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

N° Ref :.....



Université El Moudjahid Abdelhafid BOUSSOUF- Mila

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des Sciences Biologiques et Agricoles

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

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie
Filière : Sciences biologiques
Spécialité : Biochimie Appliquée

Thème :

Etude Biologique et Phytochimique d'une Plante Médicinale de la Famille *Rosaceae*

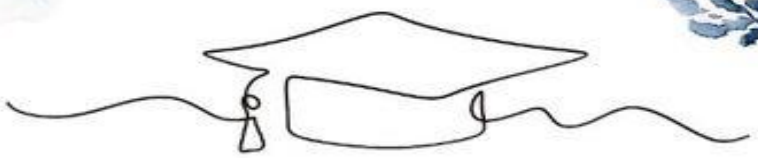
Présenté par :

- **MOKHNACHE Malak**
- **MOKHNACHE Selma**

Devant le jury :

❖ **BOURAS Ouassila**	**M.A.A**	**Présidente**
❖ **BOUGUERIA Hassiba**	**M.C.A**	**Examinatrice**
❖ **HAMRI Wafiya**	**M.C.B**	**Promotrice**

Année Universitaire : 2025/2026





Remerciements

***A**u nom d'Allah, le Tout Miséricordieux, le Très Miséricordieux, et que la paix et les bénédictions soient sur le plus noble des messagers.*

***T**out d'abord et avant toute chose, nous remercions Allah le Tout-Puissant pour Son aide et pour nous avoir facilité ce chemin, ainsi pour nous avoir donné la force et la patience afin de mener à bien ce travail et sans abandonner tout au long de ce parcours.*

***N**ous adressons nos sincères remerciements à nos chers parents pour tout leur soutien et leurs encouragements, pour les prières qui nous ont accompagnés tout au long du chemin, ainsi que pour leur appui, qui a constitué une motivation pour atteindre et réaliser ce succès.*

***N**ous tenons à remercier, à travers ce présent travail, notre encadrante Mme Hamri Wafiya pour tous les efforts, les conseils et les orientations qu'elle nous a prodigués durant toute la période de réalisation de cette mémoire.*

***N**ous remercions également les honorables membres du jury pour avoir accepté d'évaluer ce travail.*

***N**ous n'oublions pas d'exprimer toute notre gratitude à toutes les personnes ayant contribué de près ou de loin à cette étude, même si leurs noms n'ont pas été cités.*

Merci



Dédicace

Au nom D'Allah, le Tout Miséricordieux, le Très Miséricordieux

T**out d'abord et toujours, je loue Allah et le remercie pour m'avoir accordé la réussite et facilité ce parcours, ce chemin qui n'a pas été facile.* ***« Louange à Allah. »

***A**vec tout l'amour, la fierté et l'honneur, je dédie ma réussite à ma chère famille, grâce au soutien, aux encouragements et à la confiance qu'elle m'a témoignés, j'ai pu poursuivre mon parcours et accomplir cet accomplissement.*

À** mon soutien, ma force et mon modèle dans cette vie, à celui qui a décoré mon nom avec les plus beaux titres, à mon premier supporteur dans ma carrière qui me donne gratuitement,* ***mon cher père « Abd Elouahab »*, je prie Dieu de te garder comme une couronne sur nos têtes.*

À ma chère mère*,* ***« Saltana »****, la source de tendresse, le battement du cœur, à celle qui tient le Paradis sous ses pieds et qui m'a ouvert le chemin du succès par sa prière : « Je prie Dieu de te protéger et de prendre soin de toi ».*

À mes chères sœurs Julia*,* ***Youssra****,* ***Ghada*** *et* ***Selsabil****, à mes chers frères* ***Haroune*** *et* ***Nafaa****, mes compagnons du début à la fin, ceux qui m'ont soutenue, ont cru en moi et m'ont donné de la force, et avec leur présence le chemin était plus léger, que Dieu te garde comme le soutien inébranlable qui ne bascule pas.*

À** mon amie et compagnon sur ce chemin, à celle qui a partagé ce parcours, ses joies et ses peines, à celle avec qui nous avons pleuré et réassemblé jusqu'à ce que nous arrivions à cette étape,* ***ma chère amie « Malak »*.*

À** celle qui m'a appris le sens de la loyauté, qui m'a fait aimer l'amitié et m'a comprise en toutes circonstances, à celle qui m'a soutenu et encouragée dans les moments les plus difficiles,* ***ma chère amie et cousine*,* ***« Lina »****.*

Je vous dédie cette réussite en guise d'expression de remerciement et de gratitude envers tous ceux qui ont eu un impact et contribué, même avec un mot gentil.

Selma



Dédicace

Louange à Allah, une louange abondante, belle et bénie, qui m'a guidé, m'a aidé et m'a facilité la tâche jusqu'à ce que j'achève ce modeste travail. C'est avec joie et fierté que je dédie aujourd'hui ma graduation et le fruit de ma réussite à tous ceux qui m'ont soutenu, à ma chère famille et à mes chers amis :

***À** celui dont je porte le nom avec fierté et honneur et qui a été mon soutien tout au long de ce parcours, à celui qui a été la lumière qui a éclairé mon chemin et de qui j'ai puisé ma force et ma détermination, à celui qui m'a appris que la volonté rend l'impossible possible, **mon cher père** « **Nourredine** », que Dieu le protège et le garde.*

***À** celle à qui Allah a placé le paradis sous les pieds, au cœur tendre et source de ma force et de ma réussite, à celle dont les prières ne m'ont jamais quittée tout au long de mon parcours, qui a été la bougie qui a éclairé mon chemin, **ma chère maman** « **Hakima** », que Dieu te protège et te garde.*

***À** ceux qui ont été pour moi un soutien inébranlable et une main tendue avant même que je ne la demande, et qui m'ont apporté tout le soutien et la motivation nécessaires pour m'aider à mener à bien ce mémoire, **à mes chers frères** : « **Issam**, **Ibrahim**, **Nasreddine**, **Moussa** et **Walid** », et à ma seule et chère sœur, ma confidente dans les moments de faiblesse, « **Inass** ».*

***À** mes tantes les plus chères :« **Houda**, **Nadia**, **Saïda** » et à mon oncle le plus aimant : **Abdelbaki**. Aux chères mes belles sœurs «**Amina** » et « **Amira** » et mes neveux*

*« **Abdelbaset**, **Alaa** » et « **Islam Ousaid** ».*

***À** ma compagne de parcours, qui a été une véritable amie tout au long de ce parcours, qui a partagé avec moi chaque détail de cette période, jour après jour, avec toutes les fatigues et les joies qu'elle comportait, à celle qui a été mon soutien et mon aide jusqu'au bout du chemin, à **ma chère amie** « **Selma** ».*

***À** ma chère amie, fidèle et bienveillante, à celle qui m'a soutenue dans les moments les plus difficiles et qui a été pour moi une source constante de soutien et d'encouragement, allégeant ainsi le poids des jours difficiles, **à ma chère amie** « **Lina** ».*

Je vous dédie cette réussite à vous tous, en signe de gratitude et d'estime pour tous ceux qui m'ont accompagné dans mon parcours et qui ont été à mes côtés, ne serait-ce que par un simple mot d'encouragement.

Malak

Sommaire

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Introduction 1

Chapitre I : Synthèse bibliographique

Partie 1 : Aperçus bibliographiques sur l'espèce *Crataegus monogyna*

I. Présentation de la famille des *Rosaceae* 5

1. Généralité 5

2. Classification 5

3. Répartition géographique 6

II. Présentation de la plante *Crataegus monogyna* 6

1. Description botanique 6

2. Taxonomie de *Crataegus monogyna* 8

3. Répartition de *Crataegus monogyna* 9

3.1. Répartition dans le monde 9

3.2. Répartition en Algérie 9

4. Composition chimique de *Crataegus monogyna* 9

5. Valeur nutritionnelle 11

6. Utilisations de *Crataegus monogyna* 11

Partie 2 : Les métabolites secondaires et les activités biologiques

I. Les métabolites secondaires 13

1. Les composés phénoliques 13

1.1. Les flavonoïdes 14

1.2. Les tanins 14

1.3. Les coumarines 15

2. Les alcaloïdes 15

3. Les terpénoïdes 16

4. Les stéroïdes 16

5. Les glucosides 16
6. Les saponines 17
II. Les activités biologiques 18
1. L'activité antioxydante 18
1.1. Types des antioxydants 18
1.2. Méthodes d'évaluation de l'activité antioxydante (in vitro) 19
1.2.1. Méthode du DPPH 20
1.2.2. Méthode ABTS 20
1.2.3. Méthode FRAP 20
2. L'activité antibactérienne 21
2.1. Bactéries 21
2.2. Différents types de bactéries 21
2.3. Méthodes d'évaluation de l'activité antibactérienne 23
2.3.1. Méthodes par diffusion 23
2.3.1.1. Méthode de diffusion par disques 23
2.3.1.2. La méthode de diffusion à partir des puits 23
2.3.2. Méthode de dilution 24

Chapitre II : Matériel et Méthodes

I. Matériels et méthodes 27
1. Matériels 27
1.1. Matériel végétal 27
1.2. Matériels et produits chimiques 28
2. Méthodes 29
2.1. Préparation des extraits 29
2.1.1. Calcul du rendement d'extraction 29
2.2. Etude phytochimique 30
2.3. Dosages des composés phénoliques 31
2.3.1. Principe 31
2.3.2. Protocole 32

2.4. Eude biologique 33
2.4.1. Évaluation de l'activité antioxydante par DPPH 33
2.4.1.1. Principe 33
2.4.1.2. Protocole 33
2.4.2. Évaluation de l'activité antibactérienne 34
2.4.2.1. Principe 34
2.4.2.2. Différentes souches bactériennes utilisées 35
2.4.2.3. Protocole 35
2.4.2.3.1. Revivification des souches 35
2.4.2.3.2. Préparation des dilutions 36
2.4.2.3.3. Préparation de milieu de culture 36
2.4.2.3.4. Préparation des disques 36
2.4.2.3.5. Préparation de l'inoculum 37

Chapitre III : Résultats et discussion

1. Rendements d'extraction 40
2. Screening phytochimiques 40
3. Dosage de polyphénols 46
4. Evaluation de l'activité antioxydante 47
5. Evaluation de l'activité antibactérienne 49
Conclusion 54
Références bibliographiques 56
Résume
Abstract
الملخص

Liste des figures

Figure 1 : Carte de répartition géographique de la famille des *Rosaceae* 6

Figure 2 : Grappes de fleurs de *Crataegus monogyna* en pleine floraison 7

Figure 3 : Grappes de fruits matures de *Crataegus monogyna* 7

Figure 4 : Fruit, fleurs et feuilles de *Crataegus monogyna* 8

Figure 5 : Distribution de *Crataegus monogyna* dans le monde 9

Figure 6 : Formules structurales des polyphénols simples..... 14

Figure 7 : Structure de base des flavonoïdes..... 14

Figure 8 : Deux types de tanins hydrolysables 15

Figure 9 : Structure des coumarines 15

Figure 10 : Structure de base des stéroïdes 16

Figure 11 : Quelques structures des glycosides 17

Figure 12 : Structures de base des saponines triterpéniques (A) et stéroïdiques (b)..... 17

Figure 13 : Représentation du protocole de test de diffusion sur disque 23

Figure 14 : Représentation schématique des protocoles de diffusion en puits 24

Figure 15 : Représentation du protocole de dilution en Gélose 24

Figure 16 : Représentation du protocole de dilution en bouillon 25

Figure 17 : Racines de *C. monogyna* sèches(A) et coupées (B). 27

Figure 18 : Fruits de *C. monogyna* sèches (C) et poudre (D). 28

Figure 19 : Structure de l'acide gallique 32

Figure 20 : Réaction symbolisant le principe de la méthode du DPPH 33

Figure 21 : Les différentes dilutions des extraits. 36

Figure 22 : Courbe d'étalonnage d'acide gallique. 46

Figure 23 : Courbes de l'activité antioxydante de la vitamine C et l'extrait méthanolique.... 47

Figure 24 : Courbes de l'activité antioxydante de l'extrait éthanolique et l'extrait aqueux. .. 48

Figure 25 : Zones d'inhibitions des souches bactériennes. 51

Liste des tableaux

Tableau 1 : La position systématique de la famille des *Rosaceae* 5

Tableau 2 : Classification de *Crataegus monogyna* 8

Tableau 3 : Les différents composés de *Crataegus monogyna*..... 10

Tableau 4 : Les verreries, les appareilles, et les produits chimiques utilisée..... 28

Tableau 5 : Les différentes souches bactériennes utilisé et leurs références. 35

Tableau 6 : Rendements et caractéristiques des extraits des racines et des fruits de *C. monogyna*. 40

Tableau 7 : Les résultats de screening phytochimique de l'extrait éthanolique des racines... 41

Tableau 8 : Les résultats de screening phytochimique de l'extrait aqueux des racines..... 43

Tableau 9 : Les concentrations de polyphénols dans les différents extraits. 46

Tableau 10 : Les valeurs d'IC_{50} de l'acide ascorbique et les différents extraits..... 48

Tableau 11 : Zones d'inhibitions (mm) des souches bactériennes avec l'extrait méthanolique 50

Liste des abréviations

µg EAG/mg : Microgramme d'équivalent acide gallique par milligramme

µg/ml : Microgramme par millilitre

AB: Antibiotique

ABTS: 2,2'-azino-bis (3-éthylbenzothiazoline-6-aci de sulifonique

ADN : Acide désoxyribonucléique

ATCC 10876: American type culture collection 10876

ATCC 6538: American type culture collection 6538

C : Concentration

C. monogyna : *Crataegus monogyna*

CMI: Concentration minimal inhibitrice

DMSO: Diméthylsulfoxyde

DPPH: 2,2- diphényl-1-picrylhydrazyle

DPPH-H: 2,2- diphényl-1-picrylhydrazine

E. coli: *Escherichia coli*

EtOH: Ethanol

Fe^{2+}: Ion ferreux

$FeCl_3$: Chlorure ferrique

FRAP: Pouvoir réducteur ferrique

g: Gramme

h: Heure

HCl: Acide chlorhydrique

IC_{50} : Concentration inhibitrice 50

m: Mètre

MeOH : Méthanol

Mg : Magnésium

mg/ml: Milligramme par millilitre

MH: Milieu de Mueller-Hinton

min: Minute

ml: Millilitre

mm: Millimètre

Na_2CO_3: Carbonate de sodium

NaOH: Hydroxyde de sodium

NCIMB 8626: National Collection of industrial, food and Marine Bacteria

NCTC 10538: National Collection of type Cultures

nm: Nanomètre

P. aeruginosa : *Pseudomonas aeruginosa*

pH : Potentiel hydrogène

S. aureus : *Staphylococcus aureus*

SM : Solution mère

UV : Rayons ultraviolets

Introduction générale

Introduction

Depuis des siècles, les plantes médicinales occupent une place centrale dans l'histoire de la médecine en tant que source majeure de composés bioactifs dotés de propriétés préventifs et thérapeutiques contre un large éventail de maladie **(Radi *et al*., 2023)**. Leur richesse naturelle, leur importance culturelle profondément ancrée ainsi que leur large spectre d'activités pharmacologiques offrent des perspectives particulièrement prometteuses pour la découverte et le développement de nouveaux médicaments **(Dar *et al*., 2023)**. Selon l'Organisation mondiale de la santé, près de 80 % de la population mondiale dépend encore de la médecine traditionnelle, et notamment des remèdes à base de plantes. Cette préférence s'explique par plusieurs avantages déterminants : leur innocuité relative, leur efficacité avérée, leur rapport coût-efficacité et leur accessibilité **(Radi *et al*., 2023)**. Dans ce contexte la famille des *Rosacées* représente une source importante en composés bioactifs tels que les flavonoïdes, les acides phénoliques, et les terpénoïdes…, fait un sujet important de la recherche scientifique **(Ghasemi *et al*., 2025)**.

Le genre *Crataegus*, l'un des genres les plus reconnus de cette famille. Il est très répandu en Europe, en Amérique du Nord, dans les régions tempérées d'Asie et en Afrique **(Gavrila *et al*., 2025)**, et comprenant plus de 300 espèces, dont *Crataegus monogyna* est l'un de ces espèces **(Nazhand *et al*., 2020)**. *Crataegus monogyna* également connue sous le nom d'aubépine monogyna, est largement reconnue pour ses effets bénéfiques sur le système cardiovasculaire, ainsi que pour ses propriétés sédatives, antioxydantes et antibactériennes **(Bahri *et al*., 2019)**.

Dans ce cadre, notre travail vise à réaliser l'extraction, la caractérisation phytochimique et le dosage des polyphénols, ainsi que l'évaluation des activités biologiques des racines et fruits de *Crataegus monogyna*.

Notre manuscrit est structuré en trois chapitres. Le premier est une synthèse bibliographique qui se devise en deux parties : la première présente un aperçu sur l'espèce *Crataegus monogyna*, tandis que la seconde comprend une généralité sur les métabolites secondaires et les activités biologiques (antioxydante et antibactérienne). Le deuxième chapitre consacré à la description des travaux, aborde tous les matériels et les différentes méthodes appliquées dans la réalisation de cette étude (l'extraction, le screening phytochimique, le dosage des polyphénols, l'évaluation de l'activité antioxydante par la méthode de DPPH et l'activité antibactérienne par la méthode de diffusion sur disque). Le dernier chapitre regroupe tous les

résultats obtenus au cours de cette étude avec leur discussion et interprétation. Ce manuscrit se termine par une conclusion générale.

Chapitre I : Synthèse bibliographique

Partie 1 : Aperçus bibliographiques sur l'espèce Crataegus monogyna

I. Présentation de la famille des *Rosaceae*

1. Généralités

La famille des *Rosaceae* représente l'une des familles les plus importantes et les plus diversifiées parmi les plantes à fleurs (Angiospermes). Elle regroupe environ 4 828 espèces réparties dans 81 genres, avec une distribution cosmopolite. Cette famille inclut une grande variété de formes biologiques : plantes herbacées, arbustes et arbres. Elle fournit un large éventail de ressources biologiques possédant une grande valeur tant économique qu'écologique, notamment grâce à la production de nombreux fruits comestibles. Les espèces de cette famille se caractérisent par une architecture végétale très diversifiée, une fréquence élevée d'hybridation ainsi que par des niveaux de ploïdie variables. Elles comptent par ailleurs un nombre important d'espèces fruitières et ornementales d'intérêt horticole **(Shujat, 2023)**.

Parmi les espèces les plus importantes de la famille des *Rosaceae* on trouve de nombreuses plantes fruitières et baies cultivées à grande échelle, telles que le pommier (*Malus domestica L.*), le poirier (*Pyrus communis L.*), le pêcher (*Prunus persica L.*), le fraisier (*Fragaria L.*) et le framboisier (*Rubus idaeus L.*). Cette famille comprend également des espèces productrices d'huiles essentielles, notamment la rose (*Rosa spp L.*) et l'amandier (*Prunus dulcis L.*) **(Garcia Oliveira *et al*., 2020)**.

Les *Rosacées* représentent une source abondante en fibres alimentaires, vitamines, minéraux et phytonutriments indispensables à l'alimentation humaine contemporaine. Les composés polyphénoliques qu'elles contiennent jouent un rôle majeur dans le maintien de la santé et la prévention de diverses pathologies. De nombreuses études ont démontré leurs effets bénéfiques sur les maladies cardiovasculaires, l'inflammation, les troubles neurodégénératifs, le cancer, l'obésité ainsi que sur l'équilibre du microbiote intestinal **(Lawson *et al*., 2025)**.

2. Classification

Tableau 1 : La position systématique de la famille des *Rosacées* **(Potter, 2007)**.

Règne	Plante
Division	Angiospermae
Classe	Magnolipsida
Ordre	Rosales
Famille	Rosaceae

3. Répartition géographique

La famille des *Rosaceae* est largement distribuée à travers le monde, présente sur tous les continents ainsi que sur plusieurs îles **(Shah, 2016).** Elle se concentre principalement dans les régions tempérées et subtropicales **(Cristea *et al*., 2025)**, avec une diversité particulièrement élevée dans les forêts tempérées de l'hémisphère nord **(Xiang *et al*., 2016)**.



Figure 1 : Carte de répartition géographique de la famille des *Rosaceae* **(Heywood, 1993)**.

II. Présentation de la plante *Crataegus monogyna*

1. Description botanique

Le nom scientifique de *Crataegus* provient du grec « kràtaigos », qui désigne la force et la robustesse, en raison de la grande résistance et de la vigueur de son bois **(Nazhand *et al*., 2020)**. *Crataegus monogyna L.*, connue localement sous le nom de « Zaârour El Barri », est une espèce appartenant à la famille des *Rosaceae* **(Touaibia *et al*., 2022)**. Il s'agit d'un arbuste ou d'un petit arbre à feuilles caduques pouvant atteindre 10 m de hauteur. Cette plante se rencontre en abondance dans les forêts de feuillus, entre 900 et 1 200 m d'altitude. À l'échelle mondiale, l'aubépine *monogyna* est utilisée de diverses manières dans de nombreux pays **(Dekić *et al*., 2020)**.

- **Fleurs**

L'aubépine (*Crataegus monogyna L.*) est un arbuste au port arrondi, largement reconnu pour ses vertus médicinales traditionnelles et pharmacologiques. Ses fleurs, initialement de couleur crème, évoluent vers une teinte rouge foncé à l'automne **(Basavarajappa *et al*., 2023)**.

Les fleurs, de nature hermaphrodite, présentent une structure typique composée de cinq sépales et de cinq pétales, le plus souvent blancs, bien que des variantes de couleur rose puissent être observées. Elles renferment de 5 à 25 étamines et un pistil. Elles sont organisées en corymbes, typiques du genre *Crataegus*, habituellement désigné sous le nom de sous ombelles. L'éclosion se produit à la fin du printemps, entre mai et juin, et peut différer en fonction de l'espèce **(Kępińska-Pacelik et Biel, 2026)**.



Figure 2 : Grappes de fleurs de *Crataegus monogyna* en pleine floraison **(Kępińska-Pacelik et Biel, 2026)**.

❖ **Fruits**

Les fruits de cet arbuste, communément appelés « cénelles », sont glabres et mesurent de 8 à 15 mm de diamètre. Ils prennent une couleur rouge écarlate en automne **(Touaibia *et al*., 2022)** et contiennent une seule graine durcie appelée pyrène **(Kępińska-Pacelik et Biel, 2026)**. Ces fruits mûrissent entre septembre et octobre **(Pugna *et al*., 2023)** et sont consommés pour leurs propriétés cardiotoniques, antispasmodiques, antidiarrhéiques, antiscorbutiques et antioxydantes.



Figure 3 : Grappes de fruits matures de *Crataegus monogyna* **(Kępińska-Pacelik et Biel,2026)**.

❖ **Racine**

L'espèce *C. monogyna* se caractérise par des racines profondes et largement étendues. Sa couronne ainsi que ses racines supérieures ont la capacité à produire des rejets en cas des dommages et de blessures de l'arbre **(Washington State Noxious Weed Control Board, 2016)**.

❖ **Feuilles**

C. monogyna possède des feuilles glabres ou portent seulement des poils isolés. Elles sont alternes, pétiolées à petite stipule souvent tombante, plus ou moins profondément découpées, ont un bord légèrement dentelé ou presque complet, pennatiséquées et divisées en 3 à 5 lobes pointus **(Hamdaoui, 2018)**.



Figure 4 : Fruit, fleurs et feuilles de *Crataegus monogyna* **(Hamdaoui, 2018)**.

2. Taxonomie de Crataegus monogyna

Tableau 2 : Classification de *Crataegus monogyna* **(Riedel, 2020)**.

Clade	**Magnoliophytes**
Classe	Rosidis
Ordre	Rosales
Famille	Rosaceae
Sous-famille	Spiraéoidées
Genre	*Crataegus*
Espèce	*Crataegus monogyna*

3. Répartition de *Crataegus monogyna*

C. monogyna pousse fréquemment dans les haies, les forêts et les maquis. Elle est présente sur tous dans les types de sols présentant des conditions moyennes de pH, de nutriments et d'approvisionnement en eau **(Fichtner et Wissemann, 2021)**.

3.1. Répartition dans le monde

Crataegus monogyna est largement répandue dans le monde **(Ma et Lu, 2016)**. On la trouve couramment en Europe et en Asie occidentale **(Vasile *et al*., 2021)**, ainsi qu'au Moyen-Orient, dans le Caucase, en Anatolie et en Afrique du Nord-Ouest. Dans la péninsule Ibérique, il est largement distribué sur l'ensemble du territoire. **(Abuashwashi *et al*., 2016)**.

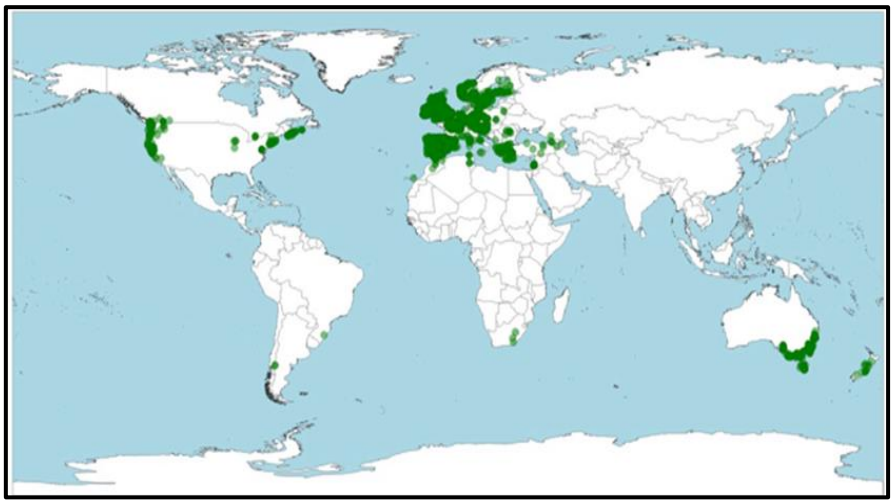


Figure 5 : Distribution de *Crataegus monogyna* dans le monde **(Jensen Allan, 2016)**.

3.2. Répartition en Algérie

Crataegus monogyna L. est couramment trouvé en Algérie, elle est représentée en plusieurs espèces **(Djeddi et Boutale, 2014)**. *C. monogyna* est présente dans tout le pays sauf sur les hauts plateaux. Elle est localisée dans les forêts et le maquis de l'Atlas tellien **(Mehdadi *et al*., 2015)**, principalement dans le Tell algéro-constantinois de manière spontanée, ainsi que légèrement dans la région des Aurès à une altitude de 800 m **(Benharzallah, 2024)**.

4. Composition chimique de *Crataegus monogyna*

Les fruits de *C. monogyna* sont abondants en composés polyphénoliques, notamment en acides phénoliques, flavonoïdes, anthocyanidines, acides triterpéniques **(Mehdadi *et al*., 2015)** et catéchines. Ils renferment également des tocophérols, de l'acide ascorbique, du β-carotène, des acides gras saturés et polyinsaturés, ainsi que des éléments inorganiques essentiels tels que

le cuivre (Cu), le fer (Fe), le magnésium (Mg), le manganèse (Mn) et le zinc (Zn). Les propriétés bioactives de ces fruits sont principalement liées à leurs constituants phénoliques et à leurs acides organiques.

La composition chimique de ses fleurs est diversifiée et contient une variété de composés biologiquement actifs tels que l'hypéroside, l'acétylcholine, la quercétine, des huiles essentielles, des acides organiques, des tanins, des flavonoïdes et des caroténoïdes **(Pugna *et al*., 2023)**.

Tableau 3 : les différents composés de *Crataegus monogyna*.

Familles des composés		**Composés**	**Références**
Acides organiques		Acide malique Acide succinique Acide ascorbique Acide oxalique Acide fumarique	**(Morales *et al*., 2013 ; Gurlen *et al*., 2020)**.
Acides Phénoliques	Acides Hydroxyl cinnamiques	Acide chlorogénique Acide férulique Acide caféique Acide sinapique Acide coumarique	**(Cristea *et al*., 2024)**.
	Acides hydroxy benzoïques	Acide quinique Acide salicylique Acide gallique Acide vanillique Acide hydroxybenzoïque	**(Cristea *et al*., 2024)**.
Flavonoïdes	Flavan-3-ols	catéchines épicatéchine	**(Nabavi *et al*., 2015)**.
	Anthocyanidins	Cyanidine-3-Oglucoside Peonidin-O-hexoxide	**(Tamayo-Vives *et al*., 2023)**.
Acides triterpéniques		Acide uronique Acide oléanolique	**(Hamdaoui, 2018)**.

5. Valeur nutritionnelle

Crataegus monogyna possède une valeur nutritionnelle important, représentent une source naturelle précieuse en vitamines et minéraux, lui attribuant un potentiel considérable dans l'industrie agroalimentaire. Leurs fruits sont chargés de minéraux indispensables, comme le calcium, le magnésium, le potassium et le fer, sans oublier les glucides qui constituent les macromolécules les plus présentes **(Boudraa *et al*., 2010)**. Les fruits très mûrs possèdent la concentration maximale de sucres, avec des niveaux particulièrement élevés de fructose et de glucose (sucres réducteurs), ce qui justifie leur saveur plus sucrée **(Barros *et al*., 2010)**.

6. Utilisations de *Crataegus monogyna*

- **Alimentaire**

Crataegus monogyna L. se distingue par sa richesse nutritionnelle et par ses propriétés physiologiques bénéfiques. En effet, elle exerce un effet stimulant sur l'appétit et contribue à améliorer la digestion, ce qui justifie son intérêt croissant dans l'industrie agroalimentaire.

Sur le plan commercial, l'aubépine monogyna fait l'objet d'une valorisation diversifiée. Le marché propose aujourd'hui plus de 150 références de produits à base d'aubépine. Parmi les principales préparations figurent : les tisanes, les confitures, les gâteaux, les conserves, les croustilles, les rouleaux, le pain à l'aubépine, ainsi que les produits sucriers dérivés **(Zhang *et al*., 2022)**.

- **Médicinal**

Les différentes parties de la plante *Crataegus monogyna L.* (fleurs, feuilles et fruit) sont reconnus pour leurs propriétés médicinales, particulièrement dans la réduction de certains facteurs de risque cardiovasculaires **(Nabavi *et al*., 2015)**, tels que l'hypertension artérielle, l'hypercholestérolémie, les troubles digestifs, l'hyperglycémie **(Nacakci, 2025)**. Ils sont également employés en médecine traditionnelle pour soulager le stress, l'anxiété, les troubles du sommeil, les maux d'estomac et les maux de gorge. En phytothérapie traditionnelle, ces parties végétales exercent un effet cardiotonique notable et sont largement utilisées dans la gestion des maladies cardiaques. Elle possède également des propriétés antispasmodiques, diurétiques et sédatives **(Ruiz-Rodríguez *et al*., 2014)**.

Partie 2 : Les métabolites secondaires et les activités biologiques

I. Les métabolites secondaires

Les métabolites secondaires sont des substances présentes chez les organismes qui n'interviennent pas directement aux processus cellulaires fondamentaux. Ils jouent un rôle crucial dans l'adaptation des végétaux à leur environnement en participant à la résistance aux contraintes biotiques (herbivores, phytopathogènes, insectes etc.) et abiotiques (lumière, UV, température etc).

Chez les végétaux, ces composés regroupent plusieurs molécules différentes telles que : les terpènes, les composés phénoliques (les tanins, coumarines et les flavonoïdes), les alcaloïdes, les glycosides **(Fang *et al*., 2011)**.

1. Les composés phénoliques

Les composés phénoliques également connus sous le nom de polyphénols, sont des métabolites secondaires constituent une famille de molécules organiques abondantes chez les végétaux. Ils sont caractérisés par la présence d'un cycle aromatique portant des groupements hydroxyles libres ou engagés avec un glucide, ainsi que par la présence d'au moins un noyau benzénique (aromatique), directement lié à au moins un groupe hydroxyle, libre ou engagé dans une autre fonction : éther, ester ou hétéroside en raison de leur réactivité et toxicité en vue de la plante elle-même **(Boizot et Charpentier, 2006)**.

Ces composés résultent du métabolisme secondaire des plantes. Leur rôle d'antioxydants naturels s'explique par leurs propriétés redox, qui leur permettent d'agir comme agents réducteurs (donneurs d'hydrogène) ou piégeurs d'oxygène singlet. Grâce à leurs effets bénéfiques sur la santé humaine, ils contribuent à la prévention et au traitement des maladies liées au stress oxydatif, telles que les cancers, la cataracte, l'athérosclérose, le diabète, l'hypertension artérielle, les maladies neuro-dégénératives et l'arthrite **(N'Guessan *et al*., 2011)**. Par ailleurs, les polyphénols présentent un large spectre d'activités biologiques, incluant des effets anti-inflammatoires, antiallergiques, antimicrobiens, antithrombotiques et antiviraux **(Falleh *et al*., 2021)**.

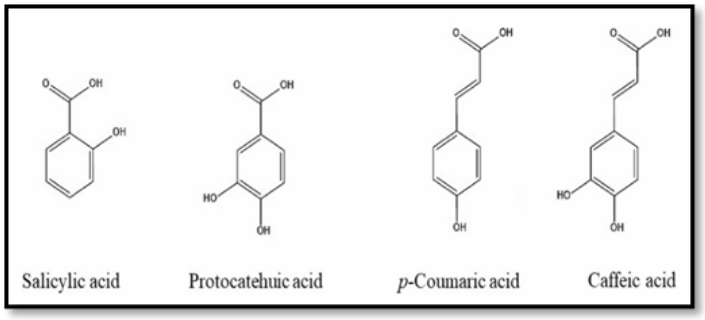


Figure 6 : Formules structurales des polyphénols simples **(Zagoskina *et al.*, 2023)**.

1.1. Les flavonoïdes

Les flavonoïdes constituent la principale classe de composés phénoliques, avec plus de 4000 composés recensés à ce jour, représentant environ 50% des polyphénols. La structure de base des flavonoïdes caractérisé par la présence de 2 cycles benzéniques A et B associés par un cycle C représentant un hétérocycle pyranique **(Najem, 2024)**.

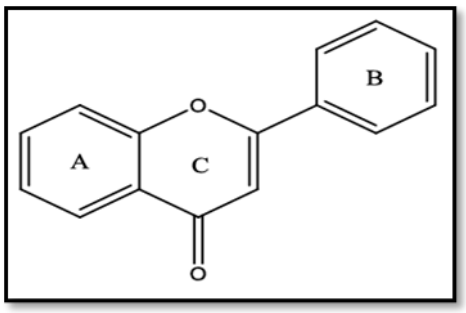


Figure 7 : Structure de base des flavonoïdes **(Najem, 2024)**.

1.2. Les tanins

Les tanins sont des polyphénols présents dans tous les organes végétaux, hydrosolubles, caractérisés par une masse moléculaire comprise entre 500 et 3000. Ils sont classés selon leur structure en 2 groupes : tanins hydrolysables et les tanins catéchiques. Ils comportent une propriété de tanner la peau, c'est-à dire de la rendre imputrescible. Cette propriété est liée à leur aptitude à se combiner à des macromolécules (protéines, polysaccharides) **(Gazengel et Orecchioni, 2012)**.

Parmi les connus sont :

- Acide gallique.
- Acide ellagique.

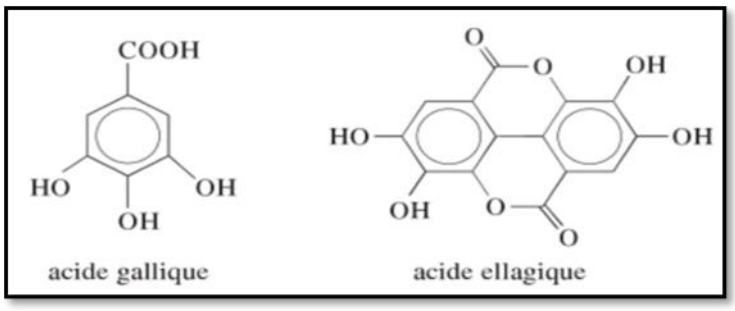


Figure 8 : Deux types de tanins hydrolysables **(Gazengel et Orecchioni, 2012)**.

1.3. Les coumarines

Les coumarines sont des composés phénoliques végétaux cruciaux, ce sont des substances organiques et aromatiques naturelles présentes dans certaines familles de dicotylédones telles que *Fabacées*, *Moracées*, *Rosacées*. Elles sont isolées pour la première fois par le chercheur Vogel en 1820 et sont considérées comme des phytoalexines, c'est-à-dire des métabolites qui sont synthétisés en grande quantité par la plante en réponse à une infection causée par des bactéries ou par des champignons.

Les coumarines jouent un rôle fondamental dans l'adaptation des plantes aux stress biotique et abiotique **(Bouakkaz, 2013)**.

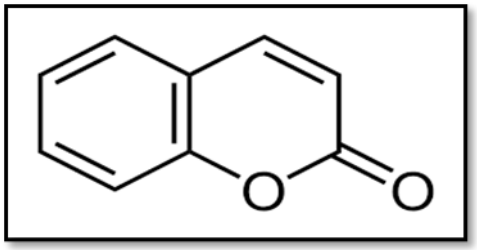


Figure 9 : Structure des coumarines **(Al-Khayri *et al*., 2023)**.

2. Les alcaloïdes

Les alcaloïdes sont un type de métabolites secondaires caractérisés par la présence de l'azote, le plus souvent sous forme hétérocyclique. Ils sont abondants principalement dans le règne végétal, et plus particulièrement chez les plantes à fleurs. Ces dernières années, leur découverte s'est accentuée chez les animaux, les algues, les champignons et les microorganismes marins **(Kagho Kenou, 2020)**.

Les fonctions secondaires des alcaloïdes procurent à la plante une protection chimique et biologique, en particulier contre les pathogènes et les prédateurs (ex. : goût désagréable de l'alcaloïde pour les herbivores), ainsi que contre les stress physiques (ex. : rayonnement

ultraviolet, chaleur). Ils participent de ce fait à l'adaptation de la plante à son environnement **(Sandenon Seteyen, 2023)**.

3. Les terpénoïdes

Les terpénoïdes sont des dérivés des terpènes, une importante classe de métabolites secondaires les plus essentiels à tous les organismes vivants. Ils sont divisés selon le nombre d'atomes de carbone de leur chaine carbonée en sous-classe qui sont : hémiterpènes (C5), monoterpènes (C10), sesquiterpènes (C15), diterpènes (C20), triterpènes (C30), tetraterpènes (C40) et polyterpènes (C > 40). Chez les plantes terrestres le groupe des terpénoïdes contient au moins 30 000 entités chimiques **(Bouaziz, 2014)**.

4. Les stéroïdes

Les stéroïdes représentent un groupe de lipides dérivés des triterpénoïdes (lipides à 30 atomes de carbone), principalement le squalène. Généralement, les carbones C10 et C13 sont liés à un groupe méthyle (-CH_3) et le carbone C17 à un groupe alkyle. Ils se caractérisent par un noyau cyclopentanophénanthrénique hydrophobe (ex : cortisol) partiellement ou totalement hydrogéné. Par extension, les stéroïdes comprennent également les lipides dont le noyau cyclopentanophénanthrénique subit des modifications par scission d'une liaison et l'ajout ou la délétion d'un carbone **(Gómez Caravaca *et al*., 2006)**.

Les stéroïdes végétaux présentent de multiples propriétés thérapeutiques, pharmaceutiques et agrochimiques, notamment des effets antitumoraux, immunosuppresseurs, hépatoprotecteurs, antibactériens, régulateurs hormonaux du développement végétal, antihelminthiques, cytotoxiques et cardiotoniques **(Blancas *et al*., 2022)**.

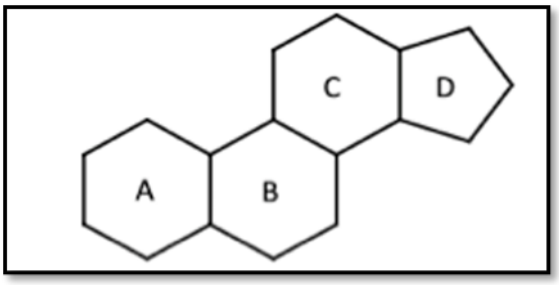


Figure 10 : Structure de base des stéroïdes **(Yerlikaya *et al*., 2023)**.

5. Les glucosides

Ce type de métabolites est largement répandu chez les plantes médicinales. Ils sont classés en plusieurs catégories en fonction de la nature de leur aglycone notamment les

glycosides cardiaques qui sont provoquent des effets spécifiques forts sur le myocarde et augmentent la force de contraction cardiaque, les anthraglycosides, les iridoides (glycosides amers), les glycosides, les thioglycosides, et les isothiocyanates cyanogéniques **(Ziane, 2016)**.

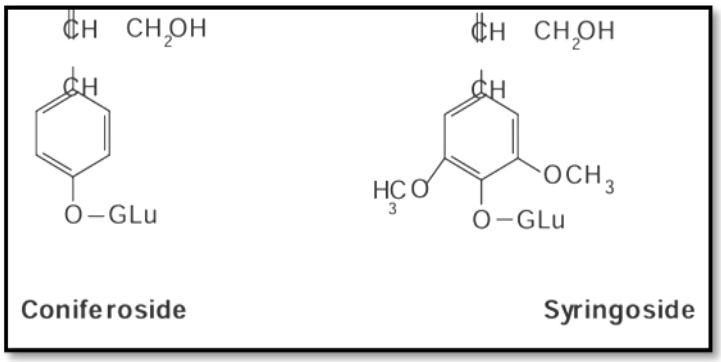


Figure 11 : Quelques structures des glycosides **(Ziane, 2016)**.

6. Les saponines

Les saponines sont des composés non volatils tensioactifs qui sont majoritairement présents chez les végétaux, selon la structure de la génine les saponines peuvent être classées en deux groupes principaux : les saponines stéroïdiques et saponines triterpéniques **(Vincken *et al*., 2007)**.

Les saponines présentent des rôles biologiques et des propriétés médicinales variées, notamment des effets hémolytiques, anti-inflammatoires, antibactériens, antifongiques, antiviraux, insecticides, anticancéreux, cytotoxiques et molluscicides. Par ailleurs, des études ont rapporté leur action hypocholestérolémiante chez les animaux comme chez les humains **(El Aziz *et al*., 2019)**.

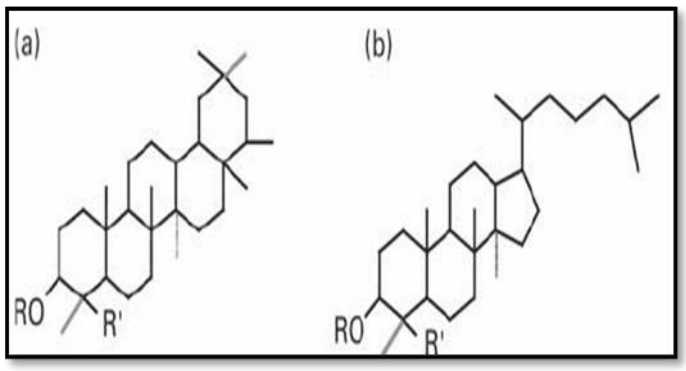


Figure 12 : Structures de base des saponines triterpéniques (A) et stéroïdiques (b) **(Desai *et al*., 2009)**.

II. Les activités biologiques

1. L'activité antioxydante

L'activité antioxydante d'un composé se caractérise par sa capacité à inhiber aux processus d'oxydation. Les notions de stress oxydant, d'antioxydants, d'espèces oxygénées activées (EOA), et radicaux libres sont devenues familières dans le monde médical contemporain **(Defraigne et Pincemail, 2008)**. Les antioxydants présents dans les denrées alimentaires préviennent ainsi le rancissement résultant de l'oxydation induite par l'oxygène, la lumière, la chaleur ou le contact de certains métaux **(Sanchez-Moreno, 2002)**.

1.1. Types des antioxydants

Les antioxydants désignent des composés naturels ou synthétiques, présents dans les organismes vivants ou incorporés aux produits alimentaires, qui agissent en neutralisant ou en inhibant les réactions d'oxydation. Leur fonction principale consiste à prévenir le rancissement et à limiter la peroxydation lipidique, préservant ainsi les propriétés sensorielles et nutritionnelles des aliments. Ils contribuent de ce fait au maintien de la qualité des produits et à l'allongement de leur durée de conservation. Parmi les antioxydants les plus étudiés les vitamines E et C, le sélénium (Se), ainsi que divers caroténoïdes tels que le bêta-carotène, la zéaxanthine et la lutéine **(Liu, 2022)**.

Ils peuvent être classés selon divers attributs. La première repose sur leur fonction, distinguant antioxydants primaires et secondaires. La seconde s'appuie sur leur nature, à savoir les antioxydants enzymatiques et non enzymatiques **(Moharram et Youssef, 2014)**.

- **Antioxydants enzymatiques primaires**

Appelés également antioxydants à rupture de chaîne, ils forment la première ligne de défense. Leur rôle principal consiste à empêcher la formation de radicaux libres en les transformant en intermédiaires moins réactifs ou en bloquant leur propagation. Ces enzymes sont ubiquitaires dans les cellules aérobies et les fluides extracellulaires **(Habellah *et al*., 2016 ; Alkazemi, 2019)**.

- **Catalase**

La catalase est une enzyme à hème bien connue qui catalyse la décomposition des espèces réactives de l'oxygène, en particulier le peroxyde d'hydrogène (H_2O_2), en eau (H_2O) et en dioxygène (O_2). Par cette réaction, elle neutralise les effets toxiques du peroxyde

d'hydrogène **(Benharzallah, 2024)**, et joue un rôle direct dans l'élimination du stress oxydatif cellulaire. La catalase catalyse la réaction **(Ko *et al*., 2000)**.

$$2H_2O_2 \longrightarrow 2H_2O + O_2$$

- **Peroxydase**

La peroxydase constitue l'une des enzymes impliquées dans l'oxydation de divers composés organiques à l'aide de peroxydes naturels, tels que le peroxyde d'hydrogène (H2O2). Ces enzymes sont ubiquitaires chez les bactéries, les champignons, les plantes et les animaux **(Sadananda *et al*., 2023)**.

- **Antioxydants enzymatiques secondaires**

Également désignés comme décomposeurs d'hydroperoxydes, ils catalysent la transformation des hydroperoxydes en produits stables, non radicaux et peu réactifs, limitant ainsi leur potentiel oxydant **(Alkazemi, 2019)**.

- **Antioxydants non enzymatiques**

Les antioxydants non enzymatiques des plantes qui sont des composés de faible poids moléculaire **(Alkazemi, 2019)**, sont essentiels au maintien de la santé cellulaire. Ils atténuent le stress oxydatif en neutralisant les espèces réactives de l'oxygène (ERO), molécules instables produites par les métabolismes normaux ou les stress environnementaux. Sans cette neutralisation, l'excès d'ERO cause des dommages à l'ADN et aux lipides, favorisant des maladies chroniques **(Yusuf *et al*., 2025)**.

- **Antioxydants synthétiques**

Les antioxydants de synthèse sont des composés obtenus par synthèse chimique, car ils n'existent pas à l'état naturel. Ils sont ajoutés aux aliments en tant que conservateurs pour empêcher l'oxydation des lipides. Du fait de l'instabilité des antioxydants naturels, plusieurs antioxydants synthétiques ont été utilisés pour stabiliser les graisses et les huiles. Parmi les plus importants : l'hydroxytoluène butylé (BHT) et l'hydroxyanisole butylé (BHA). Ces composés sont utilisés comme antioxydants dans l'alimentation humaine depuis 1954 et restent parmi les plus courants aujourd'hui **(Atta *et al*., 2017)**.

1.2. Méthodes d'évaluation de l'activité antioxydante (in vitro)

L'évaluation de l'activité antioxydante d'échantillons issus de sources variées repose sur diverses méthodologies analytiques **(Bedlovicová *et al*., 2020)**.

1.2.1. Méthode du DPPH

Le test au DPPH (2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl) constitue l'une des méthodes les plus couramment utilisées pour évaluer la capacité antioxydante des extraits végétaux. Cette technique repose sur la mesure de la capacité de l'échantillon à neutraliser le radical libre stable DPPH. Lorsque l'extrait de plante est mis en présence du DPPH, ce dernier est réduit, entraînant une décoloration du milieu réactionnel. L'intensité de cette décoloration, mesurée par spectrophotométrie, est proportionnelle à l'activité antioxydante de l'extrait : plus la décoloration est importante, plus le pouvoir antioxydant est élevé **(Baliyan *et al*., 2022)**.

1.2.2. Méthode ABTS

La méthode ABTS est une technique radicalaire couramment employée pour quantifier la concentration de radicaux libres. Elle est caractérisée par des radicaux cationiques (ABTS+) qui absorbent à 743 nm et présentent une coloration bleu-vert, résultant de la perte d'un électron au niveau de l'atome d'azote de la molécule ABTS (acide 2,2'-azinobis 3-éthylbenzothiazoline-6-sulfonique) **(Ojha *et al*., 2018)**.

1.2.3. Méthode FRAP

La capacité des antioxydants à convertir les ions ferriques en ions ferreux est évaluée par le test FRAP. En mesurant le potentiel de réduction, ce test permet d'estimer la capacité antioxydante d'un échantillon. Une augmentation du potentiel de réduction correspond à une augmentation de l'activité antioxydante **(Munteanu et Apetrei, 2021)**.

Le principe du test repose sur la réduction rapide, par les antioxydants présents dans l'échantillon, du complexe ferrique-tripyridyltriazine (Fe^{3+}-TPTZ) en complexe ferreux-tripyridyltriazine (Fe^{2+}-TPTZ), lequel présente une couleur bleue intense. L'absorbance de ce complexe est mesurée par spectrophotométrie.

Une courbe d'étalonnage est préalablement établie en ajoutant le réactif FRAP à une série de solutions de Fe^{2+} de concentrations connues. Cette courbe permet de quantifier la concentration en équivalents Fe^{2+} générés par l'échantillon, exprimant ainsi sa capacité antioxydante en termes de pouvoir réducteur. Cette approche a été initialement développée et décrite par Benzie et Strain **(Madhuranga et Samarakoon, 2023)**.

2. L'activité antibactérienne

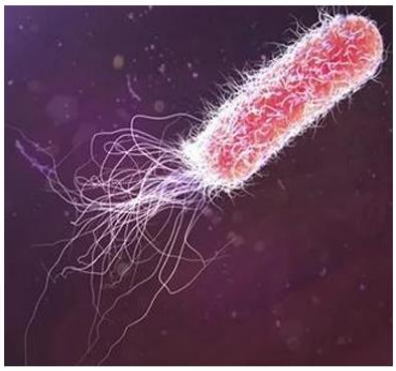
2.1. Bactéries

Les bactéries sont des micro-organismes reconnus comme agents pathogènes responsables de diverses maladies. Elles sont également à l'origine de l'altération et de la détérioration des aliments, des médicaments ainsi que des cosmétiques **(Stagos *et al*., 2012)**.

Les bactéries sont classées comme Gram-positives ou Gram-négatives en fonction des propriétés de leur paroi cellulaire. La majorité des bactéries, mais pas toutes, relèvent de l'une de ces deux catégories. D'un point de vue clinique, une différence majeure entre les organismes à Gram positif et à Gram négatif est que les bactéries à Gram négatif ont tendance à produire une endotoxine qui peut provoquer la destruction des tissus, un choc et la mort. Par ailleurs, ces deux groupes bactériens se différencient également par leur sensibilité aux antibiotiques **(Doron et Gorbach, 2008)**.

2.2. Différents types de bactéries

***Escherichia coli* (Krichen et Guetatlia, 2019)** 	*Escherichia coli* est un bacille coliforme existant naturellement dans l'environnement et dans l'intestin de tous les humains et de diverses autres espèces animales **(Ejrnæs, 2011)**. Elle est anaérobie facultative à Gram négatif mesurant environ 2 à 3 microns de long et 0,25 à 1 micron de large. La croissance maximale d'E. coli se produit à 37 °C **(Sari, 2022)**, elle regroupe un ensemble diversifié de bactéries, capables de provoquer des maladies intestinales et extra-intestinales. **(Pokhrel *et al*., 2025)**.
***Bacillus Subtillis* (Kalkouk et Belmahfoune, 2025)** 	*Bacillus* est un genre bactérien diversifié à Gram positif aérobie, capable de former des endospores dormantes. Ces espèces sont largement répondues dans la nature et ont été isolées à partir de nombreux milieux, notamment l'eau douce, l'eau salée, le sol, les plantes, les animaux et l'air **(Maughan et Van der Auwera, 2011)**.

Pseudomonas aeruginosa **(Mandal, 2019)** 	*Pseudomonas aeruginosa*, également connu sous le nom de bacille pyocyanique, est une bactérie Gram négative aérobie **(Mudaliar et Prasad, 2024),** morphologiquement en forme de bâtonnets, droites ou légèrement courbées. Sa taille varie de 0,5 µm à 1,0 µm de diamètre sur 1,5 µm à 5,0 µm de longueur. Asporogène, elle est généralement mobile grâce à un ou plusieurs flagelles situés à l'extrémité de la cellule **(Palleroni, 2005)**. Omniprésente dans la nature, elle est saprophyte dans les eaux (eaux de piscines, douces ou marines), l'air, les sols humides ou sur les végétaux. Elle est commensale des téguments et des muqueuses de l'homme et des animaux, mais aussi pathogène pour eux **(Delarras, 2007)**.
Staphylococcus Aureus **(Kalkouk et Belmahfoune, 2025)** 	*Staphylococcus aureus* est une bactérie Gram positive ubiquitaire, souvent présente de manière asymptomatique dans le nasopharynx, et capable de provoquer un large spectre d'infections **(Huang *et al*., 2025)**. Membre du genre *Staphylococcus* (famille des *Staphylococcaceae*, ordre des Bacillales). Cette bactérie est sphérique, mesurent environ 0,5 à 1,5 µm de diamètre. Elle est immobile, non sporulés, anaérobie facultative et forme typiquement des amas caractéristiques **(Fayisa et Tuli, 2023)**. Elle colonise environ 20 à 30 % de la population humains, majoritairement le nez et fréquemment d'autres sites tels que la peau, la gorge, les aisselles, et l'intestin **(Howden *et al*., 2023)**.

2.3. Méthodes d'évaluation de l'activité antibactérienne

2.3.1. Méthodes par diffusion

2.3.1.1. Méthode de diffusion par disques

La méthode de diffusion en disques constitue généralement un test préliminaire pour l'évaluation de l'activité antibactérienne, ensuite viennent des méthodes plus détaillées. Dans cette méthode, des paramètres critiques tels que le volume inoculé sur les disques de papier, l'épaisseur de la couche de gélose et l'emploi éventuel d'un solvant affichent une variabilité substantielle entre les diverses études **(Burt, 2004 ; Manou *et al*., 1998)**.

Le test de diffusion en disque offre plusieurs avantages significatifs par rapport aux autres méthodes, notamment sa simplicité, son faible coût, la possibilité d'évaluer simultanément un grand nombre de micro-organismes et d'agents antimicrobiens, ainsi que la facilité à interpréter les résultats fournis **(Balouiri *et al*., 2016)**.

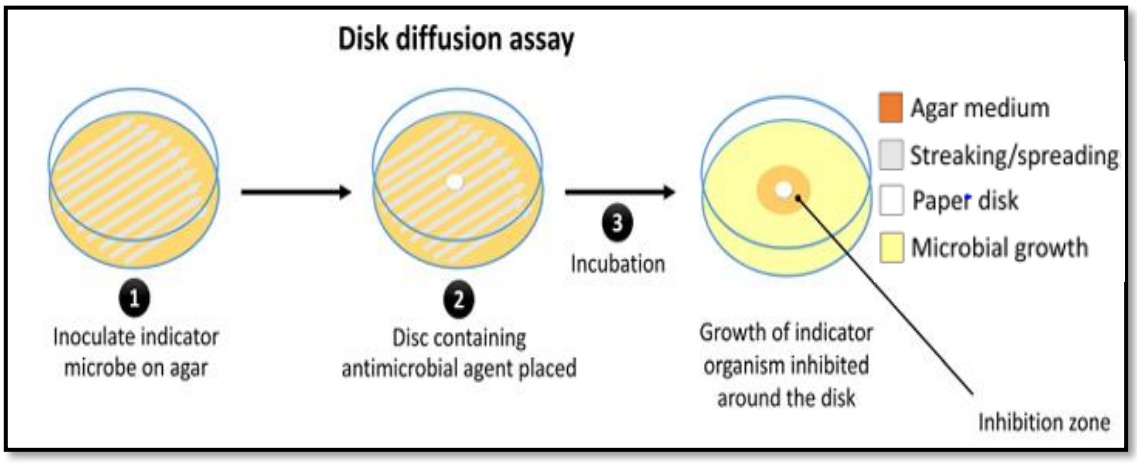


Figure 13 : Représentation du protocole de test de diffusion sur disque **(Hossain, 2024).**

2.3.1.2. La méthode de diffusion à partir des puits

La méthode de diffusion en puits d'agar est couramment utilisée pour évaluer l'activité antimicrobienne des plantes ou des extraits microbiens **(Valgas *et al*., 2007)**.

Il s'agit du test qualitatif le plus couramment utilisé pour les bactéries et les champignons. Grâce à son faible coût et à son absence de besoin en équipements de laboratoire spécialisés, il permet d'analyser un grand nombre d'échantillons.

Le principe de cette technique consiste à remplir un puits d'extrait, qui diffuse dans la gélose contenant les bactéries cibles. Ensuite, la gélose est incubée pendant 24 à 48 h. La concentration de l'extrait est inversement proportionnelle à la taille de la zone d'inhibition,

mesurée autour du puits et comparée à l'antimicrobien utilisé comme témoin **(Gonzalez-Pastor *et al*., 2023)**.

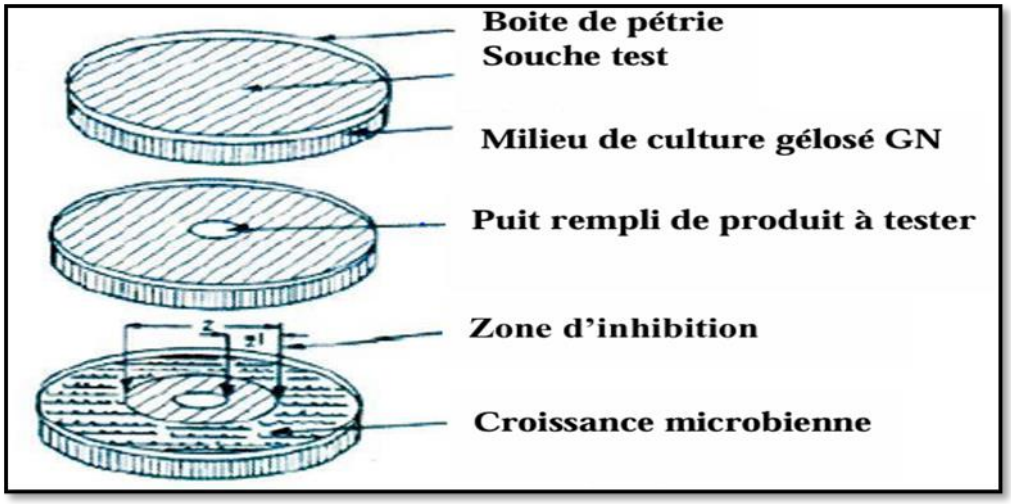


Figure 14 : Représentation schématique des protocoles de diffusion en puits **(Hamri, 2017)**.

2.3.2. Méthode de dilution

Les techniques de dilution s'appliquent en milieu solide ou liquide. Leur principe repose sur la mise en contact d'un inoculum bactérien standardisé avec des concentrations croissantes et définies de l'agent antibactérien testé, afin de déterminer la concentration minimale inhibitrice CMI **(Burnichon et Texier, 2003)**.

Les méthodes de dilution sont l'approche la plus appropriée pour déterminer les CMI. Elles permettent d'évaluer précisément la concentration de l'agent antimicrobien dans l'agar (dilution en gélose) ou en bouillon (macrodilution ou microdilution). Elles servent ainsi à mesurer quantitativement l'activité antimicrobienne in vitro contre les bactéries et les champignons **(Das *et al*., 2010)**.

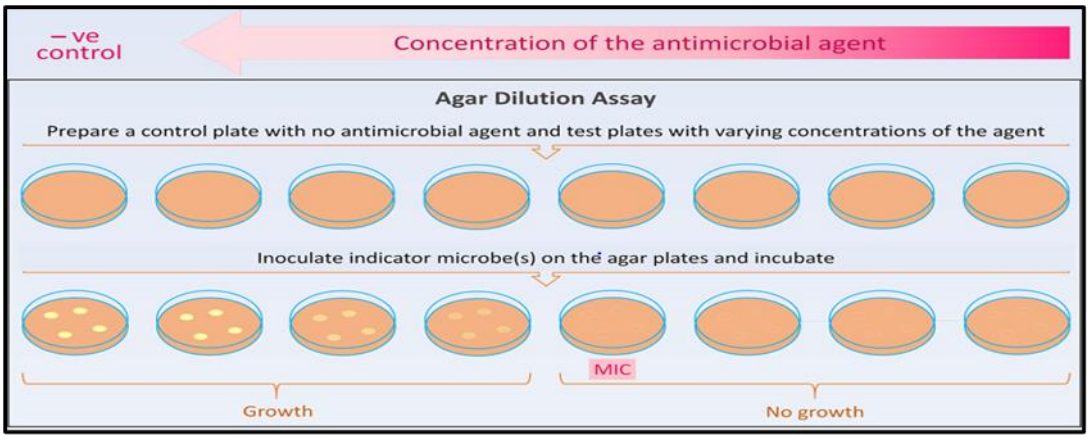


Figure 15 : Représentation du protocole de dilution en Gélose **(Hossain, 2024)**.

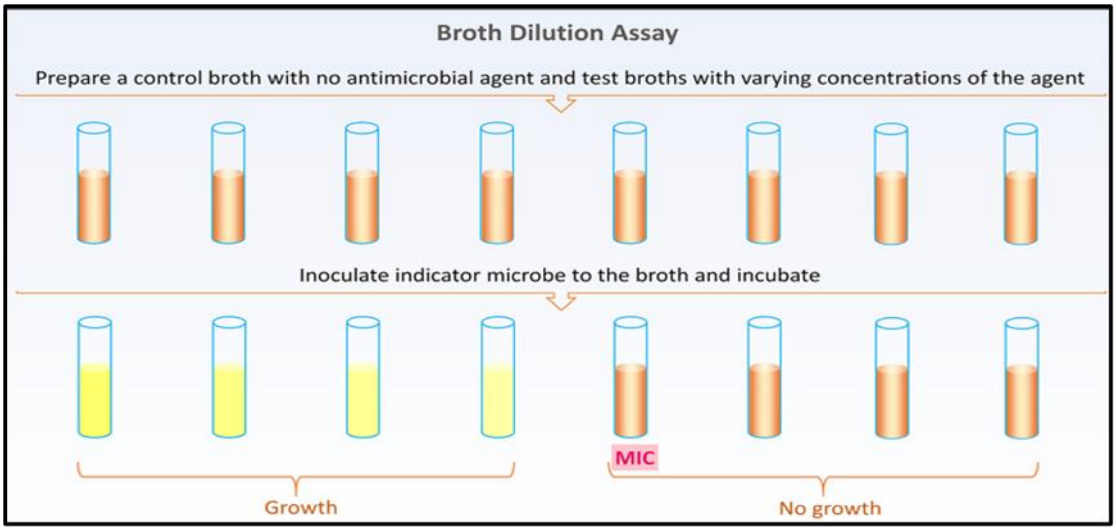


Figure 16 : Représentation du protocole de dilution en bouillon **(Hossain, 2024)**.

Chapitre II : Matériel et Méthodes

Notre étude a été réalisée au niveau du laboratoire de science de la nature et de la vie, Université El Moudjahid Abdelhafid BOUSSOUF –Mila.

Cette étude se divise en trois parties à savoir :

1. Préparation et extraction du matériel végétal.

2. Analyse phytochimique et dosage de polyphénols des extraits obtenus.

3. Etude de l'activité antioxydant, ainsi que l'activité antibactérienne.

I. Matériels et méthodes

1. Matériels

1.1. Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé dans notre étude est constitué des racines et des fruits de *C. monogyna*, qui ont été récoltés en janvier 2026 au niveau de la wilaya de Tizi-Ouzou, puis séchés à l'ombre à température ambiante afin de préserver leurs composants. Une fois séchées, les racines sont coupées en petits morceaux, tandis que les fruits sont broyés jusqu'à obtenir une poudre.



Figure 17 : Racines de *C. monogyna* sèches(A) et coupées (B).



Figure 18 : Fruits de *C. monogyna* sèches (C) et poudre (D).

1.2. Matériels et produits chimiques

Tableau 4 : les verreries, les appareilles, et les produits chimiques utilisée.

Matériel	**Produit chimique**
• Bécher • Entonnoir • Papier filtre • Erlenmeyer • Tubes à assai • Portoirs • Pipette graduée • Micropipette • Les embouts • Pipette Pasteur • Spatule • Balance de précision • Fiole jaugée • Eprouvette • Boite de pétri • Ecouvillons • Spectrophotomètre • Etuve • Autoclave • Bec Bunsen • Pied à coulisse	• Méthanol • Ethanol • DPPH • DMSO • Folin-Ciocalteu • Acide ascorbique • Acide gallique • Na_2CO_3 • Eau distillée • Eau physiologique • MH • Antibiotique (GENTAMICINE) • Gélose nutritive • $FeCl_3$ • Réactif de Wagner • Chloroforme • L'acide sulfurique • L'acide nitrique • HCl • NaOH • Ammoniaque • Mg

2. Méthodes

2.1. Préparation des extraits

Les extraits étudiés au cours de notre recherche sont préparés selon la méthode d'extraction par macération :

- **Extrait éthanoïque des racines**

Pour l'obtention d'extrait éthanoïque de *C. monogyna*, 300g de racines ont été mises à macérer dans 600 mL de l'éthanol sur un agitateur va-et-vient pendant 48 heures.

Après la macération, le mélange obtenu est filtré sur papier filtre, puis séché pour l'obtention de l'extrait pur.

Une fois séché, l'extrait obtenu est réservé dans des tubes à vis.

- **Extrait aqueux des racines**

L'extrait aqueux de la plante a été préparé à partir de 200g de racines ont été mises à macérer dans 580 mL d'eau distillée, le mélange est chauffé sur la plaque chauffante pendant 15 minutes (20 à 30 C°), puis placé sur un agitateur va- et-vient pendant 72 heures.

Après la macération, le mélange obtenu est filtré sur papier filtre, puis séché pour l'obtention de l'extrait pur.

Une fois séchée, l'extrait obtenu est réservé dans des tubes à vis.

- **Extrait méthanolique des fruits**

Pour l'obtention de l'extrait méthanolique des fruits, 40g de poudre a été mise à macérer dans 90 mL de méthanol sur un agitateur va-et-vient pendant 24 heures.

Après la macération, le mélange obtenu est filtré sur papier filtre, puis séché pour l'obtention de l'extrait pur.

Une fois séchée, l'extrait obtenu est réservé dans des tubes à vis.

2.1.1. Calcul du rendement d'extraction

Le rendement d'extraction correspond au pourcentage de la masse de l'extrait obtenu par rapport à la masse totale de la matière végétale utilisée lors de l'extraction. Il est calculé par la formule suivante **(Medjekal *et al*., 2017)** :

Le taux de la matière extraite ***(%) = [P1- P2/ E] x 100.***

Avec

P1 : poids du ballon vide (g).

P2 : poids du ballon après évaporation (g).

E : poids de l'extrait sec (g).

2.2. Etude phytochimique

❖ **Screening phytochimique**

Le screening phytochimique est une technique qualitative qui permet de détecter la présence ou l'absence de différents composés chimiques dans un matériel végétal **(Zakkad, 2017)**.

Dans le cadre de cette étude, des tests qualitatifs basé sur des réactions colorimétriques et sur la formation de précipités ont été réalisés à l'aide de divers réactifs, afin d'obtenir des informations sur la composition chimique des différents extraits végétaux **(Megzari, 2016)**, ainsi le screening phytochimique a été réalisé uniquement sur les extraits aqueux et éthanolique des racines.

➢ **Test des polyphénols**

La présence de composés phénoliques a été mise en évidence par le test au chlorure ferrique. Pour cela, 2 mL de l'extrait végétal ont été mélangés avec 3 à 4 gouttes de solution de chlorure ferrique ($FeCl_3$) à 5 %. L'apparition d'une coloration bleu noirâtre indique la présence de composés phénoliques **(Nia, 2018)**.

➢ **Test des alcaloïdes**

La détection des alcaloïdes a été réalisée à l'aide du réactif de Wagner, 4 à 5 gouttes de ce réactif ont été ajoutées à 1mL de l'extrait de l'extrait de plante. La formation d'un précipité rouge -orangé indique la présence des alcaloïdes **(Nia, 2018)**.

➢ **Test des terpénoïdes**

La détection des terpénoïdes a été réalisée selon le test suivant : 0,5mL de l'extrait de plante ont été mélangés à 2mL de chloroforme, puis 3mL d'acide sulfurique concentré ont été ajoutés. L'apparition d'une coloration brun rougeâtre de l'interface montrer la présence des terpènes **(Nia, 2018)**.

- **Test des saponines**

La présence de saponine a été évaluée par le test de formation de mousse. Pour cela, 2mL d'extrait ont été mélangés avec 2mL d'eau distillée, puis le mélange a été vigoureusement agité pendant 15 minutes. La formation d'une mousse persistante indique la présence des saponines **(Nia, 2018)**.

- **Test des Flavonoïdes (Test de Shinoda)**

La présence de flavonoïdes a été détectée par l'ajoute de quelques gouttes d'acide chlorhydrique concentré (HCl) et quelques milligrammes de magnésium (Mg) à 1mL de l'extrait de plante. L'apparition d'une coloration orange au rouge indique la présence des flavonoïdes **(Megzari, 2016)**.

- **Test des Quinones**

1mL d'acide sulfurique concentré a été ajouté avec précaution à 1mL d'extrait végétal pour détecter la présence de quinones. L'apparition d'une coloration rouge indiqué un résultat Positif (la présence des quinones).

- **Test des Protéines**

La présence des protéines a été effectuée par le test à l'acide xanthoprotéique. Une solution d'acide nitrique concentré a été ajoutée à l'extrait de plante ce qui entrainé l'apparition d'une couleur jaune caractéristique. Cette coloration indique la présence des protéines.

- **Test des Stéroïdes**

La détection de stéroïdes consiste à ajouter avec précaution 1mL d'extrait à un volume égal de chloroforme et quelques gouttes d'acide sulfurique concentré. La formation d'un anneau brun témoigne la présence des stéroïdes.

- **Test des Coumarines**

1mL d'hydroxyde de sodium à 10 % a été ajouté à 1mL d'extrait de plante. L'apparition d'une coloration jaune indique la présence des coumarines.

2.3. Dosages des composés phénoliques

2.3.1. Principe

La méthode colorimétrique de Folin-Ciocalteu a été utilisée pour identifier la quantité totale de polyphénols dans les extraits de *C. monogyna*. Dans ce contexte, l'acide gallique

(Figure 19) a servi de référence pour les analyses effectuées. Cette technique s'appuie sur une réaction de réduction, en milieu alcalin, d'une combinaison d'acide phosphotungstique ($H_3P(W_3O_{10})_4$) et d'acide phosphomolybdique ($H_3Pmo_{12}O_4$), déclenchée par les groupements oxydables des composés phénoliques contenus dans l'échantillon **(Guessoum, 2021)**.

L'évaluation de la quantification totale de polyphénols a été effectuée en utilisent une courbe d'étalonnage linéaire (y = ax + b), créée dans les mêmes conditions expérimentales que celles de l'échantillon **(Bouchouka, 2016)**.

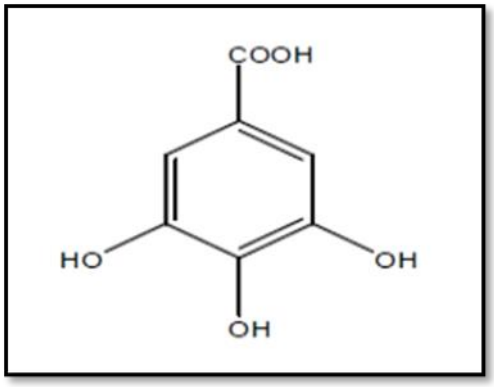


Figure 19 : Structure de l'acide gallique **(Guessoum, 2021)**.

2.3.2. Protocole

La méthode employée pour déterminer la teneur totale en polyphénols dans les différents extraits est la méthode de Folin-Ciocalteu.

La solution mère d'acide gallique préparé (0.2mg/mL dans le méthanol) a été diluée en des concentrations variées (25, 50, 75, 100, 125, 150, 175 et 200µg/mL). 1mL de chaque dilution a été introduit dans des tubes à essais, puis 5 mL de réactif de Folin- Ciocalteu dilué au 1/10 a été ajouté. Après une légère agitation des tubes afin d'assurer l'homogénéité des solutions 3.75 mL de Na_2CO_3 a été ajouté. Ensuite tous les tubes ont été incubés à température ambiante et à l'abri de la lumière, les absorbances ont été mesurées à l'aide d'un spectrophotomètre à 765 nm.

Le même protocole a été applique à l'acide gallique : 1mL de celle-ci a été introduit dans des tubes avant l'ajout des autres réactifs.

Le blanc est constitué de 1mL de méthanol mélangé à 5mL Folin-Ciocalteu et 3.75 mL de carbonate de sodium. Les résultats sont exprimés en mg d'équivalents d'acide gallique par gramme d'extrait.

Chaque test a été effectué en 3 essais afin de garantir la fiabilité des résultats

2.4. Eude biologique

2.4.1. Évaluation de l'activité antioxydante par la méthode DPPH

2.4.1.1. Principe

Le test au DPPH est l'une des méthodes colorimétriques les plus simples, les plus rapides et les plus utilisées pour évaluer l'activité antioxydante des composés purs et des extraits végétaux **(Mishra *et al*., 2011)**. Elle repose sur la capacité des antioxydants à piéger le radical libre stable DPPH (2,2-diphényl-1-picrylhydrazyle). Lors de la réaction, les antioxydants donneurs de protons réduisent le DPPH en sa forme non radicalaire DPPH-H (2.2-diphényl-1-picryl-hydrazine), entraînant une diminution significative de l'absorbance mesurée à 515-517 nm, accompagnée d'une décoloration visible du violet au jaune. L'importance de cette diminution d'absorbance ainsi que l'intensité de la décoloration sont directement proportionnelles à la concentration de l'antioxydant, à son aptitude à céder des protons et à son activité antioxydante globale **(Siddeega *et al*., 2020)**.

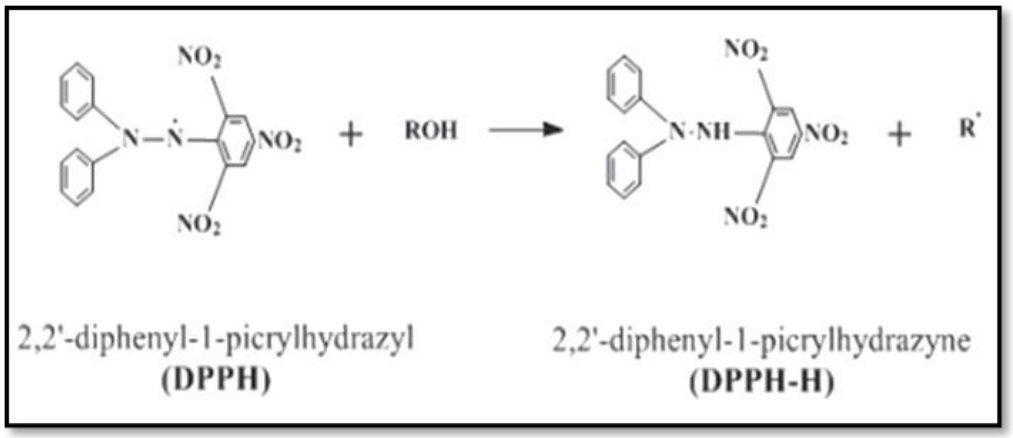


Figure 20 : Réaction symbolisant le principe de la méthode du DPPH **(Dhouioui, 2016)**.

2.4.1.2. Protocole

Pour l'évaluation de l'activité antioxydante, tout d'abord une solution DPPH a été préparée :

6mg de DPPH ont été dissout dans 150 mL de MeOH.




Ensuite 1.6 mL de DPPH a été ajoutée à chaque 400µl de chaque concentration d'extrait végétal diluée (racines et fruits). Chaque teste a été effectué en 2 essais afin de garantir la fiabilité des résultats. La même méthode s'applique au témoin positif qui est l'acide ascorbique (1.6 mL de DPPH pour chaque 400µl de concentration diluée). Tous les tubes sont incubés pendant 30 min à l'abri de la lumière à température ambiante, puis l'absorbance est lue à 517 nm.

Le pourcentage d'inhibition du radical DPPH (%) est calculée à l'aide de l'équation suivante : Inhibition (%) = [(A contrôle – A échantillon) / A contrôle] x 100.

Avec :

A : Absorbance.

2.4.2. Évaluation de l'activité antibactérienne

Il existe plusieurs méthodes pour l'évaluation de l'activité antibactérienne des extraits des plantes. Dans notre étude la méthode de diffusion sur disque a été choisie.

2.4.2.1. Principe

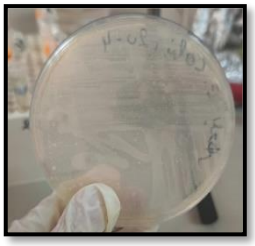
La méthode de diffusion sur disque est une technique couramment utilisée pour évaluer l'activité antimicrobienne des composés naturels ou synthétiques. Elle repose sur la diffusion de l'agent antimicrobien dans la gélose nutritive, où il inhibe la croissance du micro-organisme testé.

Dans cette méthode, des boîtes de Pétri contenant de la gélose Mueller-Hinton (diamètre 90 mm) sont ensemencées uniformément avec un inoculum standardisé de la souche bactérienne à tester. Des disques de papier filtre stériles (diamètre 6 mm), imprégnés de la solution du composé à évaluer à la concentration désirée, sont ensuite déposés à la surface de la gélose. Après incubation des boîtes à 37 °C pendant 24 heures (en conditions aérobies ou

anaérobies selon le micro-organisme), le diamètre de la zone d'inhibition autour de chaque disque est mesuré. Ce diamètre est considéré comme un indicateur direct de l'activité antibactérienne du composé testé **(Meenakshi *et al*., 2017)**.

2.4.2.2. Différentes souches bactériennes utilisées

Tableau 5 : Les différentes souches bactériennes utilisé et leurs références.

Les souches bactériennes			
E. Coli	***Staphylococcus Aureus***	***Bacillus subtillis***	***Pseudomonas Aeruginasa***
			
NCTC 10538	ATCC 6538	ATCC 10876	NCIMB 8626

2.4.2.3. Protocole

2.4.2.3.1. Revivification des souches

La revivification des souches bactériennes a été réalisée par ensemencement à partir d'un milieu nutritif solide à l'aide d'une anse de platine sur des boites de pétris contient la gélose. Puis, ces boites ont été incubée dans l'étuve pendant 24 h à 37°C afin d'obtenir des cultures jeunes.




2.4.2.3.2. Préparation des dilutions

Une série de dilutions a été préparé à partir d'une solution mère de différents extraits (300mg/1mL pour l'extrait des racines et des fruits). Le DMSO a été utilisé comme solvant (figure 21).

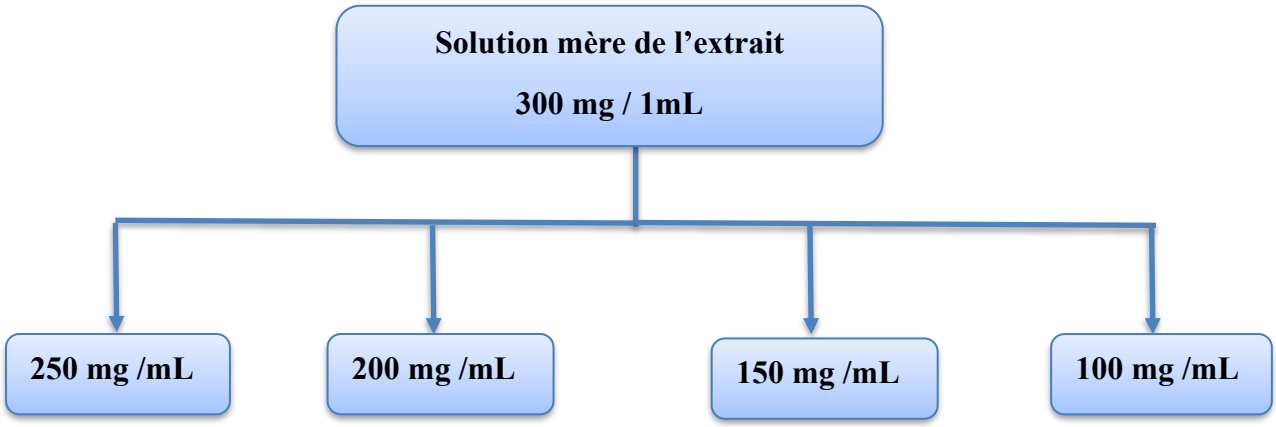


Figure 21 : Les différentes dilutions des extraits.

2.4.2.3.3. Préparation de milieu de culture

Dans notre étude, le Muller Hinton (MH) a été utilisé comme milieu de culture. Il a été préparé en dissolvant 38g de poudre dans 1 litre d'eau distillée à l'aide d'une plaque chauffante agitatrice. Une fois dissous, le mélange a été versé dans des flacons, puis stérilisé à l'autoclave.

Ensuite, dans un poste de travail bien stérile en présence du Bec Bunsen les boites de pétries stérile sont divisées en quatre partie (SM, D1, D2, D3, D3 et AB), puis le milieu MH a été coulé dans ces boîtes, et laissé pendant 30 minutes jusqu'à ce qu'il soit complètement séché.



2.4.2.3.4. Préparation des disques

Les disques utilisés ont été préparé à partir de papier filtre avec un diamètre de 6 mm. Ensuite ils ont été placés dans des boîtes en verre et mis dans l'autoclave pour être stérilisé.

2.4.2.3.5. Préparation de l'inoculum

Quelques colonies de bactéries culturelles ont été prélevées à l'aide d'une anse de platine et placées dans des tubes stérile contenant 9 mL d'eau physiologique. Ces tubes ont été bien agités à l'aide d'un vortex, puis la suspension obtenue a été ajustée à une turbidité comprise entre 0.08 et 0.1.



L'ensemencement des boites de pétri préalablement coulée a été réalisé par le trempage d'un écouvillon stérile dans la suspension bactérienne en le frottant sur la surface du milieu MH.

La boîte a été inclinée selon un angle précis afin de garantir une couverture complète de sa surface.



Ensuite, les disques (2 à 3 disques à chaque concentration) ont été dépôt sur la surface de la boite de pétri ensemencé à l'aide d'une pince bien stérile.10 µl de chaque dilution et de SM et de témoin positif qui est la gentamicine ont été met sur les disques.

Après ça les boites de pétri ont été incubée pendant 24 h à 37°C dans l'étuve. Chaque teste a été effectué en 3 essais afin de garantir la fiabilité des résultats.

Après 24 heures d'incubation à température adéquate, la présence d'une zone d'inhibition circulaire et claire autour de chaque disque indique l'absence de croissance bactérienne dans cette zone. Cette zone résulte de la diffusion de la substance active dans la gélose, qui empêche le développement des micro-organismes sensibles. La mesure du diamètre de cette zone d'inhibition (exprimé en millimètres) permet d'apprécier le degré de sensibilité du germe testé. En règle générale, plus le diamètre de la zone est important, plus la souche bactérienne est sensible à la substance étudiée **(Guessoum *et al*., 2019)**.

A cet effet, une souche bactérienne est dite :

- ✓ **Résistante** : si la mesure du diamètre est < à 8 mm.
- ✓ **Sensible** : si cette mesure est comprise entre 8 et 14 mm.
- ✓ **Très sensible** : si celle-ci est comprise entre 15 et 19 mm.
- ✓ **Extrêmement sensible :** Au de-là de 20 mm **(Okpekon *et al*., 2023)**.

Chapitre III : Résultats et discussion

1. Rendements d'extraction

Les divers extraits issus des racines et des fruits de la plante *C. monogyna* contiennent des rendements et des caractéristiques différents, et les résultats sont donnés dans le tableau suivant :

Tableau 6 : Rendements et caractéristiques des extraits des racines et des fruits de *C. monogyna*.

Extraits	**Rendements**	**Couleurs**	**Aspects**
Extrait aqueux des racines	31 ,47 %	Brun noirâtre	Pâteux
Extrait éthanolique des racines	19,93 %	Rouge noirâtre	Sirupeux
Extrait méthanolique des fruits	10 ,4%	Rouge bordeaux	Sirupeux

Les résultats montrent que le rendement de l'extrait aqueux, qui représente 31,47% est supérieure à celle de l'extrait éthanolique, qui est de 19,93%, tandis que l'extrait méthanolique présente la valeur la plus faible par rapport aux extraits précédents, avec un taux de 10 ,4%.

Cette différence peut s'expliquer par la quantité de matière végétale, le volume de solvant utilisée, la partie de la plante étudiée, ainsi que par le temps de macération.

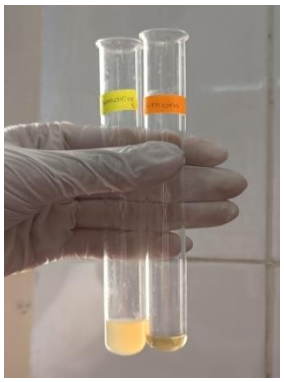
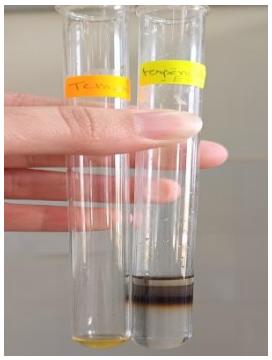
2. Screening phytochimiques

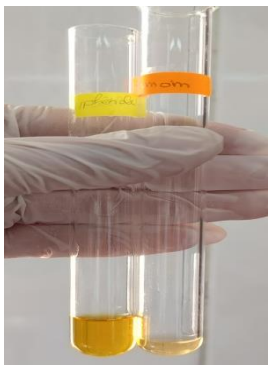
Les tests phytochimiques préliminaires des extraits de racines de *Crataegus monogyna* ont donné les résultats présentés dans le tableau suivant :

Les résultats seront classés selon **(Bouakkaz, 2013)** :

- test très positif : (+ + +).
- test positif : (+ +).
- test faiblement positif : (+).
- test négatif : (−).

Tableau 7 : Les résultats de screening phytochimique de l'extrait éthanolique des racines.

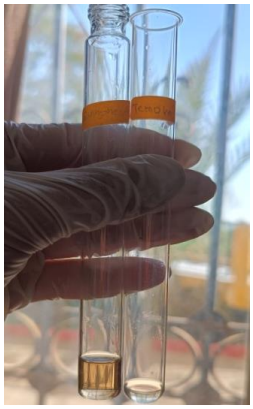
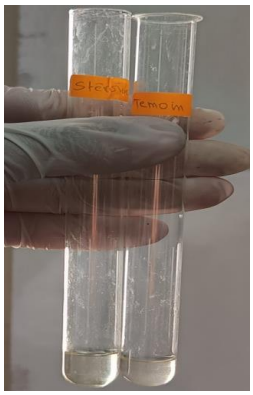
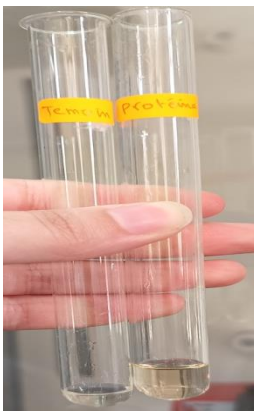
Métabolites secondaire	Résultats	Observations
Coumarines	++	
Terpénoïdes	+++	
Quinones	–	
Saponines	–	

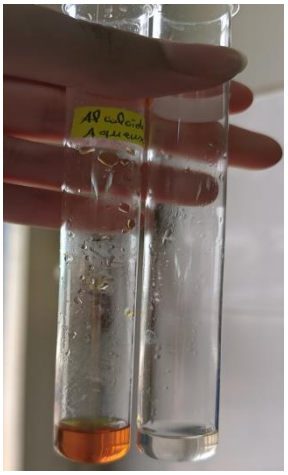
Stéroïdes	++	
Protéines	–	
Polyphénols	–	
Alcaloïdes	+++	

Flavonoïdes	–	

Tableau 8 : Les résultats de screening phytochimique de l'extrait aqueux des racines.

Métabolites secondaires	Résultats	Observations
Coumarines	++	
Terpénoïdes	++	

Quinones	–	
Saponines	–	
Stéroïdes	–	
Protéines	+	

Polyphénols	–	
Alcaloïdes	+	
Flavonoïdes	–	

Les résultats obtenus montrent la présence de coumarines, terpénoïdes, stéroïdes et d'alcaloïdes dans l'extrait éthanolique, ainsi que l'absence de quinones, polyphénols, flavonoïdes, protéines et les saponines. Quant à l'extrait aqueux, on trouve les protéines, coumarines, les alcaloïdes et les terpénoïdes avec l'absence de quinones, polyphénols, flavonoïdes, les stéroïdes et les saponines.

La présence de ces métabolites secondaires témoigne la possibilité de la présence des activités biologiques intéressantes.

L'absence des autres composés peut s'expliquer par leur faible concentration dans les racines et le type de solvant utilisé pour l'extraction.

3. Dosage de polyphénols

Les teneurs en polyphénols des différents extraits (aqueux, éthanolique et méthanolique) ont été calculées à partir la courbe standard (l'acide gallique) représenté dans la figure 22, dont l'équation est y = 0,0055x - 0,0029, avec un coefficient de détection R^2 = 0.988.

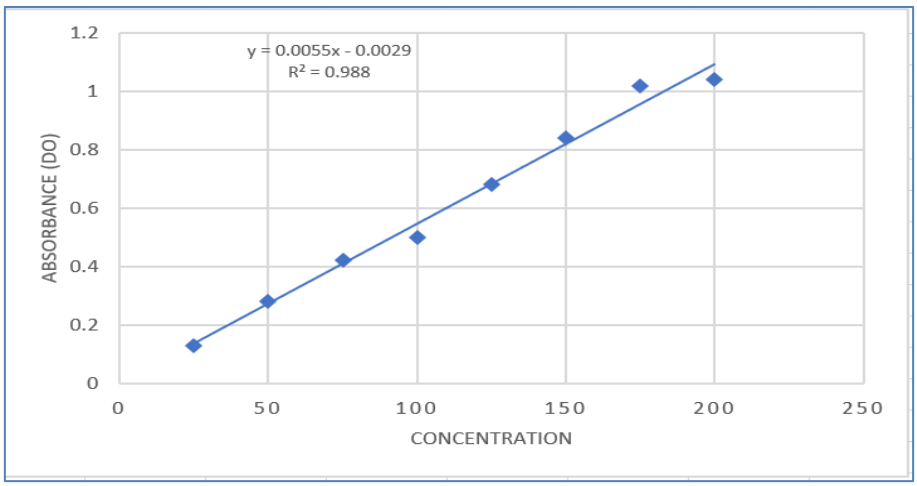


Figure 22 : Courbe d'étalonnage d'acide gallique.

Les résultats sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau 9 : Les concentrations de polyphénols dans les différents extraits.

Extraits	Aqueux des racines	Éthanolique des racines	Méthanolique des fruits
Taux totale en polyphénols (µg EAG/mg)	107 ±14,66	66,82 ± 8,45	257,01 ±7,61

Selon les résultats obtenus, il ressort que l'extrait méthanolique présente la teneur la plus élevée en polyphénols (257,01±7,61µg EAG/mg), suivi par l'extrait aqueux (107±14,66 µg EAG/mg), puis l'extrait éthanolique (66,82± 8,45 µg EAG/mg). Ces résultats indiquent que la partie aérienne de *C. monogyna* (Fruits) est plus riche en polyphénols que la partie souterraine (Racines). Cette variation peut s'expliquer par la différence entre les parties végétales étudiées

(fruits et racines) ainsi que par la nature du solvant d'extraction utilisé et la solubilité des composés phénoliques dans les solvants d'extraction.

A travers les études antérieures menées sur les fruits du *Crataegus monogyna L.*, il ressort que l'étude **(Pugna *et al.*, 2022)** ayant rapporté une teneur en polyphénols de 105 µg GAE/mg est inférieure à la valeur obtenue dans notre étude, En revanche, l'étude **(Pliszka *et al.*, 2016)** a révélé une valeur de 602.7 mg GAE/100 g au niveau des fruits, supérieure à celle de notre travail. Ces différences peuvent être attribuées à plusieurs facteurs, dont les plus importants sont : la différence dans la méthode d'extraction utilisée, la concentration de l'extrait, ainsi que la région et la période de récolte des fruits.

4. Evaluation de l'activité antioxydante

L'activité antioxydante de différent extraits (aqueux, éthanolique et méthanolique) a été évalué par la méthode de Piégeage par le radical libre DPPH, pour cela les pourcentages d'inhibitions ont été calculés pour chaque concentration des extraits, puis ces valeurs ont été utilisées pour tracer des courbes (pourcentage d'inhibition en fonction de la concentration).

Ces courbes ont permis d'évaluer la capacité antioxydante pour tous les extraits et seront exploitées pour déterminer les valeurs d'IC_{50} (la concentration de l'extrait qui provoque la perte de 50% de l'activité de DPPH). Les résultats ont été présents par la moyenne de 2 essais.

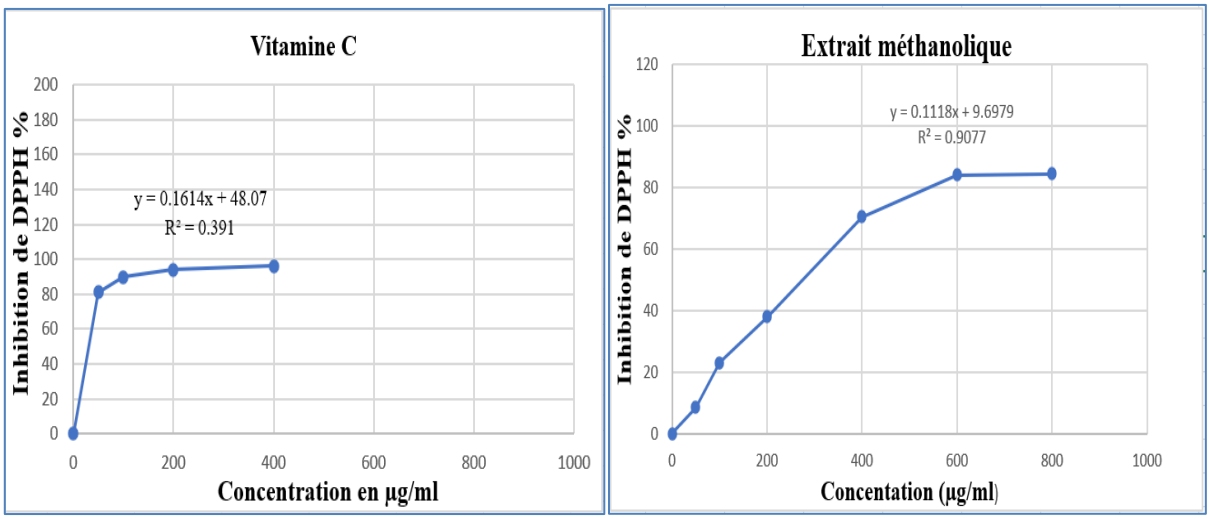


Figure 23 : Courbes de l'activité antioxydante de la vitamine C et l'extrait méthanolique.

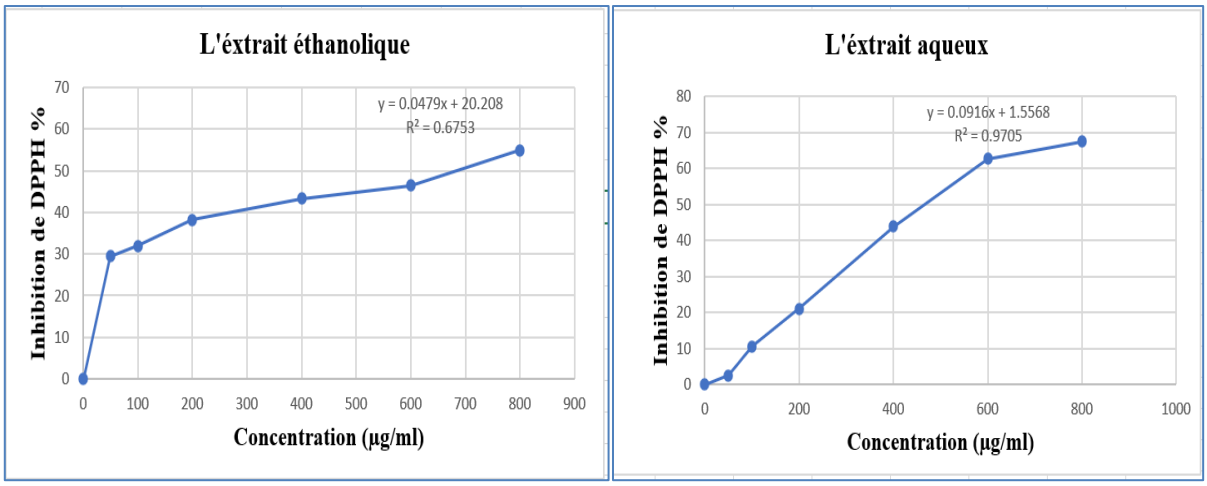


Figure 24 : Courbes de l'activité antioxydante de l'extrait éthanolique et l'extrait aqueux.

Les valeurs d'IC50 de différents extraits et de vitamine C (acide ascorbique) calculées graphiquement sont représentées dans le tableau suivant :

Tableau 10 : Les valeurs d'IC50 de l'acide ascorbique et les différents extraits.

Extraits	**IC_{50} (µg/ml)**
Aqueux des racines	528 ,85 (µg/ml)
Éthanolique des racines	621 ,96 (µg/ml)
Méthanolique des fruits	360,48 (µg/ml)
Vitamine C	11,95 (µg/ml)

Les résultats obtenus montrent une différence entre les valeurs de IC_{50} de l'extrait aqueux, éthanolique et méthanolique par rapport à la vitamine C qui été utilisé comme standard.

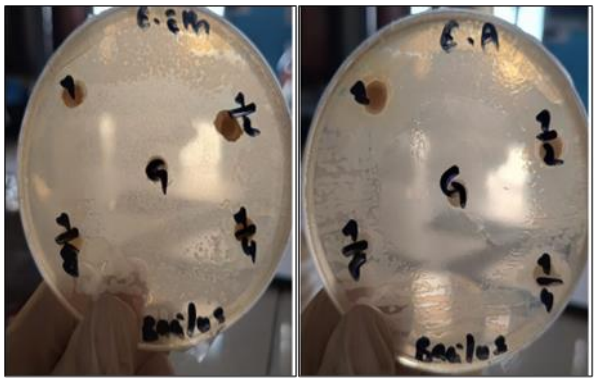
La vitamine C atteint la plus faible valeur d'IC_{50} estimée à 11,95 ce qui indique une activité antioxydante plus élevée. Alors que, l'extrait aqueux des racines a affiché une IC_{50} de 528 ,85 c'est-à-dire une capacité antioxydante plus élevée que l'extrait éthanolique qui montre une IC_{50} de 621,96. Tandis que, l'extrait méthanolique des fruits a montré la meilleure capacité antioxydante par rapport aux extraits végétaux testés avec une IC_{50} de 360,48.

Cette différence peut être expliquée par la nature des composés bioactifs extraits par chaque solvant, la teneur en polyphénols ainsi que par la partie de la plante étudiée.

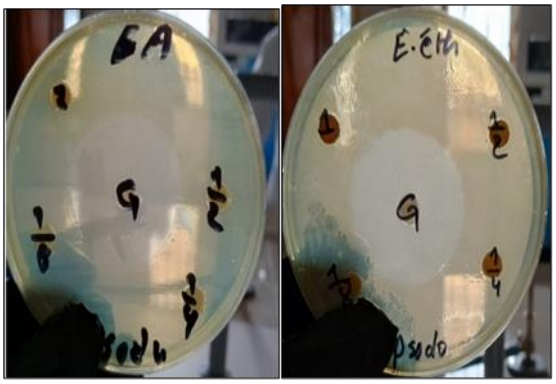
Les études antérieures montrent que l'étude **(Ziouche *et al*., 2020)** a rapporté une valeur d'IC_{50} de 323.87 µg/ml, laquelle est très proche de celle obtenue dans notre étude (360,48), cette concordance renforce la fiabilité de nos résultats et confirme le potentiel antioxydant modéré des fruits de *Crataegus monogyna L*. En revanche l'étude de **(Pugna *et al*., 2022)** a mise en évidence une valeur d'IC_{50} de 18.21µg/ml qui est inférieur à notre valeur ainsi qu'à celle de l'étude de **(Ziouche *et al*., 2020).** Cette différence peut être attribuée par l'origine botanique ainsi que la méthode d'évaluation d'activité.

5. Evaluation de l'activité antibactérienne

Les résultats de notre étude de l'activité antibactérienne des extraits aqueux et éthanolique des racines de *C. monoguna* ont montré l'absence totale de zone d'inhibition autour des disques imprégnés des deux extraits, ce qui indique que toutes les espèces bactériennes testée (*B. subtillis*, *E.coli*, *P. aeruginosa* et *S. aureus*) sont résistantes à ces extraits.



B. subtillis



P. aeruginosa

Ce résultat peut être expliqué par la faible concentration des composés actifs présents dans les racines, l'influence des solvants utilisés pour l'extraction, ainsi que la période de la récolte des racines (celle-ci ayant été effectuée hors saison).

Concernant l'extrait méthanolique des fruits de cette plante, il a montré des zones d'inhibitions chez *E.coli* et *Bacillus*, ce qui indique leur sensibilité à cet extrait. En revanche, aucun effet n'a été observé chez *P. aeruginosa* et *S. aureus*, ce qui indique qu'elles sont résistantes à l'extrait.

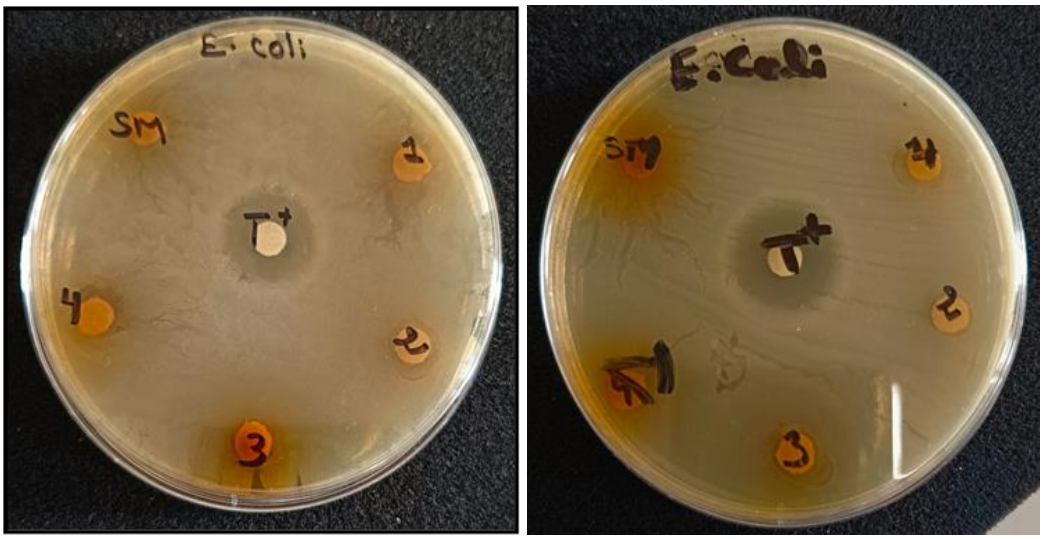
Les résultats sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau 11 : Zones d'inhibitions (mm) des souches bactériennes avec l'extrait méthanolique

Les souches bactériennes	**Zones d'inhibitions (mm)**					
	SM 300 (mg/mL)	C1 250 (mg/mL)	C2 200 (mg/mL)	C3 150 (mg/mL)	C4 100 (mg/mL)	Gentamicine (test positive)
E. coli	7,85	_	8,82	7,41	9,11	16,87
B. subtilis	9,52	7,05	_	7,76	_	30,02
P. aeruginosa	_	_	_	_	_	30,53
S.aureus	_	_	_	_	_	15,66

Selon le tableau, les bactéries Gram+ et Gram- se sont révélées sensibles à cet extrait, mais à un faible degré. *E. coli* ait montré des zones inhibitrices vis-à-vis aux concentrations 200 mg/mL et 100 mg/mL, par contre la solution mère et les concentrations 250 et 150 mg/mL ont montré une résistance envers la bactérie. Tandi que *Bacillus* a présenté une zone d'inhibition important avec la solution mère. Cependant il a montré une résistance aux concentrations de 250, 200 ,150 et 100 mg/mL.

Concernant les autres bactéries (*P. aeruginosa et S.aureus*) se sont révélées totalement résistantes aux différentes concentrations.



E.Coli



Bacillus

Figure 25 : Zones d'inhibitions des souches bactériennes.

Ces résultats peuvent s'expliquer par les différences de structure de la paroi cellulaire entre les espèces bactériennes étudiées, ainsi que par la nature et la concentration des composés bioactifs présent dans l'extrait.

Les études antérieures sur l'extrait méthanolique selon (**Yigit *et al*., 2014**) montre une activité antibactérienne faible contre *S. aureus* avec une zone d'inhibition de 8 mm, alors que dans notre étude cette bactérie s'est révélée résistante à l'extrait. Tandis que *E. coli* et *Bacillus* ne montre aucune activité mais dans notre étude ces bactéries révélée des zones d'inhibition (9.11 mm chez *E.coli* et 9.52 mm chez *Bacillus*). En plus dans une autre étude **(Ahmed**

Qalatobzany *et al*., 2025) menée sur les rameaux de cette plante, l'extrait est révélé des zones d'inhibition estimées à 5,20 pour *B. subtilis* et 6,25 mm pour *S. aureus*.

Cette différence s'explique par la partie de la plante étudiée, les variations de concentration d'extrait utilisé, la région de collecte de la plante, ainsi que la méthode utilisée pour l'extraction.

Conclusion générale

Conclusion générale

Etant donné que *Crataegus monogyna L* constitue l'une des plantes médicinales les plus importantes et les plus répondues, notre étude a été réalisée dans le but d'effectuer une analyse phytochimique et biologique des parties aériennes et souterraines (fruits et racines) de cette plante. Dans ce cadre, des résultats significatifs ont été obtenus.

L'étude phytochimique a montré que l'extrait éthanolique des racines est riche en coumarines, terpénoïdes, stéroïdes et alcaloïdes tandis que l'extrait aqueux contient à la fois des alcaloïdes, protéines, coumarines et des terpénoïdes. De plus, l'extrait méthanolique des fruits a présenté la teneur la plus élevée en polyphénols (257,01 ± 7,61 µg EAG/mg) par rapport aux autres extraits (Aqueux : 107 ± 14,66 µg EAG/mg et éthanolique : 66 ,82 ± 8 ,45 µg EAG/mg), ce qui lui confère la plus forte activité antioxydante (IC_{50}=360,48 µg/ml), suivie par l'extrait aqueux (IC_{50} = 528,85 µg/ml) puis l'extrait éthanolique (IC_{50} = 621,96 µg/ml).

En ce qui concerne l'activité antibactérienne évaluée sur les différentes souches bactériennes notamment *Escherichia coli*, *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas aeruginosa* et *Staphylococcus aureus*. L'extrait aqueux et éthanolique des racines n'ont montré aucune activité contre ces souches, tandis que l'extrait méthanolique des fruits a montré une sensibilité à *Escherichia coli* et *Bacillus subtilis*, et une résistance à *Pseudomonas aeruginosa* et *Staphylococcus aureus*.

En conclusion, à travers notre étude et les résultats obtenus, il ressort que *Crataegus monogyna L.* dans ses différentes parties, constitue une source majeure de composés naturels actifs contribuant à plusieurs activités biologiques, notamment l'activité antioxydante. Ces résultats mettent en évidence l'importance de cette plante et son potentiel d'utilisation dans divers domaines, tels que les domaines pharmaceutiques et thérapeutiques en plus de son usage médicinal. Par conséquent, il est nécessaire d'élargir le champ des recherches et des études sur cette espèce afin de mettre en évidence d'autres composés et activités biologiques, en ayant recours à des méthodes plus avancées.

Références Bibliographiques

Références bibliographiques

- **Abuashwashi, M.A. ; Palomino, O.M. & Gomez-Serranillos, M.P. (2016).** Geographic origin influences the phenolic composition and antioxidant potential of wild Crataegus monogyna from Spain. *Pharmaceutical biology*, vol. 54, NO. 11, 2708–2713.
- **Ahmed Qalatobzany, H.S. ; Muhammad, K.A. ; Lateef, D.D. ; Rasul, K.S. ; Ibrahim, A.S. ; Parreirae, M. C. & Weisany, W. (2025).** Analysis of the Metabolic Profile and Biological Activity of Hawthorn Species Twigs: Crataegus azarolus and Crataegus monogyna. *Kurdistan Journal of Applied Research (KJAR),* 10(01):116-125.
- **Alkazemi, J.J.A. (2019).** Antioxidants Types. *International Journal of Life Sciences Research*, 7(2), 1-3.
- **Al-Khayri, J.M.; Rashmi, R.; Toppo, V.; Chole, P.B.; Banadka, A.; Sudheer, W.N.; Nagella, P.; Shehata, W.F.; Al-Mssallem, M.Q.; Alessa, F.M.; Almaghasla, M.I. & Rezk, A.A.S. (2023).** Plant Secondary Metabolites: The Weapons for Biotic Stress Management. *Metabolites*, 13, 716.
- **Atta, E.M.; Mohamed, N.H. & Abdelgawad, A.A.M. (2017)**. Antioxidants: an overview on the natural and synthetic types. *EC Nutrition*. 6(8), 365-375.
- **Bahri, H.; Benkirane, Ch. & Tazi, B. (2019).** Antioxidant activity of hawthorn (Crataegus monogyna) from Morocco. *Academia Journal of Medicinal Plants,* 7(2): 030-035.
- **Baliyan, S.; Mukherjee, R.; Priyadarshini, A.; Vibhuti, A. & Gupta, A. (2022).** Determination of Antioxidants by DPPH Radical Scavenging Activity and Quantitative Phytochemical Analysis of Ficus religiosa. *Molecules,* 27(4): 1326.
- **Balouiri, M. ; Sadiki, M. & Ibnsouda, S.K. (2016).** Methods for in vitro evaluating antimicrobial activity: A review. *Journal of Pharmaceutical Analysis*, 6(2), 71-79.
- **Barros, L.; Carvalho, A.M. & Ferreira, I.C.F.R. (2010).** Comparing the composition and bioactivity of Crataegus monogyna flowers and fruits used in folk medicine. *Phytochemical Analysis*, 21(6), 555–563.
- **Basavarajappa, G.M.; Rehman, A.; Shiroorkar, P.N.; Sreeharsha, N.; Anwer, M.K. & Aloufi, B. (2023).** Therapeutic effects of Crataegus monogyna inhibitors against breast cancer. Front. *Pharmacol*. 14:1187079.

- **Bedlovicová, Z.; Strapác, I.; Baláz, M. & Salayová, A. (2020)**. A Brief Overview on Antioxidant Activity Determination of Silver Nanoparticles. *Molecules*, 25, 3191.
- **Benharzallah, R. (2024).** Effet des prétraitements et la conservation sur la germination des graines d'Aubépine (*Crataegus monogyna* Jacq).Université Aboubekr Belkaid – Tlemcen. P.5
- **Blancas, P.J.S. ; Diesta, J.S. & Ramirez, R.J.B. (2022).** Flavonoid & steroid composition of twelve selected Malaueg medicinal plants. *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences*, Vol. 21, No. 1, p. 31-36.
- **Boizot, N. et Charpentier, J.P. (2006).** Méthode rapide d'évaluation du contenu en composés phénoliques des organes d'un arbre forestier. *Cahier des Techniques de l'INRA*, 79-82.
- **Bouakkaz, S. (2013).** Métabolites secondaires du figuier Ficus Carica L., Isolement, identification structurale, dosage par HPLC couplée à la spectrométrie de masse et activités biologiques. Thèse de doctorat, Université 8 mai 1945 de Guelma, Faculté des Mathématiques, de l'Informatique et des Sciences de la Matière. P29.
- **Bouaziz, A. (2014).** Identification de métabolites secondaires des plantes, protecteurs des photorécepteurs à cônes pour le traitement de la rétinopathie pigmentaire. Thèse de doctorat, Université Pierre et Marie Curie- Paris VI.P35.
- **Bouchouka, E. (2016).** Extraction des polyphénols et étude des activités antioxydante et antibactérienne de quelques plantes Sahariennes. Thèse de doctorat en science, Université Badji mokhtar –Annaba. P 55
- **Boudraa, S. ; Hambaba, L. ; Zidani, S. et Boudraa, H. (2010).** Composition minérale et vitaminique des fruits de cinq espèces sous exploitées en Algérie : Celtis australis L., Crataegus azarolus L., Crataegus monogyna Jacq., Elaeagnus angustifolia L. et Zizyphus lotus L. *Fruits*, 65(2), 75–84.
- **Burnichon, N. et Texier A. (2003).** L'antibiogramme : la détermination de la sensibilité aux antibiotiques. *Des bactériologies*.
- **Burt, S. (2004).** Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods. *International Jornal of Food Microbiology*, vol. 94, p.223-253.

- **Cristea, A.M.; Smeu, A.; Cîmpeanu, I.A.; Iftode, A.; Liga, S.; Tchiakpe-Antal, D.S.; Vlad, D.; Dehelean, C.A. & Iliescu, D. (2025).** Biological Effects of Rosaceae Species in Skin Disorders—an Up-To-Date Overview. *Plants*, 14, 1605.
- **Cristea, E.; Ghendov-Mosanu, A.; Pintea, A.; Sturza, R. & Patras, A. (2024).** Color stability and antioxidant capacity of *Crataegus monogyna Jacq*. Berry extract influenced by different conditions. *Horticulturae*, *10*, 1184. [CrossRef]
- **Dar, R.A.; Shahnawaz, M.; Ahanger, M.A. & Majid, I.U. (2023).** Exploring the Diverse Bioactive Compounds from Medicinal Plants: A Review. *The Journal of phytopharmacology*, 12(3):189-195.
- **Das, K.; Tiwari, R.K.S. & Shrivastava, D.K. (2010).** Techniques for evaluation of medicinal plant products as antimicrobial agent: Current methods and future trends. *Journal of Medicinal Plants Research,* 4(2), 104-111.
- **Defraigne, J.O. et Pincemail, J. (2008).** Stress oxydant et antioxydants : mythes et réalités. Revu, 63, 10-19.
- **Dekić, V. ; Ristić, N. ; Dekić, B. & Ristić, M. (2020).** Phenolic and flavonoid content and antioxidant evaluation of hawthorn (Crataegus monogyna Jacq.) Fruits and leaves extracts. *Natural sciences*, pp. 20-25.
- **Delarras, C. (2007).** Microbiologie pratique pour le laboratoire d'analyse ou de contrôle sanitaire. *Tec & Doc. Paris*. P: 289, 476.
- **Desai, S.D. ; Desai, D.G. & Kaur, H. (2009).** Saponins and their Biological Activities. *Pharma Times*, Vol 41 - No. 3.
- **Dhouioui, M. (2016).**Contribution à l'étude phytochimique d'espèces végétales de la flore tunisienne (*Aristolochialonga* L. et *Bryonia dioïca* Jacq.): évaluation des activités antioxydante et antimicrobienne. Thèse de Doctorat en Chimie, Université de Tunis el Manar. P50
- **Djeddi, S. & Boutale, H. (2014).** Evaluation of antioxidative and antibacterial potentials of Crataegus monogyna Jacq. From Mahouna mountain (Algeria).University of Badji Mokhtar BP 12, Annaba 23000. *Journal of Advanced Sciences & Applied Engineering* Vol. 01, N° 01 60-63.

- **Doron, S. & Gorbach, S. L. (2008).** Bacterial Infections: Overview. *In International Encyclopedia of Public Health* (p. 273-282). Elsevier.
- **Ejrnæs, K. (2011).** Bacterial Characteristics of Importance for Recurrent Urinary Tract Infections Caused by Escherichia coli. *Danish Medical Bulletin*, 58(4), B4187.
- **El Aziz, M.M.; Ashour, A.S. & Melad, A.L.G. (2019).** A review on saponins from medicinal plants: chemistry, isolation, and determination. *Journal of Nanomedicine Research*, 7(4):282–288.
- **Falleh, H. ; Hafsi, C. ; Mohsni, I. et Ksouri, R. (2021).** Évaluation de différents procédés d'extraction des composés phénoliques d'une plante médicinale Verbena officinalis. *Biologie Aujourd'hui* ,215(3-4),133-142.
- **Fang, X. ; Yang, C.Q. ; Wei, Y.K. ; Ma, Q.X. ; Yang, L. & Chen, X.Y. (2011).** Genomics grand for diversified plant secondary metabolites. *Plant Div Res* 33, 53–64.
- **Fayisa, W.O. & Tuli, N.F. (2023).** Review on Staphylococcus aureus. *International Journal of Nursing Care and Research,* 1(2). 1-8.
- **Fichtner, A. & Wissemann, V. (2021).** Biological Flora of the British Isles: Crataegus monogyna, *Journal of Ecology nr.* 109:541–571.
- **Garcia-Oliveira, P.; Fraga-Corral, M.; Pereira, A.G.; Lourenço-Lopes, C.; Jimenez-Lopez, C.; Prieto, M.A. & Simal-Gandara, J. (2020).** Scientific basis for the industrialization of traditionally used Plants of the Rosaceae family. *Food Chemistry,* 330, 127197. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127197
- **Gavrila, A.I. ; Damian, E.J. ; Rosca, A. ; Calinescu, I. ; Hodosan, C. & Popa, I. (2025).** Optimization of Microwave-Assisted Extraction of Polyphenols from Crataegus monogyna L. *Antioxidants*.14, 357.
- **Gazengel, J.M. & Orecchioni, M. (2012).** *Le préparateur en pharmacie* (2e éd.). Lavoisier.
- **Ghasemi, S.; Khanavi, M. & Yousefbeyk, F. (2025).** A review of edible fruits from the Rosaceae family: Rich sources of phytochemicals with potent anti-inflammatory properties. *Res J Pharmacognosy*.12(2): 77–96.
- **Gómez Caravaca, A.M.; Gómez Romero, M.; Arráez Román, D.; Segura Carretero, A. & Fernández Gutiérrez, A. (2006).** Advances in the analysis of

phenolic compound in products derived from bees. *Journal of Pharmacology and Biomedicine Analysis* 41: 1220 - 34.

- **Gonzalez-Pastor, R.; Carrera-Pacheco, S.E. ; Mayorga-Ramos, A.; Guamán, L.P.; Zúñiga-Miranda, J.; Rodríguez-Pólit, C. & Barba-Ostria, C. (2023).** Current Landscape of Methods to Evaluate Antimicrobial Activity of Natural Extracts. *Molecules*, 28, 1068.
- **Guessoum, B. (2021).** Etude des extraits de la plante *Cyperus Conglomeratus*, leurs activités biologiques et leurs efficacités inhibitrices de la corrosion. Thèse de doctorat, Université kasdi Merbah Ouargla, Faculté des sciences appliquées. P57
- **Guessoum, B. ; Hadj Seyd, A. ; Kemassi, A. & Rahim, O. (2019).** Évaluation de l'activité antibactérienne du *Cyperus conglomeratus* (Cyperaceae). *Phytothérapie*, 17(5), 259-264. https://doi.org/10.3166/phyto-2019-0123
- **Gurlen, A.; Gundogdu, M.; Ozer, G.; Ercisli, S. & Duralija, B. (2020).** Primary, secondary metabolites and molecular characterization of hawthorn (*Crataegus* spp.) genotypes. *Agronomy*, *10*, 1731. [CrossRef]
- **Habellah, R.M. ; Karoune, S. ; Kechebar, A. ; Bounab, H. et Karoune, S. (2016).** Etude des composés phénoliques et des activités antioxydantes de l'Acacia ehrenbergiana de la région de Tindouf. *CRSTRA Journal Algérien des Régions Arides (JARA) No*, 13, 27–34.
- **Hamdaoui, M. (2018).** Valorisation biochimique et comportement germinatif de *Crataegus monogyna* Jacq. Du mont de Tessala (Algérie occidentale). Thèse de doctorat en sciences. Université Djillali Liabes de Sidi Bel Abbès.
- **Hamri, w. (2017).** Synthèse Des Dérivés Isoquinoléiques et Des Oléfines Nouvelles Selon La Réaction De Knoevenagel. Thèse de doctorat, université frères Mentouri Constantine, faculté des sciences exactes.
- **Heywood, V. H. (1993).** *Flowering plants of the world* (2end ed.). Oxford University Press.
- **Hossain, T.J. (2024).** Methods for screening and evaluation of antimicrobial activity: A review of protocols, advantages, and limitations. *European Journal of Microbiology and Immunology*, 14(2), 97-115.

- **Howden, B.P. ; Lee, J.Y.H. ; Giulieri, S.G. ; Hachani, A. ; Wong Fok Lung, T. ; Monk, I.R. ; Baines, S.L. ; Stinear, T.P. & Sharkey, L.k. (2023).** *Staphylococcus aureus* host interactions and adaptation. *Nature Reviews Microbiology*, Volume 21, 380–395.

- **Huang, X. ; Li, C. ; Zhang, C. ; Xiang, Y. ; Yu, Z. ; Li, P. ; Bai, B. ; Wen, Z. & Hou, T. (2025).** Repurposing etalocib suppresses multidrug resistant *Staphylococcus aureus* by disrupting the bacterial membrane. *BMC Microbiology*, 25, 45. https://doi.org/10.1186/s12866-025-03245-7

- **Jensen Allan, L. (2016).** Methods for differentiation and phytochemical investigation of *crataegus* by nuclear magnetic resonance spectroscopy. University of British Columbia.

- **Kagho Kenou, D. (2020).** Métabolites Secondaires de deux plantes médicinales Camerounaises à activités antibactériennes : Celtis tessmannii Rendle (Cannabaceae) et Nauclea latifolia Smith (Rubiaceae). Structures, transformations chimiques et

  Evaluation de quelques activités bio l. Thèse de doctorat, Université De Yaoundé I, Faculté Des Sciences. P 30.

- **Kępińska-Pacelik, J. & Biel, W. (2026).** Hawthorn (*Crataegus monogyna Jacq*.): A review of therapeutic potential and applications. *Molecules*, 31(2), 226.

- **Ko, T.P. ; Safo, M.K. ; Musayev, F.N. ; Di Salvo, M.L. ; Wang, C. ; Wu, S.H. & Abraham, D.J. (2000).** Structure of human erythrocyte catalase. *Acta Crystallographica Section D: Biological Crystallography*, 56(4), 501-506.

- **Krichen, S. et Guetatlia, I. (2019).** Evaluation de l'activité antibactérienne de sept échantillons de miel issus de la région de Guelma et Tipaza. Université 8 Mai 1945 Guelma.

- **Kalkoul, M. et Belmahfoune, A. (2025).** Étude phytochimique et biologique d'une plante de la famille Pinaceae. Centre Universitaire Abdelhafid BOUSSOUF- Mila.

- **Lawson, T.O.; Selva, J.P.; Carballo, J.; Caccamo, M.; Sargent, D.J. & Šurbanovski, N. (2025).** Developmental processes in the Rosaceae through the lens of DNA and RNA methylation. *Planta*, 261:54.

- **Liu, K. (2022).** Different Types of Antioxidants and its Importance. *Oxidants and Antioxidants in Medical Science,* 11(1), 1.
- **Ma, S.L.Y. & Lu, Y.M. (2016).** Classification and phylogenetic analysis of Chinese hawthorn assessed by plant and pollen morphology. Genetics and molecular Research, 15(3), gmr.15038739.
- **Madhuranga, H.D.T. & Samarakoon, D.N.A.W. (2023).** Advancing In vitro Antioxidant Activity Assessment: A Comprehensive Methodological Review and Improved Approaches for DPPH, FRAP and H2 O2 Assays. *Journal of Natural & Ayurvedic Medicine,* 7(4): 000431.
- **Mandal, A. (2019).** Le mécanisme de résistance aux antibiotiques chez Pseudomonas expliqué par de nouvelles recherches. (Article en ligne).
- **Manou, I.; Bouillard, L.; Devleeschouwer, M.J. & Barel, A.O. (1998).** Evaluation of the preservative properties of Thymus vulgar is essential oil in topically applied formulations under a challenge test, vol. 84, n°3 p. 368-376.
- **Maughan, H. & Van der Auwera, G. (2011).** Bacillus taxonomy in the genomic era finds phenotypes to be essential though often misleading. *Infection, Genetics and Evolution*, 789–797.
- **Medjekal, S. ; Saker, I. ; Ghadbane, M. ; Benderradji, L. et Bousseboua, H. (2017).** Etude phytochimique et activités biologiques d'une plante médicinale de la région de M'sila : *Mentha pulegium L. Revue des Régions Arides* ,43 (3), 607-613.
- **Meenakshi, S.V. ; Laila, P. ; Udhaya, V.; Suseela, M.R. & Thummala, H. (2017).** Certain innovative techniques and methods used in the screening of antibacterial and synergistic bioactivities of the mangrove plant extracts and antibiotics. *Biosciences*,5(1), 1-8.
- **Megzari, A. (2016).** Contribution à la valorisation de Rosmarinus officinalis : effets de la provenance et de l'individualité sur la qualité chimique et l'activité microbiologique. Thèse de doctorat, Université Sidi Mohamed Ben Abdellah, Faculté des Sciences et Techniques - FES.P58, 59.
- **Mehdadi, Z. ; Hamdaou, M. & Latreche, A. (2015).** Evaluation of parietal polysaccharides and polyphenols of *Crataegus monogyna Jacq* and valorization

prospects. *International Conference on Agricultural, Ecological and Medical Sciences* (ICEMS).

- **Mishra, K.; Ojha, H. & Chaudhury, N.K. (2011).** Estimation of antiradical properties of antioxidants using DPPH assay: A critical review and results. *Food Chemistry.*
- **Moharram, H.A. & Youssef, M.M. (2014).** Methods for Determining the Antioxidant Activity: A Review. *Alex. J. Fd. Sci. & Technol*. Vol. 11, No. 1, pp. 31-42.
- **Morales, P.; Ferreira, I.C.F.R. & Carvalho, A.M. *(*2013).** Wild edible fruits as potential inhibitors of lipid peroxidation. *Eur. J. Lipid Sci. Technol*, *115*, 176–185. [CrossRef]
- **Mudaliar, S. B. & Prasad, B.S.A. (2024).** A biomedical perspective of pyocyanin from *Pseudomonas aeruginosa*: its applications and challenges. *World Journal of Microbiology and Biotechnology,*40, 123. https://doi.org/10.1007/s11274-024-03987-5
- **Munteanu, I.G. & Apetrei, C. (2021).** Analytical methods used in determining antioxidant activity: A review. *International Journal of Molecular Sciences* 22(7): 3380.
- **N'Guessan, A.H.O.; Dago Déliko, C.E.; Mamyrbékova-Békro, J.A. et Békro, Y.A. (2011).** Teneurs en composés phénoliques de 10 plantes médicinales employées dans la tradithérapie de l'hypertension artérielle, une pathologie émergente en Côte d'Ivoire. *Revue de génie industriel*, 6, 55-61.
- **Nabavi, F.; Habtemariam, S.; Ahmed, T.; Sureda, A.; Daglia, M.; Sobarzo-Sánchez, E. & Nabavi, M. (2015).** Polyphenolic Composition of Crataegus monogyna Jacq: From Chemistry to Medical Applications. *Nutrients*, 7, 7708-7728.
- **Nacakci, F.M. (2025).** Physical and chemical properties of Crataegus monogyna Jacq. Var. monogyna fruits growing in Isparta/Türkiye. *Kastamonu University Journal of Forestry Faculty*, 25(3), 294–305.
- **Najem, A. (2024).** Valorisation de la biomasse de Citrus Reticulata: Identification chromatographique, spectroscopique et évaluation des activités biologiques, et anticorrosion. Thèse de doctorat, Université Mohammed *V* Rabat, Faculté des sciences. P23.

- **Nazhand, A.; Lucarini, M. ; Durazzo, A. ; Zaccardelli, M. ; Cistarelli, S. ; Souto, E. B. ; Silva, A.M. ; Severino, P. & Santini, A. (2020).** Hawthorn (Crataegus spp.): An updated overview on its beneficial properties. *Forests*, 11, 564.
- **Nia, B. (2018).** Effets des extraits phénoliques sur le potentiel biotique du puceron vert du pêcher (Myzuspersicae Sulzer, 1776) (Homoptera : Aphididae). Thèse de doctorat, Université Mohamed Khider – Biskra, Faculté des Sciences Exactes et des Sciences de la Nature et de la Vie.
- **Ojha, K.; Dubey, S.; Chandrakar, J. & Minj, R. A. (2018).** A review on different methods of determination of antioxidant activity assay of herbal plants. *Research Journal of Life Sciences, Bioinformatics, Pharmaceutical and Chemical Sciences*,4(2), 1-12.
- **Okpekon, A.T.; Koffi, K.L.; François Nicaise Bny, F.N.; Gono, K.N.; Kpaïbe, A.S. & Christophe N'Cho, A. (2023).** Activité antibactérienne et Constituants chimiques des feuilles de Mareya micrantha (Euphorbiaceae). *International Journal of Biological and Chemical Sciences* ,17(4):1619-1630.
- **Palleroni, N. J. (2005).** Genus I. *Pseudomonas*. In G. M. Garrity, D. J. Brenner, N. R. Krieg & J. T. Staley (Eds.) *Bergey's Manual of Systematic bacteriology* (2nd ed., Vol. 2, Part B: the Proteobacteria, the Gammaproteobacteria, pp. 323-379).Springer.
- **Pliszka, B.; Huszcza-ciolkowska, G. & wierzbicka, E. (2016).** Effects of solvents and extraction methods on the content and antiradical activity of polyphenols from fruits Actinidia Arguta, Crataegus monogyna, Gaultheria procumbens and Schisandra chinensis. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*,15(1):57-63.
- **Pokhrel, A.; Chisholm, L.; Costas, A.; Pittorino, M.; Duggin, I.G. & Söderström, B. (2025).** Uropathogenic Escherichia coli proliferate as a coccoid morphotype inside human host cells. *PLoS Biologie* 23(9): e3003366.
- **Potter, D. (2007).** Phylogeny and classification of Rosaceae. *Plante systematics and evolution*. 266 (1-2):5-43.
- **Pugna, A.A.; Nagy, I.N.; Socaci, S.A.; Hodisan, B.; Biris-Dorhoi, S.E. & Tofană, M. (2023).** Traditional Uses in Food Products and Health Benefits of Hawthorn. *Hop and Medicinal Plants*, 31(1–2),44-53.

- **Pugna, A. A. ; Nagy, I. N. ; Socaci, S. A. ; Hodisan, B. ; Biris-Dorhi, S. E. & Tofana, M. (2022).** Evaluation of Antioxidant and Antimicrobial Activities of *Crataegus monogyna*. *Hop and Medicinal Plants*, 30(1),45-52.
- **Radi, F.Z. ; Benchikh, N. ; Anarghou, H. ; Bouhrim, M. ; Alqahtani, A.S. ; Hawwal, M.T. ; Nonan, O.M. ; Bnouham, M. & Zair, T. (2023).** Quality control, phytochemical profile, and biological activities of Crataegus monogyna Jacq. And Crataegus laciniata Ucria fruits aqueous extracts. *Saudi Pharmaceutical Journal*, 31, 101753.
- **Riedel, S. K. (2020).** Hawthorn (Crataegus monogyna) grown in Lower Austria: Exploring the phenolic content and antioxidant capacity of extracts obtained from different organs, University of Natural Resources and Applied Life Sciences, Vienna.
- **Ruiz-Rodríguez, B.M.; De Ancos, B.; Sánchez-Moreno, C.; Fernández-Ruiz, V.; Sánchez-Mata, M.C.; Cámara, M. & Tardío, J. (2014).** Wild blackthorn (Prunus spinosa L.) and hawthorn (Crataegus monogyna Jacq.) fruits as valuable sources of antioxidants. *Fruits*, vol. 69, p. 61–73.
- **Sadananda, C. H.; Singha, L. B.; Tripathi, O. P.; Dilip, S.; Premkumar, K. & Lulloo, P. (2023).** Quantification of enzymatic antioxidants (catalase and peroxidase) and non-enzymatic antioxidants (ascorbic acid and chlorogenic acid) in the tender shoots of seven bamboo species and their products, found in Arunachal Pradesh, India. *Advances in Bamboo Science,* 3, 100028.
- **Sanchez-Moreno, C. (2002).** Review: Methods Used to Evaluate the Free Radical Scavenging Activity in Foods and Biological Systems. *Food Science and Technology International*, 8(3), 121–137.
- **Sandenon Seteyen, A.L. (2023).** Activités antivirales et immunomodulatrices d'alcaloïdes contre l'infection par l'alpha virus arthritogénique O'nyong-nyong. Thèse de doctorat, Université de La Réunion, Faculté de sante.
- **Sari, S. (2022).** Varying Morphology of E. coli - an Experimental Study. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 11(6), 262-265.
- **Shah, J. (2016).** Study on Rosaceae family. *Annals of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 7 (1): 29-45.

- **Shujat, A. (2023).** A study on different plant species of the Rosaceae family and their ethnobotanical uses among the local communities at Swat district, Pakistan. *Ethnobotany Research and Applications*, 25, 1-15. https://doi.org/10.32859/era.25.1-15
- **Siddeega, A.; AlKehayezb, N.M.; Abu-Hiamedb, H.A.; Al-Saneac, E.A. & AL-Farga, A.M. (2020).** Mode of action and determination of antioxidant activity in the dietary sources: An overview. *Saudi Journal of biological Sciences*.
- **Stagos, D.; Portesis, N.; Spanou, C.; Mossialos, D.; Aligiannis, N.; Chaita, E.; Panagoulis, C.; Reri, E.; Skaltsounis, L.; Tsatsakis, A.M. & Kouretas, D. (2012).** Correlation of total polyphenolic content with antioxidant and antibacterial activity of 24 extracts from Greek domestic Lamiaceae species. *Food and Chemical Toxicology*, 50(11), 4115-4124.
- **Tamayo-Vives, C.; García-Herrera, P.; Sánchez-Mata, M.C.; Cámara-Hurtado, R.M.; Pérez-Rodríguez, M.L.; Aceituno, L.; Pardode-Santayana, M.; Días, M.I.; Barros, L. & Morales, P.(2023).** Wild fruits of *Crataegus monogyna Jacq* and *Sorbus aria* (L.) Crantz: From traditional foods to innovative sources of pigments and antioxidant ingredients for food products. *Foods*, *12*, 2427. [CrossRef]
- **Touaibia, M. & al. (2022).** Valorisation of the vitamin potential of hawthorn fruits (Crataegus monogyna Jacq). *Rhazes: Green and Applied Chemistry*, Vol. 15, pp.46-50.
- **Valgas, C.; Souza, S.M.D.; Smânia, E.F. & Smânia Jr, A. (2007).** Screening methods to determine antibacterial activity of natural products. *Brazilian journal of microbiology*, 38, 369 380.
- **Vasile, D.; Enescu, R. & Dincă, M. (2021).** *Crataegus* genus: Preserved plants. *Analele Universităţii din Craiova – Agriculture, Montanology, Cadastre Series*, 51(1), 123-130.
- **Vincken, J.P.; Heng, L.; DE Groot, A. & Gruppen, H. (2007).** Saponins classification and occurrence in the plant kingdom. *Phytochemistry* 68: 275-297.
- Washington State Noxious Weed Control Board. (2016). Written Findings of the Washington State Noxious Weed Control Board: Proposed Noxious Weed for 2016 – Crataegus monogyna Jacq.
- **Xiang, Y. ; Huang, C. H. ; Hu, Y. ; Wen, J. ; Li, S., ; Yi, T. ; Chen, H. ; Xiang, J. & Ma, H. (2016).** Evolution of Rosaceae fruit types based on nuclear phylogeny in the

context of geological times and genome duplication. *Molecular Biology and Evolution,* 34(2), 262-281. https://doi.org/10.1093/molbev/msw242

- **Yerlikaya, P. O.; Arisan, E. D. ; Mehdizadehtapeh, L. ; Uysal-Onganer, P. & Coker-Gurkan, A. (2023).** The Use of Plant Steroids in Viral Disease Treatments: Current Status and Future Perspectives. *European Journal of Biology*, 82(1): 86–94.
- **Yigit, N.; Yigit, D. & Sulun, A. (2014).** Screening of antioxidant and antimicrobial potential of hawthorn (Crataegus monogyna) fruits and leaves extracts. *EÜFBED - Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi,* 7(2):149-158.
- **Yusuf, N. ; Abdul Wahab, N.H. ; Maulidiani Mustapa, L.M.1. ; Abdullah, F. ; Andriani, Y. & Asari, A. (2025).** Phytochemical analysis and non-enzymatic antioxidant activity of Clerodendrum serratum Linn. Leaves and stems. *Malays. J. Anal. Sci*. Volume 29 Number 4.
- **Zagoskina, N.V. ; Zubova, M.Y. ; Nechaeva, T.L. ; Kazantseva, V.V. ; Goncharuk, E.A. ; Katanskaya, V.M. ; Baranova, E.N. & Aksenova, M.A. (2023).** Polyphenols in Plants: Structure, Biosynthesis, Abiotic Stress Regulation, and Practical Applications (Review). *International Journal of Molecular Sciences*, 24, 13874.
- **Zakkad, F. (2017).** Etude phytochimique et évaluation de quelques propriétés biologiques de trois espèces de l'Euphorbia. Thèse de Doctorat, Université Badji Mokhtar- Annaba, Faculté des Sciences. P71.
- **Zhang, J. ; Xiaoyun Chai, X. ; Zhao, F. ; Hou, G. & Meng, Q. (2022).** Food Applications and Potential Health Benefits of Hawthorn. *Foods*, 11, 2861.
- **Ziane, L. (2016).** Etude phytochimique et évaluation biologique des extraits organiques des différentes parties de limonastrium Feei – *Blombaginaceae*– (Mlefet Khadem). Thèse de Doctorat, Université Abou-Bekr Belkaid – Tlemcen, Faculté des sciences .p10.
- **Ziouche, N. ; Derradji, L. & Hadef, Y. (2020).** Determination of polyphenolic components by high performance liquid chromatography (HPLC) and evaluation of the antioxidant activity of leaves and fruits of Crataegus mongyna Jacq. *GSC Biological and Pharmaceutical Sciences*, 13(01): 251-256.

Résume

Crataegus monogyna L., appartenant à la famille des *Rosaceae* est considéré l'une des plantes médicinales les plus répondues et les plus importantes. Cette étude vise à réaliser une analyse qualitative des composés phytochimiques présents dans les racines de cette plante et le dosage des polyphénols des racines et fruits, ainsi qu'à évaluer ses activité antioxydante et antibactérienne contre certaines souches bactériennes :

Escherichia coli, *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas aeruginosa* et *Staphylococcus aureus*.

L'analyse phytochimique de l'extrait éthanolique des racines a révélé la présence de coumarines, terpenoïdes, stéroïdes et alcaloïdes, ainsi que l'absence de quinones, phénols, flavonoïdes, protéines et saponines. En revanche, l'extrait aqueux indique la présence de protéines, coumarines, terpenoïdes et alcaloïdes avec une absence de quinones, phénols, flavonoïdes, stéroïdes et saponines. La meilleure concentration en polyphénols totaux a été observé pour l'extrait métanolique avec une valeur de 257,01 ± 7,61 µg EAG/mg, suivi de l'extrait aqueux des racines (107 ± 14,66µg EAG/mg), puis de l'extrait éthanolique (66 ,82 ± 8 ,45µg EAG/mg).Concernant l'activité antioxydante dont évaluée par le test DPPH, la meilleure activité a été présent pour l'extrait métanolique avec une valeur de (IC_{50} = 360,48 µg/ml) comparativement à l'extrait aqueux (IC_{50} = 528,85 µg/ml) et à l'extrait éthanolique (IC_{50} = 621,96 µg/ml).

Pour l'activité antibactérienne évaluée par la méthode de diffusion sur disque, on trouve que toutes les souches bactériennes étudiées étaient résistantes aux extraits des racines. Tandi que, l'extrait méthanoïque des fruits a montré une activité antibactérienne modérée contre *Escherichia coli* et *Bacillus subtilis*, avec des diamètres de zone d'inhibition respectifs de (9,11 et 8,82 mm) et de 9,52 mm.

Mots clé : *Crataegus monogyna L.*, Polyphénols, Activité antioxydante, Activité antibactérienne.

Abstract

Crataegus monogyna L., a member of the *Rosaceae* family, is considered one of the most widespread and important medicinal plants. This study aims to conduct a qualitative analysis of the phytochemical compounds present in the roots of this plant and determination of polyphenol content in roots and fruits, as well as to evaluate its antioxidant and antibacterial activities against certain bacterial strains:

Escherichia coli, *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas aeruginosa* and *Staphylococcus aureus*.

Phytochemical analysis of the ethanol extract of the roots revealed the presence of coumarins, terpenoids, steroids, and alkaloids, as well as the absence of quinones, phenols, flavonoids, proteins, and saponins. In contrast, the aqueous extract indicates the presence of proteins, coumarins, and terpenoids, as well as alkaloids, with no quinones, phenols, flavonoids, steroids, or saponins. The highest concentration of total polyphenols was observed in the methanolic extract, with a value of 257.01 ± 7.61 µg EAG/mg, followed by the aqueous root extract (107 ± 14.66 µg EAG/mg), then the ethanolic extract (66.82 ± 8.45 µg EAG/mg). Regarding antioxidant activity, as assessed by the DPPH assay, the highest activity was observed for the methanolic extract with an IC_{50} value of (360.48 µg/ml), compared to the aqueous extract (IC_{50} = 528.85 µg/ml) and the ethanolic extract (IC_{50} = 621.96 µg/ml).

For the antibacterial activity assessed by the disk diffusion method, all bacterial strains studied were found to be resistant to the root extracts. Meanwhile, the methanolic fruit extract exhibited moderate antibacterial activity against *Escherichia coli* and *Bacillus subtilis*, with inhibition zone diameters of 9.11 mm and 8.82 mm, respectively, and 9.52 mm.

Keywords: *Crataegus monogyna*, Polyphenols, antioxidant activity, antibacterial activity.

الملخص

ينتمي الزعرور أحادي المدقة الى الفصيلة الوردية و هو من بين النباتات الطبية الأكثر شيوعا و أهمية ،لذلك تهدف دراستنا الى التحليل النوعي للمركبات الكيميائية النباتية الموجودة في جدور هذا النبات و قياس محتوى البوليفينولات في الجذور و الثمار ،مع تقييم نشاطه المضاد للأكسدة ونشاطه المضاد للبكتيريا ضد بعض الأنواع البكتيرية :

Escherichia coli ، Bacillus subtilis، Pseudomonas aeruginosa، Staphylococcus aureus.

أظهر فحص المواد الكيميائية النباتي لمستخلص الجدور الإيثانولي وجود كل من الكومارينات ، التربينويدات، الستيرويدات ،القلويدات و غياب كل من الكينونات ،الفينولات ،الفلافونويدات ،البروتينات ،الصابونينات. في المقابل، أظهر المستخلص المائي وجود البروتينات والكومارينات والتربينويدات والقلويدات، مع غياب الكينونات والفينولات والفلافونويدات والستيرويدات والصابونينات. وقد لوحظ أعلى تركيز للبوليفينولات الكلية في المستخلص الميثانولي بقيمة

257,01 ± 7,61 ميكروغرام/EAG ملغ، يليه المستخلص المائي للجذور(14,66 ± 107 ميكروغرام/EAG ملغ)، ثم المستخلص الإيثانولي (8.45 ± 66.82 ميكروغرام/EAG ملغ).فيما يتعلق بالنشاط المضاد للأكسدة الذي تم تقييمه بواسطة اختبارDPPH ، كان أفضل نشاط موجودًا في المستخلص الميثانولي بقيمة IC_{50} = 360,48 ميكروغرام/مل مقارنة بالمستخلص المائي(IC_{50} = 528,85) والمستخلص الإيثانولي (IC_{50} = 621,96) .

بالنسبة للنشاط المضاد للبكتيريا الذي تم تقييمه باستخدام طريقة الانتشار على الأقراص، تبين أن جميع السلالات البكتيرية التي تمت دراستها كانت مقاومة لمستخلصات الجذور. في حين أظهر مستخلص الميثانويك من الثمار نشاطًا مضادًا للبكتيريا معتدلًا ضد الإشريكية القولونية (Escherichia coli) والبكتيريا الرقيقة(Bacillus subtilis) ، حيث بلغت أقطار منطقة التثبيط (9.11 و8.82 ملم) و9.52 ملم على التوالي .

الكلمات الدالة : الزعرور أحادي المدقة ، البوليفينولات ، النشاط المضاد للأكسدة ، النشاط المضاد للبكتيريا .