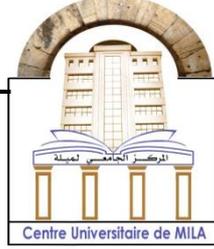


الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de L'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



N°Ref :

Centre Universitaire Abdelhafid BOUSSOUF- Mila

Institut des Sciences et de la Technologie

Département des Sciences de la Nature et de la Vie

Mémoire préparé en vue de l'obtention du diplôme de

Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Biotechnologie.

Spécialité : Biotechnologie végétale et amélioration des plantes.

Thème :

Evaluation in vitro de l'activité antibactérienne de l'*Arum maculatum* L.

Présenté par :

- FOUALI Maroua
- SERAOUI Safa
- SAYEH MEDDOUR Narimene

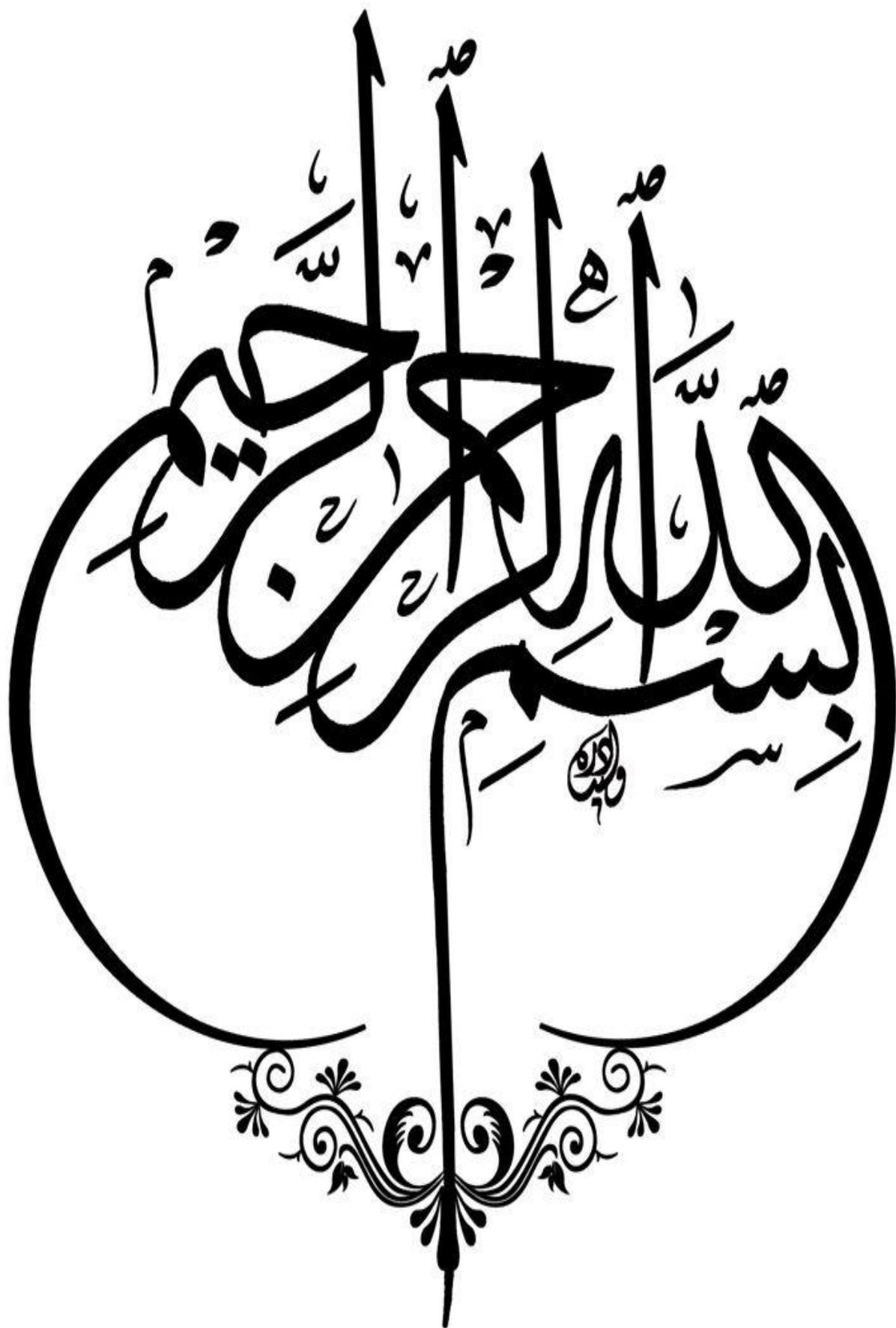
Devant le jury :

Président : ZERAFI Chafia (MCB) Centre universitaire de Mila.

Examineur : ZEDDIG Houda (MCB) Centre universitaire de Mila.

Promoteur : BENMEKHOLOUF Zoubida (MCA) Centre universitaire de Mila.

Année Universitaire : 2021/2022



Remerciements

« La connaissance est la seule chose qui s'accroît lorsqu'on la partage »

Avec la grâce de Dieu Tout-Puissant, nous avons pu accomplir cette étape de notre carrière académique avec notre mémoire, fruit d'efforts et de succès.

Le premier merci à Dieu qui nous a aidés dans ce que nous avons atteint.

Nous exprimons nos remerciements et notre gratitude à notre professeur, Dr

***BENMAKHLOUF Zoubida**, pour toutes les indications et observations,*

ainsi que pour sa patience tout au long de sa supervision de ce travail,

malgré ses multiples obligations.

*Nous exprimons notre reconnaissance à Mme **ZERAFI Chafia** qui a accepté*

de Présider jury.

*Nous ne remercions également Mme **ZEDDIG Houda** que nous faite*

l'honneur d'examiner ce mémoire.

Nous remercions également tous nos enseignants, nos collègues et les administrateurs du département des Sciences de la Nature et de la Vie.

Nous ajoutons des remerciements groupés à tous les techniciens des

laboratoires de centre universitaire de Mila.

Enfin, nous tenons également à remercier toute les personnes qui ont

participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Dédicace

*Sans sa grâce, je n'aurais pas pu atteindre ce que je suis.
Loué soit Dieu qui m'a aidé et m'a donné la force, la patience
et la volonté d'accomplir ce travail.*

*A ceux qui m'ont élevé jeune enfant pour m'apprendre et ne
m'ont rien épargné, source de tendresse, d'amour, de
sacrifice pour ceux que je ne remplirai pas leur droit et que
les mots ne pourront exprimer, mes parents, puissent Dieu
les garde et les perpétue pour moi.*

*Mon soutien dans la vie, qui me porte quand je suis au plus
mal, mes sœurs bien-aimées **Nour Al-Huda**, **Souad** et **Soumia**
et leurs enfants, la femme de mon frère **Houria** et sa fille, je
vous exprime toute ma gratitude.*

Le sens de la confiance, de la sécurité et de la tendresse...

*Mes frères **Hssan**, **Zakaria** et **Mohammed Nadjib**, merci
pour votre amour et votre soutien. Mes partenaires dans ce
travail, nous avons partagé la fatigue, la veille, les idées, le
soutien, **Maroua** et **Narimene**. Je vous souhaite à tous deux
de réussir dans l'atteinte de vos objectifs.*

*Mes copines, mes amies et sœurs, **Hanane** et **Maroua**, que
Dieu garde à jamais notre amitié, **Chourouk** et **Nounou**, qui
ont allégé le fardeau de cette période, merci pour votre
soutien.*

Safaa

Dédicace

On remercie avant tout ALLAH, le tout puissant, de nous avoir guidés toutes les années d'étude et qui nous a donné la force, la volonté, la patience et le courage pour continuer et terminer ce travail.

A celle qui attendu avec patience les fruits de sa bonne éducation et des dévouements à ma chère mère Naïma que j'aime tant, sans qui je ne serais pas arrivé là où je suis, à celui qui m'a toujours encouragé et soutenu en esprit, que Dieu vous bénisse pour nous. A qui j'ai patiemment attendu les fruits de sa bonne éducation et de son dévouement à ma chère mère Naïma que j'aime tant, sans qui je ne serais pas arrivé là où je suis, pour qui elle m'a toujours encouragé et soutenu de son âme, Dieu bénis-toi pour nous.

A mon cher frère Amar, merci pour ton grand amour et ton soutien pour moi financièrement et moralement.

Ma chère grand-mère, tu es le symbole de la tendresse et du don. A tout ma famille.

A mes chères amies Safaa, Hanane, Narimene et Chourouk pour leur amour, leur soutien et leurs encouragements Je vous souhaite d'atteindre tous vos objectifs dans la vie.

A mes trinomes Safaa et Narimene qui je la souhaite une vie pleine de joie et de prospérité

MAROUA

Dédicace

*En guise de remerciement et en termes de gratitude, je dédie
ce modeste travail.*

*Personnages les plus chers à mon cœur, qui ont été si
généreux, si patients, si noble avec moi pendant mes années
d'étude*

*A ma très chère mère **Issmaïhan** Tu es l'exemple de
dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager pour moi.
Puisse Dieu, le tout puissant, te préserver et t'accorder une
longue vie, pleine de bonheur et de santé.*

*À mon père **Chaabane**. Rien au monde ne vaut les efforts
fournis jour et nuit pour mon éducation*

*Je suis très heureuse et fière de votre présence à mes côtés
A mes frères **Rami** et **Lezhar** sont la prunelle de mes yeux*

*A mes sœurs **Amel Nabila Imene Sara et Ahlem**
Mes partenaires **Safa et Maroua** qui fournir plus d'effort
durant la période du travail collectif*

*mes amies **Yasmine, Thamina, Lamiss, Hanane et**
Chourouk qui m'ont toujours donné le sourire dans les
moments difficiles.*

Narimene

Résumé

L'objectif principal de notre travail est l'étude phytochimique des extraits de rhizomes et de feuilles d'*Arum maculatum* L., quantification des polyphénols et flavonoïdes et l'évaluation de l'activité antibactérienne. Les différents tests de screening phytochimique utilisés dans notre expérimentation ont permis la détection de plusieurs molécules bioactives : les composés phénoliques, les saponines, les glycosides, les flavonoïdes, les tanins, des alcaloïdes des anthocyanes et des anthraquinones et aussi l'absence des Amidon. Les résultats quantitatifs montrent que la teneur en polyphénols du rhizome est plus élevée à celles des feuilles pour les trois extraits. Par contre la teneur en flavonoïdes demeure plus élevée dans les feuilles que dans le rhizome. L'éthanol a permis d'extraire le maximum de ces composés par rapport aux deux autres solvants (méthanol et eau distillée). L'extrait éthanolique des feuilles exerce un effet antibactérien sur les quatre souches étudiées, surtout pour la souche *S.aureus* dont le diamètre d'inhibition atteint (26, 16, 14, 12) mm pour les concentrations (C3, C4, C2, C1 et SM) respectivement.

Mots clés : *Arum maculatum* L., Composés phénoliques, Métabolites secondaires, Activité Antibactérienne, screening phytochimique, Flavonoïdes, polyphénols.

Abstract

The main objective of our work is the phytochemical study of rhizome and leaf extracts of *Arum maculatum* L., quantification of polyphenols and flavonoids and evaluation of antibacterial activity. The various phytochemical screening tests used in our experimentation allowed the detection of several bioactive molecules: phenolic compounds, saponins, glycosides, flavonoids, tannins, anthocyanin alkaloids and anthraquinones and also the absence of Starch. The quantitative results show that the polyphenol content of the rhizome is higher than that of the leaves for the three extracts. On the other hand, the flavonoid content remains higher in the leaves than in the rhizome. Ethanol made it possible to extract the maximum of these compounds compared to the two other solvents (methanol and distilled water). The ethanolic extract of the leaves exerts an antibacterial effect on the four strains studied, especially for the *S.aureus* strain whose inhibition diameter reaches (26, 16, 14, 12) mm for the concentrations (C3, C4, C2, C1 and SM) respectively.

Keywords: *Arum maculatum* L., Phenolic compounds, Secondary metabolites, Antibacterial activity, phytochemical screening, Flavonoids, polyphenols.

المخلص

الهدف الرئيسي من عملنا هو الدراسة الكيميائية النباتية للجذور ومستخلصات أوراق *Arum maculatum* L.، والتقدير الكمي للبوليفينول والفلافونويد وتقييم النشاط المضاد للبكتيريا . سمحت اختبارات الفحص الكيميائي النباتي المختلفة المستخدمة في تجربتنا باكتشاف العديد من الجزيئات النشطة بيولوجياً: المركبات الفينولية، والصابونين، والجليكوزيدات، والفلافونويد، والعفص، وقلويدات الأنثوسيانين والأنثراكينونات وأيضاً عدم وجود النشا. أظهرت النتائج الكمية أن محتوى البوليفينول في الجذور أعلى من محتوى الأوراق في المستخلصات الثلاثة . من ناحية أخرى، يظل محتوى الفلافونويد أعلى في الأوراق منه في الجذور. جعل الإيثانول من الممكن استخراج الحد الأقصى من هذه المركبات مقارنة بالمذيبين الآخرين (الميثانول والماء المقطر). (يترك المستخلص الإيثانولي للأوراق تأثيراً مضاداً للبكتيريا على السلالات الأربعة المدروسة، وخاصةً لسلالة العنقودية الذهبية التي يصل قطر تثبيطها إلى (26، 16، 14، 12) ملم لتركيزات (C1، C2، C3، C4 و SM) على التوالي.

الكلمات المفتاحية: *Arum maculatum* L.، المركبات الفينولية، الميثابوليزم الثانوي، النشاط المضاد للبكتيريا، الفحص الكمي، فلافونويدات، بوليفينولات.

Sommaire

| | Page |
|--|-------------|
| Remerciement | |
| Dédicace | |
| Résumé | |
| Abstract | |
| الملخص | |
| Sommaire | |
| Liste des abréviations | |
| Liste des figures | |
| Liste des tableaux | |
| Introduction | |
| Etude bibliographique | |
| I. Présentation d' <i>Arum maculatum</i> L..... | 01 |
| I.1. Généralité sur la famille des Araceae | 01 |
| I.2. Historique | 01 |
| I.3. Les espèces d' <i>Arum</i> connus | 01 |
| I.4. Description d'espèce étudié..... | 04 |
| I.5. Classification Botanique de l' <i>Arum maculatum</i> L. | 04 |
| I.6. Synonymes et noms locaux | 05 |
| I.7. Répartition géographique d' <i>Arum maculatum</i> L. | 05 |
| I.8. Description morphologique | 06 |
| I.9. Toxicité | 08 |
| I.10. Utilisation thérapeutique | 09 |
| II. Les métabolites secondaires | 10 |
| II.1. Définition..... | 10 |
| II.2. Localisation | 10 |
| II.3. Rôle et Intérêt | 10 |
| II.4. Classification des métabolites secondaires | 11 |
| II.4.1. Les composés phénoliques..... | 11 |
| II.4.2. Les terpènes et les stéroïdes | 17 |
| II.4.3. Les alcaloïdes..... | 20 |
| II.5. Les principaux métabolites secondaires de l' <i>Arum maculatum</i> L. | 21 |
| III. Activités biologiques | 22 |
| III.1. Activités biologique de genre <i>Arum</i> | 22 |

| | |
|---|----|
| III.2. Activité antibactérienne | 22 |
| III.2.1. Rappel sur les bactéries | 22 |
| III.2.2. Classification des bactéries | 22 |
| III.2.3. Souches bactériennes testés | 23 |
| III.3. Activités anti-oxydante | 23 |
| III.3.1. Radicaux libres | 23 |
| III.3.2. Les antioxydants | 24 |
| Etude expérimentale | |
| I. Matériels et méthodes | 27 |
| I.1. Matériels | 28 |
| I.1.1. Matériel végétal | 28 |
| I.2. Méthode de travail | 28 |
| I.2.1. Préparation de matériels végétales | 28 |
| I.2.2. Préparation des extraits | 30 |
| I.2.3. Calcul le rendement d'extraction | 31 |
| I.2.4. Etude qualitative | 31 |
| I.2.4.1. Screening phytochimique | 31 |
| I.2.5. Etude quantitative | 32 |
| I.2.5.1. Dosage des polyphénols totaux | 32 |
| I.2.5.2. Dosage des flavonoïdes totaux | 33 |
| I.2.5.3. Activité antibactérienne | 33 |
| II. Résultats et discussion | 39 |
| II.1. Résultats | 39 |
| II.1.1. Rendement d'extraction | 39 |
| II.1.2. Screening phytochimique | 40 |
| II.1.3. Dosage des polyphénols totaux | 45 |
| II.1.4. Dosage des flavonoïdes totaux | 46 |
| II.1.5. Activité antibactérienne | 47 |
| II.2. Discussion | 50 |
| Conclusion | |
| Références bibliographiques | |
| Annexes | |

Liste des abréviations

(-) : test négatif.

(+) : Faiblement présent.

(++) : Moyennement présent.

(+++) : Fortement présent.

A : Arum.

Abs : Absorbance.

AlCl₃ : Chlorure Alimunium.

C : Concentration.

°C : Celsius.

Cm : Centimetre.

DMSO : Diméthylesulfoxyde.

Ed : Eau distillé.

EAG : Equivalent d'acide gallique.

EQ : Equivalent de quercitine.

Etha : Ethanol.

F : feuille.

FeCl₃ : Chlorure de fer.

g : gramme.

HCl : Acide chlorhydrique.

H₂O₂ : Peroxyde d'hydrogène.

h : heure.

HgCl₂ : Chlorure de mercure.

I₂ : iode.

KOH : Hydroxyde de potassium.

KI : Iodure de potassium.

Metha : Méthanol.

min : Minute.

nm : nanomètre.

ml : Millilitre.

ml : Millimètre.

Metha : Méthanol.

M : Masse de l'extrait.

M0 : Masse de la matière végétale.

NH₄OH : Hydroxyde d'ammonium.

Na₂CO₃ : Carbonate de sodium.

O₂ : Oxygène moléculaire.

OH : Hydroxyle.

R : Rhizome.

R : rendement.

SM : Solution mère.

% : pourcentage.

UV : Ultra-violet.

µg : Microgramme.

µl : Microlitre.

Liste des figures

| N° de figure | Titre | Page |
|---------------------|---|-------------|
| N° 1 | <i>Arum italicum</i> L..... | 02 |
| N°2 | <i>Arum plaestinum</i> L. | 03 |
| N°3 | <i>Arum cyrenaicum</i> L. | 03 |
| N°4 | <i>Arum maculatum</i> L. | 04 |
| N°5 | Répartition Géographique d' <i>Arum maculatum</i> L. dans le monde... | 06 |
| N°6 | <i>Arum maculatum</i> L. | 06 |
| N°7 | Les Fruits d' <i>Arum maculatum</i> L. | 07 |
| N°8 | Les feuilles d' <i>Arum maculatum</i> L. | 07 |
| N°9 | Racine d' <i>Arum maculatum</i> L. | 08 |
| N°10 | Structure de base des Acides phénoliques. | 12 |
| N°11 | Squelette de base des Flavonoides. | 12 |
| N°12 | Structure de base de Coumarine. | 14 |
| N°13 | Structures des tanins. | 15 |
| N°14 | Structure de base des lignanes. | 16 |
| N°15 | Structure de base des lignines. | 16 |
| N°16 | Structure de base des quinones. | 17 |
| N°17 | Structure de l'isoprène. | 18 |
| N°18 | Structure de noyau stéroïde. | 18 |
| N°19 | Structure de base des hétérosides. | 19 |
| N°20 | Structure de base des saponosides. | 20 |
| N°21 | Structure de base des alcaloides. | 21 |
| N°22 | Ferme Boutiti Mohamed (zone d'étude). | 27 |
| N°23 | Matériels végétales utilisés. | 28 |
| N°24 | Les étapes de préparation des extraits. | 30 |
| N°25 | Activité antibactérienne. | 33 |
| N°26 | Stérilisation de matériels. | 35 |
| N°27 | Réactivation des bactéries. | 35 |
| N°28 | Les extraits dilués. | 36 |
| N°29 | Coulage des boîtes de Pétri. | 37 |
| N°30 | Ensemencement des bactéries..... | 37 |

| | | |
|-------------|--|-----------|
| N°31 | Dépôt des disques et injection des extraits..... | 38 |
| N°32 | Rendement d'extraction des deux organes d' <i>Arum maculatum</i> L... | 39 |
| N°33 | Résultats de test des tanins..... | 41 |
| N°34 | Résultats de test des saponosides..... | 41 |
| N°35 | Résultats de test des flavonoïdes..... | 42 |
| N°36 | Résultats de test des glucosides..... | 42 |
| N°37 | Résultats de test d'amidon..... | 43 |
| N°38 | Résultats de test des alcaloïdes..... | 43 |
| N°39 | Résultats de test de mucilage..... | 44 |
| N°40 | Résultats de test des composés réducteurs..... | 44 |
| N°41 | Résultats de test des anthraquinones..... | 45 |
| N°42 | Teneur en polyphénol d'extrait des feuilles et rhizome d' <i>Arum maculatum</i> L..... | 46 |
| N°43 | Teneur en flavonoïde d'extrait des feuilles et rhizome d' <i>Arum maculatum</i> L..... | 47 |

Liste des tableaux

| N° Tableaux | Titres | Pages |
|-------------|--|-------|
| I | Structures chimique des différentes classes de flavonoïde..... | 13 |
| II | Préparation de matériels végétales..... | 29 |
| III | Les bactéries testées..... | 34 |
| IV | Evaluation de l'effet antibactérien selon le diamètre d'inhibition.. | 38 |
| V | Résultats de rendement d'extraction des feuilles et rhizomes d' <i>Arum maculatum</i> L..... | 39 |
| VI | Résultats des tests phytochimiques effectués sur les extraits aqueux,éthanolique et méthanoliques des feuilles er rhizomes d' <i>Arum maculatum</i> L..... | 40 |
| VII | Teneur en polyphénols totaux des extraits des feuilles et rhizomes d' <i>Arum maculatum</i> L..... | 45 |
| VIII | Teneur en flavonoïdes totaux des extraits des feuilles et rhizomes d' <i>Arum maculatum</i> L..... | 46 |
| IX | Diamètres de la zone d'inhibition de l'extrait des feuilles et du rhizome de l' <i>Arum maculatum</i> L. avec des différentes dilutions... | 48 |
| X | Résultat des tests de sensibilité des souches bactériennes vis-à- vis le DMSO..... | 49 |

Introduction

Introduction

En s'accommodant de l'écosystème, les êtres humains ont créé leur propre culture culinaire unique en créant leur alimentation en fonction des conditions environnementales dans lesquelles ils vivent (**Önay et al., 2007 ; Akman et al., 2018**). En ce sens, pour les personnes qui utilisent de nombreux aliments différents dans leur alimentation, les plantes cultivées dans leur environnement sont également devenues des aliments. Alors que ces plantes sont consommées comme nourriture, les connaissances acquises à la suite d'expériences et d'observations passées ont servi de guide dans l'utilisation des plantes à des fins nutritionnelles et médicinales pour se remettre de maladies (**Kendir et Güvenç, 2010 ; Badayman et al., 2018**).

Partout dans le monde, les gens ont encore recours à la médecine traditionnelle pour prévenir et traiter de nombreuses maladies. Dans les pratiques traditionnelles, les suppléments botaniques sont préférés en raison de peu ou pas d'effets secondaires (**Al-Shmgani et al., 2019**).

L'*Arum maculatum* L. est l'une des plantes forestières communes dans la famille des Aracées. C'est une plante médicale bien connue dans le monde, bien que pas parmi les plus populaires, parce qu'elle est toxique (**kozuharova et al., 2014**), il a été prouvé dans la médecine traditionnelle et populaire qu'elle est utilisée dans le traitement des calculs rénaux, colite, maladie du foie, hyperacidose et traitement très efficace des hémorroïdes (**Dogan et al., 2015**).

Cette plante est riche en métabolites secondaires on retrouve : les tannins, les flavonoïdes, les glucosides, les alcaloïdes, les composés réducteurs et les anthraquinones (**Kianinia et al., 2018**). Les polyphénols, en particulier, sont doués de multiples vertus thérapeutiques, ils jouent un rôle très important, principalement dans la lutte contre les cancers, les maladies cardiovasculaires, contre les bactéries et les champignons, expliquant ainsi leur grande utilisation dans la fabrication des médicaments (**Rezaie et al., 2015**).

Ce travail est divisé en deux parties :

La première partie est relative à la synthèse bibliographique, elle est subdivisée en trois branches :

- La première branche comporte des généralités sur *Arum maculatum*.L ; on a donné une présentation qui englobe tout ce qu'il concerne cette plante: description, classification, répartition etc...

- La deuxième branche contient des généralités sur les métabolites secondaires, les polyphénols, leur classification et leurs propriétés.
- La troisième branche concerne quelques activités biologiques et les méthodes de leurs évaluations.

La deuxième partie concerne une étude expérimentale dont laquelle on a présenté les données biologiques sur le matériel végétal utilisé, les méthodes suivies, les résultats obtenus et leurs discussions.

Enfin, on a terminé notre travail par une conclusion dont laquelle on a mis les résultats obtenus et les conseils nécessaires à suivre lors de l'utilisation de notre plante.

Partie I :
Etude
bibliographique

I. Présentation d'*Arum maculatum* L.

I.1. Généralité sur la famille des Araceae :

Les Araceae ou la famille des Arum, sont une grande et ancienne famille de plantes monocotylédones qui se distingue par son impressionnante diversité morphologique, y compris la plus petite angiosperme connue et certaines des plus de grandes structures végétatives et reproductives au monde. La famille se compose de 3800 espèces réparties en 118 genres, réparties principalement sous les tropiques mais pouvant s'étendre dans les régions tempérées, comme dans le cas de *Calla palustris*, circumboréales (Boyce et Croat, 2013 ; Ulrich et al., 2013). Les membres d'Araceae occupent un large éventail d'habitats écologiques du niveau de la mer à plus de 3000 m et vont des plantes aquatiques submergées, émergentes ou flottantes aux plantes épiphytes, grimpantes et terrestres. Les tiges peuvent être rhizomateuses, cormoseuses, tubéreuses ou réduites à une structure semblable à un thalle et les feuilles peuvent être simples, fortement divisées ou fenestrées (Hennrique et al., 2014).

I.2. Historique :

Les *Arum* sont connus depuis l'Antiquité sous le nom de Théophraste, Pline et Dioscoride. La description « *Arum officinarum* L. » est apparue au Moyen-Âge en raison de leurs propriétés médicinales, mais ce terme a désigné toutes sortes d'aroides pendant environ quatre siècles (Fridlender, 2000). Le nom binomial *Arum maculatum* L. est attribué à Tabernaemontanus vers 1590, mais il n'a été utilisé avec une « valeur » taxonomique qu'après les travaux de classification de Linnaeus en 1753. Des centaines d'espèces ont reçu le nom d'*Arum*, la plupart d'entre elles étant définies plus tard comme un nouveau genre d'Araceae, par exemple *Arum tenuifolium* L. est le spécimen type du genre *Biarum* décrit en 1832 par Schott. Après *Arum maculatum*, la deuxième espèce valide était *A. italicum* L., décrite en 1768 par Miller, et plus tard Linnaeus f. Décrit *A. pictum* L. en 1782. Au XIXe siècle, période des expéditions orientales, de nombreuses espèces ont été décrites d'Orient et de Méditerranée. Plus récemment, 7 nouvelles espèces ont été décrites au cours des 23 dernières années. Aujourd'hui, le genre *Arum* est considéré comme ayant 26 espèces (Gibernau et al., 2004).

I.3. Les espèces d'*Arum* connus :

- *Arum italicum* L. : pousse dans des sols riches en nutriments en Turquie comme dans de nombreuses régions du monde. C'est une plante bénéfique qui peut stocker des nutriments sous le sol. *Arum italicum* L. contient des quantités importantes d'oxalate de calcium et d'acide oxalique, ainsi que des substances volatiles et irritantes (Ağalar

et *al.*, 2017). Il est toxique car il contient des saponines et des alcaloïdes dans les feuilles et les fruits. Mais une fois bouillis ou séchés, ils deviennent inoffensifs. Différentes parties de cette riche plante sont utilisées dans divers domaines de santé (Mayden et *al.*, 2022).



Figure 01 : *Arum italicum* L. (Mayden et *al.*, 2022).

- *Arum palaestinum* L. : Est l'une des 26 espèces du genre *Arum* de la famille des Araceae. Cette espèce végétale se trouve à travers la région méditerranéenne, l'Asie occidentale et l'Europe. Les feuilles et les graines de la plante contiennent des cristaux d'oxalate en forme d'aiguille qui peuvent irriter les tissus affectés (peau, cavité buccale ou tractus gastro-intestinal) lors de l'exposition (Maree et *al.*, 2020).



Figure 02 : *Arum palaestinum* L.(Maree et al., 2020).

- *Arum cyrenaicum* L. : Est une plante vénéneuse car toutes ses parties contiennent de l'oxalate de calcium. Cependant, ses bulbes étaient autrefois utilisés par les Libyens comme nourriture. Il est également utilisé en médecine pour traiter le psoriasis et les infections de la peau et des articulations (Ahmed et Sami, 2020).



Figure 03 : *Arum cyrenaicum* L. (Ahmed et Sami, 2020).

I.4. Description d'espèce étudié :

L'*Arum maculatum* L est un type commun de plante forestière de la famille des Araceae, plante herbacée tropicale et vivace, elle peut pousser année après année, en hiver une partie meurt, mais une partie souterraine reste vivante, produisant une nouvelle croissance le printemps suivant (Mansour et al., 2015).

Il apparaît comme une plante spontanée dans les jardins familiaux ou au bord des allées, il est abondant dans les endroits ombragés des sols argileux humides à la base des troncs d'arbres (Aribi, 2012).



Figure 04 : *Arum maculatum* L. (Kozuharova et al., 2014).

I.5. Classification Botanique de l'*Arum maculatum* L. :**➤ Classique**

- **Règne :** Plantae
- **Embranchement :** Spermaphytes.
- **SI embranchement :** Angiospermes
- **Classe :** Monocotylédones.
- **Ordre :** Alismatales.
- **Famille :** Aracée.
- **Genre :** Arum.
- **Espèce :** *Arum maculatum* L.

➤ **Phylogénique**

- **Règne** : Plantae
- **Clade** : Angiosperme
- **Clade** : Monocotylédone
- **Ordre** : Alismatale
- **Famille** : Araceae

I.6. Synonymes et noms locaux :

- **Noms vernaculaires** : Gouet tacheté, Bonnet de grand pretre, Arum tacheté, vite de prêtre, Gouet maculé.
- **Nom local** : Ayerni, Keriwa.
- **Nom Arabe** : Ellouf (اللوف), Bekouka (بقوقة), Ouden El Fil (أذن الفيل), Sebbat El ghoula (سيباط الغولة) (Aribi, 2012).
- **Nom anglais** : Lords and Ladies.

I.7. Répartition géographique d'*Arum maculatum* L. :

L'arum est distribué presque partout dans le monde, dans les tropiques humides, les marécages et les montagnes. L'espèce *Arum maculatum* L. est abondante dans le nord de l'Europe (Adams et al., 2011) : Ecosse, Danemark et Angleterre est également endémique d'Asie : Irak (Ahmed, 2016), Iran, Turquie (Dogan et al., 2015), Chine, Japon Syrie (Akinpelu et Onakoya, 2006). Elle pousse également en France et en Allemagne et s'étend le long des Alpes. Également reçu dans les pays des Balkans : Albanie, Bulgarie, Grèce et Serbie (Kochmarov et al., 2015). Elle a été largement observé en Afrique du Nord, plus précisément en Algérie (Adams et al., 2011).

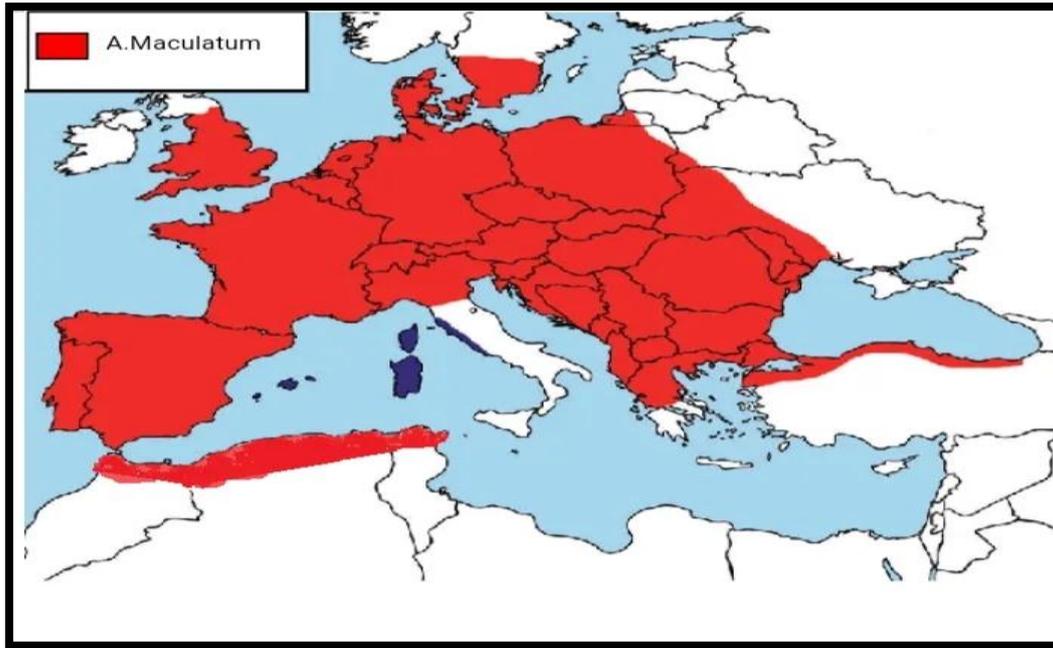


Figure 05: Répartition d'*Arum maculatum* L. dans le monde (Linz et al., 2010).

I.8. Description morphologique :

Plante vivace de 20-50 cm, glabre, à tubercule ovale-oblong; feuilles naissant au printemps, à pétioles 2 fois plus longs que le limbe, hastées-sagittées, maculées de brun ou entièrement vertes ; spathe grande, vert jaunâtre ou violacée ; spadice 2 à 3 fois plus court que la spathe, à massue rouge violacé environ 1 fois plus courte que son pédicelle ; anneau mâle 2-3 fois plus court que le femelle (Majumder et al., 2005).



Figure 06: *Arum maculatum* L. (Photo personnelle 12 Mars 2022).

➤ **Fruits :**

Ils sont des baies rouge vif mesurant de 1cm jusqu'à 1,5 cm, Ils forment une grappe compacte dressée. Chaque fruit charnu comporte une à plusieurs loges contenant 4 graines à albumen farineux ou charnu (**Fridlender, 2000**).



Figure 07 : Les fruites d'*Arum maculatum* L. (**Kozuharova et al., 2014**).

➤ **Feuilles :**

En forme de fer de lance, de grande taille, cordiformes ou sagittales, à extrémité pointue ou arrondie à lobes postérieurs bien définis et à nervures réticulées, souvent marbrées de noir. 3 à 4 feuilles sont situées sur l'axe principal, tombant généralement nettement (**Fridlender, 2000**).



Figure 08 : Les feuilles d'*Arum maculatum* L. (**Photo personnelle 24 Décembre 2021**)

➤ **Spath :**

Ouverte sur toute sa longueur au-dessus de la chambre florale, solitaires, extérieur vert, intérieur jaunâtre, verdâtre ou violacé (**Fridlender, 2000**).

➤ **Spadice :**

Est souvent violet et parfois pâle voire jaunâtre. L'ovaire est petit et mou, contenant de nombreux (quelque peu) ovules (**Fridlender, 2000**).

➤ **Racines :**

La partie souterraine est un tubercule rampant et gonflé rempli de réserves féculentes, blanches de l'intérieur, recouvertes d'une coque brune à brun foncé ou noire (**Fridlender, 2000**).



Figure 09 : Racine d'*Arum maculatum* (Photo personnelle 24 Décembre 2021).

I.9. Toxicité :

La plupart de ces plantes «Aracée» sont vénéneuses, l'Arum et toxique avec toutes ces parties (**Lahmar et al., 2008**).

Elles contiennent des oxalates de saponines qui ont des cristaux en forme d'aiguille qui irritent la peau, la bouche, la langue et la gorge et entraînent un gonflement de la gorge, des difficultés respiratoires, des brûlures et des maux d'estomac. Cependant, leur goût âcre associé à la sensation de picotement presque immédiate dans la bouche lorsqu'ils sont consommés signifie que de grandes quantités sont rarement prises et que les dommages graves sont inhabituels. Toutes les parties de la plante peuvent provoquer des réactions allergiques chez de nombreuses personnes, et la plante doit être manipulée avec précaution (**Raju et al., 2018**).

I.10. Utilisation thérapeutique :

Partout dans le monde, les gens se tournent encore vers la médecine traditionnelle pour prévenir et traiter de nombreuses maladies. Il est préférable d'utiliser des suppléments botaniques pour réduire ou éviter les effets secondaires des médicaments (Al Shmgani et al., 2019).

L'*A .maculatum* L. est une plante médicinale officiellement reconnue, même si elle n'est pas souvent utilisée. Dans la médecine traditionnelle et populaire bulgare, il a été démontré que le tubercule d'*A .maculatum* L. est largement utilisé dans les cas de calculs rénaux, de maladie du foie ou d'hyperacidité. Cette plante a également été signalée comme un remède contre les hémorroïdes, elle est utilisée en Turquie comme traitement de la colite, des douleurs abdominales l'hypertension artérielle et le diabète (Kochmarov et al., 2015). Elle est aussi utilisée pour traiter les plaies, le paludisme, les rhumatismes, les morsures de serpent, la goutte, les maux de gorge, la colite et le rhume (Kozuharova et al., 2020), et aussi active contre les bactéries, les parasites et les virus (Ferdag et al., 2009).

II-Les métabolites secondaires :

II.1. Définition :

L'une des principales ingéniosités des plantes réside dans leur capacité à produire un groupe très diversifié de substances naturelles appelées métabolites secondaires (**Macheix et al., 2005**). Ces produits sont généralement considérés comme non essentiels à la vie végétale car ils sont bio synthétisés à partir de métabolites primaires (**Bezzaz, 2014**).

Ils sont produits en très petites quantités et présentent une grande variété de structures (plus de 200 000 structures définies) (**Hartmann, 2007**). Leurs nombre total produits par les plantes est estimé entre 500 000 et 600 000, principalement. Elles se répartissent en 3 groupes chimiques : les composés phénoliques, les alcaloïdes, les terpénoïdes et les stéroïdes. Chacune de ces classes renferme une très grande diversité de composés, qui possèdent une très large gamme d'activité biologique (**Cheyrier et al., 2013**).

II.2. Localisation :

Les métabolites secondaires varient selon les espèces et ont parfois des structures chimiques complexes. Ils sont synthétisés dans une partie spécifique de la plante et s'accumulent en petite quantité dans une autre. L'endroit où la molécule bioactive est produite dépend du stade de développement, par exemple pendant le développement des semis, des fleurs, des fruits, des graines ou des racines (**Vu, 2008**).

Il n'y a pas de règle générale sur l'endroit où les métabolites secondaires s'accumulent dans les organismes végétaux, selon l'espèce et la classe de composés, ils peuvent être trouvés dans différents organes, ou inversement rencontrés uniquement dans des tissus spécialisés (**Benamar, 2009**).

II.3. Rôle et Intérêt :

Les plantes peuvent synthétiser un grand nombre de molécules organiques complexes qui ne sont pas impliquées dans le métabolisme de l'énergie et du carbone. Ces substances naturelles d'origine végétale qui sont les métabolites secondaires ont des usages différents dans l'industrie : alimentaire, esthétique et dermatologique, les pharmacies utilisent encore un pourcentage élevé de médicaments d'origine végétale, la recherche découvre de nouvelles molécules actives dans les plantes, ou des matières premières pour la semi-synthèse (**Bahorun, 1997**). Elles sont connus pour leurs nombreuses activités biologiques, telles qu'antibactériennes, anticancéreuses, antifongiques, analgésiques, anti-inflammatoires, diurétiques, gastro-intestinales et antioxydants (**Harborne, 1998; Bruneton, 2009**).

Ces substances peuvent également être utilisées comme régulateurs. Les cellules fonctionnent et développent des mécanismes de défense pour combattre des infections par différents agents pathogènes des plantes ou réponses à des inducteurs abiotiques tel que le stress salin et hydrique (**Hammerschmidt, 1999 ; Macheix et al., 2005**).

II.4. Classification des métabolites secondaires :

II.4.1. Les composés phénoliques :

- **Définition :**

Les composés phénoliques ou polyphénols sont des micronutriments végétaux synthétisés par les plantes (**Barbosa, 2007**) et constituent une grande classe de métabolites secondaires végétaux avec diverses structures, notamment les acides phénoliques, les flavonoïdes, les lignanes, les quinones, les tanins et les coumarines. Ils peuvent avoir des structures simples ou complexes, comme le montrent, les fruits, les légumes, l'écorce, les racines et les feuilles (**Rufatto et al., 2017**).

- **Structure chimique :**

La structure chimique des polyphénols est comparable à celle de tous les polyphénols, elle se caractérise par la présence d'au moins d'un noyau benzénique auquel est directement lié au moins un groupe hydroxyle libre, ou remplir une autre fonction, par exemple : éther, ester, hétéroside...etc (**Bruneton, 2009**).

- **Propriétés :**

- Les phénols sont en principe solubles dans les solvants organiques polaires (méthanol, acétone, acétate d'éthyle, solution hydro- alcoolique), ils se dissolvent dans les solutions d'hydroxyde de sodium et de carbonate de sodium (**Bruneton, 2009**).
- Sont souvent utilisées pour protéger contre les rayons UV ou caractère invasif des agents pathogènes (**Barbosa, 2007**).
- les polyphénols sont en partie responsables de la sensorialité et confèrent également les propriétés nutritionnelles des aliments végétales (**Barbosa, 2007**).

- **Classification des composés phénoliques :**

1. Les acides phénoliques :

ce sont des métabolites secondaires caractérisés par la présence de cycles aromatiques avec des groupements hydroxyle libres ou liés à des glucides (**Weng et Chapple, 2010**). Les acides phénoliques sont l'un des composés phénoliques les plus simples et sont divisés en deux grands groupes différents, les acides hydroxycinnamiques (C6-C3) et les acides hydroxybenzoïques (C6-C1) (**Arimboor et al., 2008**).

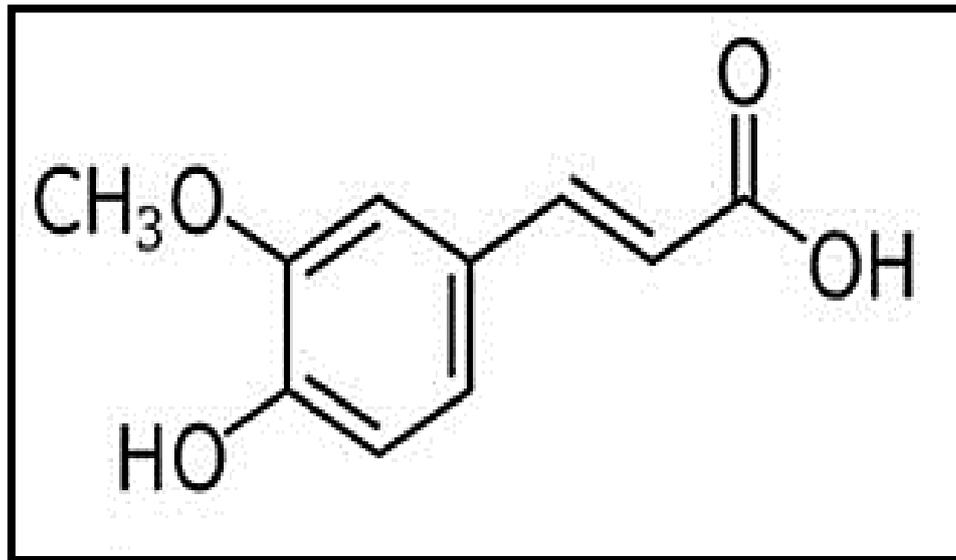


Figure 10 : structure de base des acides phénoliques (Han et al., 2007 ; Chira et al., 2008).

1.1. Les flavonoïdes :

Ce sont des pigments végétaux presque universels et sont presque toujours solubles dans l'eau. Ils sont responsables de la coloration des fleurs, des fruits et parfois des feuilles, en raison de la présence de flavonoïdes, généralement jaunes, qui assurent la protection des tissus contre les rayons UV (Bruneton, 1993).

Le squelette de base des flavonoïdes a 15 atomes de carbone et se compose de deux anneaux connectés en C6 par des chaînes en C3. Un pont à 3 carbones est formé entre deux groupes phényle habituellement en pyrone.

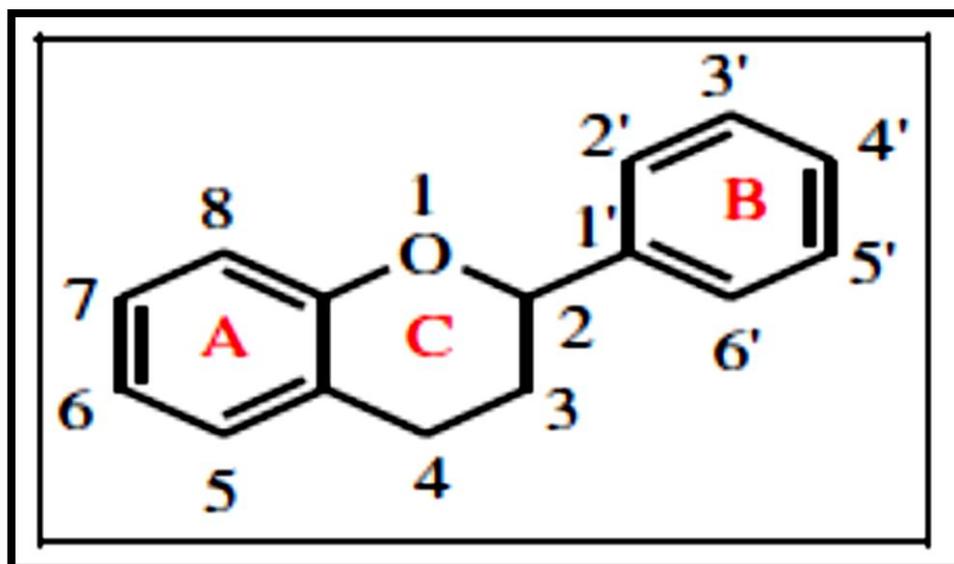
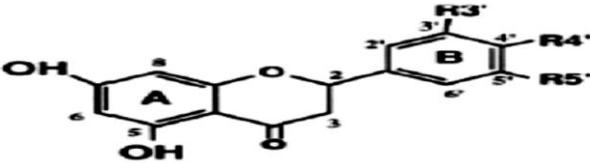
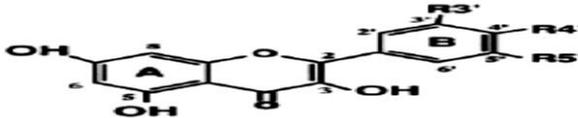
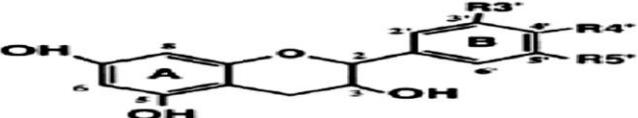
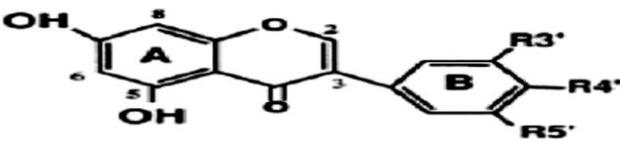
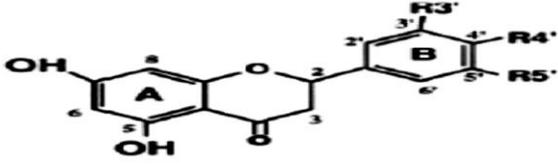
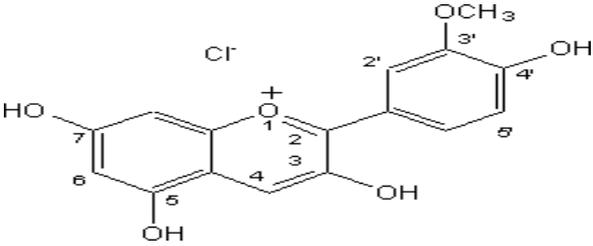


Figure 11 : Squelette de base des flavonoïdes (Bruneton, 1999).

Il existe de nombreux flavonoïdes dont les plus importants sont les flavones, les flavonols, les flavan-3-ols, les isoflavones, les flavanones et les anthocyanidines. (Chira et al., 2008) (Tableau I).

Tableau I : Structures chimique des différentes classes de flavonoïde (Gamet-Payrastre et al., 1999).

| Flavonoïdes | Structure chimique |
|----------------|--|
| Flavone |  |
| Flavonol |  |
| Flavan-3-ol |  |
| Isoflavone |  |
| Flavonone |  |
| Anthocyanidine |  |

1.2. Les coumarines :

Les coumarines Présentes dans de nombreuses espèces végétales, sont des hétérocycles contenant de l'oxygène avec des benzo-2-pyrones comme structure de base, dérivées de l'acide hydroxycinnamique par cyclisation des chaînes latérales internes (**Sakagami et al., 2005**).

Elles ont souvent des rôles écologiques ou biologiques, empêchant la peroxydation des lipides membranaires et piégeant les radicaux hydroxyle, superoxyde et peroxy (**Anderson et al., 1996 ; Igor, 2002**).

La coumarine est connue pour ses propriétés cytotoxiques, antivirales, sédatives, vasodilatateurs, anticoagulants, antihypertenseurs ; elle est également efficace pour l'état de la peau (**Gonzalez et Estevez, 1997**).

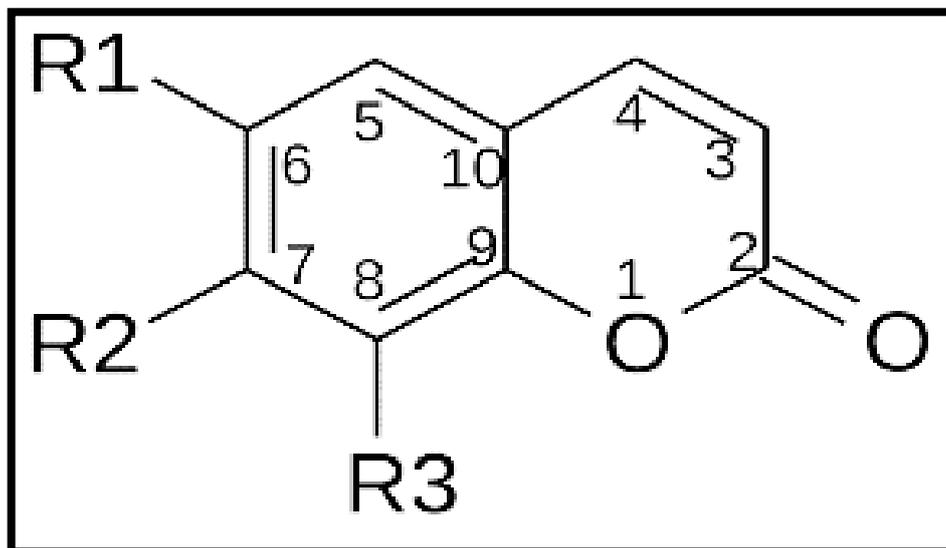


Figure 12 : Structure de base de Coumarine (**Macheix et al., 2005**).

1.2. Les tanins :

Le terme Tanin est défini par Bate-Smith et Swain (**Frutos et al., 2004**), Il vient du mot tannage. Les tanins sont des composés phénoliques solubles dans l'eau avec des poids moléculaires compris entre 500 et 3000 Daltons qui, en plus des réactions phénoliques, ont la propriété de précipiter les alcaloïdes, la gélatine et d'autres protéines (**Bruneton, 2009**).

Chez les plantes supérieures, il existe deux groupes de tanins de structures différentes : les tanins hydrolysables et les tanins non hydrolysables, ou tanins condensés (**Frutos et al., 2004**).

- **Les tanins hydrolysables :**

Ils sont constitués de molécules de sucre (le glucose le plus souvent) estérifiées par l'acide gallique ou l'un de ses dérivés (acide ellagique, chébulique ou valonique). Ils sont facilement hydrolysés par voie chimique ou enzymatique (Nkhili, 2004).

- **Tanins condensés (proanthocyanidines) :**

Ce sont des flavanes polymères ou oligomères. Constitués de flavanes. -unités 3-ol, Plus courants sont les épicatechines et les catéchines, avec des degrés de polymérisation allant de 2 à plus de 50 unités (Ghestem *et al.*, 2001 ; Khanbaba et Ree, 2001). Ces unités sont liées entre elles par une seule liaison carbone-carbone C4-C8 ou C4-C6 dans la procyanidine de type B ; ou via un intermédiaire Biflavanes de type A (C4-C8 ou C4-C6) et (C2-O-C7) dans le type A (Bruneton, 1999 ; Xie et Dixon, 2005 ; Vivas *et al.*, 2006).

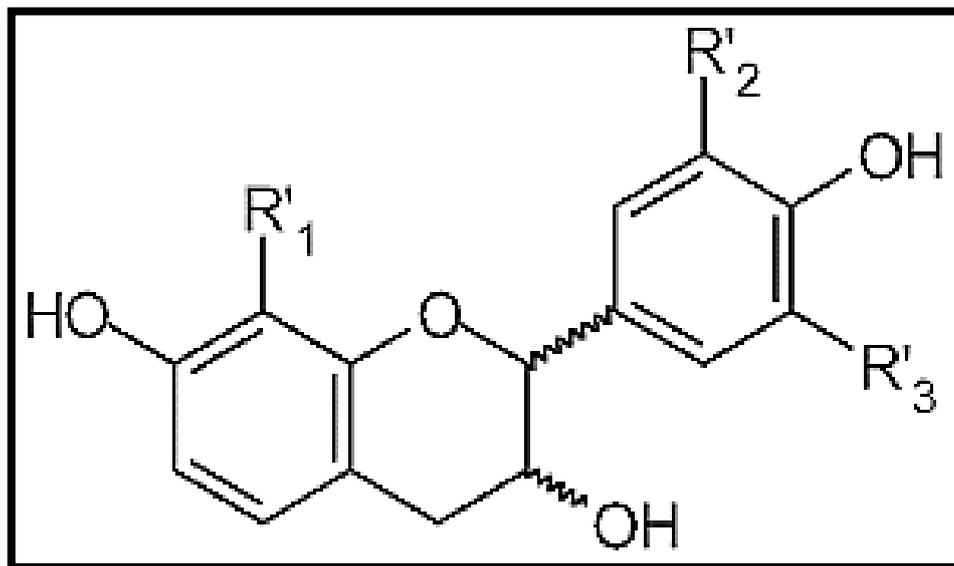


Figure 13 : Structures des tanins (Wang et Mazza, 2002)

1.4. Les lignanes :

Le terme Lignan a été inventé par Haworth en 1936 pour décrire un groupe de Phénylpropane (Umezawa, 2003). Les lignanes sont des métabolites secondaires produits par plusieurs plantes et utilisés comme molécules de défense contre les prédateurs. Ce sont des composés naturels dimères dont le squelette résulte de l'établissement de liaisons entre les carbones bêta des chaînes latérales de deux unités dérivées du 1-phénylpropane. (Liaison 8-8') (Willfor *et al.*, 2006).

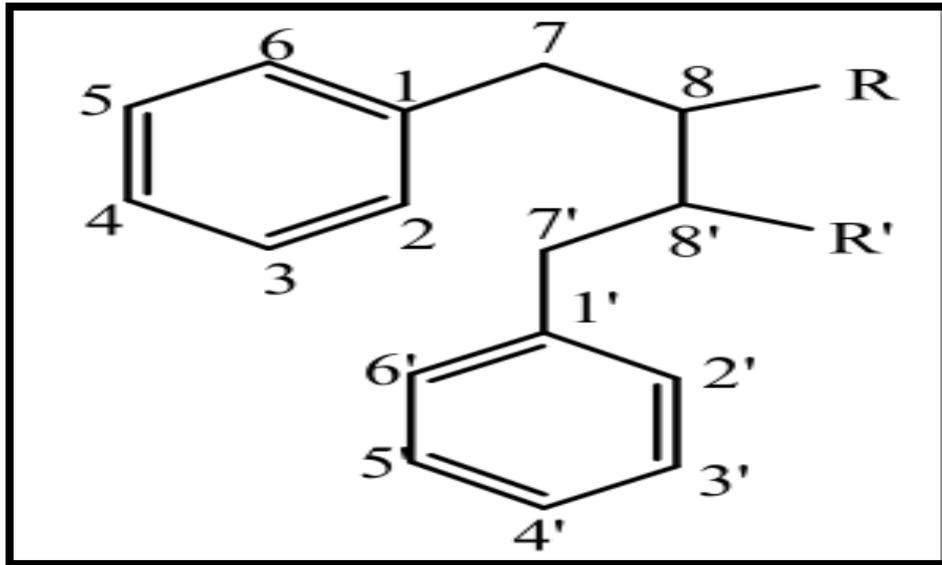


Figure 14 : Structure de base des lignanes (Willfor *et al.*, 2006).

1.5. Les Lignines :

Polymères tridimensionnels formés de trois unités monomères phénoliques : l'alcool coniférylique, l'alcool sinapylique et le p-coumarol. Il est produit par toutes les plantes vasculaires ligneuses et herbacées (Mogni, 2015).

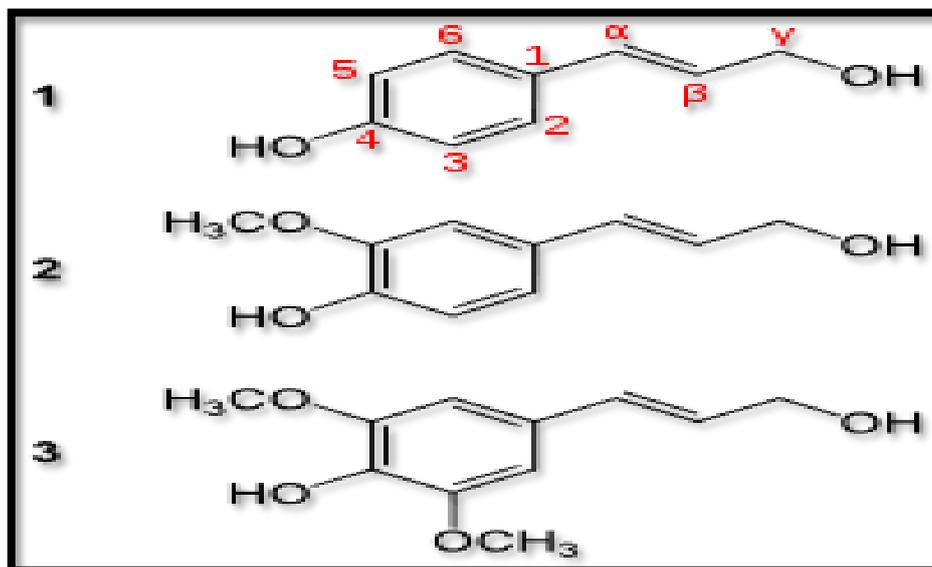


Figure 15 : structure de base des lignines (Mogni, 2015).

1.6. Les quinones :

Les quinones sont des pigments naturels, principalement jaunes, rouges et bruns. Ces couleurs sont masquées par d'autres pigments. Il existe 4 groupes : les benzoquinones (arthropodes), les naphthoquinones (angiospermes), les isoprènequinones (photosynthèse et

respiration) et les anthraquinones. Ce dernier est le plus courant et est rouge orangé et lié au sucre. Les émодоles sont des dérivés de l'hydroxyanthracène (Chaouche et al., 2012).

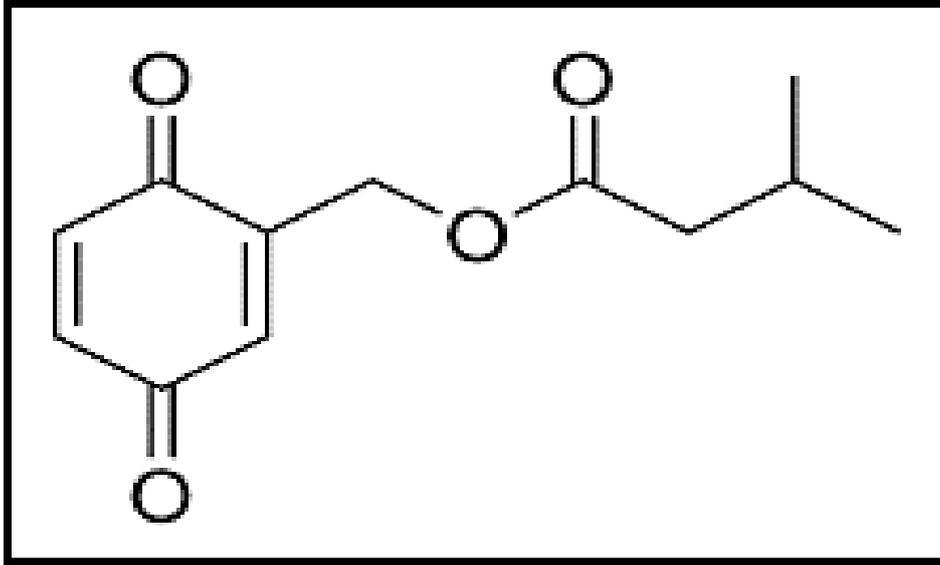


Figure 16 : Structure de base des quinones (Chaouche et al., 2014).

II.4.2. Les terpènes et les stéroïdes :

- **Les terpènes :**

Les terpènes sont des hydrocarbures naturels à structure cyclique ou à chaîne ouverte, largement présent dans le règne végétal, issu de la voie du mévalonate (Bendif, 2017).

La famille des terpènes comprend les hormones (gibbérellines et acide abscissique), les pigments caroténoïdes (carotène et lutéine), les stérols (ergostérol, sitostérol, cholestérol), les dérivés de stérols (glycosides numériques), le latex (la base du caoutchouc naturel) et la plupart des huiles essentielles qui donnent aux plantes l'odeur ou le goût (Rufatto et al., 2017).

- **Structure chimique :**

Leur particularité structurale est la présence d'unités isoprène dans leur squelette, dont 5 l'atome de carbone (C₅H₈) est dérivé du 2-méthylbutadiène. De différentes catégories les molécules de terpènes sont nommées en fonction du nombre d'unités d'isoprène qui les composent squelette (Badiaga, 2012).

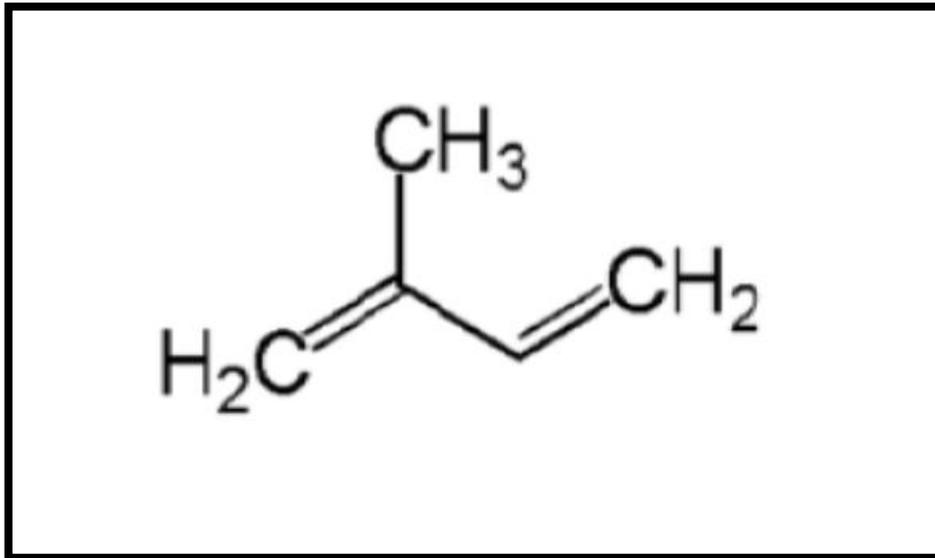


Figure 17 : structure de l'isoprène (Bruneton, 2009).

- **Les stéroïdes :**

Des stéroïdes sont des triterpènes tétracycliques, moins plus de 30 atomes carbone, synthétisé à partir de triterpènes acycliques. De plus, ils sont présents dans de nombreux composés liés au métabolites primaire, tels que les hormones et les vitamines (Halmi, 2015).

Liés aux groupes d'alcools (stérols) sous des formes plates et glycosylées. Les analogues du cholestérol sont indiscernables de celui-ci que par leur chaîne latérale comme : B-Sitostérol et Stigmastérol (Halmi, 2015).

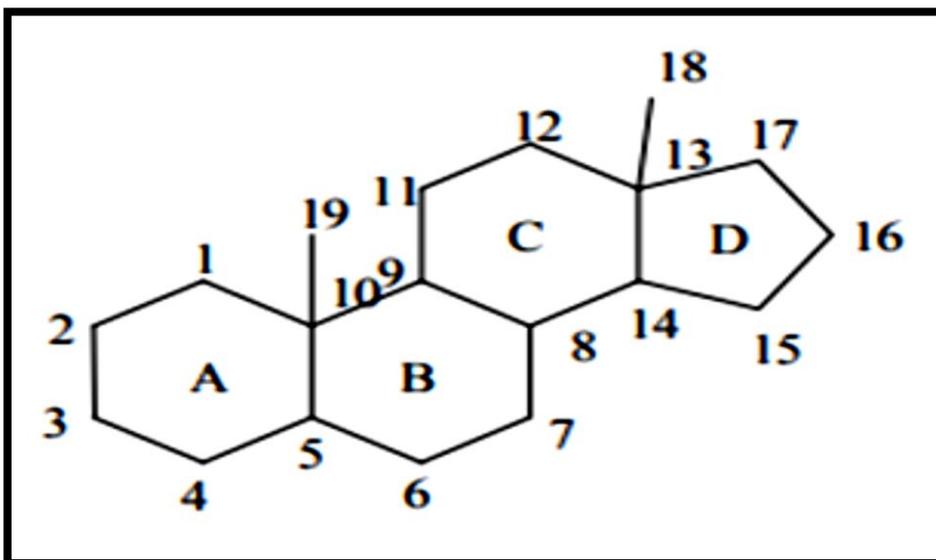


Figure 18 : Structure de noyau stéroïde (Ayad, 2008).

- **Les Propriétés :**

- Leurs activités sont très diverses : agents anti-VIH naturels, pesticides, Bactéricide.
- Les lactones sesquiterpènes (Astéracées, Ombellifères) sont particulièrement efficaces : Antifongique, cytotoxique, antibactérien, antitumoral, anti-inflammatoire.
- Les triterpènes sont utilisés dans la production de médicaments stéroïdiens Propriétés : Les glycosides ou glycosides anti-inflammatoires (El Haib, 2011 ; Badiaga, 2012).

- **Classification des terpènes et stéroïdes :**

1. **Les hétérosides :**

Ils sont des molécules formées par l'association de sucres et de substances non glucidiques appelées aglycones ou ligands. Ce sont les plus anciens métabolites secondaires connus. Ils forment des substances de réserve situées dans les vacuoles des cellules. Les hétérosides se distinguent les uns des autres par les génines qu'ils appartiennent à tous les métabolismes secondaires, par le mode de liaison entre la génine et l'ose, et par la nature de la fraction glucidique. Ils sont classés selon la nature des liaisons C, N, O, S-hétéroglycosidiques (Guignard, 2000).

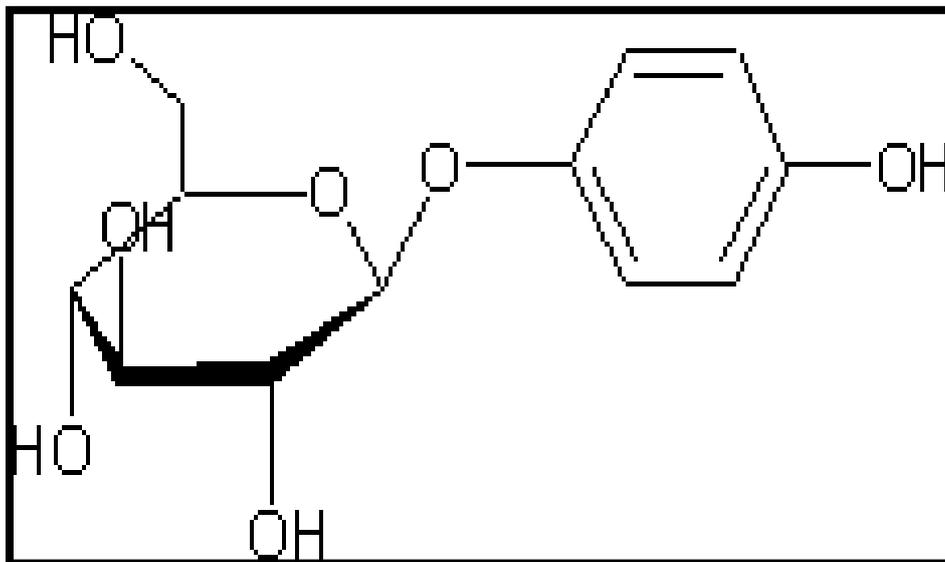


Figure 19 : structure de base des hétérosides (Guignard, 2000).

2. **Les saponosides ou saponines :**

Ce sont des molécules sous forme d'hétéroglycosides. Ils sont divisés en saponines de génine tri terpènes et stéroïdes. Les saponines (saponines) tirent leur nom du fait qu'elles agissent comme les savons, qui au contact de l'eau produisent de la mousse (Bruneton, 1999).

Les saponines stéroïdiennes ont des structures chimiques similaires à de nombreuses hormones humaines (cortisol et œstrogène) et confèrent une activité hormonale aux plantes

qui en contiennent, comme la réglisse « Glycyrrhizaglabra ». Les triterpénoïdes présents dans les racines d'onagre "Premulaveris" sont de puissants expectorants, mais favorisent également l'absorption des nutriments (Larousse, 2001).

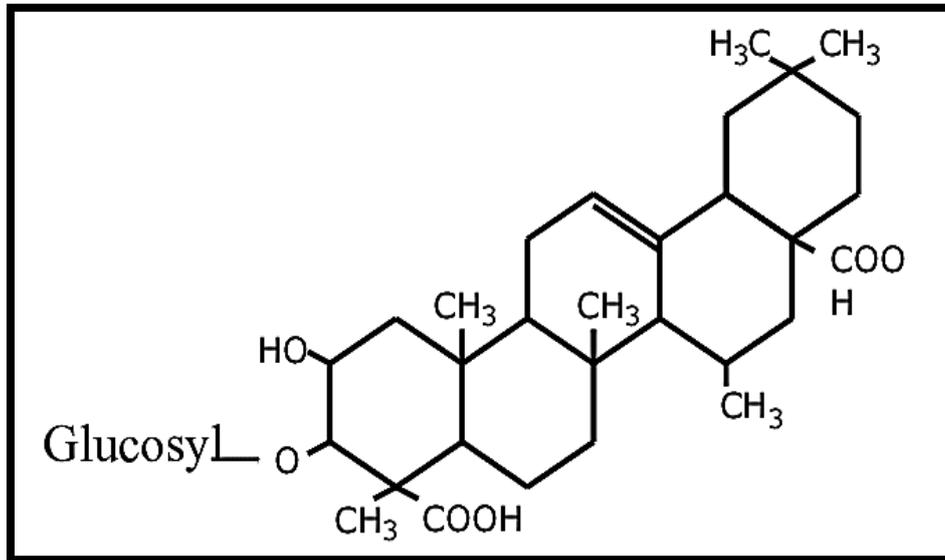


Figure 20 : structure de base des saponosides (Larousse, 2001).

3. Les huiles essentielles :

Les huiles essentielles ou extraits de plantes sont des produits huileux, volatils, aromatiques, incolores ou peu colorés, obtenus par entraînement à la vapeur, par expression, par incision ou par enchevêtrement de matériel végétal, largement répandu dans le règne végétal, présent dans les organes des végétaux : racines, fruits, graines, fleurs, feuilles etc... (Budavari, 1996).

II.4.3. Les alcaloïdes :

- **Définition :**

Les alcaloïdes sont des substances organiques naturelles principalement dérivées de plantes et contiennent au moins un atome d'azote dans leur structure chimique. Ils sont présents dans toutes les parties des plantes, mais ne s'accumulent que dans l'écorce, les racines, les feuilles ou les fruits, et ont un faible poids moléculaire et des structures complexes. La plupart sont dérivés d'acides aminés et sont présents dans environ 20 % des espèces végétales (Mauro, 2006).

- **Structure chimique :**

La structure chimique contient au moins un atome d'azote, avec un certain degré de Variables de trait de base, divisées en trois genres selon le nombre d'acides aminés (Bruneton, 1993).

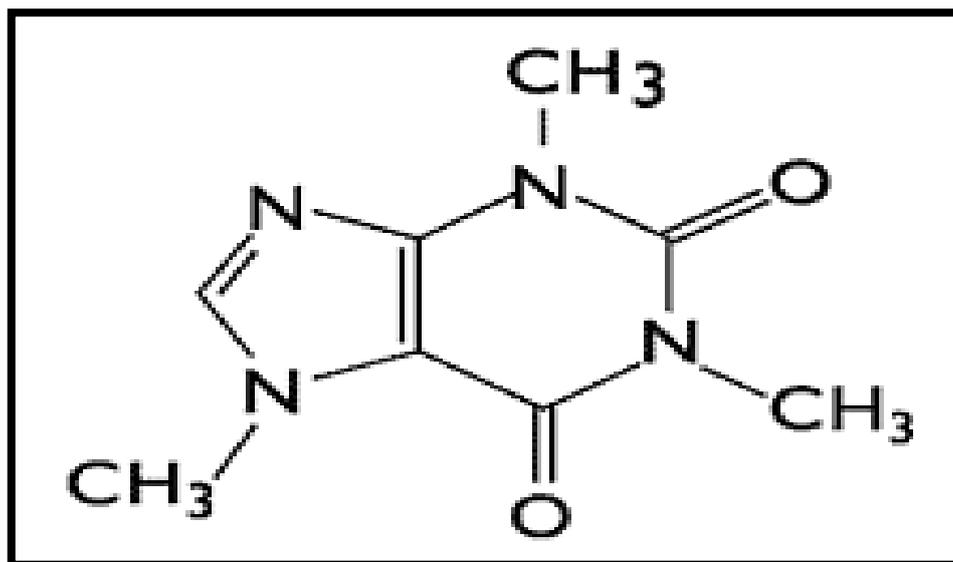


Figure 21: Structure de base des alcaloïdes (Bendaif, 2018).

- **Les Propriétés :**

- Plusieurs alcaloïdes sont hautement toxiques, fournissant ainsi un arsenal chimique protège les plantes des attaques des herbivores et des micro-organismes (Bendaif, 2018).
- Certains alcaloïdes peuvent protéger les plantes des dommages causés par la lumière les rayons UV et régulent la croissance des plantes et le métabolisme interne (Bendaif, 2018).
- Ils constituent également des réserves capables de fournir de l'azote ou d'autres substances (Badiaga, 2012).

II.5. Les principaux métabolites secondaires de *l'Arum maculatum* L. :

De nombreuses études phytochimiques sur des espèces du genre *Arum* ont révélé la richesse de ces dernières en métabolites secondaires.

L'Arum maculatum L. Contienne beaucoup de ces derniers tel que les alcaloïdes, les saponine, et les glycosides cyanogéniques (Balabanili et al., 2006), les flavonoïdes, les coumarines et les tanins , quelques monoterpènes et les stéroïdes (Minale et al., 1987), les terpènes ou terpénoïdes qui sont actifs contre les bactéries, les champignons, les virus et les protozoaires (Cowan, 1999).

III. Les activités biologiques :

III.1. Activités biologique de genre *Arum* :

Les plantes appartenant au genre *Arum* sont utilisées à des fins alimentaires depuis des siècles malgré leur toxicité, elles ont également été utilisées en médecine traditionnelle pour traiter de nombreuses maladies telles que la lutte contre le paludisme, le traitement des vers intestinaux, les anti-côlon, les anticancéreux et les hépatites (**Azab, 2017**). Parmi les propriétés thérapeutiques bien connues des espèces d'*Arum*, il est indiqué que ces dernières possèdent diverses activités biologiques telles qu'antimicrobiennes, antioxydantes et cytotoxiques (**Espindola et al., 2010**).

III.2. Activité antibactérienne :

La croissance des bactéries est inhibée ou tuée par l'activité d'une molécule ou d'un composé présent dans cette plante, à une faible concentration, compatible avec l'activité de l'antibiotique (**Nicolas et Daniel, 1998**).

III.2.1. Rappel sur les bactéries :

Les bactéries sont des micro-organismes composés de cellules uniques, visibles au microscope, Il appartient à la zone de transition entre le règne animal et le règne végétal. Comme toute cellule, les bactéries sont composées d'un noyau isolé ou dispersé, d'un protoplasme contenant des granules et des vacuoles, d'une paroi et parfois d'une capsule.

Certaines bactéries peuvent se déplacer en raison de la vibration des cils. Elles se divisent en bactéries aérobies et anaérobies en fonction de la façon dont elles se nourrissent et de leur comportement avec l'oxygène (**Djemoui, 2012**).

Le développement des bactéries nécessite des conditions physico-chimiques favorables dans l'environnement externe et la nourriture qui recouvre les besoins énergétiques spécifiques. Sur le plan pratique, l'homme a développé des milieux favorables à la croissance des bactéries dit milieux de culture (**Mogode, 2005**).

De nombreuses maladies épidémiques et pandémiques sont causées par les bactéries pathogènes (**Moroh, 2013**). Il existe des milliers de types différents et ils vivent dans tous les environnements imaginables dans le monde (**Larry et Bush**).

III.2.2. Classification des bactéries : (Djemoui, 2012)

Les espèces bactériennes sont divisées en genres, puis en familles, en ordres et enfin en classe, selon leurs caractéristiques. Ils sont également différenciés en fonction de :

➤ **Leur forme :**

Rond : les Cocci

Allongée : les bacilles

Les vibrions

Spiralée

➤ **Résultat de la coloration GRAM :**

GRAM + : Colorée en violet

GRAM – : Colorée en rose

III.2.3. Souches bactériennes testés :

➤ *Pseudomonas aeruginosa* :

Est un pathogène opportuniste peuvent provoquée des infections endogènes ou exogène (Grosjean et al., 2011).

➤ *Bacillus cereus* :

Bacillus cereus est une bactérie sporulée, aéro-anaérobie facultative et thermorésistante. Ces caractéristiques lui confèrent une résistance particulière à l'action des bactéricides, aux désinfectants, aux radiations et au cycle froid (Cadel et al., 2010).

➤ *Escherichia coli* :

De nombreuses infections provoquées par Escherichia coli peuvent se rencontrer, certaines localisées aux voies digestives et autre aux voies urinaires (Berche et al., 1989).

➤ *Staphylococcus aureus* :

Les staphylocoques sont des bactéries à Gram positif, c'est-à-dire qu'ils possèdent une paroi cellulaire (Li et al., 2015). Elle provoque des infections suppuratives de la : peau, tissu mou, muscle, os, tractus respiratoire, valve cardiaque et tractus urinaire (Grosjean et al., 2011).

III.3. Activités anti-oxydante :

Les propriétés d'oxydation et de réduction sont responsables de l'activité antioxydante des composés phénoliques présents dans les plantes. Ces propriétés agissent en réduisant les facteurs donneurs d'hydrogène et l'extinction d'oxygène singulet. Les phénols peuvent également contenir des propriétés chélatantes des métaux (Sprindon et al., 2011).

III.3.1. Radicaux libres :

Les radicaux libres sont des espèces chimiques qui ont un seul électron dans leur couche externe. La molécule d'oxygène (ou oxygène moléculaire, O₂) a la particularité d'avoir une structure diradicalaire libre car ses deux électrons uniques sont situés sur deux orbitales

d'énergie plus élevée (**Rezaire, 2012**). Ils sont de courte durée et dépendants des radicaux libres—et les réactions induites se produisent souvent en chaînes, entraînant de graves dommages cellulaires (**Kumar, 2011 ; Pizzino et al., 2017**).

Les RL ne sont pas toujours des produits d'agression, ils sont produits au cours des activités métaboliques et fonctionnelles cellulaires et fonctionnent donc comme des messagers cellulaires dans la signalisation cellulaire, l'apoptose, l'expression des gènes, le transport des ions et la défense contre l'infection (**Halliwell et al., 2003 ; Devasagayam et al., 2004 ; Sen et al., 2010**).

➤ **Dommages des radicaux libres :**

Le principal danger des ROS vient de leurs capacités oxydantes et destructrices composants cellulaires. Si le système de défense est débordé, les radicaux libres Attaquent les biomolécules situées dans leur zone de production. Par conséquent, toutes les biomolécules sont hautement réactives et de courte. Les doubles liaisons peuvent être affectées, en particulier les lipides, protéines et acides nucléiques (**Sellal, 2009**).

III.3.2. Les antioxydants :

Les antioxydants sont définis comme toutes les substances chimiques qui, à de faibles concentrations par rapport aux substrats oxydables, peuvent significativement ralentir ou inhiber leur oxydation (au niveau des grosses molécules, telles que les lipides, les acides nucléiques et les protéines) et les convertir en composés plus stables ou éliminer les dommages oxydatifs aux molécules cibles (**Halliwell, 2007**).

• **Systèmes de défense antioxydants et mécanisme d'action :**

La recherche scientifique s'est concentrée sur l'identification d'extraits de plantes à utiliser comme compléments alimentaires antioxydants (**Halliwell et al., 1995; Modaressi et al., 2013**).

De nombreuses substances naturelles réduisent le stress oxydatif en piégeant et en éteignant les radicaux libres et en inhibant l'activité des enzymes génératrices de radicaux libres (**Cillard et Cillard, 2006 ; Flora, 2009**). Ils contiennent une variété de composés antioxydants, tels que des composés phénoliques (phénols, polyphénols et flavonoïdes), des caroténoïdes, des stéroïdes et des composés thiols. Ces antioxydants peuvent aider à protéger contre les dommages cellulaires causés par le stress oxydatif et peuvent également réduire le risque de développer des maladies chroniques (**Halliwell et al., 1995 ; Cillard et Cillard, 2006**). La plupart de ces antioxydants naturels proviennent des fruits, des légumes, des épices, des champignons comestibles, des céréales et des plantes médicinales (**Jadot, 1994**).

En général, dans le cas de la physiologie des radicaux libres, l'organisme dispose d'un système de protection efficace contre ces espèces de radicaux libres (Flora, 2009 ; Lü et al., 2010).

- **Antioxydants endogènes**

Les radicaux libres se produisent spontanément et continuellement dans notre organisme. Cependant, ils sont étroitement contrôlés par les soi-disant antioxydants endogènes.

Ces derniers sont principalement représentés par des enzymes, telles que la superoxyde dismutase (SOD), catalase et glutathion peroxydase (GPx). Ces enzymes ont des rôles complémentaires (Lehucher et al., 2001) représenté dans : la SOD transforme l'anion superoxyde en peroxyde d'hydrogène qui est éliminé par la glutathion peroxydase ou la catalase, empêchant ainsi la formation de RLO plus agressifs comme la peroxy-nitrite ou le radical hydroxyle (Afonso, 2007).

- **Antioxydants exogènes :**

Toutes les défenses endogènes peuvent être renforcées par des ingrédients exogènes provient de plusieurs substances sources : les aliments (animaux et végétaux) peuvent agir comme antioxydants. Mais ceux de nature végétal sont les plus couramment utilisés car ils sont largement utilisés dans notre vie (régime quotidien). Ils comprennent des flavonoïdes, de la vitamine E, des caroténoïdes, Vitamine C et acide urique... et plus encore (Sellal, 2009).

- **Polyphénols comme antioxydants :**

Ce sont de puissants antioxydants naturels impliqués dans la défense contre les dommages oxydatifs au niveau cellulaire et réduisent le risque de diverses maladies en raison de leur capacité à piéger les radicaux libres, à restaurer les antioxydants enzymatiques en raison de leur structure chimique idéale (Barreiro et Díaz, 2017)

- **Flavonoïdes comme antioxydants :**

Les flavonoïdes ingérés sont considérablement dégradés en divers acides phénoliques, dont certains ont encore la capacité de piéger les radicaux libres. Les flavonoïdes absorbés et leurs métabolites peuvent présenter une activité antioxydante in vivo, avec des expériences démontrant un statut antioxydant plasmatique accru, des effets protecteurs sur la vitamine E, les membranes érythrocytaires et les lipoprotéines de basse densité, et une polyinsaturation dans les membranes érythrocytaires Préservation des acides gras (Pietta, 2000).

Partie II:
Etude expérimentale

Matériel et méthode

I. Matériel et méthode :**• Lieu de réalisation de la partie pratique :**

Les travaux que nous avons menés, sont effectués au sein des laboratoires de l'Institut des Sciences et de la Technologie Centre Universitaires Abdelhafid Boussouf-Mila.

• Objectif de notre travail :

L'objectif de notre travail est porté sur l'étude phytochimique de l'*Arum maculatum* L., leurs teneurs en polyphénols et en flavonoïdes et sa activité antibactérienne.

• Type et période d'étude :

Nous avons effectué une étude qui s'est déroulée du 21 Décembre 2021 au 24 Mai 2022.

• Zone de collection :

L'espèce d'*Arum maculatum* L. a été collecté au niveau de la ferme Boutiti Mohamed dans la région de Azzaba Lotfi commune d'Ain Tin, Wilaya de Mila Algérie pendant le mois de Décembre 2021.



Figure 22 : Ferme Boutiti Mohamed (zone d'étude) (photo personnelle 2022).

I.1. Matériel :

I.1.1. Matériel végétal :

Le matériel végétal utilisé au cours de notre étude est : la partie aérienne (Feuilles) et souterraine (Rhizomes) de l'espèce *Arum maculatum* L. (**Figure23**).

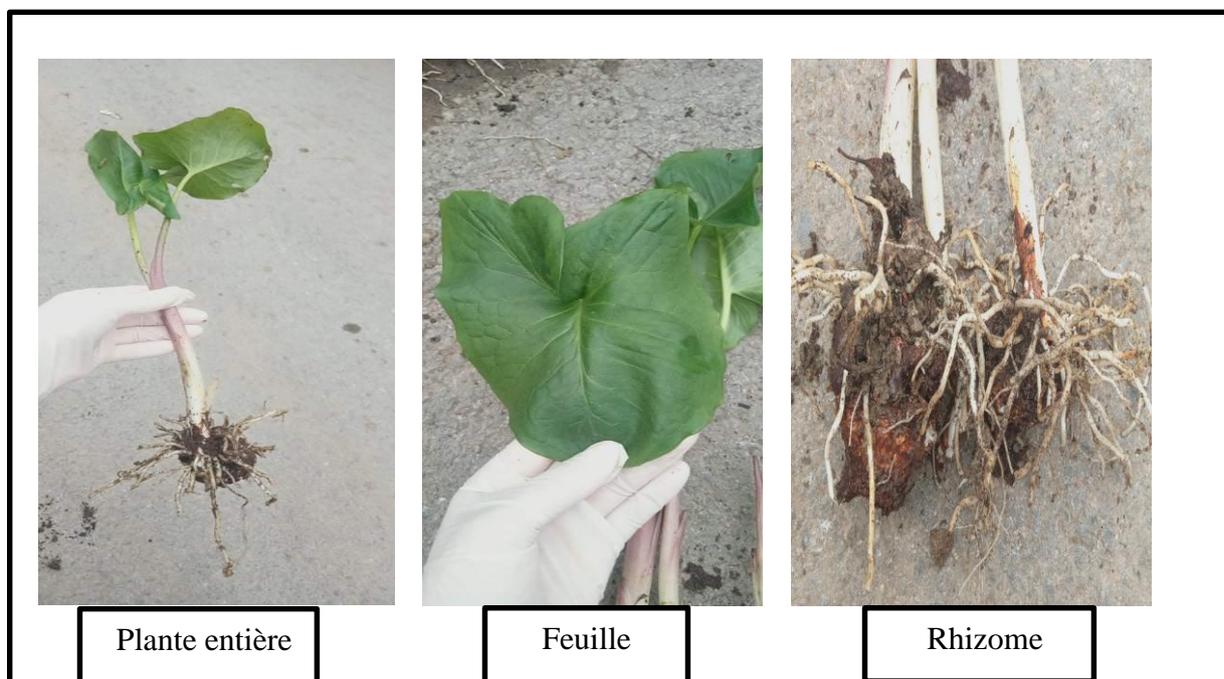


Figure 23: matériels végétaux utilisés (photos personnelle 2021) .

I.2. Méthode de travail :

I.2.1. Préparation de matériels végétales :

Pour faciliter l'extraction des composés biochimiques à partir des feuilles et des tubercules de la plante étudiée, nous avons suivi les étapes suivantes :

Tableau II : Préparation de matériels végétales.

| Méthode | Explication | Illustration |
|-------------------|--|--|
| Collection | <p>-Nous avons collecté une quantité importante de feuilles d'<i>Arum maculatum</i> L.</p> <p>-Nous avons déraciné une quantité importante de tubercules (rhizomes).</p> |  |
| Lavage | <p>-Après la récolte, les feuilles et les rhizomes ont été lavés par l'eau de robinet pour éliminer tous les contaminants et réduire la toxicité.</p> |  |
| Séchage | <p>-Laisser les matériels végétaux dans un endroit sombre et température ambiante pendant 15 jours jusqu'à séchage complet.</p> |  |
| Stockage | <p>-Conserver dans des récipients en verre dans un endroit sombre pour être utilisé.</p> |  |

I.2.2. Préparation des extraits :

Les différentes étapes décrites sont appliquées avec les trois solvants (eau distillée, éthanol et méthanol) et les deux matériels végétales (feuilles et rhizomes).

Dans un Erlenmeyer, 40g de la poudre est ajouté au 300 ml du solvant organique et met sous agitation mécanique pendant 24h. Après on fait une filtration sur un papier filtre pour obtenir un filtrat.

Le filtrat est évaporé à sec à l'aide d'un rota vapeur. L'extrait obtenu est mis dans des tubes sec et conservé à 4°C jusqu'à utilisation.

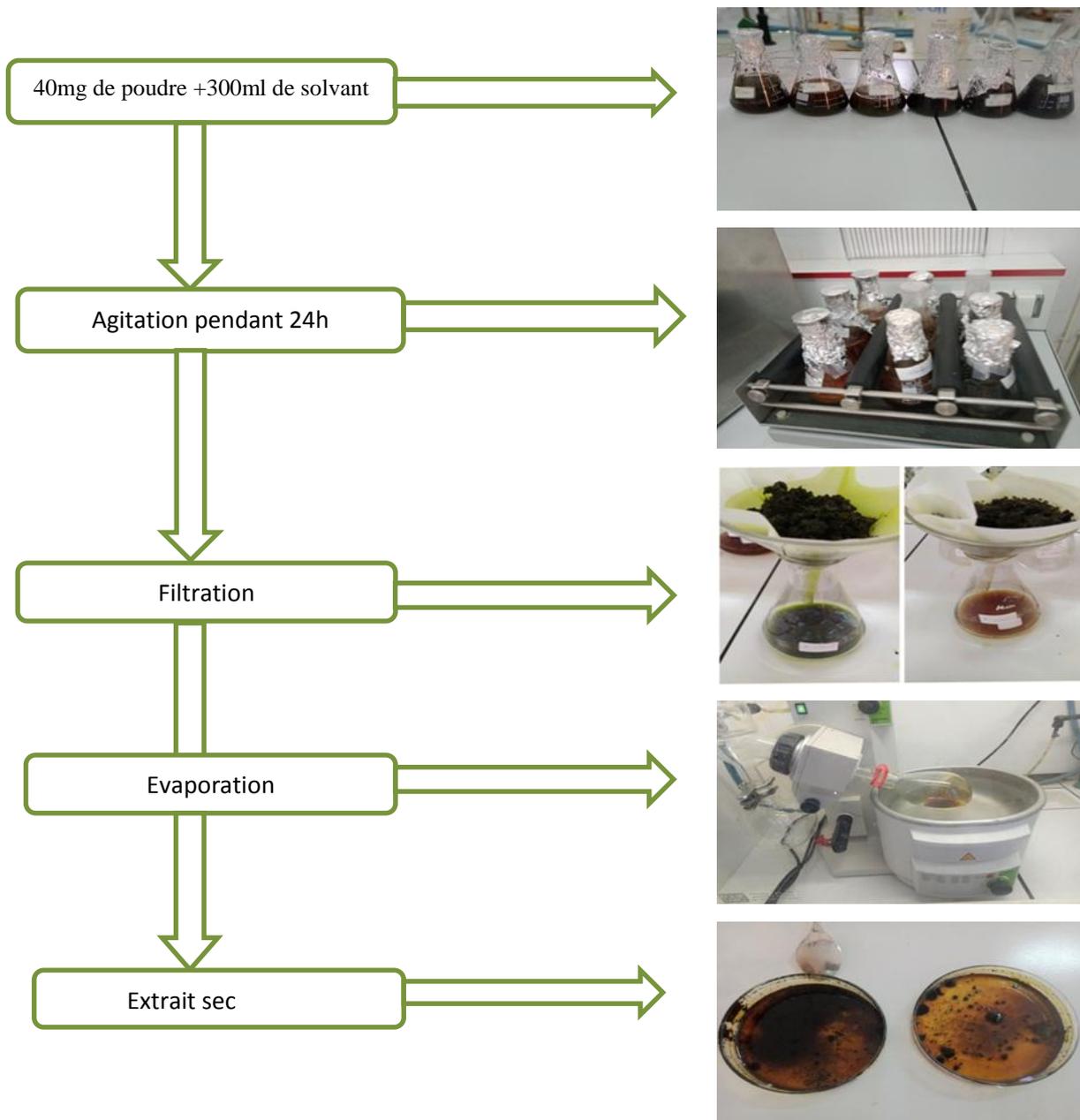


Figure 24 : Les étapes de préparation des extraits.

I.2.3. Calcul le rendement d'extraction :

Le rendement des extraits bruts est calculé par le rapport entre le poids de l'extrait sec et celui de la plante en poudre. Il est exprimé en pourcentage selon la formule suivante :

$$R\% = (M/M_0) \times 100$$

- **R %**: Rendement en %.
- **M** : Masse de l'extrait après évaporation du solvant.
- **M₀** : Masse de la matière végétale utilisée pour l'extraction.

I.2.4. Etude qualitative :

I.2.4.1. Screening phytochimique :

Les tests phytochimiques sont des tests purement qualitatifs permettant de mettre en évidence et de caractériser les différents groupes chimiques contenus dans les extraits végétaux. Ils sont basés sur des réactions de coloration et/ou de précipitation.

La méthode d'extraction que nous avons utilisée est la macération qui consiste à laisser le matériel végétal en contact prolongé avec un solvant à température ambiante, Ce qui permet d'extraire le maximum des molécules chimiques contenant dans les feuilles et rhizomes de la plante (**Bruneton, 1999**).

Nous avons recherché les composés chimiques suivants dans notre plante :

- **Recherche des tanins :**

A 2 ml de la solution à tester ajouter 2 à 3 gouttes de solution de FeCl₃ à 2%. Un test positif est révélé par l'apparition d'une coloration bleue-noire et un précipité (laisser reposer quelques minutes) (**Trease et Evans, 1987**).

- **Recherche des Saponosides :**

5 ml de la solution à tester sont bien mélangées avec 10 ml d'eau distillée pendant 2min. La formation d'une mousse persistante après 15 min confirme la présence des saponosides (**Karumi et al., 2004**).

- **Recherche des Flavonoïdes :**

Traiter 5 ml de chaque extrait avec quelques gouttes de HCl concentré. Ajouter une quantité de tournures de magnésium (laisser agir). La présence des flavonoïdes est confirmée par l'apparition d'une couleur rouge ou orange (**Karumi et al, 2004**).

- **Recherche des Glucosides cardiotonique :**

Ce test est basé sur la réaction de Keller-Kiliani. A 1 ml de chaque extrait ajouter 5 ml d'acide acétique contenant des traces de FeCl₃ et 5 ml d'acide sulfurique contenant des traces

de FeCl₃. La présence des glucosides cardiotonique est confirmée par la formation de deux phases, une colorée en brun rouge (acide acétique) est la deuxième en bleu-vert (acide sulfurique) (Bekro *et al.*, 2007).

- **Recherche des Alcaloïdes :**

Deux réactifs sont utilisés : réactif de Mayer et réactif de Wagner. Ce test se fait par ajout de quelques gouttes de chaque réactif, séparément, aux différents extraits étudiés. L'apparition d'un précipité confirme la présence des alcaloïdes (Benzahi, 2001).

- **Recherche des Amidon :**

Traiter l'extrait aqueux avec le réactif d'amidon. L'apparition d'une coloration bleue violacée indique la présence d'amidon (Benmehdi, 2000).

- Réactif d'amidon : 1,2 g d'I₂ et 2,5 g de KI solubilisés dans 500 ml d'eau distillée. Le test est positif par l'apparition d'une coloration rouge orangée.

- **Recherche des Anthraquinones :**

Bouillir 1 g de plante pendant quelques minutes en présence de 10 ml de KOH 0,5 N et 1 ml d'H₂O₂ à 5%. Refroidir le mélange, filtrer puis acidifier le filtrat avec l'acide acétique. Extraire la solution acide obtenue avec 10 ml de benzène. Agiter l'extrait benzénique en présence de 5 ml de NH₄OH. Une réaction positive est révélée par la formation d'une couleur rouge au niveau de la couche alcaline (Oloyede, 2005).

- **Mucilage :**

Mélanger 1ml d'extrait aqueux et 5 ml d'alcool absolu. Un test positif est révélé par l'apparition d'un précipité floconneux.

- **Recherche les composés réducteurs :** Il a été procédé à une évaporation à sec de 5ml du décocte aqueux à 10 ml au bain marie. L'apparition d'un précipité rouge brique après addition au résidu d'un 1ml de réactif de Fehling révélé la présence des composés réducteurs (Trease et Evans, 1987).

I.2.5. Etude quantitative :

I.2.5.1. Dosage des polyphénols totaux :

Le dosage des phénols totaux dans les extraits de feuilles et rhizomes d'*Arum maculatum* L. a été effectué spectrophotométriquement selon la méthode au réactif de Folin Ciocalteu (Silva *et al.*, 2005).

2 mg d'extrait est ajouté à 1 ml de chaque solvant (méthanol, éthanol et eau distille). Dans une fiole gaugée de 100 ml, on mélange 40 µl de chaque extrait préparé avec 1,5 ml de réactif de Folin Ciocalteu (10%) et 1,5 ml de carbone de sodium (Na₂CO₃) à 7,5% (m /v). Ensuite la fiole est complétée avec de l'eau distillée. Le tout est laissé pendant 30 minutes à température ambiante, et la

lecture est effectuée contre un blanc -qui est préparé selon le même protocole sauf que l'extrait est remplacé par le solvant- à l'aide d'un spectrophotomètre (UV mini -1240) à 765 nm.

Une courbe d'étalonnage est réalisée en parallèle dans les mêmes conditions opératoires en utilisant l'acide gallique comme contrôle positif. Les résultats sont exprimés en microgramme équivalent d'acide gallique par milligramme d'extrait ($\mu\text{g EAG/mg}$) (Li et al., 2007).

I.2.5.2. Dosage des flavonoïdes totaux :

La méthode du trichlorure d'aluminium AlCl_3 (20) légèrement modifiée a été adoptée pour quantifier les flavonoïdes dans les différents extraits.

2 mg d'extrait est ajouté à 1 ml de chaque solvant (méthanol, éthanol et eau distille). On mélange 1 ml de chaque extrait préparé avec 1 ml de carbon du trichlorure d'aluminium AlCl_3 . Le tout est laissé pendant 10 minutes à température ambiante, et la lecture est effectuée à 430 nm.

Une courbe d'étalonnage est réalisée en parallèle dans les mêmes conditions opératoires en utilisant la quercitine. Les résultats sont exprimés en microgramme équivalent de quercitine par milligramme d'extrait ($\mu\text{g EAG/mg}$) (Djeridane et al., 2006).

I.2.5.3. Activité antibactérienne :

L'activité antibactérienne d'*Arum maculatum* L. a été réalisée au laboratoire pédagogique du centre universitaire de Mila, dans des conditions d'asepsie rigoureuses.

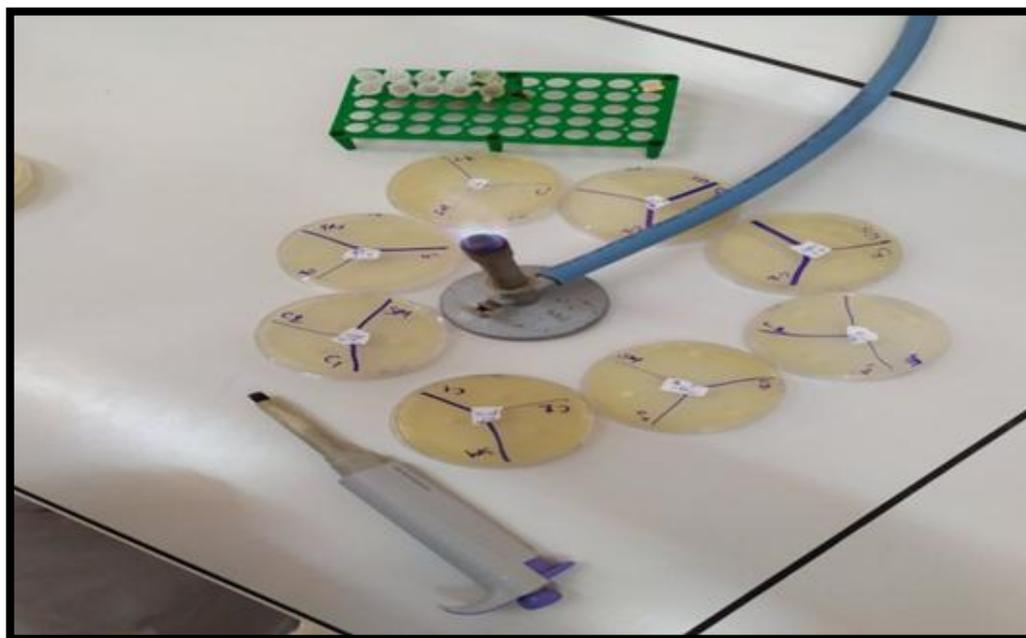


Figure 25 : Activité antibactérienne (photo personnelle 2022).

- **Méthode utilisée (méthode des disques) :**

Le test de l'activité antibactérienne des extraits obtenus consiste à rechercher leurs effets antagonistes sur le développement des espèces bactériennes.

Un écouvillon stérile trempé dans la suspension bactérienne a servi àensemencer uniformément toute la surface de la boîte de gélose Mueller – Hinton(MH). Après séchage de la surface (environ 5 min), des disques de 5 mm de diamètre du papier Wattman imbibés avec 10µl de l'extrait à tester, sont séchés et déposés sur la surface des boîtes. Ces dernières, sont incubées dans une étuve à 37°C pendant 18 à 24 heures (**Hayes et Markovic, 2002**).

- **Souches bactériennes testées :**

L'activité antibactérienne, de plusieurs extraits de genre *Arum maculatum* L. a été testée vis-à-vis de quatre bactéries *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Bacillus cereus*. Le tableau suivant résume le gram et le code des bactéries :

Tableau III : Les bactéries testées.

| Bactéries | Gram | Code |
|-------------------------------|-------------|-------------|
| <i>Escherichia coli</i> | Négatif | ATCC 25922 |
| <i>Staphylococcus aureus</i> | Positif | ATCC 25923 |
| <i>Pseudomonas aeruginosa</i> | Négatif | ATCC 27853 |
| <i>Bacillus cereus</i> | Positif | ATCC 10987 |

- **Stérilisation du matériel :**

Le matériel (les pinces, les embouts, les tubes, les disques en papier Whatman enrobés dans du papier aluminium), les solutions, et les milieux de cultures doivent être stérilisés par autoclavage à 121°C pendant 2 heures.



Figure 26 : Stérilisation de matériels (photo personnelle 2022).

- **Réactivation de bactéries testées :**

Les souches sélectionnées ont été revivifiées dans des boites de pétri coller par la gélose nutritive, et incubées à 37°C pendant 24 heures. Puis elles ont revivifié dans des tubes contenant 10 ml de bouillon nutritif et incubées à 37°C pendant 24 heures avant d'être testées, des cultures bactériennes jeunes sont obtenues. Après l'incubation des souches, on a raclé à l'aide d'une pipette Pasteur quelques colonies bien isolées et parfaitement identiques, puis on a déchargé la pipette dans 10 ml de l'eau physiologiques stériles, les suspensions bactériennes doivent être bien homogénéisées.



Figure 27 : Réactivation des bactéries (photos personnelle 2022).

- **Dilution des extraits :**

L'extrait méthanoïque, éthanolique et aqueux des feuilles et rhizomes d'*Arum maculatum* L. sont dilués avec le diméthyl sulfoxyde (DMSO) dans des tubes eppendorfs selon le protocole suivant :

Solution mère SM : 100 mg de l'extrait dans 1ml de DMSO

C1 : 0.5ml d'extrait de SM avec 0.5ml de DMSO.

C2 : 0.5ml d'extrait de C1 avec 0.5ml de DMSO.

C3 : 0.5ml d'extrait de C2 avec 0.5ml de DMSO.

C4 : 0.5ml d'extrait de C3 avec 0.5ml de DMSO.

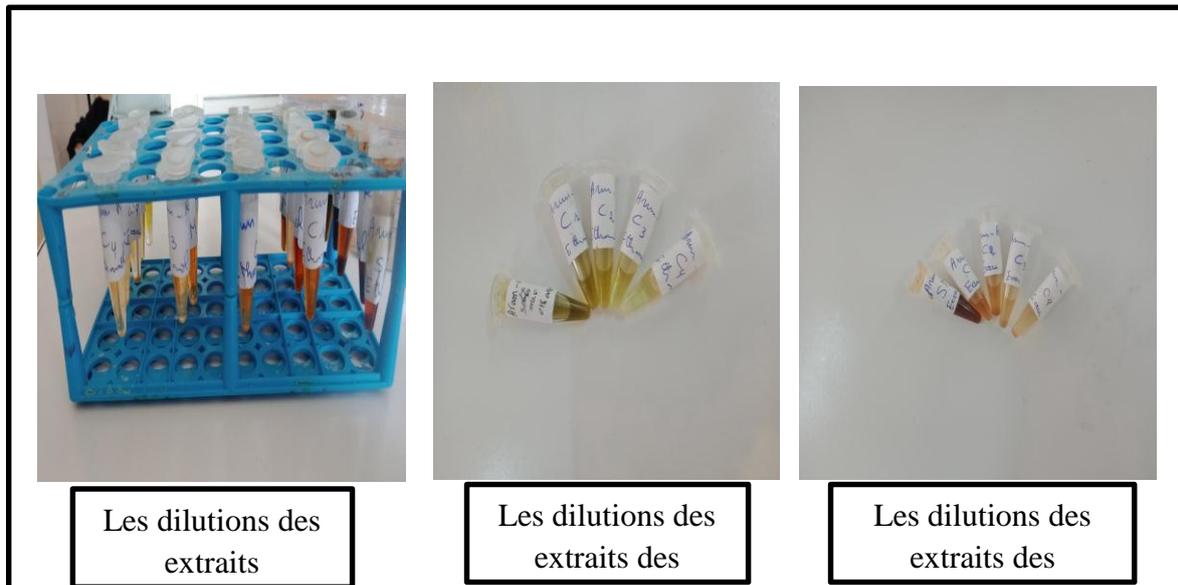


Figure 28 : les extraits dilués (photos personnelle 2022).

- **Coulage de milieux de culture MH :**

On verse le MH liquide dans des boites de pétrie pour se solidifier près du bec benzène pour assurer une stérilisation parfaite.



Figure 29 : Coulage des boites de Pétri (photo personnelle 2022).

- **Ensemencement :**

L'ensemencement est réalisé par écouvillonnage sur boites de Pétri, un écouvillon est trempé dans la suspension bactérienne, puis l'essorer en pressant fermement sur la paroi interne du tube. L'écouvillon est frotté sur la totalité de la surface gélosée, de haut en bas en stries serrées.

L'opération est répétée trois fois en tournant la boîte de 60 C° à chaque fois. L'écouvillon est rechargé à chaque fois qu'on ensemence plusieurs boites de Pétri avec la même souche.

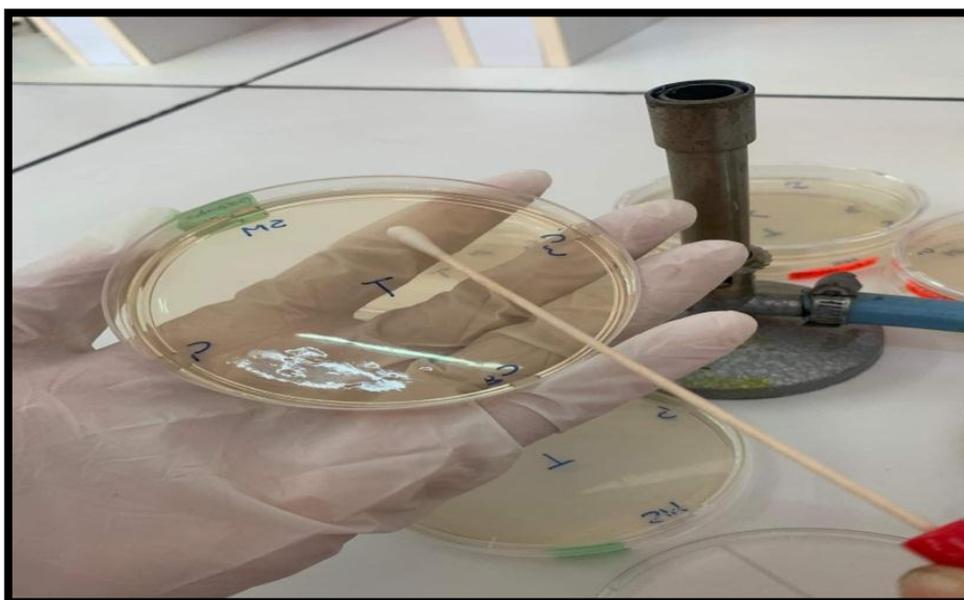


Figure 30 : Ensemencement des bactéries (photo personnelle 2022).

- **Dépôt des disques et l'injection des extraits :**

À l'aide d'une pince stérilisée au bec bunsen les disques de papier Whatman de 6 mm de diamètre sont placés sur la surface de la gélose MH inoculée.

On a ajouté 10µl de chaque dilution des extraits (SM / C1 / C2/ C3 et C4) sur les disques à l'aide d'une micro pipette. Les boîtes sont incubées dans une étuve à 37°C pendant 18 à 24 h.

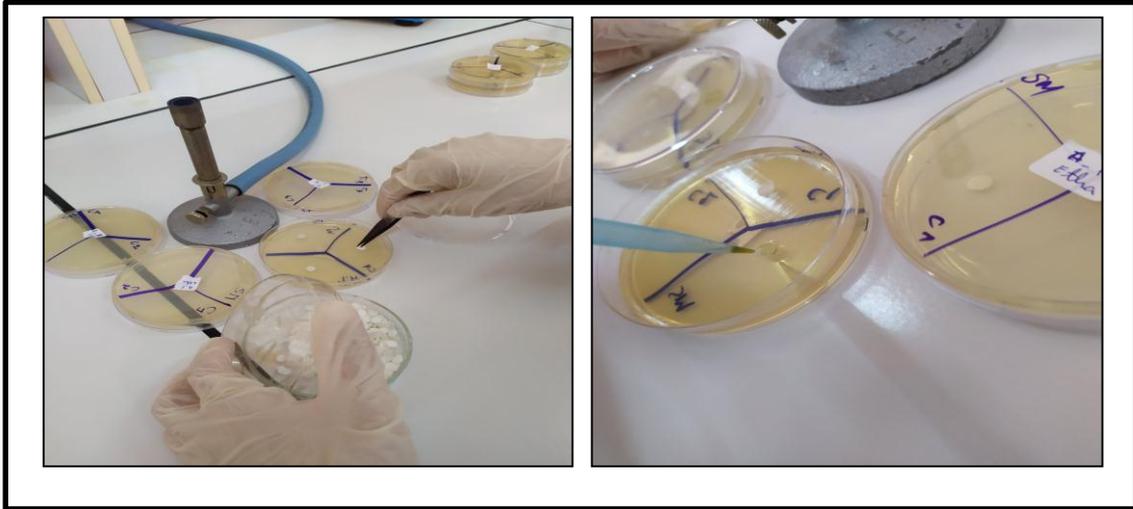


Figure 31 : Dépôt des disques et injection des extraits (photos personnelle 2022).

- **Lecture :**

La lecture des résultats a été faite à l'aide d'une règle graduée, afin de mesurer la sensibilité des souches bactériennes aux extraits autour des disques (Najjaa et al., 2007).

Tableau IV : Evaluation de l'effet antibactérien selon le diamètre d'inhibition.

| Observation | Signe | Diamètre d'inhibition |
|----------------------|-------|-----------------------|
| Non sensible | (-) | <8mm |
| Sensible | (+) | 8 à 14 mm |
| Très sensible | (++) | 15 à 20 mm |
| Extrêmement sensible | (+++) | >20mm |

Résultats et discussion

II. Résultats et discussion

II.1. Résultats :

II.1.1. Rendement d'extraction :

Les résultats de rendement de l'extraction des deux organes d'*Arum maculatum* L. (feuilles et rhizome) sont illustrés dans le tableau suivant :

Tableau V : Résultats de rendement d'extraction des feuilles et rhizomes d'*Arum maculatum* L.

| Extrait | Organe | |
|--------------|---------|---------|
| | Feuille | Rhizome |
| Méthanol | 28,90% | 12,13% |
| Ethanol | 16,35% | 10,03% |
| Eau distillé | 8,75% | 7,06% |

Les résultats mentionnés dans le (**tableau V**) nous à permet de réalisé la (**figure 33**) illustrées par des histogrammes montre que l'*Arum maculatum* L. est riche eu différents composant biochimique.

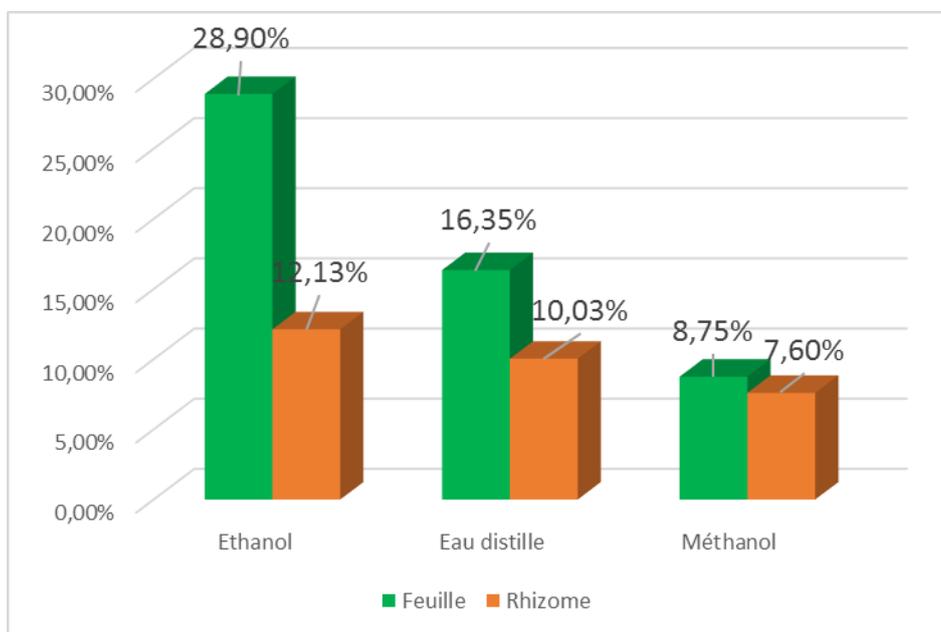


Figure 32 : Rendement d'extraction des deux organes d'*Arum maculatum* L.

Le (**tableau V**) et la (**figure 33**) montrent que le rendement d'extraction, exprimé en pourcentage par rapport au poids total de la poudre d'*Arum maculatum* L. apparaît que le

taux d'extraction dans les feuilles Avec les trois solvants est plus élevé (Etha : 28,90%, Metha : 8.75%, Ed : 16.35%) que dans les rhizomes (Etha:12.13%, Metha:7.60%, Ed:10.03%).

Dans les deux organes, le rendement de l'extrait éthanolique (F: 28,90%, R : 12.13%) était plus élevé, suivi de l'extrait aqueux (F: 16.35%, R: 10.03%) et d'un pourcentage proche du rendement de l'extrait méthanoïque (F : 8.75%, R : 7.60%).

II.1.2. Screening phytochimique :

Les résultats des tests phytochimiques effectués sur les feuilles et les rhizomes d'*Arum maculatum* L. épuisés par l'eau, l'éthanol et le méthanol sont regroupés dans le (tableau VI).

Tableau VI: Résultats des tests phytochimiques effectués sur les extraits aqueux, éthanolique et méthanoïque des feuilles et rhizomes d'*Arum maculatum* L.

| Test | Organe | | | | | |
|-------------------|--------|---------|-------|--------|---------|-------|
| | F Etha | F Metha | F Eau | R Etha | R Metha | R Eau |
| Tanins | + | + | + | ++ | - | +++ |
| Saponoside | ++ | +++ | - | + | +++ | ++ |
| Flavonoïde | + | + | +++ | - | - | +++ |
| Glucoside | ++ | +++ | + | - | - | +++ |
| Amidon | - | - | - | - | - | + |
| Alcaloïde | ++ | +++ | - | ++ | +++ | - |
| Mucilage | - | +++ | - | - | - | +++ |
| composé Reducteur | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ |
| Athraquinone | - | - | +++ | - | - | +++ |

- **Tanins :**

L'apparition d'une couleur bleu-noir dans les feuilles et les rhizomes d'*Arum maculatum* L. prouve la présence des tanins. Le résultat est plus visible dans l'extrait éthanolique des feuilles et l'extrait aqueux des racines (Figure34).

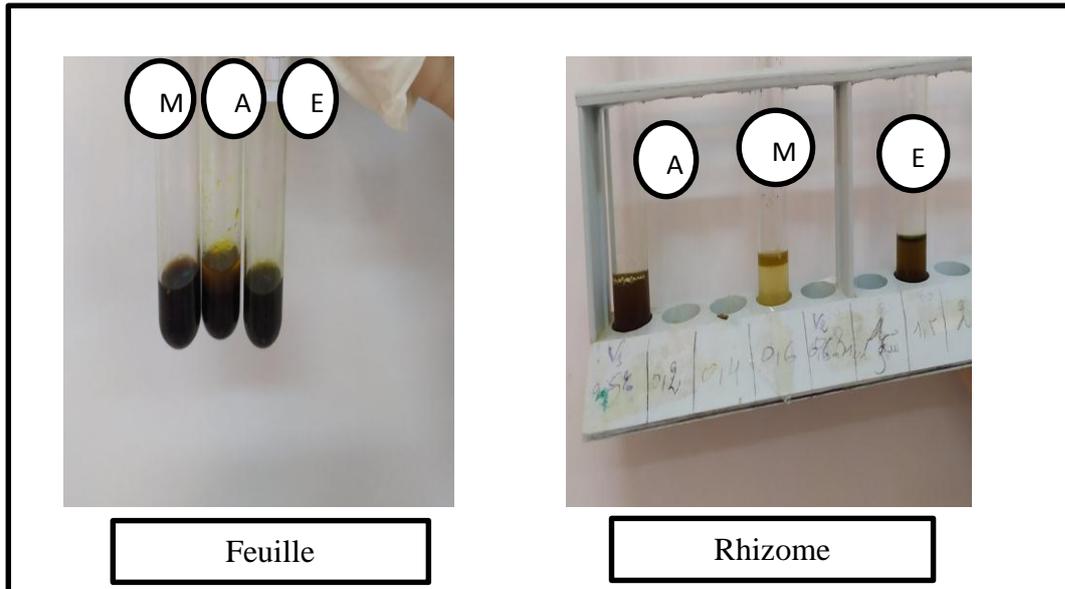


Figure 33 : Résultats de test des tanins (photos personnelles 2022).

- **Saponosides :**

La formation d'une mousse persistante confirme la présence des saponosides dans les feuilles et le rhizome de notre plante. Le résultat est plus clair pour l'extrait méthanoïque des deux organes.

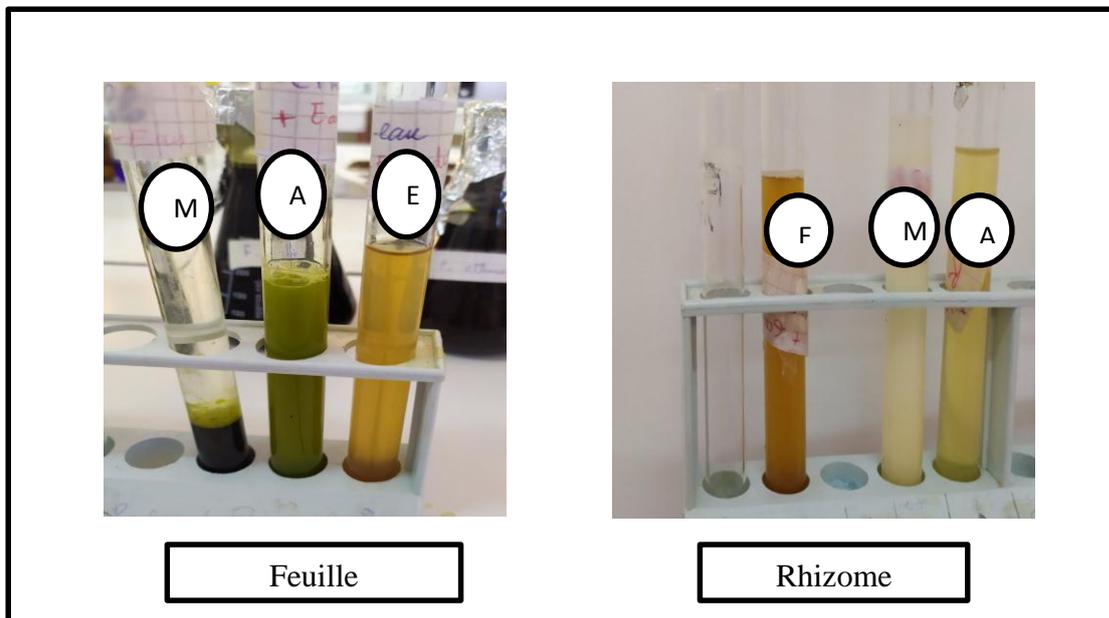


Figure 34 : Résultats de test des saponosides (photos personnelles).

- **Flavonoïdes :**

Les résultats de test des flavonoïdes donnent une couleur orange dans les extraits aqueux des deux organes ce qui signifie que le test est positif. On note que les flavonoïdes sont abondants dans les rhizomes plus que les feuilles.

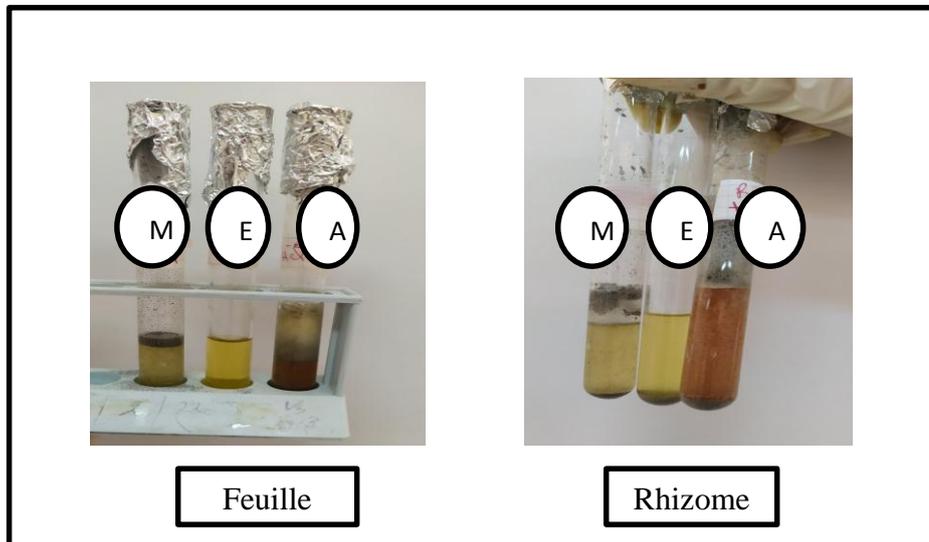


Figure 35 : Résultats de test des flavonoïdes (photos personnelles).

- **Glucoside :**

L'apparition de deux phases l'une brune rouge et l'autre bleu vert indique la présence des glucosides dans tous les extraits de feuilles et dans l'extrait aqueux de rhizome.

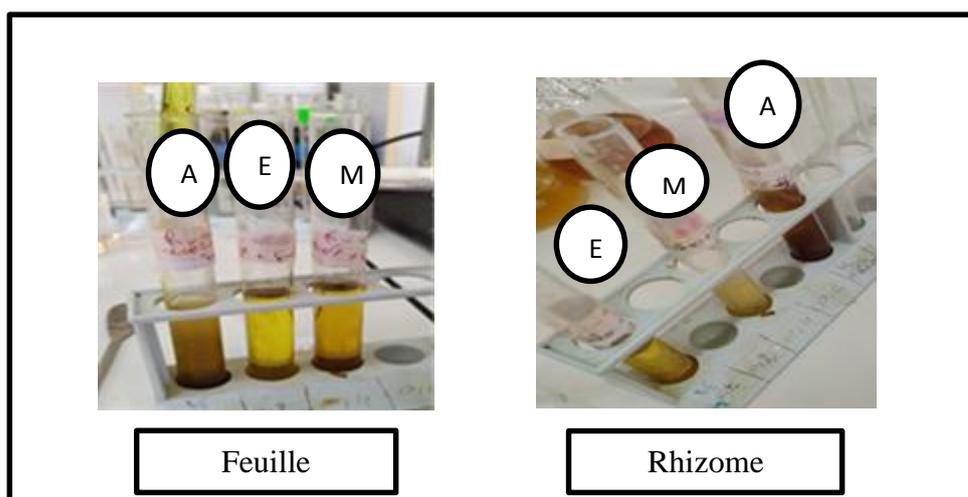


Figure 36 : Résultats de test des glucosides (photos personnelles).

- **Amidon :**

L'absence de la coloration bleue violacée indique que le test est négatif.

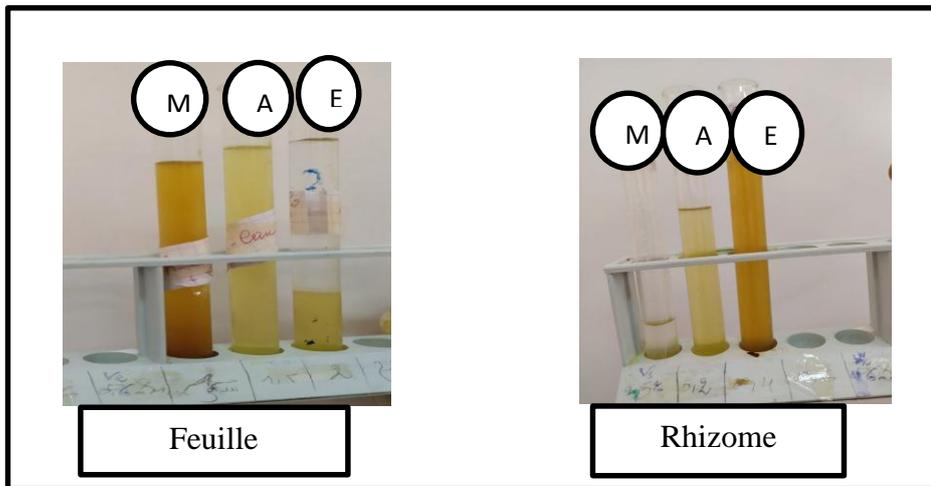


Figure 37 : Résultats de test d'amidon (photos personnelles).

- **Alcaloïdes :**

Les résultats des tests physicochimiques montrent que les alcaloïdes sont abondants dans tous les extraits *d'Arum maculatum* sauf dans l'extrait aqueux des feuilles (Figure 39).

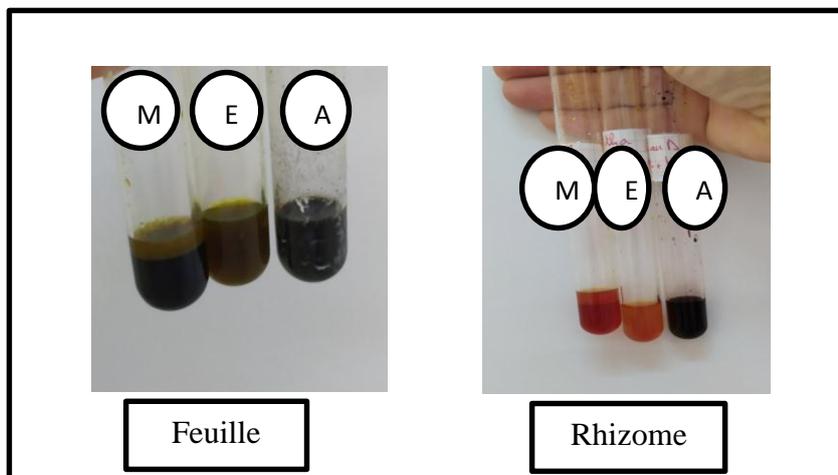


Figure 38 : Résultats de test des alcaloïdes (photos personnelles).

- **Mucilage :**

L'apparition d'un précipité floconneux confirme la présence de mucilage dans l'extrait méthanolique des feuilles et extrait aqueux du rhizomes (Figure 40).

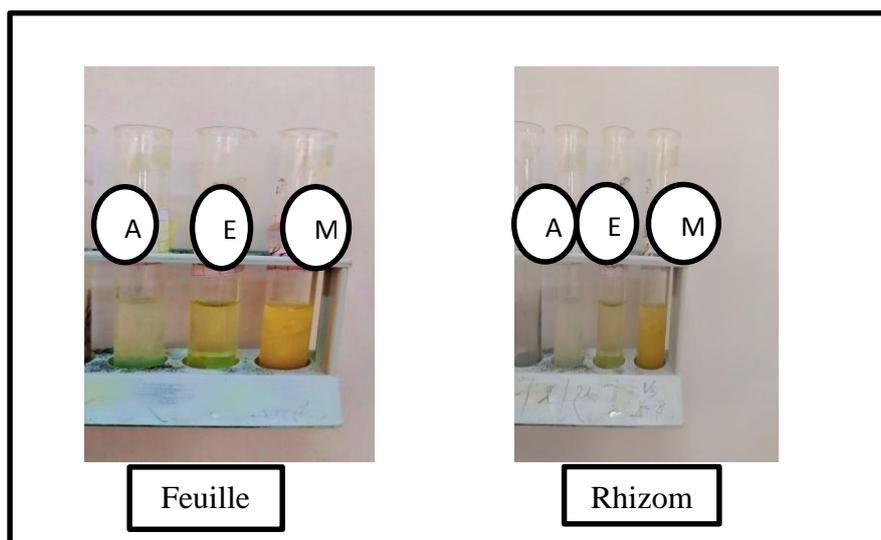


Figure 39 : Résultats de test de mucilage (photos personnelles).

- **Composés réducteurs :**

L'apparition d'un précipité rouge brique dans les feuilles et le rhizome indique que le test est positif (**Figure 41**).

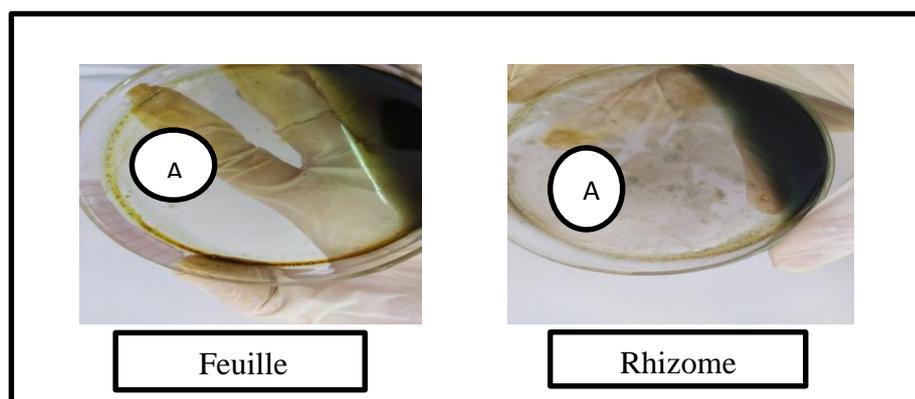


Figure 40 : Résultats de test des composés réducteurs (photos personnelles).

- **Anthraquinones :**

Le test est positif, en raison de l'apparition d'une couleur rouge au niveau de la couche alcaline dans les extraits aqueux des deux organes (**Figure 42**).

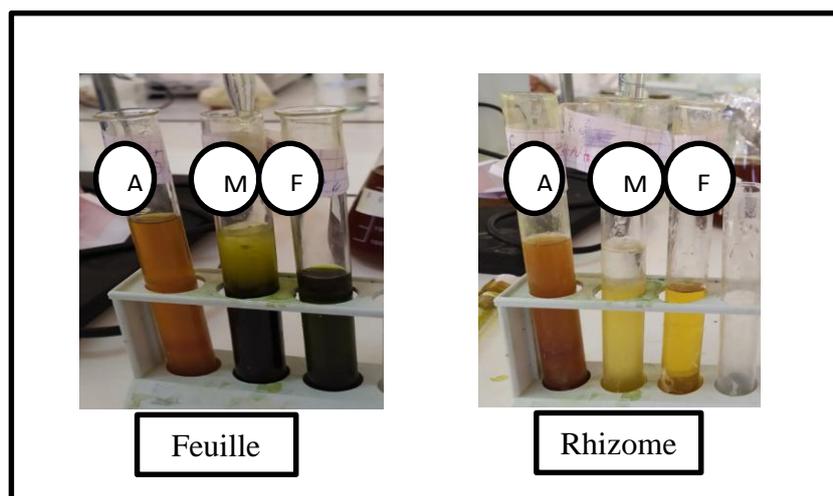


Figure 41 : Résultats de test des anthraquinones (photos personnelles).

A : Aqueux, E : Ethanolique, M : Méthanoïque.

II.1.3. Dosage des polyphénols totaux :

Les résultats obtenus pour les teneurs en phénols totaux dans les extraits des feuilles et rhizomes de l'*Arum maculatum* L. sont regroupés dans le (tableau VII).

Tableau VII: Teneur en phénols totaux dans les extraits des feuilles et rhizomes.

| Extrait | R Eau | F Eau | R Etha | F Etha | R Metha | F Metha |
|---|-------|-------|--------|--------|---------|---------|
| Teneur en polyphénols totaux dans ($\mu\text{gEAG}/\text{mg}$ d'extrait sec) | 3,2 | 0,9 | 3,4 | 0,7 | 2 | 0,12 |

Les résultats mentionnés dans le tableau nous à permet de réalisé la (figure 43) illustrées par des histogrammes.

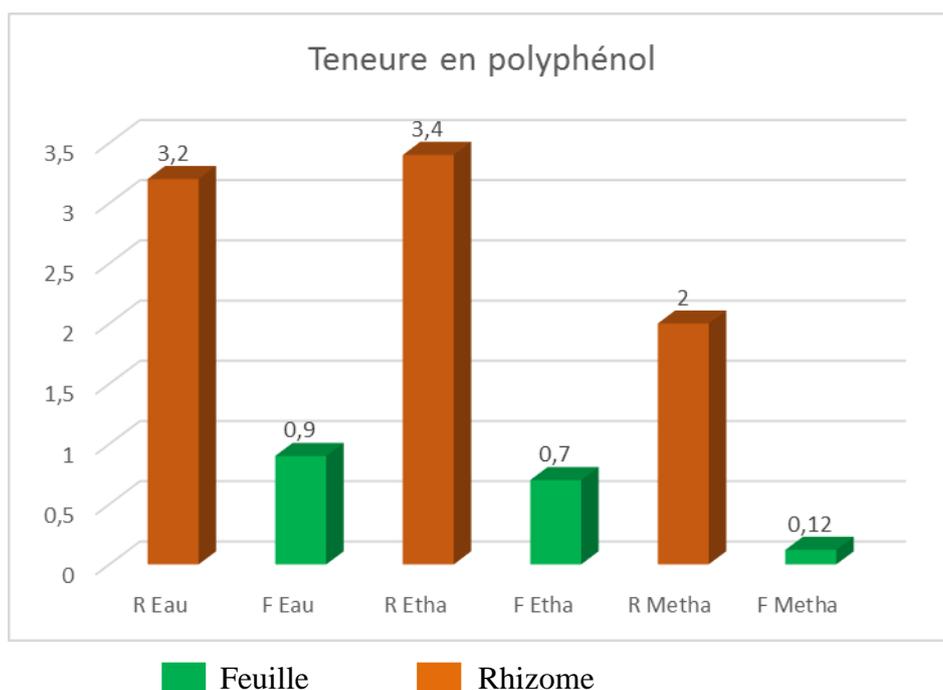


Figure 42 : Teneur en polyphénols totaux des feuilles et rhizomes d'*Arum maculatum* L.

Les valeurs enregistrées dans le (tableau VII) et la (figure 43) montrent que la teneur en polyphénols est maximale dans l'extrait éthanolique suivi par l'extrait aqueux tandis que les valeurs minimales sont notées pour l'extrait méthanoïque avec des moyennes de (3.4, 3.2, 2) µg EAG /mg d'extrait sec respectivement chez le rhizome de *l'Arum maculatum* L.

Pour les feuilles de la même plante, le maximum est atteint dans les extraits aqueux et éthanolique alors que les teneurs minimales concernent l'extrait méthanoïque selon les valeurs (0.9, 0.7, 0.12) µg EAG /mg d'extrait sec. Ces résultats montrent que le rhizome est plus riche en ces composés comparativement à la feuille et que l'eau et l'éthanol sont les meilleurs solvants par rapport au méthanol

II.1.4. Dosage des flavonoïdes totaux :

Les résultats obtenus pour les teneurs en phénols totaux dans les extraits des feuilles et rhizomes de *l'Arum maculatum* L. sont regroupés dans le (tableau VIII).

Tableau VIII: Teneur en flavonoïdes totaux d'extrait des feuilles et rhizomes.

| Extrait | R Eau | F Eau | R Etha | F Etha | R Metha | F Metha |
|---|-------|-------|--------|--------|---------|---------|
| Teneur en flavonoïdes totaux dans (µgEQ/mg d'extrait sec) | 724 | 133 | 370 | 910 | 750 | 760 |

Les résultats obtenus pour la teneur en flavonoïdes dans les deux organes sont présentés dans la (figure 44).

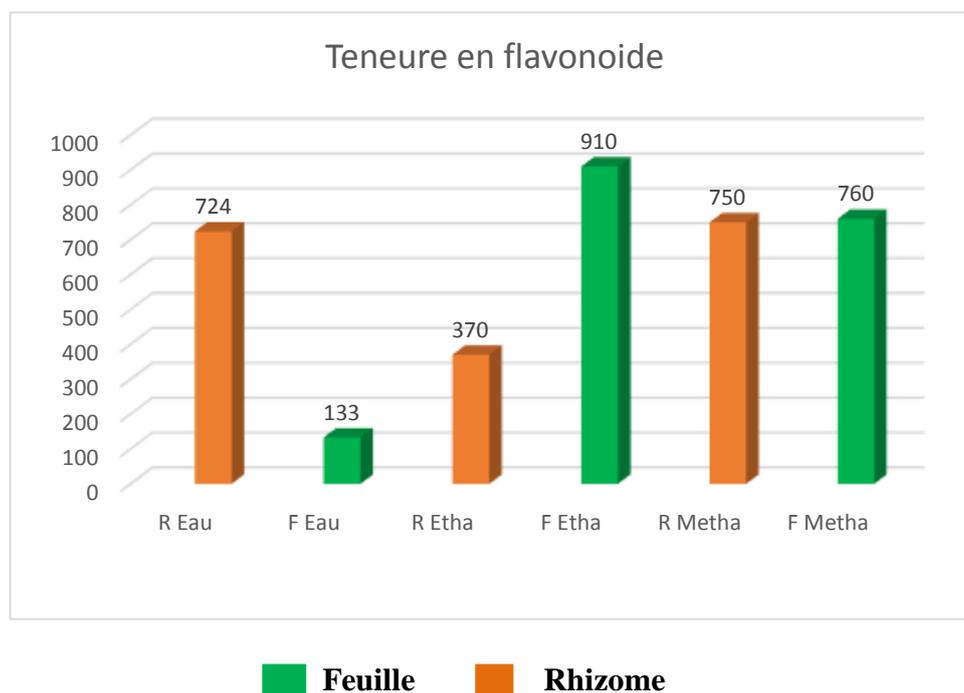


Figure 43 : Teneur en flavonoïdes totaux des feuilles et rhizomes d'*Arum maculatum* L.

Pour les flavonoïdes, les résultats mentionnés dans le (tableau VIII) et la (figure 44) montrent que les moyennes les plus élevées sont enregistrées chez les feuilles macérées dans l'éthanol avec une valeur de 910 µgEQ/mg d'extrait sec suivi par celles de l'extrait méthanoïque avec une valeur de 760 µgEQ/mg d'extrait sec et enfin l'extrait aqueux avec une teneur de 0,133 µgEQ/mg d'extrait sec.

Concernant le rhizome, les teneurs des flavonoïdes demeurent plus faibles par rapport à ceux feuilles dont les plus élevés sont enregistrés dans l'extrait méthanoïque et aqueux tandis que les plus faibles sont trouvés dans l'extrait éthanolique avec des moyennes de (775, 724, 370) µgEQ/mg d'extrait sec.

Contrairement aux résultats des polyphénols, les feuilles sont plus riches en ces composés comparativement au rhizome et que l'eau et le méthanol sont les meilleurs solvants par rapport à l'éthanol.

II.1.5. Activité antibactérienne :

Après une durée d'incubation de 24h à une température ambiante (37°C), les zones d'inhibitions imprégnées par les différents extraits avec leurs différentes concentrations sont mesurées (Annexe 4 et Tableau IX).

Tableau IX : Diamètres de la zone d'inhibition de l'extrait des feuilles et du rhizome de l'*Arum maculatum* L. avec des différentes dilutions.

| Organes | Bactéries | Extraits [] mg/ml | Eau | Ethanol | Méthanol |
|---------|---------------------|--------------------|-----|---------|----------|
| Feuille | <i>E.coli</i> | SM | 6 | 8 | 7 |
| | | C1 | 8 | 12 | 6 |
| | | C2 | 10 | 16 | 6 |
| | | C3 | 8 | 14 | 6 |
| | | C4 | 8 | 16 | 6 |
| | <i>S.aureus</i> | SM | 6 | 12 | 10 |
| | | C1 | 7 | 12 | 12 |
| | | C2 | 6 | 14 | 6 |
| | | C3 | 7 | 26 | 6 |
| | | C4 | 6 | 16 | 6 |
| | <i>P.aeruginosa</i> | SM | 6 | 6 | 12 |
| | | C1 | 6 | 14 | 12 |
| | | C2 | 12 | 6 | 6 |
| | | C3 | 10 | 6 | 10 |
| | | C4 | 6 | 6 | 7 |
| | <i>B.cereus</i> | SM | 6 | 16 | 12 |
| | | C1 | 8 | 6 | 14 |
| | | C2 | 8 | 6 | 6 |
| | | C3 | 8 | 6 | 6 |
| | | C4 | 7 | 6 | 6 |
| Rhizome | <i>E.coli</i> | SM | 6 | 10 | 6 |
| | | C1 | 6 | 16 | 6 |
| | | C2 | 6 | 6 | 6 |
| | | C3 | 6 | 6 | 6 |
| | | C4 | 6 | 6 | 6 |
| | <i>S.aureus</i> | SM | 6 | 7 | 6 |
| | | C1 | 6 | 6 | 10 |
| | | C2 | 6 | 6 | 6 |
| | | C3 | 6 | 6 | 6 |
| | | C4 | 6 | 6 | 6 |
| | <i>P.aeruginosa</i> | SM | 6 | 6 | 6 |
| | | C1 | 6 | 6 | 12 |
| | | C2 | 6 | 6 | 6 |
| | | C3 | 6 | 6 | 6 |
| | | C4 | 6 | 6 | 6 |
| | <i>B.cereus</i> | SM | 6 | 14 | 8 |
| | | C1 | 6 | 7 | 6 |
| | | C2 | 6 | 6 | 6 |
| | | C3 | 6 | 6 | 6 |
| | | C4 | 6 | 6 | 6 |

SM:100 mg/mL; C1:50 mg/mL; C2:25mg/mL; C3:12.5 mg/mL; C4:6.25 mg/ml.

Les résultats enregistrés dans le tableau IX et l'annexe 03 montrent que l'extrait éthanolique des feuilles exerce un effet antibactérien sur les quatre souches étudiées, surtout pour la souche *S.aureus* dont le diamètre d'inhibition atteint (26, 16, 14, 12) mm pour les concentrations (C3, C4, C2, C1 et SM) respectivement. Pour l'*E.coli* les diamètres d'inhibition notés sont de (16, 14, 16,12et 8) mm pour les concentrations (4, 3, 2, 1, SM) respectivement. L'activité du même extrait est marquée chez *B.cereus* uniquement avec la solution mère (SM) dont le diamètre est de 16 mm. Alors que pour *P.aeruginosa*, l'extrait éthanolique exerce son effet à la concentration C1 avec un diamètre de 14 mm.

Concernant l'extrait méthanolique des feuilles, l'activité antibactérienne est enregistrée chez *S.aureus*, *P.aeruginosa* et *B.cereus* à la solution mère et la concentration 1 avec les diamètres de (10, 12, 12, 12, 12, 14) mm respectivement. Notons qu'aucune activité de cet extrait sur *E.coli* n'a été enregistrée.

L'extrait aqueux des feuilles a exercé son effet uniquement sur la souche *P.aeruginosa* aux concentrations (2 et 3) avec des diamètres de (12 et 10) mm et sur l'*E.coli* à la concentration 2 dont le diamètre égal à 10 mm.

Pour le rhizome, son extrait aqueux n'a montré aucun effet sur les quatre souches bactériennes alors que la solution mère de son extrait éthanolique a permis la formation d'une zone d'inhibition de (10 et 14) mm chez *E.coli* et *B.cereus* respectivement. Le même extrait avec la concentration 1 a enregistré un diamètre de 16 mm chez *E.coli*. Cependant son extrait méthanolique à la concentration 1 a inhibé les souches *S.aureus* et *P.aeruginosa* ce qui a permis la formation d'une zone d'inhibition de 10 et 12 respectivement.

- **Sensibilité des différentes souches bactériennes au DMSO :**

Le diamètre des zones d'inhibition, exprimé en millimètre, sont présentés dans l'annexe et le tableau ci-dessous.

Tableau X : Résultat des tests de sensibilité des souches bactériennes vis-à-vis le DMSO.

| Bactéries | Témoin (DMSO) |
|-------------------------------|---------------|
| <i>Escherichia coli</i> | 0 |
| <i>Staphylococcus aureus</i> | 0 |
| <i>Pseudomonas aeruginosa</i> | 0 |
| <i>Bacillus cereus</i> | 0 |

D'après les résultats enregistrés, les souches bactériennes montrent aucune sensibilité présentée au DMSO.

Ces substances sont révélées comme un témoin négatif (DMSO) pour évaluer l'activité antibactérienne de l'*Arum maculatum* L.

II.2. Discussion :

L'*Arum maculatum* L. est l'une des plantes utilisées dans la médecine traditionnelle, ce qui nous a poussé à mieux comprendre son activité biologique en évaluant son pouvoir antibactérien et sa teneur en polyphénols et flavonoïdes.

Il y'a beaucoup de démarches afin d'obtenir les composés phytochimiques des plantes telles que le broyage, l'homogénéisation et l'extraction.

La technique d'extraction est une étape très importante dans l'isolement et la récupération des composés phytochimiques existant dans le matériel végétal (**Do et al., 2014**). Elle est influencée par la nature chimique des substances bioactives, la méthode utilisée, la taille d'échantillon végétal étudié (**Stalikas, 2007**). Le solvant utilisé est en effet reconnu comme un principal facteur affectant la quantité et le taux des polyphénols et des flavonoïdes (**Abaza et al., 2015**). En effet, la polarité du solvant participe à l'augmentation de la solubilité des composés phénoliques (**Mekinic et al., 2014**).

Dans notre travail, nous avons opté le méthanol, l'eau et éthanol bouillante comme solvants d'extraction, puisque leurs sélectivités pour les polyphénols sont élevées et ils permettent de donner un meilleur taux d'extraction en ces composés (**Sipigno et al., 2007**). L'eau est le préférable car il a l'avantage d'être non polluant, moins chers et non toxique par rapport aux autres solvants comme le méthanol (**Jokic et al., 2010**).

La méthode d'extraction utilisée pour l'*Arum maculatum* L. a donné des rendements compris entre (7,60 et 28,90%). Le rendement d'extraction avec l'éthanol est le plus élevé par rapport à celui de l'eau et de méthanol.

Comparant les résultats obtenus avec ceux de (**Farahmandfar et al., 2018**) on trouve que le rendement en extrait éthanolique des feuilles est très proche de notre rendement (26.85%), tandis que ses résultats en ce qui concerne l'extrait aqueux étaient meilleurs que les nôtres (25.63 %).

La méthode et la durée de séchage est l'une des raisons de la différence de rendement. Selon (**Romero, 2004; Seidel, 2005; Marston et Hostettmann, 2006**) le séchage du matériel végétal est recommandé surtout lorsqu'il est destiné à être conservé pour une certaine période avant utilisation. Ceci, en effet, prévient les dégradations enzymatiques ou par fermentation microbienne des molécules qui s'y trouvent telles que les flavonoïdes et particulièrement les

glycosides. D'une manière générale, les rendements des extractions sont dépendants de plusieurs facteurs tels que la méthode choisie, les conditions dans lesquelles l'extraction a été effectuée, ainsi qu'à l'origine géographique de la plante. Pour le rhizome on n'a pas trouvé des études antérieures.

L'analyse phytochimique des extraits des feuilles et rhizome d'*Arum maculatum* L. vise à caractériser les différents groupes de composés renfermés dans la partie aérienne et souterraine de la plante.

Les résultats obtenus montrent la présence de plusieurs familles phytochimiques importantes sont : les tannins, les saponosides, les flavonoïdes, les glucosides, les anthracenosides, les alcaloïdes, les mucilages, les composés réducteurs et les anthraquinones, aussi nous avons remarqué l'absence d'amidon dans nos extraits.

De façon générale, les familles chimiques détectées dans notre étude confirment les travaux de **(Farahmandfar et al., 2018)**.

Les résultats de l'activité antibactérienne sont exprimés par l'apparition ou l'absence d'une zone d'inhibition des quatre souches bactériennes, en utilisant trois extraits (méthanolique, éthanolique et aqueux) des feuilles et rhizomes d'*Arum maculatum* L. avec 5 dilutions pour chacune et le DMSO comme témoin négative.

Nos résultats montrent un pouvoir antibactérien différent, qui s'étend sur la totalité des souches, ceci est dû à la présence des flavonoïdes. Selon **Shan et al., (2007)** les flavonoïdes ont une activité antibactérienne puissante. Ce pouvoir est expliqué par la différence de diamètre des zones d'inhibition d'une bactérie à une autre, d'un extrait à un autre et d'une concentration à une autre. Plusieurs travaux ont mis en évidence la grande sensibilité des bactéries Gram positif par rapport aux Gram négatif **(Turkmen et al., 2007 ; Falleh et al., 2008)**, Ceci peut s'attribuer à la différence dans les couches externes des bactéries Gram négatif et Gram positif.

La majorité des extraits utilisés ont un effet antibactérien, mais l'extrait éthanolique a l'effet le plus important par rapport aux extraits méthanoïque et aqueux, qui ont un très faible effet vis-à-vis les souches testées. Par contre, **Çolak et al., (2009)** rapportent que l'extrait méthanoïque a un effet important sur *B.cereus* (20mm) et sur *P.aeruginosa* (18mm) alors qu'il n'a aucun effet sur les souches *E. coli* et *S.aureus*. Alors que **Manssour et al., (2015)** en utilisant le même extrait a trouvé de bons résultats dans les deux dernières souches (*E. coli* : 29 mm et *S.aureus* : 26 mm).

D'après nos travaux sur le comportement des quatre souches bactériennes testées avec des extraits d'*Arum maculatum* L., nous avons trouvé que *S.aureus* est la souche

l'extrêmement sensible par une zone d'inhibition (26 mm) avec l'extrait éthanolique des feuilles suivi par *Escherichia coli* et *B.cereus* avec zone d'inhibition (16 mm) et la souche la moins sensible était *P. aeruginosa* avec (14 mm). Nos résultats sont complètement différents de ceux obtenus par **Jaber et al., (2020)** qui a mentionné que l'extrait d'éthanol d'*Arum hygrophilum* L. n'a montré aucun effet inhibiteur contre tous les micro-organismes testés, bien qu'il y ait une sensibilité pour l'extrait méthanoïque et aqueux (20 mm à 30 mm).

Les travaux de **Safari et al., (2015)** effectués sur la même plante notent que les extraits éthanoliques n'ont donné aucun résultat de sensibilité clair. Les diamètres enregistrés sont : *E. coli*, *S. aureus* (8,5 mm) et *P. aeruginosa* (9 mm). Cependant notre étude révèle l'existence d'un effet inhibiteur de l'extrait éthanolique du rhizome sur *E.coli* dont le diamètre atteint 16 mm.

Naseef et al. (2017) et **Jaber et al. (2020)** rapportent que l'*A. euxinum* L. et l'*A. palaestinum* L., n'exercent aucun effet inhibiteur sur les microorganismes. Alors que les extraits d'*A. maculatum* L. peuvent produire une inhibition sur les micro-organismes à des degrés divers. Elle est donc l'espèce la plus prometteuse pour d'autres investigations bioactives.

Les teneurs en phénols totaux et flavonoïdes des extraits éthanoliques, méthanoïque et aqueux (feuilles et rhizomes) exprimées en µg d'équivalent d'acide gallique et quercitrine par mg d'extrait (µgEAG/mg d'extrait, µgEQ/mg d'extrait) respectivement, diffèrent selon le dosage et l'organe. Le dosage des flavonoïdes a montré des teneurs importants dans les deux organes par rapport aux polyphénols.

Nos résultats, témoignent que la teneur en polyphénols dans l'*Arum maculatum* L. est extrêmement faible par rapport à ceux de **Rezaie et al., (2015)**, qui rapportent que les teneurs varient de 46,64 mg/g dans l'extrait éthanolique et 39,85 mg/g dans l'extrait aqueux.

Dans des études menées sur d'autres plantes pour déterminer la teneur en polyphénols, **Blaise et al., (2021)** ont constaté que sa teneur dans l'extrait méthanoïque de *Turraea heterophylla* L. est équivalente à 75 mg EAG/g, ce qui indique sa riche en ces composés par rapport à notre plante.

Concernant les flavonoïdes, nos résultats atteignent 910 µgEQ/mg dans l'extrait éthanolique des feuilles, et jusqu'à 750 µgEQ/mg dans l'extrait éthanolique du rhizome. **Farahmandfar et al., (2018)** a révélé que les deux extraits (éthanolique et aqueux) d'*Arum maculatum*.L présentent les quantités les plus élevées en flavonoïdes (3,45mg/g d'extrait et 1,67 mg/g d'extrait) respectivement. Ces résultats sont très supérieurs des notre.

Pour l'extrait méthanoïque, nos résultats sont élevés par rapport à ceux obtenus par **Mohammed et Ibraheem, (2015)** qui ont enregistré 543 µg/mg d'extrait pour la même espèce végétale. Cependant nos résultats restent faible en les comparant avec les travaux réalisés par **Gayatri et al (2014)** qui ont trouvé 96,43 mg EC/g avec l'extrait aqueux.

Ces variations des teneurs en composés phénoliques et flavonoïdes trouvés entre les études déjà cités sont tout à fait justifiées. Cela peut être attribué à plusieurs facteurs dont nous citons les facteurs externes comme les facteurs climatiques, édaphiques et environnementaux et les conditions géographiques (température, sécheresse, la nature du sol...) ainsi que le degré de maturation de la plante et la durée de stockage (**Gheffour et al , 2015**) qui peuvent entraîner des différences importantes dans les concentrations de ces composés bioactifs (polyphénols totaux et flavonoïdes) dans les plantes et leur bio activité pour la santé humaine. Les facteurs intrinsèques comme le patrimoine génétique, peuvent aussi influencer la biosynthèse de ces molécules car l'expression du métabolisme phénolique dans la plante est la traduction du patrimoine génétique propre à chaque espèce (**Fleuriet et Machiex, 2003 ; Falleh et al., 2008 ; Ksouri et al., 2008 ; Xia et al. 2014**).

Conclusion

Conclusion

La phytothérapie est l'une des médecines les plus anciennes au monde. Elle représente une alternative intéressante pour le traitement et la récupération sans créer de nouvelles maladies. Malgré le formidable développement des industries pharmaceutiques et chimiques, l'intérêt populaire pour la phytothérapie n'a cessé de croître.

L'*Arum maculatum* L., a été connu comme une plante médicinale depuis des siècles. Tout au long de l'histoire, il a été utilisé pour soigner les morsures et blessures de serpent, le paludisme, les rhumatismes, les douleurs abdominales, antihypertenseur, diabète, goutte, mal de gorge, calculs rénaux, colite, foie maladies, hémorroïdes et rhumes.

L'analyse qualitative des extraits d'*Arum maculatum* L. dans les feuilles et les rhizomes réalisée à l'aide de tests phytochimiques a montré la présence de plusieurs familles de composés naturels tels que les flavonoïdes, les tanins, les alcaloïdes, les stéroïdes, les anthraquinones, les saponines, les glycosides de composés réducteurs et l'absence d'amidon dans les deux membres (feuilles, rhizome), ces résultats indiquent que l'*Arum maculatum* L. est une plante riche en composé bioactif.

D'après les résultats obtenus, la teneur la plus élevée en flavonoïdes et polyphénols totaux dans les feuilles et le rhizome d'*Arum maculatum* L. est d'environ 910 µg EQ/g de flavonoïdes dans l'extrait éthanolique des feuilles et 3,2 µg EAG/g de polyphénols de l'extrait aqueux du rhizome.

L'évaluation qualitative de l'effet antibactérien montre que les extraits éthanoliques, méthanoïques et aqueux d'*Arum maculatum* L. exercent une activité inhibitrice sur les quatre souches bactériennes testées (*S.aureus*, *E.coli*, *B.cereus*, *P.aeruginosa*) avec des zones d'inhibition variables. Cependant, l'effet inhibiteur observé sur *S. aureus* avec des diamètres entre (26 et 12) mm de l'extrait éthanolique des feuilles serait d'un grand intérêt car cette espèce est naturellement résistante aux antibiotiques et aux extraits végétaux. L'activité de nos extraits sur *B. cereus*, *P.aeruginosa* et *E.coli* est également intéressante, les diamètres d'inhibition varient entre 16 et 8 mm.

En fin de compte, nous pouvons dire que ce travail peut confirmer scientifiquement l'importance des remèdes traditionnels, en accordant une importance à l'utilisation thérapeutique d'*Arum maculatum* L. Surtout les actions de l'activité antibactérienne.

Selon nos connaissances à ce sujet, certains points de vue peuvent être envisagé :

- Poursuivre et améliorer cette étude en isolant les molécules présentes dans les sous-parties actives de ces plantes pour les tester in vivo afin de trouver une application thérapeutique.

- Tester d'autres activités biologiques telles que l'activité antioxydante, anticancéreuse, anti-inflammatoire et anti-diabétique.
- Evaluation de l'efficacité antifongique et anti-inflammatoire.

***Références
bibliographique***



- **Abaza, L., Taamalli, A., Nsir, H., et Zarrouk, M (2015).** Olive tree (*Olea europaea* L) leaves: Importance and advances in the analysis of phenolic compounds. *Antioxidants*, 4(4), 682-698.
- **Adams, M., Alther, W., Kessler, M., Kluge, M., Hamburger, M. (2011).** *Ethnopharmacol.*, 133, 278.
- **Ahmed, H. (2016)** *J. Ethnobiol. Ethnomed.*, 12, 8.
- **Ahmed, A., Sami, M (2020).** Description morphologique de *Hruba cyreniacum* Arum Dans la région d'Al-Jabal Al-Akhdar. University of Education, College of Biology, Libya Al-Bayda Department, Al-Mukhtar , 35(3)249-257.
- **Akinpelu, A., Onakoya, T (2006).** Antimicrobial activities of medicinal plants used in folklore remedies in south-western, *African Journal of Biotechnology*, 5, 1078-1081.
- **Akman, T., Yilmaz, C., Sönmez, Y (2018).** Elektrik Yüğü Tahmin Yöntemlerinin Analizi. Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye 4(3): 168-175.
- **Al-Shmgani, H., Kadri, Z., Al-Halbosiy, M., Dewir, Y. (2019).** Phytochemical analysis, cytotoxicity and antioxidant activity of cuckoo pint (*Arum maculatum*) leaf extract. *Acta Biologica Szegediensis*, 63 (2) 119-124.
- **Anderson, C., Halleberg, A et Hogberg, T. (1996).** Advances in the development of Pharmaceutical antioxidants. *Adv. Drug. Res.* 28, pp 65-180.
- **Aribi, I (2012).** Etude Ethnobotanique de Plantes médicinales de la région de Jijel : Etude anatomique, phytochimique, et recherche d'activités biologique de deux espèce. Diplôme de MAGISTER : biologie et physiologie Cellulaire et Moléculaire (Diversité des espèces végétales). Djijel : faculte des sciences biologiques usthb, p120.
- **Arimboor, A., Kumar, K et al., (2008).** Simultaneous estimation of phenolicacids in seabuckthorn (*Hippophaë rhamnoides*) using RP-HPLC with DAD. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis.*; 47(1): 31-38.
- **Ayad, R (2008).** Recherche et détermination structurale des métabolites secondaires de l'espèce: *Zygophyllum Cornutum* (Zygophyllaceae). Mémoire de Magister. Université Mentouri de Constantine, Algérie, (p33/p41).

- **Azab, A (2017).** Arum : Un genre végétal au grand potentiel médicinal. Eur.Chem.Bull,2017,6(2),59-68.

B

- **Badiaga, M (2012).** Etude ethnobotanique, phytochimique et activités biologiques de *Nauclea la tifolia* Smith, une plante médicinale africaine récoltée au Mali. Thèse de doctorat, Mali .184P.
- **Bahorun, T (1997).** Substances naturelles actives, la flore mauricienne, une source d'approvisionnement potentielle. Food and Agricultural Research, Conseil Mauritus, Amas.
- **Balabanlı, C., Albayrak, S., Türk, M., Yüksel, O (2006).** Some toxic plants growing in rangelands of Turkey and their effects on animals. SDU Orman Fakültesi Dergisi. 2: 89-96.
- **Barbosa, D (2007).** Green Tea Polyphenolic Compounds and Human Health. Journal für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit, J. Verbr. Lebensm. 2, 407-413P.
- **Bekro, Y., Mamyrbekova, J., Boua, B., Ehile, E (2007).** Étude Ethnobotanique Et Screening Phytochimique de *CaesalpiniaBenthamiana* (Baill.) Herend. rtZarucchi (Caesalpinaceae). Sciences & Nature : Vol. 4, No. 2, 217-225.
- **Benamar, M (2009).** Etude de l'activité antimittotique et anticancéreuse des alcaloïdes naturels ou synthétiques d'*Arisarum vulgare* Targ. et de *Pancratium foetidum* Pom. sur deux lignées cellulaires cancéreuses p815 et hep. Thèse de Doctorat. Université Mohammed premier, Faculté des Sciences Oujda, Maroc, (p52).
- **Bendif, H (2017).** Caractérisation phytochimique et détermination des activités biologiques in vitro des extraits actifs de quelques Lamiaceae: *Ajuga iva* (L.) Schreb., *Teucrium polium* L., *Thymus munbyanus* subsp. *coloratus* (Boiss. & Reut.) Greuter & Burdet et *Rosmarinus eriocalyx* Jord & Fourr. Thèse de doctorat. Kouba, Alger.199P.
- **Bendif, H (2018).** separation et evaluation biologique et toxicologique des fractions simplifiees et de certains composes alcaloidiques de *pancratium foetidum* pom (amaryllidacee endemique du maroc) et l'étude du criblage moleculaire par la methode du docking. Thèse de doctorat. Faculté des Sciences-Oujda.179P.
- **Benmehdi ,H (2000).** Valorisation de certaines plantes médicinales à activité

Hypoglycémiant comme la coloquinte. Mémoire de magister : en chimie .Université de Tlemcen ,120p.

- **Benzahi, K (2001).** Contribution à l'étude des flavonoides dans la Plante cynodn DactylonL (chindent), mémoire de Magister. Université d'Ouargla, 15-17p.
- **Berche, P., Gaillard, J., Simonet, M (1989).** Les bactéries des infection humaines .1 : 100-101-102- 123-236-274.
- **Bezzaz, N (2014).** Détermination structurale des métabolites secondaires, et extraction des huiles essentielles de *Mentharotundifolia*. Mémoire de Magister en Chimie Organique. Université de M'sila, Algérie, (p12-14/23).
- **Blaise, R., Dagobert, J., Isnard, P., Rabant, M., Duong-Van-Huyen, J (2021).** Nouvelles technologies au service de la pathologie rénale : transcriptomique sur tissu fixé et inclus en paraffineNouvelles technologies pour la pathologie rénale : Transcriptomique sur tissu fixé inclus en paraffine. Néphrologie et Thérapeutique 17, S54-S59.
- **Boyce, P., Croate, T (2013).** The Überlist of Araceae, totaux pour le nombre publié et estimé d'espèces dans les genres d'aroides .
- **Bruneton, J (1987).** *Eléments de phytochimie et de pharmacognosie*. Technique et Documentation, Lavoisier,Paris, France.
- **Bruneton, J (1993).** Organization of jasmonate responsive gene expression in alkaloidmetabolism.Trends in Plant Science, 6 , 212-221.388.
- **Bruneton, J (1999).** Pharmacognosie : Phytochimie, Plantes Médicinales. 3ème édition, Lavoisier Techniques & Documentation, Paris, 721-741.
- **Bruneton, J (2009).** Pharmacognosie - Phytochimie, plantes médicinales. 4e éd. revue et augmentée, Paris, Tec & Doc - Éditions médicales internationales, 200-1288 p.
- **Budavari, S .,O'Neil, M., Smith, A., Heckelman, P ., Kinneary, J (1996).** The Merk Index-Twelfth edition,Whitehouse ,Station : Merk and Co ,INC , 2350.

C

- **Cadel, S., De buyser, M., et al., (2010).** Toxi-infections alimentaires collective à Bacillus cereus : bilan de la caractérisation des souches .Bulletin épidémiologique, santé animale et alimentation Spécial Risques alimentaires microbiologique,p:50.

- **Ceylan, F ,Akar Sahingoz, S (2022)**. Utilisation de plantes ethnobotaniques dans la préparation des aliments : pinte de coucou (*Arum maculatum* L.), Journal international de la gastronomie et des sciences alimentaires.
- **Cheynier, V., Comte, G., Davies, K et al (2013)**. Plant phenolics: recent advances on their biosynthesis, genetics, and ecophysiology. *Plant Physiol Biochem PPB* 72:1–20. doi:10.1016/j.plaphy.2013.05.009.
- **Chira, K., Such, J., Saucier, C., Teissèdre, L. (2008)**. Les polyphénols du raisin. *Ed :Springer. 6* :75-82.
- **Cillard, J., Cillard, P (2006)**.Mécanismes de la peroxydation lipidique et des anti-oxydations. *Oleagineux, Corps Gras,Lipides*,13,1,24-29.
- **Colak, F., Savaroglu, F., Ilhan S (2009)**. Antibacterial and antifungal activities of *Arum maculatum* L. leaves extracts, *Journal of Applied Biological Sciences*, 3 13-16.
- **Cowan, M. (1999)**. Plant Products as Antimicrobial agents. *Clinic Microbiology Rewiew* 12: 564-582.

D

- **Devasagayam,T.,Tilak,J.C.,Bloor,andK.K.,Sane,K.S.,Ghaskadbi,S.S.,Lele,R.D.,(2004)**.Free radicals antioxidants inhuman health: Current status and future prospects.*JAPI*,52, 10,794-804.
- **Djemoui, D (2012)**. Contribution à l'étude de l'activité anti-oxydante et antibactérienne de quelques coumarines synthétisées. Mémoire master académique. Université kasdi merbah ouargla.P15,16.
- **Djeridane, A., Yousfi, M., Nadjemi, B., Boutassouna, D., Stocker, P. et Vidal, N.(2006)** Doc (Ed). Paris, 658p.
- **Do, Q., Angkawijaya, A., Tran-Nguyen, P., Huynh, L., Soetaredjo, F., Ismadji, E et Ju, Y (2014)**. Effect of extraction solvent on total phenol content, total flavonoid content, and antioxidant activity of *Limnophila aromatica*. *Journal of food and drug analysis*, 22(3), 296-302.
- **Dogan, Y., Nedelcheva, A., Luczaj, L., Drăgulescu, C., Gjoshe Stefkov, G., Maglajlic, A., Ferrier, J., Papp, N., Hajdari, A., Behxhet Mustafa, B., Zora Dajic-Stevanovic, Z., Pieroni, A (2015)** *Ethnobiol. Ethnomed.*, 11, 26.

E

- **El Haib, A (2011).** Valorisation De Terpenes Naturels Issus De Plantes Marocaines Par Transformations Catalytiques. Thèse de doctorat. L'université de Toulouse, 195P.
- **Espindola, A., Buerki, S., Bedalov, M., Kupfer, P., Alvarez, N., Bot. J (2010).** Linn. Soc. ,163, 14.

F

- **Falleh, H., Ksouri, R., Chaieb, K., Karray-Bouraoui, N., Trabelsi, N., Boulaaba, M., et Abdelly C (2008).** Phenolic composition of *Cynara cardunculus* L. organs and their biological activities. *Compte Rendu de Biologie*, 331: 372–379.
- **Farahmandfar, R., Esmailzadeh, K., Asnaashari, M., Shahrampour, D., Bakhshandeh, T. (2019).** Bioactive compounds, antioxidant and antimicrobial activities of *Arum maculatum* leaves extracts as affected by various solvents and extraction methods. *Food Science & Nutrition*, 7(2)65-475.
- **Ferdağ, Ç Pamukkale, N (2008).** Biosorption of Acidic Dyes From Aqueous Solution by *Paenibacillus macerans*. *University Asım Olgun Dumlupınar Üniversitesi Gazi Mühendislik Bilimleri Dergisi* ,150(1):122-130.
- **Fleuriet, A., et Macheix, J (2003).** Phenolic acids in fruits and vegetables. In CA RiceEvans & L Packer (Eds.), *Flavonoids in health and disease*. Marcel Dekker Inc, New York, p.1-41.
- **Flora, S (2009).** Structural, chemical and biological aspects of antioxidants for strategies against metal and metalloid exposure. *Oxidative Medicine And Cellular Longevity*, 2,4,191-206.
- **Fridlender, A (2000).** Le genre *Arum* en Corse. *Candollea* ,55(1), 255-267.
- **Frutos, P., Hervás, G., Giráldez and Mantecón, A (2004).** Review: Tannins and ruminant nutrition. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 2 (2), 191-202.

G

- **Gamet-Payraastre, L ., Manenti, S ., Gratacap, M., Tulliez, J., Chap, H et Payraastre, B (1999).** Flavonoids and the inhibition of PKC and PI 3-kinase. *General Pharmacology*. p 32: 279-286.

- **Gayatri, S., Uma Maheswara Reddy, C., Chitra, K., Parthasarathy, V(2014)** Antioxidant activity and identification of total phenolic and flavanoid content of *Sphaeranthus amaranthoides*. *W J Pharm.Pharmaceut Sci* 2:1759–66
- **Gheffour, K., Boucherit, Z., Boucherit, O (2015).** Étude phytochimique et évaluation de l'activité antioxydante des extraits d'*Echinops spinosus* *Phytochemical study and evaluation of the antioxidant activity of extracts of Echinops spinosus K.* *Phytothérapie*, 13.,288.
- **Ghestem, A., Seguin, E., Paris, M., Orecchioni, A (2001).** Le préparateur en pharmacie .Dossier 2.Editions TEC & DOC Paris. P2 .
- **Gibernau, M., Macquart, M., and Przetak,G (2004).** Pollination in the Genus *Arum*. *Aroideana*, 27, 148-166.
- **Gonzalez, A et Estevez-Braun A (1997).** Coumarins, *Nat. Prod. Reprod*, 14 : 465-475.
- **Grosjean, J., Clavé, D., Archambaud, M., Pasquier C (2011).** Bactériologie et virologie pratique. Paris : 2e édition révisée, isbn 978-2-8041-6398-3;. 73-77p ; 166-169p.
- **Guignard. J (2000).** Biochimie végétale. Ed.Masson,Paris. p 231-241.

H

- **Halliwel, B., Murcia, M.A.,Chirico, S., Aruoma, O.I., (1995).** Free radicals and antioxidants in food and in vivo: What they do and how they work. *Critical Reviews in Food Science And Nutrition*,35,1,2,7-20.
- **Halliwel, B (2003).**Oxidative stress in cellculture:an under-appreciated problem?.*FEBS Letters*,540,1-3,3-6.
- **Halliwel, B (2007).** Biochemistry of oxidative stress.*Biochemical Society Transactions*,35, 5,1147-1150.
- **Halmi, S (2015).** Etude botanique et phytochimique: approche biologique et pharmacologique d'*Opuntia ficus indica*. Thèse de Doctorat. Université des Frères Mentouri de Constantine, Algérie, (p19).
- **Hammerschmidt, R (1999).** Phytotoxins: What have learned after 60 years? *Annual Review of phytopathology*. 37: 285-306.

- **Han, X., Hong, S., Hwang, J., Lee, M., Hwang, B., Ro, J (2007).** Monoamine oxidase inhibitory components from *Cayratia japonica*. *Archives Pharmacal Research*. 30: 07-13.
- **Harborne, J (1998).** *Phytochemical method. A guide to modern techniques of plants analysis.* Third Edition. ISBN: 0-412-57260-5 (HB) and (PB).
- **Hartmann, T (2007).** From waste products to ecochemicals: Fifty years research of plant secondary metabolism. *Phytochemistry Volume 68, Issues 22–24; 2831–2846.*
- **Hayes, A et Markovic, B (2002).** Toxicity of australian essential oil *Backhousia Citriodora* (Lemon myrtle). Part 1. Antimicrobial activity and in vitro cytotoxicity. *Food Chem Toxicol.*40: 535-543.
- **Henrique, C., Taliana Arias, J ., Chris, P ., Thomas, B., Croat , B (2014).** Phylogenomics of the plant family Araceae. *Journals and Books*, 75, 91-102.

I

- **Igor Passi L (2002).** Etude des activités biologique de *Fagara zanthoxyloïdes* Lam (Rutaceae). Thèse doctorat en pharmacie, Bamako, p 133.

J

- **Jaber, H., Al-Hamaideh, K., Al-Daghistani, H., Amer, N., Nassar, M., Al-Latif, A., Saleh M., Al-Nuaimi A (2020).** Antibacterial Activity and Chemical Composition of *Arum hygrophilum* Boiss Crude Extracts. *Jordan Journal of Biological Sciences*, 13 (2) 159-164.
- **Jadot, G (1994).** *Antioxydants et vieillissement.* John Libbey Eurotext, Paris,p.300.
- **Jokić, S., Velić, M., Bilić, A., Bucić-Kojić, M., Plan, I., et Tomas, S., (2010).** Modelling of the Process of Solid-Liquid Extraction of TotalPolyphenols from Soybeans. *J. Food Sci.* vol. 28. pp. 206-212.

K

- **Karumi, Y., Onyeyili P., Ogugbuaja, V (2004).** Identification of active principles of *M.balsamina*(Balsam Apple) leaf extract. *J Med Sci.* 4(3):179-182.

- **Kendir, G et Güvenç, A (2010).** Etnobotanik ve Türkiye’de Yapılmış Etnobotanik Çalışmalara Genel Bir Bakış. Hacet. Üniv. Eczacı. Fakült. Derg. Cilt 30, Sayı 1: 49-80.
- **Khanbaba, K et Ree, T (2001).**Tannins: Classification and Definition. Journal of Royal Society of Chemistry,**18**:641-649.
- **Kianinia, M., Bradac, C., Sontheimer (2018).** All-optical control and super-resolution imaging of quantum emitters in layered materials. Nature communications 9 (1), 1-8.
- **Kendir, G et Güvenç, A (2010).** Etnobotanik ve Türkiye’de Yapılmış Etnobotanik Çalışmalara Genel Bir Bakış. Hacet. Üniv. Eczacı. Fakült. Derg. Cilt 30, Sayı 1: 49-80.
- **Kozuharova, E., Kochmarov, V., Kachaunova, E., Espíndola, A., Aleksandrov, B. & Mincheva, I (2014).** Distribution of Arum (Araceae) in Bulgaria. Fl. Medit. 24: 51-62. ISSN: 1120-4052 printed, 2240-4538 online.
- **Kochmarov, V., Kozuharova, E., Naychov, Z., Momekov, G., Mincheva, I (2015).** Ethnobotany and ethnopharmacology of arum maculatum.(arceae) in bulgariawithan emphasison its effectagainst haemorrhoidis,5(2) ,394-402.
- **Kozuharova, E., Naychov, Z., Kochmarov, V., Benbassat, N., Gibernau, M., Momekov, G. (2020).**The potential of Arum spp. as a cure for hemorrhoids: chemistry, bioactivities, and application. Advances in Traditional Medicine, 20 (2) 133-141.
- **Ksouri, R., Megdiche, W., Falleh, H., Trabelsi, N., Boulaaba, M., Smaoui, A., et Abdely, C., (2008).** Influence of biological, environmental and technical factors on phenolic content and antioxidant activities of Tunisian halophytes. Comptes Rendus biologies, 331: 865-873.
- **Kumar, S (2011).** Free Radicals and antioxidants:human and food system. Advances In Applied Science Research, 2, 1,129-135.

L

- **Lahmar, S., Lahoula, M., Khellaf, G (2008).** Etude de toxicité de deux plantes spontanés de la région de djijel *Arum italicum* L. et *Daphné Guidium* . Mémoire.

Faculté des science Département de Biologie moléculaire et cellulaire. Université de Djijel.

- **Larousse, M (2001)** Encyclopédie des plantes médicinales : identification, préparation et soins. 2ème Edition, Edition Larousse. Paris.
- **Larry, M., Buch, M (2021)**, Affiliate Professor of Clinical Biomedical Science, Charles E. Schnude College of Medicines, Florida Atlantic Universities ; Affiliate Associate Professor of Medicine, University of Miami-Miller School of Medicine.
- **Lehucher-Michel, M., Lesgards, J., Delubac, O., Stocker, P., Durand, P and Prost, M (2001)**. Stress oxydant et pathologies humaines. Presse Med. 30, 1076 - 1081.
- **Li, H., Cheng, K., Wong, C., Fan, K., Chen, F., Tian, Y (2007)**. Evaluation of antioxidant capacity and total phenolic content of different fraction of selected microalgae. Food Chemistry, 102:771-776.
- **Linz, J., Stökl, J., Urru, J., Krügel, T., Stensmyr, M and Hansson, B (2010)**. Molecular phylogeny of the genus *Arum* (Araceae) inferred from multi-locus sequence data and AFLPs, TAXON 59 (2), 405–415
- **Lü, J., Lin, P., Yao, Q., Chen, C (2010)**. Chemical and molecular mechanisms of antioxidants: Experimental approaches and model systems. Journal of Cellular And Molecular Medicine, 14, 4, 840-860.

M

- **Macheix, J., Fleuriet, A et Jay-Allemand, C (2005)**. Nature et diversité des composés phénoliques. IN : les composés phénoliques des végétaux, un complexe de métabolites secondaires d'importance économique. Presses polytechniques et universitaires romandes, CH-105 Lausanne. 1-31.
- **Majumder, P., Mondal, A., Das, S (2005)** Insecticidal activity of *Arum maculatum* tuber lectin and its binding to the glycosylated insect gut receptors, Journal Agriculture Food Chemistry, 53, 6725–6729.
- **Mansour, O., Salamma, R and Abbas, L (2015)**. Screening of Antibacterial Activity *In vitro* of *Arum maculatum* L. Leaves Extracts International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research ,31(2), 231-234.
- **Maree, A., Hashavya, S., Gross, I., Asaf, Y., Bentur, Y (2020)** . *Arum palaestinum* poisoning : revenge of witch . European Journal of Pediatrics , 179 : 1553-1557.

- **Marston, C., King, E., and Ingham, R (2006).** 'Young people and condom use: findings from qualitative research'. In R. Ingham and P. Aggleton (Eds.), Promoting Young People's Sexual Health: International Perspectives. Abingdon: Routledge.
- **Mauro, M. (2006).** Synthèse d'alcaloïdes biologiquement actifs : la (+)-anatoxine-a et la (±)-camptothécine. Thèse de doctorat. Université Joseph Fourier Grenoble I. France. (p 13).
- **Mayden, I., Seckin, H., Burhan, H., Gur, T., Tanhaei, B., Sen, F (2021).** Arum Italicum mediated silver nanoparticles : synthesis and investigation of some biochemical parameters . Environmental research , 204 : 0013-9351.
- **Mekinić, G., Skroza, D., Ljubenković, I., Šimat, V., Smole Možina, S., et Katalinić, V (2014).** In vitro antioxidant and antibacterial activity of Lamiaceae phenolic extracts: a correlation study. Food technology and biotechnology, 52(1), 119-127.
- **Minale, L., Pizza, C., Riccio, R., Zollo F (1982).** Steroidal glycosides from starfishes. Pure & Applied Chemistry. 54: 1935-1950.
- **Minale, L., Pizza, C., Riccio, R., Zollo, F (1982).** Steroidal glycosides from starfishes. Pure & Applied Chemistry. 54: 1935-1950.
- **Modaressi, M., Shahsavari, R., Ahmadi, F., Rahimi-Nasrabadi, M., Abiri, R., Mikaeli, A., Batoli, H (2013).** The evaluation of antibacterial, antifungal and antioxidant activity of methanolic extract of *Mindium Laevigatum* (Vent.) Rech. F., from central part of Iran. Jundishapur Journal of Natural Pharmaceutical Products ,8,1,34.
- **Mogode, D (2005).** « Etude phytochimique et pharmacologique de *Cassia nigricans* Vahl (Caesalpinaceae) utilisé dans le traitement des dermatoses au Tchad » .Université de Bamako.
- **Mohammed, Z., Ibraheem, R (2015).** Anti-oxidant Activity of Methanol Extracts of *Arum maculatum* L. and *Physalis peruviana* L. Plants ,28.

N

- **Najjaa, H., Neffati, M., Zouari, S., and Ammar, E. (2007).** Essential oil composition and Antibacterial activity of different extracts of *Allium roseum* L., a north African endemic species. C. R. Chimie, 10: 820-826.

- **Naseef, H., Qadadha, H., Abu Asfour, Y., Israr, S., Al-Rimawi, F., Abu-Qatouseh L., Farraj, M. (2017).** Anticancer, antibacterial, and antifungal activities of *Arum palaestinum* plant extracts. *World Journal of Pharmaceutical Research*, 6 31-43.
- **Nicolas, M et Daniel, C (1998).** Activités technologiques en microbiologie1 - Techniques de base et méthodologie. Editeurs CRDP D'Aquitaine-Bordeaux, PP : 152.
- **Nkhili, (2004).** Polyphénols de l'Alimentation : Extraction, Interactions avec les ions du Fer et du Cuivre, Oxydation et Pouvoir antioxydant. Diplôme de Doctorat, Spécialité: Sciences des Aliments. Université Cadi Ayyad. Marrakech Université D'avignon Et Des Pays De Vaucluse Ecole Doctorale 306 – SPSA, Montpellier. 378p.

O

- **Oloyede, O (2005).** Chemical profile of Unripe Pulp of *Carica papaya*. *Pak J Nutr*; 4. P379 – 381.
- **Onay, H., Pehlivan, H., Alper, S., Ozkinay, F., Pehlivan, S (2007).** Might there be a link between mannose binding lectin and vitiligo? *European Journal of Dermatology* 17 (2), 146-148.

P

- **Pietta, P (2000).** Flavonoids as antioxidants. *Journal of Natural Products*, 63,7,1035-1042.
- **Pizzino, G.,Irrera, N., Cucinotta, M., Pallio,G., Mannino, Q., Arcoraci, V., Squadrito, F., Altavilla, D., Bitto, A (2017).**Oxidative stress: Harms and benefits for human health. *Oxidative Medicine And Cellular Longevity*.

R

- **Raju, K., Goel, K., Anandhi, D., Pandit, R., Surendar, R et Sasikumar, M (2018).** Wild tuber poisoning : *Arum maculatum*- A rare case report, *International Journal of Critical Illness and Injury Science*,8(2),111-114
- **Rezaire, A (2012).** Activité anti-oxydante et caractérisation phénolique du fruit de palmier amazonien *Oenocarpus batava* (patawa). Thèse : Phytochimie , Cayenne : université des Antilles et Guyane , 215p .

- **Rezaie, M., Farhoosh, R., Iranshahi, M., Sharif, A., & Golmohamadzadeh, S (2015).** Ultrasonic-assisted extraction of antioxidative compounds from Bene (*Pistacia atlantica* subsp. *mutica*) hull using various solvents of different physicochemical properties. *Food Chemistry*, 173,577–583.
- **Romero, C., Brenes, M, García, P., García, A., Garrido, A (2004).** Polyphenol change.
- **Rufatto, L., Santos, D., Marinho, F., Henriques, J., Roesch Ely, M .and Moura, S (2017).** Chemical composition and pharmacological activity. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, Vol 7(7): 591–598P.

S

- **Safari, E., Amiri, M., Bahador, A., Esmacili, D. (2014).** Original Research Article The study of antibacterial effects of alcoholic extracts of *Arum maculatum*, *Allium hirtifolium* and *Teucrium polium* against nosocomial resistance bacteria. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 3 (2) 601-605.
- **Sakagami, H., Hashimoto, K., Suzuki, S., Ogiwara, T., Satoh, K., Ito, H., Hatano, T., Yoshida, T., and Fujisawa, S (2005).** Molecular requirement of lignin for expression of unique biological activity. *Phytochemistry*, Vol.66 (17), pp. 2107-2119.
- **Sallel, A (2009).** Activité anti-oxydante et Anti-inflammatoire des extraits aqueux et éthanolique de gingembre. Mémoire : Biochimie et physiologie expérimentales. Sétif : université Ferhat Abbas, 63p.
- **Seidel, V (2005).** Initial and Bulk Extraction. In: Sarker S.D., Latif Z. and Gray A.I. *Natural products isolation*. Humana Press (Totowa). P 27-37
- **Sen, S., Chakraborty, R., Sridhar, C., Reddy, Y., De, B (2010).** Free radicals, antioxidants, diseases and phytochemicals: Current status and future prospect. *International Journal of Pharmaceutical Sciences Review And Research*, 3,1,91-100.
- **Shan, B., Cai, Y., Brooks, J., Corke, H (2007).** The *in vitro* antibacterial activity of dietary spice and medicinal herb extracts. *International J. Food microbiology*. 117, 112-119.
- **Silva, S., Gomes, L., Leitão, F., Coelho, A. and Vilas Boas, L (2005).** Instituto de Biologia Experimental e Tecnológica, Apartado 12–2780–901 Oeiras, Portugal, ISSN: 1082-0132.

- **Spigno, G., Tarmelli, L et De Faveri, D (2007).** Effect of extraction time, temperature and solvent on concentration and antioxidant activity of grape marc phenolics. *Journal of Food Engineering*, 81(1): 200-208.
- **Spiridon, I., Bodirlau, R., Teaca, C (2011).** Total phenolic content and antioxidant activity of plants used in traditional Romanian herbal medicine. *Cent.Eur J Biol* 6(3): 388–96.
- **Stalikas, C (2007).** Extraction, separation, and detection methods for phenolic acids and flavonoids. *J. Sep. Sci.* 2007, 30, 3268–3295.

T

- **Trease, E et Evans, W.C, 1987.** *Pharmacognosy Billiaire*. Ed. Tindall London. 13 : P 61-62.
- **Turkmen, N., Velioglu, S., Sari, F., Polat, G (2007).** Effect of extraction conditions on measured total polyphenol contents and antioxidant and antibacterial activities of black tea. *People's Sexual Health: International Perspectives*, 12 (3), 484-496.

U

- **Ulrich, M (2013).** Hesse, D. Bröderbauer, J. Bogner, M. Weber, H. Halbritter *Calla palustris* (Araceae): nouvelles connaissances palynologiques avec une attention particulière à sa position systématique controversée et à des genres étroitement liés *Taxon*, 62 (4), p. 701 – 712.
- **Umezawa, T (2003).** *Phytochem. Rev.* 2, 371–390.

V

- **Vivas, N., Nonier, M., Pianet, I., Vivas de Gaulejac, N., Fouquet E (2006).** Proanthocyanidins from *Quercus petraea* and *Q. robur* heartwood: quantification and structures. *Comptes rendus chimie*, 9:120-126.
- **VU Thi, D (2008).** Effet de l'environnement sur la croissance et l'accumulation de métabolites secondaires chez *Datura innoxia* Mill. cultivé en condition hors sol ; impact des facteurs biotiques et abiotiques. Thèse de Doctorat en Sciences Agronomiques. Institut National Polytechnique de Lorraine Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie et des Industries Alimentaires, France, (p29).

W

- **Wang, J., and Mazza, G (2002).** Effects of anthocyanins and other phenolic compounds on the production of tumor necrosis factor α in LPS/IFN- γ -activated RAW 266.7 macrophages. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*.50, 4183-4189
- **Wang, J., and Chapple, C (2010),** the origin and evolution of lignin biosynthesis, *New Phytol*, 187, 273-285.
- **Willfor, S.M., Smeds, A.I., Holmbom, B.R.,(2006),** *J. Chromatogr. A*, 1112, 64–77.

X

- **Xie D et Dixon R (2005).** Proanthocyanidins biosynthesis-still more question than answers .*Phytochemistry* ,66:2127-2144.
- **Xia, X., Cao, J., Zheng, Y., Wang, Q., Xiao, J (2014).** Flavonoid concentrations and bioactivity of flavonoid extracts from 19 species of ferns from China. *Industrial Crops and Product* 58, 91–98.

Annexes

1. Appareillage :



Spectrophotomètre



Agitateuse



Etuve



Balance



Vortex



Rota Vapeur



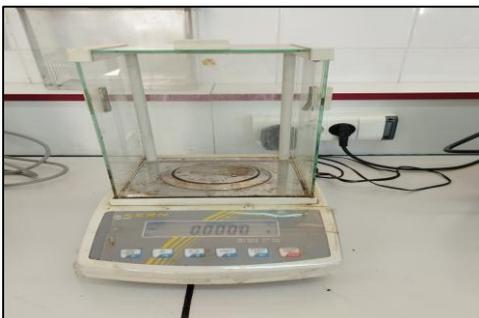
Bain Mari



Micro onde



Bec bunsen



Balance Précision



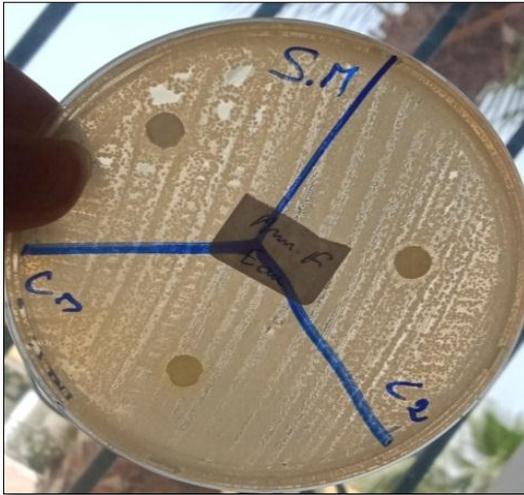
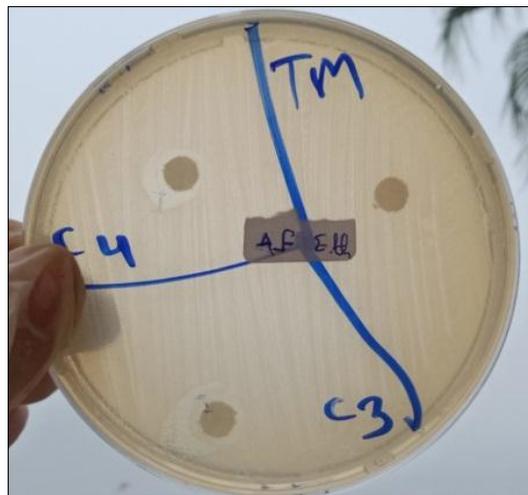
Autoclave

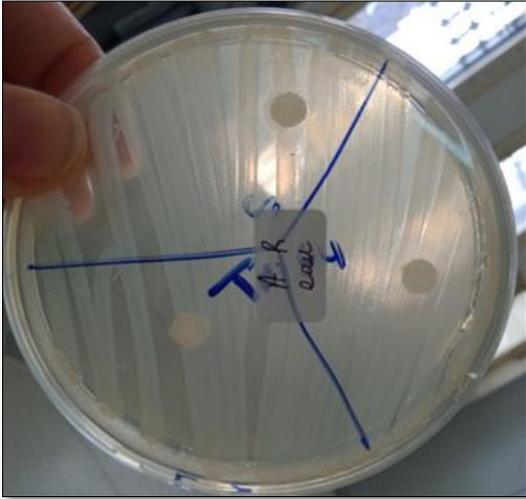
| Verreries | Produits chimiques | Milieu de culture | Autres matériels |
|---|--|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> - Becher - Erlenmeyer - Tube - Tube à vis - Tube à essais - Boîtes de pétrie en ver - Entonnoir - Pipette pasteur - Ballon - Pipette - Verre à montre | <ul style="list-style-type: none"> - Ethanol (C₂H₆O) - L'eau distillée - Acide chlorhydrique (HCl) - Hydroxyde de sodium (NaOH) - Chloroforme - Chlorure de fer (FeCl₃) - Hydroxyde d'ammonium (NH₄OH) - Acide sulfurique (H₂SO₄) - Folin-Ciocalteu - Acide gallique - AlCl₃ - Diméthylesulfoxyde (DMSO) - Peroxyde d'hydrogène (H₂O₂) - Chlorure de mercure (HgCl₂) - Iode (I₂) - Iodure de potassium (KI) - Méthanol - Oxygène moléculaire - Hydroxyle | <ul style="list-style-type: none"> - La gélose Mueller - Hinton - La gélose nutritive | <ul style="list-style-type: none"> - Tubes - Eppendorfs - Pince - Papier wattman - Papier filtre - Papier film - Papier aluminium |

3. Réactifs utilisés :

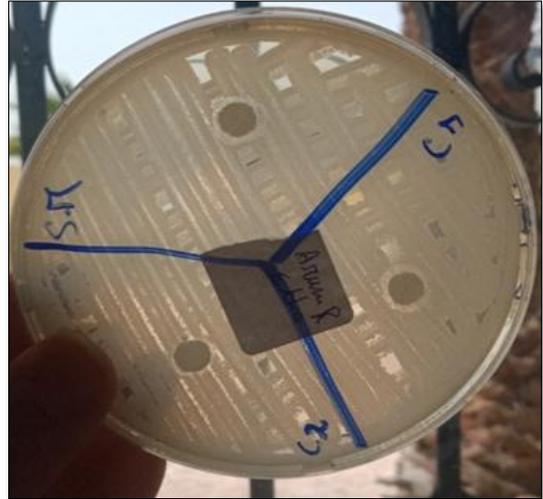
- Réactif de Mayer : 5 g de KI et 1,358 g de HgCl₂ solubilisés dans 100 ml d'eau distillée.
- Réactif de Wagner : 2 g de KI et 1,27 d'I₂ solubilisé dans 100 ml d'eau distillée.

4. L'activité antibactérienne

F Ed: *E.coli*F Eth :*E.coli*F Meth :*E.coli*



R Ed : *E.coli*



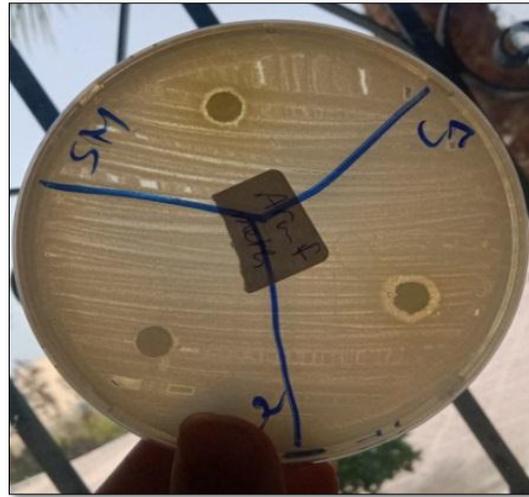
R Eth : *E.coli*



R Meth : *E.coli*



F Eth : *S. aureus*



F Metha : *S. aureus*



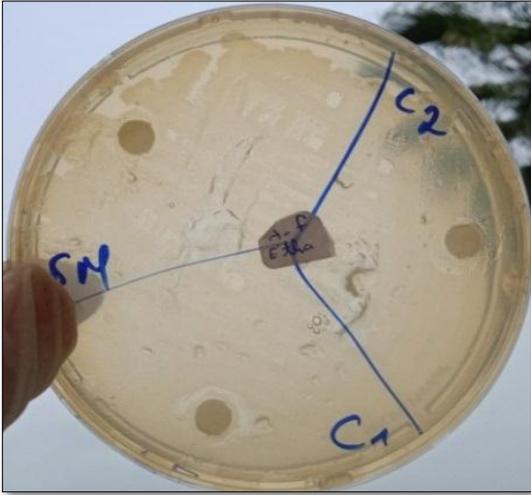
R Ed : *S. aureus*



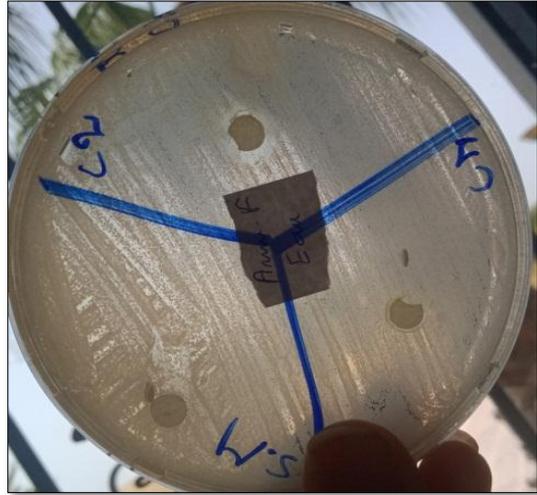
R Etha : *S. aureus*



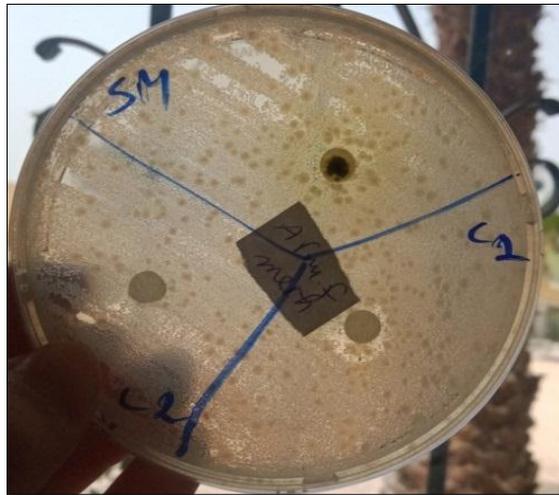
R Metha : *S. aureus*



F Ed: *P. aeruginosa*



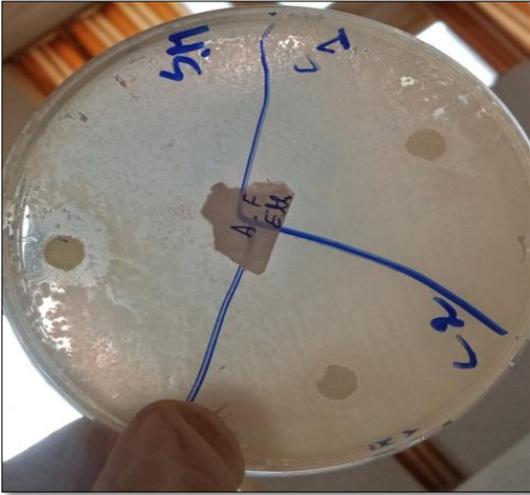
E Etha : *P. aeruginosa*



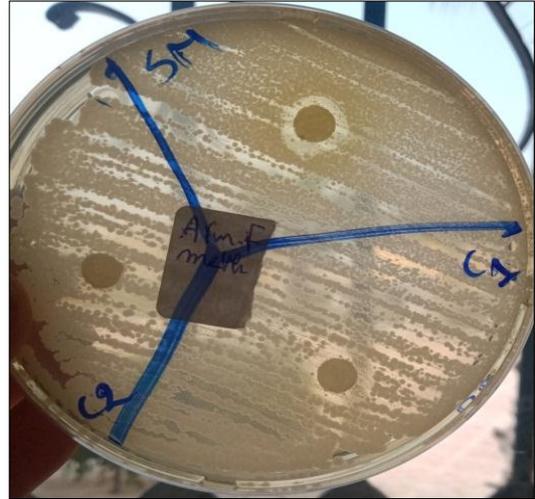
F Metha : *P. aeruginosa*



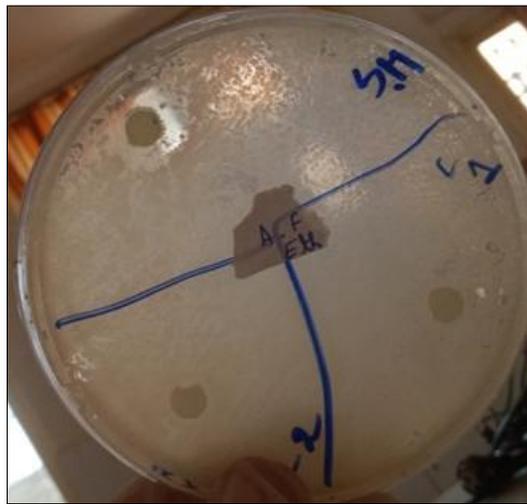
R Metha : *P. aeruginosa*



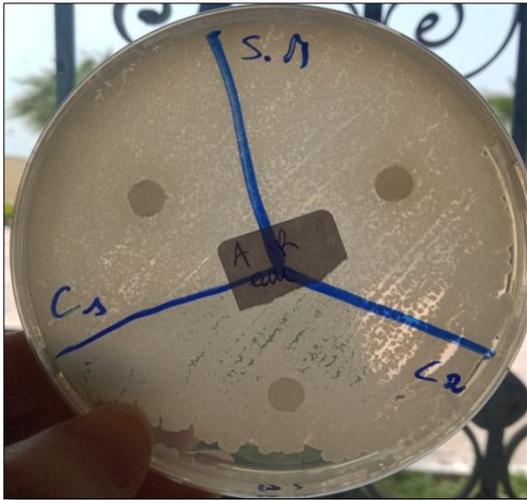
F Etha : *B. cereus*



F Metha : *B. cereus*



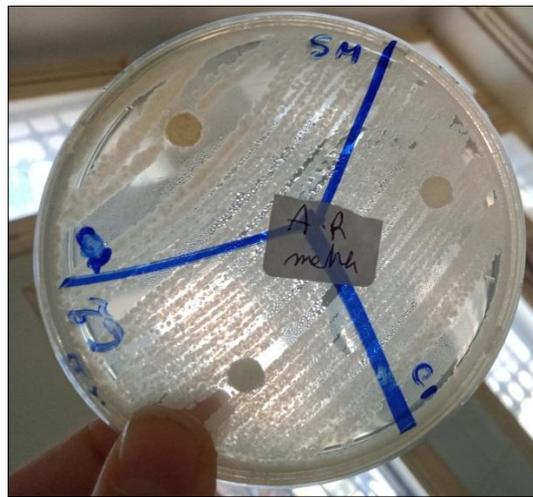
F Etha : *B. cereus*



R Ed : *B. cereus*



R Etha : *B. cereus*



R Metha : *B. cereus*