthanolique, EH2O : Extrait aqueux, EEOH : Extrait éthanolique, EHEtOH : Extrait hydro-éthanolique, EAc : Extrait d'Acétone						

CHAPITRE IV : Analyse pharmacologique des espèces du genre *Medicago*

Tableau 26.b: Activité enzymatique des espèces étudiées du genre *Medicago*.

Espèces	<i>M. murex</i>	<i>M. rigidula</i>	<i>M. murex</i>
Origine de l'espèce	Turquie	Turquie	Turquie
Partie étudiée	parties aériennes	parties aériennes	parties aériennes
Reference	Pamukcu, et al 2020	Çakmak et al., 2017	Pamukcu et al 2020
Extrait testé	Inhibition de l'AcChE (mg GAE/g d'extrait)		Inhibition de la tyrosinase (mg KAE/g d'extrait)
EHEtOH	-	-	-
EEtOH	-	-	-
EAc	-		-
EH2O	2.02±0.16	-	4.23±0.56
EMeOH	1.84±0.06	2.05±0.08	17.92±0.18
EAcE	1.17±0.14	-	28.29±1.02
EAcE : Extrait d'Acétate d'Ethyle, EMeOH : Extrait méthanolique, EH2O : Extrait aqueux, EEtOH : Extrait éthanolique, EHEtOH : Extrait hydro-éthanolique, EAc : Extrait d'Acétone			

D'après le **tableau 26.a** et **26.b**, L'effet inhibiteur des extraits de la partie aérienne de l'espèce *M.murex* a été examiné contre les enzymes alpha-amylase, alpha-glucosidase, acétylcholinestérase et tyrosinase (**Pamukcu et al, 2020**). À travers les résultats obtenus, tous les extraits de *M. murex* ont montré une activité inhibitrice contre tous les enzymes étudiés, en particulier l'enzyme α -glucosidase comparativement à l'enzyme α -amylase, cette activité est plus prononcée pour l'extrait d'acétate d'éthyle (6.34±0.17 mmol ACAE/g d'extrait) suivi par l'extrait méthanolique et l'extrait aqueux (4.28±0.31 ; 2.02±0.16 mmol ACAE/g d'extrait respectivement). En revanche, tous les extraits s'avèrent plus efficace contre l'enzyme tyrosinase, et essentiellement pour l'extrait d'acétate d'éthyle (28.29±1.02 mg KAE/g d'extrait) et l'extrait méthanolique (17.92±0.18 mg KAE/g d'extrait) respectivement. Ces résultats peuvent être considérés comme un indicateur que cette espèce à un potentiel important dans le traitement du diabète de type 2 et des infections urinaires.

L'inhibition de l'enzyme α -glucosidase et α -amylase a été également étudiée par d'autres extraits des espèces du genre *Médicago*. L'extrait méthanolique de la partie aérienne de l'espèce *M. rigidula* (**Çakmak et al, 2017**) a montré un effet inhibiteur modéré contre les deux enzymes. Cependant, les extraits hydrométhanolique, éthanolique, acétonique et aqueux des racines de l'espèce *M. laciniata* (**Tshabalala, 2017**) ont montré un effet inhibiteur efficace contre l'enzyme α -amylase avec des valeurs variées entre (2.11±0.03 à 6.78±0.10 mmol ACAE/g d'extrait) et un effet inhibiteur faible à modéré contre l'enzyme α -glucosidase (0.07±0.01 à 1.22±0.03 mmol ACAE/g d'extrait).

IV.1.3. Activité antioxydante

La capacité d'une substance à arrêter ou à ralentir l'oxydation d'autres molécules est appelée activité antioxydant. On attribue généralement cette activité à des substances qui peuvent fournir des électrons aux radicaux libres, les neutralisant ainsi et les empêchant de causer des dommages aux cellules et aux tissus (Rajeswer et al., 2016).

Les antioxydants sont de plus en plus recherchés en raison de leur capacité à prévenir la dégradation oxydative dans les produits alimentaires et pharmaceutiques, ainsi que dans l'organisme contre les processus pathologiques causés par le stress oxydatif. Les méthodes utilisées pour évaluer les propriétés antioxydantes des plantes et des composés dérivés de plantes, y compris celles basées sur l'autoxydation inhibée, le piégeage ABTS·+, le piégeage des radicaux DPPH·, la réduction Fe³⁺, le test FRAP, la réduction Cu²⁺, la capacité réductrice de Folin-Ciocalteu, le piégeage ROO·, piégeage de O₂·-, piégeage de H₂O₂, piégeage de OH·, trempe de IO₂, piégeage de NO· et analyses de chimiluminescence. (Gulcin 2020).

Selon la bibliographie, l'activité antioxydante du genre *Medicago* a été réalisée chez cinq espèces (*M. orbicularis*, *M. lupulina*, *M. murex*, *M. rigidula*, et *M. sativa*) et par des tests antioxydants différents, comme il illustre les tableaux 29, 30, 31 et 32.

Tableau 27 : Activité antioxydante des extraits de *M. orbicularis* (Shaito et al., 2024).

Espèce	<i>M. orbicularis</i>		
Origine de l'espèce	Liban		
Partie étudiée	Fruit	Feuilles	Tiges
DPPH (IC50 mg/ml)	0.907±0.75	1.993±0.6	3.732±1.02

D'après le **tableau 27** qui résume l'étude de (Shaito et al., 2024), les extraits éthanoliques des fruits avaient le potentiel antioxydant le plus élevé avec une valeur IC₅₀ (0.907 ± 0.75 mg/mL), suivis par les extraits éthanoliques des feuilles (1.993 ± 0.6 mg/mL) tandis que les extraits d'éthanol des tiges ont montré la plus faible activité antioxydante avec une valeur IC₅₀ (3.732 ± 1.02 mg/mL). Ces résultats mettent en évidence que les différentes parties de la plante possèdent des niveaux variés de composés antioxydants. Cette variation peut être attribuée à la distribution inégale des composants chimiques dans les différentes parties de la plante.

CHAPITRE IV : Analyse pharmacologique des espèces du genre *Medicago*

Tableau 28: Activité antioxydante des extraits de *M.lupulina* (Urooj et al., 2022).

Espèce	<i>M.lupulina</i>			
Origine de la plante	Pakistan			
extrait	Partie utilisée	Test antioxydant		
		DPPH (Valeur IC50 µg/ml)	Capacité antioxydante totale (mg/g)	TRP (mg/g)
EEtOH	feuilles	345.2 ± 4.48	11.20 ± 0.76	13.74 ± 2.91
	tige	373.3 ± 4.05	10.84 ± 0.98	9.631 ± 1.23
EMeOH	feuilles	251.0 ± 3.65	14.55 ± 1.23	17.10 ± 3.54
	tige	295.0 ± 3.75	13.67 ± 1.78	13.88 ± 3.76
EChl	feuilles	682.3 ± 2.36	10.68 ± 0.94	7.901 ± 1.56
	tige	759.5 ± 3.27	7.703 ± 1.20	6.691 ± 1.13
EEtOH : Extrait éthanolique, EMeOH : Extrait méthanolique, EChl : Extrait chloroformique				

D'après les résultats du **tableau 28**, l'extrait méthanolique des feuilles présentes la plus forte activité de DPPH (Valeur IC50= 251.0 ± 3.65 µg/ml), la plus forte capacité antioxydante totale (14.55 ± 1.23 mg/g) et la plus forte TRP (17.10 ± 3.54 mg/g) tandis que les activités les plus faibles sont détectées pour l'extrait chloroformique (UROOJ et al., 2022). On constate que, les extraits polaires ont des activités antioxydantes élevées que les extraits apolaires.

Tableau 29 : Activité antioxydante des extraits de *M.murex* et *M.rigidula*.

espèces	<i>M. murex</i>			<i>M. rigidula</i>
L'origine des espèces	Turquie			Turquie
Partie étudiées	Partie aérienne			Partie aérienne
Reference	Pamukcu, et al 2020			Çakmak et al., 2017
extraits	EMeOH	EAcE	EH2O	EMeOH
CPT mg GAE/g	95.98±0.64	83.70±3.36	163.93±0.64	79.61±0.32
CFT µg QE/g	26.05±2.16	NT	24.48±0.35	27.38±3.42
CAT mg AAE/g	NT	NT	NT	167.27±3.21
FRAP mg TE/g	81.94±1.74	85.81±0.05	91.41±2.22	67.01±5.89
EMeOH : Extrait méthanolique, EAcE : Extrait d'Acétate d'Ethyle, EH2O : Extrait aqueux, NT: non testé				

CHAPITRE IV : Analyse pharmacologique des espèces du genre *Medicago*

Selon le **tableau 29**, l'extrait aqueux de la Partie aérienne de *M. murex* a présenté la CPT la plus élevée (163.93 ± 0.64 GAE/g) **Pamukcu, et al 2020** tandis que l'extrait méthanolique de la Partie aérienne de *M. rigidula* a présente la CFT le plus élevées (27.38 ± 3.42 QE/g) **Çakmak et al., 2017**. La capacité antioxydante totale (CAT) a été évalué que pour l'extrait méthanolique de *M. rigidula* (167.27 ± 3.21 AAE/g). Cependant, Le pouvoir antioxydant des extraits FRAP a été trouvés assez proches pour l'extrait méthanolique, Acétate d'éthyle et aqueux ont été mesurés à (81.94 mg TE/g, 85.81 mg TE/g et $91,41$ mg TE/g), respectivement.

On peut conclure que les différentes espèces de *Medicago* et les types d'extraction ont un impact significatif sur la teneur en composés phénoliques et flavonoïdes ainsi que sur la capacité antioxydante.

Tableau 30 : Activité antioxydante des extraits de *M.sativa* (**Krakowska 2017**) .

Espèce		<i>M. sativa</i>						
Origine de la plante		Pologne						
Partie utilisée		Feuilles	Fleurs	Tiges	Grains	Racine de troisieme coupe	Racine de premiere coupe	
Méthode d'extraction (avec EtOH)								
Maceration	70%	CPT	22.5 ± 1.9	39.3 ± 0.5	16.6 ± 0.6	43.4 ± 5.0	22.3 ± 1.2	14.8 ± 0.5
		CFT	7.7 ± 0.6	44.6 ± 0.5	18.7 ± 1.8	18.7 ± 1.8	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0
		DPPH	15.6 ± 1.3	13.0 ± 0.2	13.1 ± 1.1	27.0 ± 2.4	14.4 ± 0.7	33.4 ± 4.4
	96%	CPT	24.8 ± 1.5	43.1 ± 1.8	16.9 ± 0.9	35.6 ± 1.5	15.4 ± 1.6	7.4 ± 0.7
		CFT	7.4 ± 0.7	108 ± 6.0	18.5 ± 1.8	18.5 ± 1.8	3.7 ± 0.9	0.0 ± 0.0
		DPPH	28.6 ± 1.6	69.6 ± 3.3	42.1 ± 1.3	26.3 ± 1.2	3.7 ± 0.9	27.6 ± 1.9
UAE	70%	CPT	26.7 ± 2.4	48.4 ± 4.6	24.4 ± 1.2	34.5 ± 1.8	20.4 ± 2.9	16.0 ± 0.6
		CFT	9.7 ± 0.6	56.7 ± 5.2	19.3 ± 1.2	19.3 ± 1.2	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0
		DPPH	15.1 ± 1.4	15.0 ± 1.6	15.6 ± 1.1	27.7 ± 1.5	14.8 ± 2.6	14.5 ± 0.5
	96%	CPT	28.3 ± 1.9	34.9 ± 1.8	19.4 ± 1.3	28.8 ± 0.8	6.9 ± 0.6	12.7 ± 1.8
		CFT	10.7 ± 1.7	89.9 ± 4.4	24.3 ± 0.3	24.3 ± 0.3	3.4 ± 1.2	7.3 ± 1.5
		DPPH	34.7 ± 2.5	47.0 ± 2.2	48.3 ± 3.3	35.3 ± 1.7	22.4 ± 1.9	40.5 ± 4.6
ASE	70%	CPT	27.7 ± 0.8	32.3 ± 3.3	27.7 ± 0.8	36.8 ± 1.3	17.4 ± 1.6	18.6 ± 1.3
		CFT	8.1 ± 0.2	31.4 ± 2.5	24.8 ± 2.4	24.8 ± 2.4	1.9 ± 0.2	0.0 ± 0.0
		DPPH	10.6 ± 0.6	8.7 ± 0.6	17.7 ± 1.4	40.2 ± 3.9	19.2 ± 1.8	14.6 ± 0.6
	96%	CPT	14.6 ± 0.6	21.9 ± 0.4	9.6 ± 1.4	15.7 ± 0.8	12.0 ± 0.8	10.6 ± 0.9
		CFT	41.6 ± 1.2	61.4 ± 0.2	12.6 ± 0.6	12.6 ± 0.6	0.0 ± 0.0	5.7 ± 0.4
		DPPH	23.4 ± 0.1	29.8 ± 0.5	36.5 ± 0.4	29.0 ± 0.2	30.7 ± 0.4	33.4 ± 4.4
EFS	CPT	30.2 ± 1.2	17.6 ± 1.5	15.2 ± 1.0	29.9 ± 1.5	28.9 ± 2.7	16.4 ± 1.5	
	CFT	139 ± 7.1	32.5 ± 6.1	20.6 ± 1.8	6.4 ± 1.7	50.9 ± 5.7	3.7 ± 2.0	
	DPPH	34.1 ± 1.8	51.6 ± 3.0	21.5 ± 2.0	25.3 ± 2.4	54.0 ± 5.8	46.0 ± 2.0	
		CPT : GAE/g DM CFT : RE/g DM DPPH : TEAC/g DM						

D'après le **tableau 30** , les extraits des fleurs et des graines ont la concentration en composants phénoliques totale (CPT) la plus élevée avec 48,4 mg GAE/g DS obtenue à partir des extraits des fleurs par la méthode UAE avec 70% d'EtOH , tandis que les racines ont les plus faibles concentrations avec des valeurs de 6,9 mg GAE/g DS dans les extraits obtenus par les UAE avec 96% d'EtOH. Pour les racines de troisième coupe et les feuilles, les concentrations les plus élevées obtenues avec EFS sont respectivement de 30,2 et 28,9 mg GAE/g DM.

Dans l'extrait de feuille obtenue par EFS, le niveau le plus élevé de la concentration en flavonoïdes totale (CFT) était de 139,0 mg RE/g DM, ce niveau est nettement supérieur aux extraits de macération et aux extraits d'ASE. La concentration de flavonoïdes totale dans la racine de la troisième coupe de l'extrait d'EFS était également élevée (50,9 mg RE/g DM). Les extraits de racine de première coupe présentent la concentration en flavonoïde la plus basse, avec des valeurs allant de 0,0 à 7,3 mg RE/g DM pour les différentes méthodes d'extraction.

L'activité antioxydante des extraits de 96 % d'EtOH obtenus dans les fleurs, les feuilles et les tiges est supérieure à celle des extraits de 70 % d'EtOH. Les extraits des fleurs obtenus par macération présentent la plus forte activité de DPPH, avec une concentration d'EtOH de 96 % (69.6 TEAC/g DM). Tandis que l'activité antioxydante des extraits de 96 % d'EtOH obtenus dans les graines et les racines par macération sont plus faibles que l'extrait à 70% (la plus faible activité est de 3.7 TEAC/g DM). Les tiges prélevées aux UAE, contenant 96 % d'EtOH, montrent une activité élevée de DPPH (48.3 TEAC/g DM) malgré un faible taux de phénols et de flavonoïdes.

À la lumière de ces résultats, les parties aériennes de la plante sont plus riches en composés phénoliques que les parties souterraines. Généralement, l'activité DPPH est étroitement liée à la concentration des flavonoïdes. À l'exception des tiges, bien qu'elles présentent des taux relativement faibles de phénols et de flavonoïdes, montrent une activité antioxydante élevée, ce qui suggère la présence d'autres composés antioxydants dans les tiges.

IV.1.4. Activité anti-insecticide

L'activité anti-insecticide désigne la capacité d'une substance à éviter ou à résister aux effets des insecticides. Cette activité peut être attribuée à divers mécanismes, tels que l'induction enzymatique (**Hemingway et al. 2019**), l'insensibilité du site cible ou la résistance (**Scott et al. 2022**) à la pénétration (**Zhu et al. 2021**).

CHAPITRE IV : Analyse pharmacologique des espèces du genre *Medicago*

Selon la littérature, L'activité anti-insecticide été évaluée seulement pour l'espèce *M. lupulina*.

Tableau 31: Activité anti-insecticide des feuilles de *M. lupulina* (Baloch et al., 2013).

Espèce		<i>M. lupulina</i>				
Origine de l'espèce		Pakistan				
Partie étudiée		Feuilles				
Extrait testé		EHex	EChl	EAcE	EBuOH	EH2O
		Diamètre de la zone d'inhibition (mm) (moyenne ± écart type)				
Les souches fongiques testées	<i>Tribolium castaneum</i>	30	70	30	40	-
	<i>Sitophilus oryzae</i>	35	60	-	-	-
	<i>Rhizopertha dominica</i>	30	60	40	50	-
	<i>Callosobruchus analis</i>	-	50	-	-	-
EAcE : Extrait d'Acétate d'Ethyle, EH2O : Extrait aqueux, EHex : Extrait hexanique, EChl : Extrait chloroformique, EBuOH : Extrait butanolique						

D'après les résultats mentionnés dans le **tableau 31**, la fraction de chloroforme a démontré une efficacité élevée contre l'espèce *Tribolium castaneum*, avec une mortalité de 70%, et de 60% contre *Sitophilus oryzae* et *Rhizopertha dominique*. Le n-hexane, l'acétate d'éthyle et les fractions de butanol ont démontré des activités insecticides faibles, avec un taux de mortalité inférieur à 50%. La présence d'une fraction aqueuse n'a révélé aucune action insecticide (Baloch et al., 2013).

Cela indique que les composés solubles dans le chloroforme sont particulièrement actifs contre ces espèces d'insectes et les composés hydrosolubles présents dans l'extrait aqueux ne possèdent pas d'activité insecticide contre les espèces testées ou sont présents à des niveaux non efficaces, tandis que les autres fractions leur composés bioactifs efficaces ne sont pas majoritairement solubles dans ces solvants ou qu'ils sont présents en concentrations insuffisantes pour une activité insecticide significative.

Ces résultats soulignent l'importance du choix du solvant d'extraction pour identifier et isoler les composés bioactifs les plus efficaces

IV.1.5. Activité antitumorale

L'activité antitumorale est la capacité d'une substance à inhiber la croissance et la prolifération des cellules tumorales ou à les détruire. Cette activité peut être attribuée à divers

CHAPITRE IV : Analyse pharmacologique des espèces du genre *Medicago*

mécanismes, tels que l'induction de l'apoptose (Khan et al. 2020), l'inhibition de la division cellulaire (Meijer, 2003) ou la prévention de l'angiogenèse (Taillade et al., 2009). Le tableau suivant présente l'activité antitumorale évaluée pour l'espèce *M. lupulina*.

Tableau 32: Activité antitumorale des extraits des feuilles de *M. lupulina* (Baloch et al., 2013).

Espèce	<i>M.lupulina</i>	
Origine de l'espèce	Pakistan	
Partie étudiée	Feuilles	
Extrait testé / Fractions	Nombre moyen de tumeurs 1± SE	% d'inhibition des tumeurs
Brut	1.8±0.12	89.40
EHex	9.2±0.06	16.22
EChl	2.2±0.20	62.16
EAcE	-	-
EBuOH	6.2±0.55	26.32
EH2O	-	-
Vincristine Std. drogue	0.0±0.0	100
Contrôle du Véhicule	8.4±0.92	-
EAcE : Extrait d'Acétate d'Ethyle, EH2O : Extrait aqueux, EHex : Extrait hexanique, EChl : Extrait chloroformique, EBuOH : Extrait butanolique		

D'après les résultats mentionnés dans le **tableau 32**, les composés antitumoraux de *Medicago*, tels que l'extrait de feuilles de *Medicago lupulina* et ses fractions, ont démontré des niveaux d'inhibition tumorale satisfaisants et modérés. La fraction brute a démontré une inhibition tumorale de 89,40%, ce qui est un niveau important d'inhibition tumorale, similaire à la vincristine médicamenteuse standard (inhibition tumorale à 100%). cependant, la fraction de chloroforme a démontré une inhibition tumorale modérée avec une inhibition de 62,16% (Baloch et al., 2013).

Cela suggère que la fraction brute contient des composés avec une forte activité antitumorale, bien que l'activité de la fraction chloroforme soit inférieure à celle de la fraction brute, elle reste notable et indique la présence de composés antitumoraux actifs.

Selon les résultats, il est probable que *Medicago lupulina* pourrait être une source prometteuse de composés antitumoraux et justifient des recherches supplémentaires pour isoler et identifier les composés bioactifs responsables de cette activité.

IV.1.6. Activité antidermatophytique des composés identifiées chez les extraits des espèces *Medicago*

L'activité antidermatophytique désigne la capacité d'une substance à inhiber ou à stopper la croissance des dermatophytes (des champignons responsables d'infections cutanées) (Savarirajan et al., 2021).

Le tableau suivant montre des résultats de l'activité antidermatophytique effectuée sur quatre espèces du genre *Medicago* exprimée en CMI (mg / mL).

Tableau 33: Activité antidermatophytique des extraits des espèces étudiées du genre *Medicago* (Houghton 2006).

Espèce	<i>M.sativa</i>		<i>M.arabica</i>		<i>M.hybrida</i>		<i>M.murex</i>		Miconazole
Origine de l'espèce	pologne		Pologne		Pologne		Pologne		-
Partie étudiée	Racines	aériennes	Racines	aériennes	Racine	aériennes	Racine	Aériennes	-
Extrait testé	exprimée en CMI (mg / mL)								
Trichophyton Interdigitale	1.0	1.0	0.125	0.125	0.5	2.0	0.125	0.5	<0.0025
Trichophytum Tonsurans	<0.0625	<0.0625	<0.0625	<0.0625	0.25	0.5	0.0625	<0.0625	<0.0025
Microsporium Gypse	0.5	0.5	0.125	0.125	2.0	2.0	0.125	0.5	<0.0025

Le **tableau 33**, révèle que, tous les extraits des espèces riches en saponine ont un effet inhibiteur sur la croissance des trois espèces de dermatophytes, avec *T. tonsurans* comme la plus sensible. Le niveau d'activité des extraits de racines de *M. murex* et *M. hybrida* était supérieur à celui des extraits de parties aériennes.

D'après ces observations il semble que les saponines se diffèrent de l'espèces a l'autre et de la partie de la plante et que les saponines des racines de ces espèces de *Medicago* pourraient être particulièrement efficaces pour le traitement des infections dermatophytiques.

IV.2. Étude de toxicités de quelques espèces

Les cas d'intoxications par les plantes peuvent survenir dans différentes situations, que ce soit par la consommation de végétaux frais considérés comme comestibles, par l'automédication avec des remèdes à base de plantes, ou par la prise de médicaments contenant des extraits végétaux (Fourasté 2000). Alors, on définit l'étude de la toxicité des plantes par l'identification et à la caractérisation des substances toxiques produites par les plantes.

CHAPITRE IV : Analyse pharmacologique des espèces du genre *Medicago*

Le tableau suivant présente une étude de la toxicité de quelques plantes du genre *Medicago*.

Tableau 34 : DL50 des saponines chez 12 espèces du genre *Medicago* (Tava& Pecetti 2012).

Les espèces	<i>M. aculeata</i>	<i>M. arabica</i>	<i>M. blancheana</i>	<i>M. doliata</i>	<i>M. littoralis</i>	<i>M. polymorpha</i>	<i>M. rigidula</i>	<i>M. rotate</i>	<i>M. rugosa</i>	<i>M. scutellata</i>	<i>M. tornata</i>	<i>M. truncatula</i>
Origine de la plante	Australia											
Partie utilisée	Graines											
DL50 (µg/mL)	125.5	10.6	64.7	181.3	114.5	64.7	4.1	68.2	72.2	67.3	74.2	90.1

D'après le **tableau 34**, il y'a deux espèces qui sont caractérisés par une toxicité élevée *M. arabica* et *M. rigidula*, avec des valeurs DL50 (10.6 et 4.1 µg/mL), respectivement. Aussi, six espèces présentent des seuils de toxicité légèrement intermédiaires, avec des valeurs de DL50 allant de (64.7 à 74.2 µg/mL) (*M. rotata*, *M. rugosa*, *M. scutellata*, *M. tornata*, *M. blancheana* et *M. polymorpha*), tandis que *M. truncatula* a une valeur de toxicité peu plus élevée de 90.1µg/mL. Enfin, La toxicité de *M. littoralis*, *M. aculeata* et plus particulièrement, *M. doliata* était faible avec des valeurs de DL50 (114.5 µg/mL, 125.5 µg/mL et 181.3 µg/mL) respectivement. On peut observer que, La composition chimique des mélanges de saponines peut expliquer ces différences entre les espèces.

Conclusion

générale

Conclusion générale

Notre travail vise à réaliser une étude bibliographique approfondie sur le genre *Medicago* et ses différentes espèces. En premier lieu, on a étudié généralement la famille des *Fabacea*. En deuxième lieu, on a analysé les études botaniques sur le genre *Medicago*. En troisième lieu, on a étudié les substances du métabolite primaire de quelque espèces après on a concentré sur les huiles essentielles et les extraits organiques de quelque espèces de *Medicago*.

Nous avons analysé les résultats de nombreuses études antérieures, en mettant l'accent sur le rendement et la composition chimique de ces huiles et de ces extraits. Ainsi que sur l'évaluation des activités pharmacologiques des extraits telle que l'activité antimicrobienne, activité antioxydante, activités enzymatique, activités anti-insecticide, activités antitumorale et l'activité antidermatophytique ainsi que l'étude de toxicités de quelque espèce.

En effet, notre recherche rapporte que le rendement des huiles essentielles extraite à partir de la partie aérienne des plantes étudiées sont variés de 0.009 à 0.8 % avec le rendement le plus élevé a été obtenu de l'espèce *M. arabica* de Turquie (0,8 %), tandis que le rendement le plus faible a été observé pour l'espèce *M. sativa* du Japon (0,009 %).

De plus, les analyses GC-MS, ont permis d'identifier 30 constituants dans les huiles essentielles pour les espèces *M. polymorpha*, *M. arabica* et *M. minima* de la Turquie, 38 et 50 composants avant et pendant la période de floraison respectivement pour l'espèce *M. marina*, 67 composants pour l'espèce *M. sativa* de Japon et 27 composants pour l'espèce *M. hispida* de la Chine.

En outre, l'étude de rendement des extraits de la partie aérienne des deux espèces étudiées de *Medicago* de la Turquie montre que le rendement de l'extrait méthanolique et l'extrait aqueux du *M. murex* était très proche avec un pourcentage de 12.09 et 11.80 % respectivement et aussi proche du rendement de l'extrait méthanolique de *M. rigidula* 11.78%

D'ailleurs, l'étude phytochimique réalisée sur des extraits des deux espèces ce genre a permis d'isoler et d'identifier des métabolites secondaires et plus précisément les flavonoïdes et les saponines.

Les extraits des espèces de *Medicago* ont été évalués par de nombreuses activités, l'activité antimicrobienne des extraits des espèces de *Medicago* étudiées (*M. sativa*, *M. lupulina* et *M. falcata*) a été évaluée contre des bactéries à Gram positif (*B. subtilis*, *S. aureus* et *B. atropoeus*) et des bactéries à Gram négatif (*K. pneumoniae*, *E. coli*, *S. typhi* et *P. aeruginosa*), les résultats ont montré que les extraits de *M. sativa* ont une activité

Conclusion générale

antibactérienne contre tous les germes testés avec des diamètres de zones d'inhibition variaient entre 6,5 et 21 mm comparativement aux autres espèces.

L'activité antifongique des espèces de *Medicago* a été également évaluée avec deux espèces *M. sativa* et *M. lupulina* contre six champignons (*C.albicans*, *Rhizopus* et *Aspergillus* contre les extraits de *M. sativa*) (*C.albicans*, *C.glabrata*, *M.canis* et *A.flavus* contre les extraits de *M. lupulina*), les résultats ont montré que tous les extraits de *M. sativa* ont une activité antifongique contre les souches fongiques testées, à l'exception de l'EAcE, ainsi que tous les extraits de *M. lupulina* ont un pouvoir inhibiteur contre les deux espèces de *Candida*, dont l'extrait de chloroforme a révélé l'activité la plus élevée ($62,03 \pm 0,09$ mm et $58,38 \pm 0,10$ mm) et c'est l'extrait unique qui a montré une activité inhibitrice contre *A/flavus*, tandis que trois des cinq extraits ont montré une activité inhibitrice contre *M.canis*.

Toutefois, les résultats des essais de l'activité enzymatique des extraits des trois espèces de *Medicago* (*M. murex*, *M. rigidula* et *M. laciniata*) ont présenté que tous les extraits de *M. murex* ont montré une activité inhibitrice contre les enzymes (α -amy, α -glu, AChE) et TyrE), avec des résultats notables pour l'inhibition de l' α -glu et de la TyrE, en plus l'inhibition des enzymes α -glu et α -amy par l'extrait méthanolique de *M. rigidula* a montré un effet inhibiteur modéré contre les deux enzymes, et les extraits EH₂O/MeOH, EtOH, EAcE et EH₂O de *M. laciniata* ont montré une inhibition efficace contre l' α -amy (2.11 à 6.78 mmol ACAE/g d'extrait) et un effet inhibiteur faible à modéré contre l' α -glu (0.07 à 1.22 mmol ACAE/g d'extrait).

D'un autre côté, des travaux ont porté sur l'activité anti-insecticide et l'activité antitumorale du *M. lupulina*, les résultats ont révélé que l'Echl présentait une efficacité notable contre trois espèces d'insectes nuisibles, *T.castaneum*, *S.oryzae* et *R. dominique*, l'Enhex, l'EAcE et l'EBuOH ont démontré des activités insecticides plus faibles, tandis que aucune activité insecticide n'a été notée avec l'EH₂O. En revanche, l'extrait brut de *M. lupulina* a présenté une inhibition tumorale significative de 89,40%, et l'Echl a montré une inhibition tumorale modérée de 62,16%.

Aussi, une étude a analysé une activité antioxydante des extraits éthanoliques de parties de *M. orbicularis*. Les résultats ont montré que l'EEtOH des fruits présentait le pouvoir antioxydant le plus élevé (IC₅₀ de 0.907 ± 0.75 mg/mL), suivi par l'extrait des feuilles (1.993 ± 0.6 mg/mL), tandis que l'extrait des tiges a montré la plus faible activité antioxydante (IC₅₀ de 3.732 ± 1.02 mg/mL).

Parallèlement, des investigations ont été déterminées sur des activités biologiques des composés isolés chez les extraits de certaines espèces *Medicago*, l'activité antimicrobienne

Conclusion générale

des saponiniques de trois espèces de *Medicago* (*M. sativa*, *M. arabica* et *M. arborea*) a été évaluée, le mélange de sapogénines de *M. arabica* a montré des activités inhibitrices remarquables, en particulier contre la souche *E.faecalis* et *S.aureus*, Les sapogénines de *M. arborea* ont montré de bonnes activités inhibitrices contre plusieurs bactéries à Gram positif avec des CMI allant de 42,5 à 225 µg/mL. Alors que l'activité antifongique de mélange de sapogénines a montré que la levure *S. cerevisiae* était l'espèce la plus sensible avec les trois espèces de *Medicago*.

De plus, les recherches sur l'activité antidermatophytique des extraits riches en saponine exprimée en CMI des espèces *M. sativa*, *M. arabica*, *M. hybrida*, *M. murex* ont révélé que tous les extraits des espèces riches en saponines ont un effet inhibiteur sur la croissance des trois espèces de dermatophytes *T.interdigitale*, *T.tonsurans* et *M.gypse*.

Enfin, la toxicité de quelques espèces de *Medicago* a été étudiée par l'évaluation de DL50 des saponines, cette étude a indiqué qu'il y'a deux espèces (*M. arabica* et *M. rigidula*) ont une toxicité élevée, six espèces montrent des niveaux de toxicité intermédiaires (*M. rotata*, *M. rugosa*, *M. scutellata*, *M. tornata*, *M. blancheana*, et *M. polymorpha*), et trois espèces montrent une toxicité faible *M. littoralis*, *M. aculeata* et *M. doliata*.

Grâce à l'étude théorique, nous avons pu mieux comprendre la chimie des plantes du genre *Medicago* et leurs activités biologiques. Cependant, pour une vision plus exhaustive, des recherches complémentaires seraient souhaitables. Il serait pertinent de :

- ✓ Mettre en œuvre plusieurs méthodes d'extraction des huiles essentielles et des extraits organiques des plantes et comparer les rendements et les compositions chimiques.
- ✓ Examiner les diverses caractéristiques chimiques et procéder à l'identification des composés bioactifs provenant des extraits non étudiés et aussi des plantes non étudiées.
- ✓ Évaluer les activités biologiques des composants bioactifs à l'aide de plusieurs tests tout en investiguant d'autres activités pharmacologiques des plantes telles que : Antiviral, Sédatif, Anxiolytique, antiallergique...etc.
- ✓ Investiguer la toxicité des plantes et leurs composants pour déterminer les doses efficaces à l'aide des essais sur des modèles animaux et pour comprendre les mécanismes d'action des composants bioactifs.

Références bibliographiques

Référence :

1. Abayomi Sofowora ,Plantes médicinales et médecine traditionnelle d’Afrique,P25 .
- 2 .Avato, P., Bucci, R., Tava, A., Vitali, C., Rosato, A., Bialy, Z., & Jurzysta, M. (2006). Antimicrobial activity of saponins from *Medicago* sp.: structure-activity relationship. *Phytotherapy Research: An International Journal Devoted to Pharmacological and Toxicological Evaluation of Natural Product Derivatives*, 20(6), 454-457.
- 3 .Angioni A., Barra A., Coroneo V., Dessi S. and Cabras P. (2006).Chemical Composition, Seasonal Variability and Antifungal Activity of *Lavandula stoechas* L. ssp. *stoechas* Essential Oils from Stem/leaves and flowers. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54: 4364-4370.
- 4 .Ahmad, F., Anwar, F., & Hira, S. (2016). Review on medicinal importance of Fabaceae family. *Pharmacologyonline*, 3, 151-157.
- 5 .Bahorun, T. (1998, March). Substances naturelles actives: la flore mauricienne, une source d’approvisionnement potentielle. In *Second Annual Meeting of Agricultural Scientists* (Vol. 83, pp. 83-94).
- 6 .Barreira, J. C., Visnevschi-Necrasov, T., Nunes, E., Cunha, S. C., Pereira, G., & Oliveira, M. B. P. (2015). *Medicago* spp. as potential sources of bioactive isoflavones: Characterization according to phylogenetic and phenologic factors. *Phytochemistry*, 116, 230-238.
- 7 .Bahadur, B., Reddy, K. J., & Rao, M. L. N. (2007). *Medicinal plants: an overview*. Adv Med plants Univ Press Hyderabad.
- 8 .Bruneton J. *Éléments de phytochimie et de pharmacognosie*, Ed. Tec&Doc Lavoisier, 1987.
- 9 .Bézanger-Beauquesne L., Pinkas M., Torck M. *Les plantes dans la thérapeutique moderne*,2ème édition révisée, Ed. Maloine éditeur, 31986.
- 10 .Boutaghane N., 2013. Etude phytochimique et pharmacologique de plantes médicinales Algériennes *Genista ulicina* spach (Fabaceae) et *Chrysanthemum macrocarpum* (sch.Bip.)
- 11 .Baloch, N., Nabi, S., & Al-Kahraman, Y. M. S. A. (2013). In vitro antimicrobial, insecticidal, antitumor activities and their phytochemical estimation of methanolic extract and its fractions of *Medicago lupulina* leaves. *World Appl. Sci. J*, 23(4), 500-506.
- 12 .Bruneton, J. *Plantes toxiques: végétaux dangereux pour l’homme et les animaux*, Tec&Doc Lavoisier, 2005

- 13 .Bahorun T, 1997. Substances naturelles actives, la flore mauricienne, une source d'approvisionnement potentielle. Food and Agricultural Research. Conseil Mauritius, Amas.
- 14 .Bougandoura,A ;2018. Recherche et détermination structurale de métabolites secondaires de trois espèces algériennes. Université Freres Mentouri Constantine 1
- 15 .Belgaid. S et Chikhoun. L(2013). Etude de l'activité antimicrobienne et antifongique des extraits de *Phlomis bovei* de noe –Préparation d'une forme pharmaceutique ; Université Mouloud Maameri deTIZI-OUZOU.
- 16 .Bakkalia. F, Averbeck. S, Averbeck. D, Idaomar.M. Biological effects of essential oils A review. Food and Chemical Toxicology. 46, Pages 446–475 (2008).
- 17 .Bora, K. S., & Sharma, A. (2011). Phytochemical and pharmacological potential of *Medicago sativa*: A review. *Pharmaceutical biology*, 49(2), 211-220.
- 18 .coss. & kralik ex Batt (Asteraceae). Thèse de doctorat, université de Constantine 1, pp. 16-156.
- 19 .Chabrier, J. Y. (2010). PLANTES MÉDICINALES PLANTES MÉDICINALES ET FORMES ET FORMES D'UTILISATION EN PHY D'UTILISATION EN PHYTOTHÉRAPIE TOTHÉRAPIE TOTHÉRAPIE.
- 20 .Chouana. Toufik (2017), Caractérisation structurale et activités biologiques des polysaccharides d'*Astragalus gombo bunge*. Université Kasdi Merbah De- OUARGLA
- 21 .Christenhusz, M. J., & Byng, J. W. (2016). The number of known plants species in the world and its annual increase. *Phytotaxa*, 261(3), 201-217.
- 22 .Fahmy, H. A., El-Shamy, S., & Farag, M. A. (2023). Comparative GC–MS based nutrients profiling of less explored legume seeds of *Melilotus*, *Medicago*, *Trifolium*, and *Ononis* analysed using chemometric tools. *Scientific Reports*, 13(1), 18221.
- 23 .Fumić, B., Končić, M. Z., & Jug, M. (2017). Therapeutic potential of hydroxypropyl- β -cyclodextrin-based extract of *medicago sativa* in the treatment of mucopolysaccharidoses. *Planta medica*, 83(01/02), 40-50 .
- 24 .Fourasté, I. (2000). Rappel de la toxicité de quelques plantes. *Revue Française des Laboratoires*, 2000(323), 51-55
- 25 .Guy Ducourthial, Flore médicale des signatures : xvie – xviii siècles, L'Harmattan,2016,670 p. (lire en ligne [archive])
- 26 .Gurău, M. ECONOMICALLY AND ECOLOGICALLY IMPORTANT SPONTANEOUS SPECIES OF FABACEAE FAMILY FROM THE TERRITORY OF ROMANIA.

- 27** .Goetz, P. & Hadji-Minaglou, F. Conseil en phytothérapie : Guide à l'usage du prescripteur,2019.
- 28** . Gonçalves, AC, Bento, C., Jesus, F., Alves, G. et Silva, LR (2018). Composés phénoliques de cerise douce : identification, caractérisation et bienfaits pour la santé. *Études en chimie des produits naturels*, 59, 31-78
- 29** .Houghton, P., Patel, N., Jurzysta, M., Biely, Z., & Cheung, C. (2006). Antidermatophyte activity of medicago extracts and contained saponins and their structure-activity relationships. *Phytotherapy Research: An International Journal Devoted to Pharmacological and Toxicological Evaluation of Natural Product Derivatives*, 20(12), 1061-1066.
- 30** .Heywood, V.H. (1996). Flowering Plants of the World. 3th edition, Oxford University Press, Oxford, pp. 141-145, 149-152.
- 31** .Hamza Asma, 2019 ; Essai de caractérisation phytochimique des extraits de trois plantes médicinales d'Algérie. Université Mohamed Boudiaf- M'Sila
- 32** .Herzhoff, B. (1991). Théophraste, Recherches sur les plantes.
- 33** .Jamshidi-Kia, F., Lorigooini, Z., & Amini-Khoei, H. (2017). Medicinal plants: Past history and future perspective. *Journal of herbmed pharmacology*, 7(1), 1-7.
- 34** .Jorite, S. (2015). La Phytothérapie, une discipline entre passé et futur: de l'herboristerie aux pharmacies dédiées au naturel (Doctoral dissertation).
- 35** .Jamshidi-Kia, F., Lorigooini, Z., & Amini-Khoei, H. (2017). Medicinal plants: Past history and future perspective. *Journal of herbmed pharmacology*, 7(1), 1-7.
- 36** .J. P. Mallory, Douglas Q. Adams, Encyclopedia of Indo-European Culture, Taylor & Francis,1997 (lire en ligne [archive]), p. 55] .
- 37** .Karunamoorthi, K., Jegajeevanram, K., Vijayalakshmi, J., & Mengistie, E. (2013).
- 38** .K.Ridgway, RM.Smith, SPD.Lalljie, (2012). Comprehensive Sampling and Sample Preparation || Sample Preparation for Food Contaminant Analysis.
- 39** .Krakowska, A., Rafińska, K., Walczak, J., Kowalkowski, T., & Buszewski, B. (2017). Comparison of various extraction techniques of *Medicago sativa*: yield, antioxidant activity, and content of phytochemical constituents. *Journal of AOAC International*, 100(6), 1681-1693.
- 40** .Khan, S., Jan, G., Bibi, H., Sher, J., Ullah, S., & Abidullah, S. (2018). Phytochemical screening and antimicrobial activity of the *Cichorium intybus* (Familyasteraceae) and *Medicago sativa* (Familyfabaceae) Peshawar. *Pakistan. J Pharmacognosy Phytochem*, 7(3), 603-616.

- 41 .Loïc BUREAU ,Plantes, compléments alimentaires et nutraceutique uneréglementation complexe,2016
- 42 .Lapraz, J.-C. & Carillon, A. Plantes médicinales - Phytothérapie clinique intégrative et médecine endobiogénique, Lavoisier Tec&Doc, 2017
- 43 .Maroyi, A. (2023). Medicinal uses of the Fabaceae family in Zimbabwe: A review. *Plants*,12(6), 1255.
- 44 .Morel, S. (2011). Etude phytochimique et évaluation biologique de *Derris ferruginea* Benth.(Fabaceae) (Doctoral dissertation, Université d'Angers).
- 45 .Maroyi, Alfred. "Medicinal uses of the Fabaceae family in Zimbabwe: A review." *Plants* 12.6 (2023): 1255.
- 46 .Michel Botineau. Botanique systématique et appliquée des plantes à fleurs, 2010 .
- 47 .Miraldi, E., & Bains, G. (2018). Medicinal plants and health in human history: From empirical use to modern phytotherapy. *Journal of the Siena academy of Sciences*, 10(1).
- 48 .Macheix, J. J., Fleuriet, A., & Jay-Allemand, C. (2005). *Les composés phénoliques des végétaux: un exemple de métabolites secondaires d'importance économique*. PPUR presses polytechniques.
- 49 .Masotti V.,Juteau F., Bessière J.M. and Viano J. (2003). Seasonal and Phonological
- 50 .Naima BOUTAGHANE, Etude phytochimique et pharmacologique de plantes médicinales Algériennes *Genista ulicina* Spach (Fabaceae) et *Chrysanthemum macrocarpum* (Sch. Bip.) Coss. & Kralik ex Batt (Asteraceae),2013
- 51 .Organisation Mondiale de la Santé (OMS). 2002. Stratégie de l'OMS pour la médecine traditionnelle pour 2002-2005, Genève. 78 pp
- 52 .Obistioiu, D., Cocan, I., Tîrziu, E., Herman, V., Negrea, M., Cucerzan, A., ... & Alexa, E. (2021). Phytochemical profile and microbiological activity of some plants belonging to the Fabaceae family. *Antibiotics*, 10(6), 662
- 53 .Petit, Anne-Claire. Toxicité et utilisation de quelques Fabaceae alimentaires et médicinales. Diss. UHP-Université Henri Poincaré, 2011.
- 54 .Quezel P. et Santa S., 1962. Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Tom 1, éditions du centre national de la recherche scientifique 15, quai Anatole-Paris-France, 636 p.
- 55 .Rahman, A. H. M. M., and M. Ismot Ara Parvin. "Study of medicinal uses on Fabaceae family at Rajshahi, Bangladesh." *Research in Plant Sciences* 2.1 (2014): 6-8.
- 56 .Russelle, M. P. (2001). Alfalfa: After an 8,000-year journey, the " Queen of Forages" stands poised to enjoy renewed popularity. *American Scientist*, 89(3), 252-261.

- 57 .Sparg, S., Light, M. E., & Van Staden, J. (2004). Biological activities and distribution of plant saponins. *Journal of ethnopharmacology*, 94(2-3), 219-243.
- 58 .Small, E., & Jomphe, M. (1989). A synopsis of the genus *Medicago* (Leguminosae). *Canadian Journal of Botany*, 67(11), 3260-3294
- 59 .Silva, S., de Oliveira, R. R., & Pereira, P. R. Taxonomy of Subfamily Caesalpinioideae (Fabaceae Lindl.) In Cerrado Fragment In The East From Maranhão, Northeast From Brazil.
- 60.Stefano Padulosi , Danna Leaman & P. Quek, « Challenges and Opportunities in Enhancing
- 61.Savarirajan, D., Ramesh, V. M., & Muthaiyan, A. (2021). In vitro antidermatophytic activity of bioactive compounds from selected medicinal plants. *Journal of Analytical Science and Technology*, 12, 1-13.
- 62 .Seigler, D. S. (2012). *Plant secondary metabolism*. Springer Science & Business Media.
- 63 . Suso, M. J., Bebeli, P. J., Christmann, S., Mateus, C., Negri, V., Pinheiro de Carvalho, M. A., ... & Veloso, M. M. (2016). Enhancing legume ecosystem services through an understanding of plant–pollinator interplay. *Frontiers in plant science*, 7, 180939.
- 64.the Conservation and Use of Medicinal and Aromatic Plants », *Journal of Herbs, Spices & Medicinal Plants*, vol. 9, no 4, 2002, p. 243-267 (DOI 10.1300/J044v09n04_01).
- 65 .Teleuță, A., & Țiței, V. (2014). Biological and nutritional value of the genus *Medicago* L. in the conditions of the Republic of Moldova.
- 66.Teleuță, A., & Țiței, V. (2016). Productivity and nutritional value of some leguminous forage species in the Republic of Moldova.
- 67.Tava, A., & Avato, P. (2006). Chemical and biological activity of triterpene saponins from *Medicago* species. *Natural Product Communications*, 1(12), 1934578X0600101217.
68. Tava, A., & Pecetti, L. (2012). Chemical investigation of saponins from twelve annual *Medicago* species and their bioassay with the brine shrimp *Artemia salina*. *Natural Product Communications*, 7(7), 1934578X1200700708.
- 69.Tang, W. et Eisenbrand, G., 1992, *Chinese Drugs of Plant Origin*. Springer Verlag, Berlin.
- 70.Traditional medicinal plants: a source of phytotherapeutic modality in resource-constrained health care settings. *Journal of Evidence-Based Complementary & Alternative Medicine*, 18(1), 67-74.
- 71.UROOJ KHALIL, I. F., KANWAL, S., & MAHMOOD, T. (2022). Relative efficacy and toxicity studies on three wild medicinal plants of fabaceae: a pharmaceutical perspective. *Pak. J. Bot*, 54(4), 1567-1573.

- 72** .Usman, M., Khan, W. R., Yousaf, N., Akram, S., Murtaza, G., Kudus, K. A., ... & Nazre, M. (2022). Exploring the phytochemicals and anti-cancer potential of the members of Fabaceae family: A comprehensive review. *Molecules*, 27(12), 3863.
- 73** .Van Wyk, B. E., & Wink, M. (2018). Medicinal plants of the world. Cabi.
- 74** .WHO. 2003a. Directives OMS sur les bonnes pratiques agricoles et les bonnes pratiques de récolte (BPAR) relatives aux plantes médicinales. Organisation mondiale de la Santé, Genève, Suisse.
- 75** .Variations of the Essential Oil from the Narrow Endemic Species *Artemisia molinieri* and its Biological.
- 76**.Wissale EL MTIAI, Les formes d'utilisation des plantes medicinales,2023. thèse de doctorat, UNIVERSITE MOHAMMED V DE RABAT, MAROC.
- 77** .Wanda, G. J. M. K., Gamo, F. Z., & Njamen, D. (2015). Medicinal plants of the family of Fabaceae used to treat various ailments. FABACEAE CLASSIFICATION, NUTRIENT COMPOSITION AND HEALTH BENEFITS, 1-20.
- 78** .Witabouna, K. M. Activité Antioxydante Et Teneur En Flavonoïdes De Cinq Plantes De La Famille Des Fabaceae Utilisées Contre De l'Ostéoporose Au Centre De La Côte d'Ivoire
- 79** .Wichtl M., Anton R., 2003. Plantes thérapeutique_Tradition, pratique officinale, science et thérapeutique. Tec et Doc et EMI
- 80**. Wink, M. (2013). Evolution of secondary metabolites in legumes (Fabaceae). *South African Journal of Botany*, 89, 164-175.
- 81** .Zaynab, M., Fatima, M., Sharif, Y., Zafar, M. H., Ali, H., & Khan, K. A. (2019). Role of primary metabolites in plant defense against pathogens. *Microbial pathogenesis*, 137, 103728.

Webographie:

<https://wfoplantlist.org/>

<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/>

<https://naturalistesdelahautelesse.be/about/publications%20de%20jean%20leurquin.html>