

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministère de l'enseignement supérieur et de recherche scientifique
جامعة امحمد بوقرة بومرداس
Université de M' Hamed Bougara Boumerdes



Faculté des Sciences

Département de Biologie

Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de
Master académique

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité : Biochimie appliquée

Thème :

Screening phytochimique et évaluation de quelques activités biologiques des extraits des plantes « *Adiantum capillus-veneris* L. et *Tamarix gallica* L. ».

Présenté par :

M^{elle} Benmansour Fadia
M^{elle} Ghezali Sara
M^{elle} Ouamar Lydia

Soutenu le 10/07/2019 devant le jury composé de :

| | | | |
|------------------------------|-------------------------|-------------|---------------|
| M ^f Benmouloud A. | Maître de conférences B | UMBB | Président |
| M ^{me} Fazouane F. | Professeur | UMBB | Examinatrice |
| M ^f Boudjema K. | Maître de conférences A | UMBB | Promoteur |
| M ^{me} Halli L. | Magister | CRD, SAIDAL | Co-Promotrice |
| M ^{me} Belkadi A. | Docteur | CRD, SAIDAL | Invitée |

Année universitaire 2018-2019

Remerciements

Au terme de ce travail, nous tenons en premier lieu à remercier Dieu tout puissant pour la volonté, la santé et le courage qu'il nous a donné pour suivre nos études.

Nos sincères remerciements adressés à notre promoteur **Mr Boudjemaa K**, Maitre de conférences classe A à l'université de Boumerdes, pour honorer en acceptant de nous diriger et de nous aider tout au long de la réalisation de ce mémoire, aussi ses conseils, ses commentaires et sa bienveillance.

Nos remerciements vont également à l'ensemble des membres du jury. A **Mme Fazouane F**, Professeur à l'université de Boumerdes pour avoir accepté d'examiner ce travail.

A **Mr Benmouloud A**, Maitre de conférences classe B à l'université de Boumerdes, qui nous fait l'honneur de présider le jury de ce mémoire.

A **Mme Halli L**, Cadre dans le Centre de Recherche et de Développement, SAIDAL (Alger), pour son aide, sa disponibilité, son soutien sans faille et sa sympathie.

Sans oublier, nous tenons à remercier sincèrement **Dr Belkadi A**. Pour la même occasion, nous tenons à remercier l'ingénieur de notre laboratoire de Biochimie appliquée **Melle Kamilia** pour son aide et ses conseils.

Nous tenons de remercier tous les enseignants de la faculté des sciences pour tout le savoir que nous avons acquis grâce à eux durant notre cursus universitaire.

Enfin, nous tenons de remercier tous ceux qui nous ont soutenu et encouragé pendant la préparation de ce modeste travail.

Dédicace

Je remercie Dieu tout puissant d'avoir achevé ce modeste travail que je dédie en particulier :

À Mes très chers parents,

À mes sœurs et mon petit frère

À toute ma famille

À tous mes amis et mes collègues

À tous ceux qui ont participé de près ou de loin dans la réalisation de ce travail.

Benmansour Fadia

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à :

- ✚ Mes très chers parents qui n'ont pas cessé de prier pour moi ; pour leur affection et leur amour, et qui m'ont aidé durant toute la durée de mes études, que dieu les protège et les garde pour nous.
- ✚ Mes très chères frères et sœurs qui m'ont fourni du courage , du soutien, et tous leurs efforts et moyens pour que je termine mes études.
- ✚ Mes oncles, mes tantes.
- ✚ Mes cousins et mes cousines.
- ✚ Tous mes amis et camarades.
- ✚ A tous ceux qui par leur sourire, leur gentillesse et espoir m'ont encouragés à poursuivre mes études.

Ghezali Sara

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à :

Mes très chers parents

Mes frères et mes sœurs

Ma grande mère

Mes oncles et mes tantes

Tous mes cousins et cousines

Toute ma famille Ouamar

Mes amies de promotion

Tous mes professeurs qui ont participé à ma formation

Et en fin à tous mes amies d'Ouannougha et d'Isser

Ouamar Lydia

Liste des tableaux

| | |
|--|----|
| Tableau 01: Classification botanique d' <i>Adiantum capillus-veneris</i> L. | 04 |
| Tableau 02 : Classification botanique de <i>Tamarix gallica</i> L. | 06 |
| Tableau 03 : Structure des squelettes des polyphénols | 09 |
| Tableau 04 : Quelques classes distinctes des flavonoïdes | 13 |
| Tableau 05 : Distribution des lots avec leurs traitemens | 32 |
| Tableau 06 : Résultats du screening phytochimique des deux plantes ACV et TG. | 36 |
| Tableau 07 : Quantités des polyphénols dans les extraits | 42 |
| Tableau 08: Pourcentage d'inhibition des extraits des deux plantes étudiées avec une concentration de 1 mg /ml | 43 |
| Tableau 09 : Distribution des lots avec leurs traitemens | 46 |

Liste des figures

| | |
|---|----|
| Figure 01 : Les parties aériennes de la plante <i>Adiantum capillus-veneris L.</i> (original) | 4 |
| Figure 02 : les parties aérienne de la plante <i>Tamarix gallica L.</i> (original). | 6 |
| Figure 03 : Structure de base des polyphénols. | 8 |
| Figure 04 : Structure de bas des chalcones | 10 |
| Figure 05 : Représentation des voies de la biosynthèse de polyphénols..... | 11 |
| Figure 06 : Structure de base de flavonoïdes. | 12 |
| Figure 07 : Biosynthèse des flavonoïdes..... | 14 |
| Figure 08: Exemple d'alcaloïde la morphine..... | 16 |
| Figure 09:Structure d'isoterpénoïde..... | 16 |
| Figure 10: Déséquilibre de la balance entre antioxydants et pro-oxydants..... | 18 |
| Figure 11: Action des antioxydants au cours du métabolisme des dérivés réactifs de l'oxygène..... | 21 |
| Figure 12: La réponse inflammatoire aigue :(A) initiation,(B) amplification,(c)réparation.... | 23 |
| Figure 13: Diagramme représente les différentes étapes de l'extraction. | 26 |
| Figure 14: Réduction du radical libre (2,2-diphényl-1-picryl-hydrazyle) | 31 |
| Figure15: Injection de produit à tester | 33 |
| Figure16: Injection de solution de carragénine. | 33 |
| Figure17: Rendement en (%) des extrais de deux plantes étudiées. | 40 |
| Figure 18 : Courbe d'étalonnage de l'acide gallique. | 41 |
| Figure 19: Pourcentage d'inhibition de DPPH par vitamine C..... | 43 |
| Figure 20 : Pourcentages d'inhibition de DPPH par l'extrait aqueux..... | 44 |
| Figure 21 : Pourcentage d'inhibition de DPPH par l'extrait méthanolique..... | 44 |
| Figure 22 : les valeurs des IC ₅₀ pour les extrais des deux plantes étudiées. | 44 |
| Figure 23 : cinétique d'augmentation d'œdème | 46 |
| Figure 24: cinétique d'inhibition d'œdème | 47 |

Liste des abréviations

[C] : Concentration

AA : Acide ascorbique

ACV : *Adiantum capillus veneris*

AG : Acide gallique

DO : Densité optique

DPPH : 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl

IC50 : Concentration permettant d'inhiber 50% du radical DPPH

MeOH : Méthanol

mg EAG/g MS : mg équivalent acide gallique par gramme de matière sèche

MS : Matière sèche

S : Souris

S_x : Ecart type

S₂ : Variance

T : Temps

TG : *Tamarix gallica*

V : volume

Table de matière

| | |
|----------------------------|---|
| Liste des tableaux | |
| Liste des figures | |
| Liste des abréviations | |
| Introduction générale..... | 1 |

Première partie : Synthèse bibliographique Chapitre I : Matière végétale

| | |
|--|---|
| I.1.Plantes médicinales | 3 |
| I.2.Présentation des plantes étudiées | 3 |
| I.2.1. <i>Adiantum capillus-veneris L.</i> | 3 |
| I.2.1.1.Généralité sur les Adiantaceae | 3 |
| I.2.1.2.Nomenclature | 3 |
| I.2.1.3.Description botanique | 3 |
| I.2.1.4. Habitat et origine..... | 4 |
| I.2.1.5.Classification botanique | 4 |
| I.2.1.6.Composition | 5 |
| I.2.1.7.Utilisations traditionnelles | 5 |
| I.2.1.8.Toxicité | 5 |
| I.2.2. <i>Tamarix gallica L.</i> | 5 |
| I.2.2.1. Famille des Tamaricaceae | 5 |
| I.2.2.2.Nomenclature | 5 |
| I.2.2.3.Description botanique | 5 |
| I.2.2.4.Habitat et origine..... | 6 |
| I.2.2.5.Classification Botanique | 6 |
| I.2.2.6.Composition | 6 |
| I.2.2.7.Utilisations traditionnelles | 7 |
| I.2.2.8.Toxicité | 7 |

Chapitre II : Métabolites secondaires

| | |
|---|----|
| II.1.Généralité..... | 8 |
| II.2.Composés phénoliques | 8 |
| II.2.1.Acides phénoliques..... | 12 |
| II.2.2.Flavonoïdes..... | 12 |
| II.2.2.1.Classification des flavonoïdes | 12 |
| II.2.2.2.Biosynthèse des flavonoïdes..... | 14 |
| II.2.2.3.Effets biologiques des flavonoïdes | 15 |
| II.2.3.Tanins | 15 |
| II.2.4.Coumarines | 15 |
| II.3.Alcaloïdes | 15 |
| II.4.Terpenoïdes..... | 16 |

Chapitre III : Activités biologiques

| | |
|--|----|
| III.1. Activité antioxydante | 18 |
| III.1.1.Stress oxydatif | 18 |
| III.1.2.Radicaux libres | 19 |
| III.1.2.1.Définition | 19 |
| III.1.2.2.Production des radicaux libres | 19 |
| III.1.2.3.Conséquence de stress oxydatif..... | 19 |
| III.1.3.Antioxydant | 20 |
| III.1.3.1. Types d'antioxydants | 20 |
| III.2.Activité anti inflammatoire | 21 |
| III.2.1.Définition de l'inflammation..... | 21 |
| III.2.2. Types d'inflammation | 22 |
| III.2.3. Agents anti-inflammatoires | 23 |

Deuxième partie : Etude expérimentale

Chapitre I: Matériel et Méthodes

| | |
|--|----|
| I. Matériel | 25 |
| I.1. Matériel non biologiques | 25 |
| I.2.Matériel biologique | 25 |
| I.2.1. Matériel animal | 25 |
| I.2.2. Matériel végétal | 25 |
| II. Méthodes | 25 |
| II.1.Préparation de la poudre végétale..... | 26 |
| II.2.Préparation de l'infusé..... | 26 |
| II.3.Screening phytochimique | 27 |
| II.3.1.Recherche des polyphénols | 27 |
| II.3.2.Recherche des tanins | 27 |
| II.3.3. Recherche des quinones libres..... | 28 |
| II.3.4. Recherche des composés réducteurs..... | 28 |
| II.3.5. Recherche glycosides cardiaques | 28 |
| II.3.6. Recherche des alcaloïdes | 28 |
| II.3.7.Recherche des coumarines..... | 28 |
| II.3.8. Recherche des saponosides..... | 28 |
| II.3.9.Recherche des hétérosides | 29 |
| II.3.10.Recherche des stérols et triterpènes..... | 29 |
| II.4.Extractions aqueuse et méthanolique | 29 |
| II.5.Détermination du rendement d'extraction | 29 |
| II.6.Dosage des composés phénoliques | 30 |
| II.6.1.Dosage des polyphénols | 30 |
| II.7.Evaluation des activités biologiques..... | 31 |
| II.7.1.Evaluation de l'activité antioxydante | 31 |
| II.7.1.1.Principe | 31 |
| II.7.1.2. Mode opératoire..... | 31 |
| II.7.1.3.Expression des résultats | 31 |
| II.7.2.Détermination d'IC ₅₀ | 32 |
| II.7.3.Evaluation de l'activité anti inflammatoire | 32 |
| II.7.3.1.Principe | 32 |
| II.7.3.2. Mode opératoire..... | 32 |
| II.7.3.3.Expression des résultats | 34 |

| | |
|-------------------------------------|----|
| II.8.Etude statistique..... | 34 |
| II.8.1. Moyennes arithmétiques..... | 34 |
| II.8.2.Variance et écart type | 34 |
| II.8.3.Test de Student..... | 35 |

Chapitre II : Résultats et discussion

| | |
|--|-----------|
| II.1.Screening phytochimique | 36 |
| II.2.Rendement d'extraction..... | 40 |
| II.3.Composés phénolique..... | 41 |
| II.3.1.Polyphénols totaux | 41 |
| II.4.Evaluation de l'activité biologique..... | 42 |
| II.4.1.Evaluation de l'activité antioxydante | 42 |
| II.4.1.1.Détermination des IC ₅₀ | 43 |
| II.4.2. Activité anti-inflammatoire..... | 45 |
| Conclusion et perspectives..... | 48 |

Références bibliographiques

Annexes

Résumé

Introduction générale

Introduction générale

A travers les siècles, les traditions humaines ont su développer la connaissance et l'utilisation des plantes médicinales pour objectif de vaincre la souffrance et d'améliorer la santé des hommes. Aujourd'hui encore, les deux tiers de la pharmacopée ont recours aux propriétés curatives des plantes et que les traitements à base de ces dernières reviennent au premier lieu car l'efficacité des médicaments décroît vue leurs effets secondaires sur la santé publique **(Iserin, 2001)**.

Une des originalités majeures des végétaux réside dans leur capacité à produire des substances naturelles très diversifiées. En effet, à coté des métabolites primaires classiques (glucides, protides, lipides, acides nucléiques), ils accumulent fréquemment des métabolites dits secondaires dont la fonction physiologique n'est pas toujours évidente mais représente une source importante de molécules utilisables par l'homme dans des domaines aussi différents que la pharmacologie ou l'agroalimentaire **(Jeun et al., 2005)**.

Parmi ces molécules, les composés phénoliques ou polyphénols sont largement distribués dans le règne végétal et sont les métabolites secondaires les plus abondants dans les plantes. Les éventuels avantages de la consommation de ces métabolites pour la santé ont été suggérés de dériver de leurs propriétés antioxydantes et anti inflammatoires **(Queen et Tollefsbol, 2010)**.

L'Algérie possède une flore extrêmement riche et variée représentée par des plantes médicinales dont la plupart existe à l'état spontané. La valorisation de ces plantes demeure un domaine de grande importance pour le pays.

D'après cette diversité, nous avons choisis deux plantes de différentes régions *Adiantum capillus-veneris* L. et *Tamarix gallica* L.

Durant ce travail, nous nous sommes intéressé d'une part sur le screening phytochimique de l'infusé de deux espèces végétales *Adiantum capillus-veneris* L. et *Tamarix gallica* L. d'origine de deux régions différentes Boumerdes et Bordj Bou Arreridj respectivement et d'autre part, sur l'extraction des composés phénoliques par deux solvants (eau et méthanol) et évaluer deux activités biologiques (anti oxydante et anti-inflammatoire).

Cette étude comporte deux grandes parties :

La première partie est consacrée à une synthèse bibliographique, qui est constituée de trois chapitres ; généralité sur les deux plantes, les métabolites secondaires et les activités biologiques.

La seconde partie concerne la partie expérimentale, qui comporte deux chapitres, l'un sur matériel et méthodes de travail. Le deuxième chapitre regroupe l'ensemble des résultats et leur discussion. Enfin nous avons terminé notre travail par une conclusion et perspectives.

Première Partie :
Synthèse bibliographique

Chapitre I :
Matière végétale

I.1.Plantes médicinales

Ce sont des plantes utilisées en médecine traditionnelle dont au moins une partie possède des propriétés médicamenteuses. Leur action provient de leurs composés chimiques (métabolites primaires ou secondaires) ou de la synergie entre les différents composés présents (**Sanago, 2006**). Les plantes médicinales sont aussi utilisées pour leurs propriétés particulières bénéfiques pour la santé humaine (**Dutertre, 2016**). Par différentes manières ; décoction, macération et infusion. Une ou plusieurs de leurs parties peuvent être exploitées, les racines, les feuilles et les fleurs (**Dutertre, 2011**).

I.2.Présentation des plantes étudiées

I.2.1.*Adiantum capillus-veneris* L.

I.2.1.1.Généralité sur les Adiantaceae

Les Adiantaceae sont généralement présents dans les régions montagneuses de l'Inde et dans les plaines, ils poussent sur des rochers et habitent dans des endroits ombragés près des marécages et des pentes des collines basses (**Khan et al., 2017**). La plante préfère les sols légers (sableux), moyens (loameux) et lourds (argileux) et requiert un sol bien drainé.

I.2.1.2.Nomenclature

En Arabe: Kuzburat-el-bir, Shaar-ul-jibal, Shaar-ul-arz (**Al-Snafi, 2015**).

En Français : Adiante, adianthe, capillaire, capillaire commun, capillaire d'Italie, capillaire de Montpellier, capillaire vrai, cheveux de vénus (**Kiritikar et al., 2003**).

En Anglais: Maiden hair fern, Maria's fern, Our Lady's hair (**Al-Snafi, 2015**).

I.2.1.3.Description botanique

C'est une fougère délicate qui porte le sous-sol, 10 à 23 cm de long, noirâtre, glabre et brillante. Frondes bipennées ayant des pennes terminales courtes et de nombreuses latérales de chaque côté. Cunéiforme segmenté de 1,5 à 2,5 cm de large. Les sori portés aux sinus arrondis des crénelures (**Chowdhury, 2011**). C'est une plante qui possède des feuilles semblables à la coriandre mais qui sont plus petites. Ses branches sont minces et de couleur noir rougeâtre (**Khan et al., 2017**) (**Figure 01**).



Figure 01 : Les parties aériennes de la plante *Adiantum capillus-veneris* L. (originale).

I.2.1.4. Habitat et origine

Elle se trouve dans le monde entier dans des endroits humides et ombragés. En Europe, elle se trouve sur la côte atlantique jusqu'à l'Irlande (Al-Snafi, 2015).

I.2.1.5. Classification botanique

La classification systématique de la plante *Adiantum capillus-veneris* L. est détaillée selon Ajij et al (2012) dans le tableau 01 :

Tableau 01: Classification botanique d'*Adiantum capillus-veneris* L.

| | |
|----------|-------------------------------------|
| Règne | Plantae |
| Division | Pteridophyta |
| Classe | Pteridopsida |
| Ordre | Pteridales |
| Famille | Adiantaceae |
| Genre | <i>Adiantum</i> |
| Espèce | <i>Adiantum capillus veneris</i> L. |

I.2.1.6. Composition

L'analyse chimique d'*Adiantum capillus-veneris* L. révèle une série de composés comprenant les triterpènes, les flavonoïdes, les phénylpropanoïdes et les caroténoïdes. Il y a une quantité

suffisante de produit: lutéine, mutatoxanthine, naringine, néoxanthine, nicotiflorine, oléananes, populnine, procyanidine, prodéphinidine, quercéturone, acide quinique, rhodoxanthine, rutine, acide shikimique, violaxanthine, et zéaxanthine (**Chowdhury, 2011**).

I.2.1.7.Utilisations traditionnelles

La plante *Adiantum capillus-veneris* L. a été utilisée pour traiter les affections thoraciques, la toux et le rhume, comme expectorant, pour augmenter la lactation, pour améliorer la fonction rénale, les antiparasitaires et les pellicules. Les feuilles fraîches ou séchées ont été utilisées comme antipellicules, antitussif, astringent, adoucissant, dépuratif, émétique, emménagogue faible, émollient, expectorant faible, fébrifuge, laxatif, pectoral, réfrigérant, stimulant, sudorifique et tonique. Les frondes séchées des plantes servent à faire un thé aux mêmes fins (**Al-Snafi, 2018**), et aux traitements des tumeurs de la rate, du foie et autres viscères (**Khan, 2017**).

I.2.1.8.Toxicité

Dans l'étude de toxicité aiguë, aucune mortalité n'a été observée jusqu'à une dose de 2 g / kg de poids corporel chez les souris traitées avec l'extrait d'*Adiantum capillus- veneris* L. même à cette dose élevée, il n'ya pas eu de changements comportementaux bruts (**Vijayalakshmi et Kiran Kumar, 2013**).

I.2.2.Tamarix gallica L.

I.2.2.1. Famille des Tamaricaceae

Est une famille des plantes dicotylédones, comprend 125 espèces qui sont généralement réparties dans les différentes régions du monde et notamment L'Europe, L'Amérique, l'Asie et l'Afrique (**Sultanova et al., 2001**). Ces espèces sont regroupées en trois genres qui sont respectivement : Tamarix L, Reaumuria L, Myricaria Desv L (**Younous et al., 2005**).

I.2.2.2.Nomenclature

En Arabe : Tarfa, Tarfaïa, El athel.

En Français : Tamaris, Tamarin (**Jiang et al., 2003**).

En Anglais : Tamarisk (**Drabu et al., 2012**).

I.2.2.3.Description botanique

C'est une Arbuste ou arbrisseau caduc atteignant 5 m, elle est caractérisée par des minuscules feuilles en écailles épaisses, alternées en spirale autour des rameaux (**Kothe, 2007**) (**Figure 02**).



Figure 02 : Les parties aériennes de la plante *Tamarix gallica* L. (**originale**).

I.2.2.4.Habitat et origine

Tamarix gallica L. est réparti dans les forêts côtières du Bengale, du Pakistan, de Ceylan, de Birmanie, de Malay et d'Andamans. On la trouve en Europe principalement dans les régions salées, entre les zones inter dunales du désert (**Panwar et al.,2007 ; Kothe, 2007**).

I.2.2.5.Classification Botanique

La classification systématique de la plante *Tamarix gallica* L. est détaillée selon **Cronquist, (1988)** dans le **tableau 02**.

Tableau 02 : Classification botanique de *Tamarix gallica* L.

| | |
|----------|---------------------------|
| Règne | Plantae |
| Division | Magnoliophyta |
| Classe | Magnoliopsida |
| Ordre | Violales |
| Famille | Tamaricacées |
| Genre | <i>Tamarix</i> |
| Espèce | <i>Tamarix gallica</i> L. |

I.2.2.6.Composition

Les principaux constituants chimiques du tamarix étaient la tamarixine, la tamarixétine, la trépanine, la 4-méthylcoumarine, l'acide 3,3'-di-0-méthylellagique et le quercétol (ester méthyllique). Les nombreux polyphénols étaient également présents dans le tamaris comme les anthocyanes, les tanins, les flavonones, les isoflavonones, le resvératrol et l'acide

ellagique. Elle constituait également des antioxydants tels que les caroténoïdes et les huiles essentielles (**Kalamurfi et al., 2016**).

I.2.2.7.Utilisations traditionnelles

En médecine traditionnelle, les Tamarix sont utilisés pour leurs propriétés thérapeutiques et toutes les parties étaient employées pour leur astringence. Les fleurs sont appliquées en cataplasme sur les abcès cutanés et les plaies. Les galles, riches en tanins (50-55%), en infusion ou décoction sont anti-diarrhéiques et pour soulager les douleurs dentaires (**Mohammedi, 2013**).

Le Tamarix est l'un des bourgeons qui active le métabolisme du fer puisqu'il stimule la formation des hématies. Il est recommandé dans les syndromes hémogéniques aigus, l'anémie hypochrome, l'érythropénie tant hypo plaquettaire que médullaire. Tamarix agit comme hypercoagulant total et est de ce fait, indiqué dans les hypocoagulations sanguines (**Depoërs, 2002**). C'est un remède des thrombopénies acquises par suite d'infection virale et s'indique dans la mononucléose infectieuse. Il lutte contre l'histiocytose diffuse chronique (maladie de HandSchuller) et active le métabolisme du cholestérol (**Philippe, 2007**).

I.2.2.8.Toxicité

Les extraits méthanoliques et d'acétate d'éthyle de *Tamarix gallica* L. n'ont indiqué aucune mortalité après des études de toxicité aigue par voie orale jusqu'à la dose de 3g/ kg de poids corporel chez des rats albinos (**Kalamurfi et al., 2016**).

Chapitre II :
Métabolites secondaires

II.1.Généralité

Le terme «métabolite secondaire», qui a probablement été introduit par Albrecht Kossel en 1891, est utilisé pour décrire une vaste gamme de composés chimiques dans les plantes, qui sont responsables des fonctions périphérique indirectement essentielles à la vie des plantes. Telles que la communication intercellulaire, la défense, la régulation des cycles catalytiques (Guillaume, 2008). Les métabolites secondaires sont présents dans toutes les plantes supérieures, et ayant une répartition limitée dans l'organisme de la plante. Dont plus de 200.000 structures ont été définies et sont d'une variété structurale extraordinaire mais sont produits en faible quantité. Ces molécules marquent de manière originale, une espèce, une famille ou un genre de plante et permettent parfois d'établir une taxonomie chimique (Hartmann, 2007).

On peut classer les métabolites secondaires en trois grands groupes : les composés phénoliques, les alcaloïdes et les terpènes. Chacune de ces classes renferme une très grande diversité de composés qui possèdent une très large gamme d'activités en biologie humaine (Haven *et al.*, 2000 ; Krief, 2003).

II.2.Composés phénoliques

Les composés phénoliques ou les polyphénols sont des produits du métabolisme secondaire des végétaux, caractérisés par la présence d'au moins d'un noyau benzénique auquel est directement lié au moins un groupement hydroxyle libre, ou engagé dans une autre fonction tels que : éther, ester, hétéroside...etc (Bruneton, 1999) (Figure 03). La grande majorité de composés phénoliques dérivent de l'acide cinnamique formé par la voie du shikimate. Les polyphénols sont solubles dans la solution de carbonate de sodium. Chimiquement, ils sont réactifs et donnent souvent lieu à des liaisons hydrogènes, ou chélatent des métaux pour les O-dihydroxyphénols (catéchol). Enfin, ils sont sensibles à l'oxydation (Gorham, 1977).

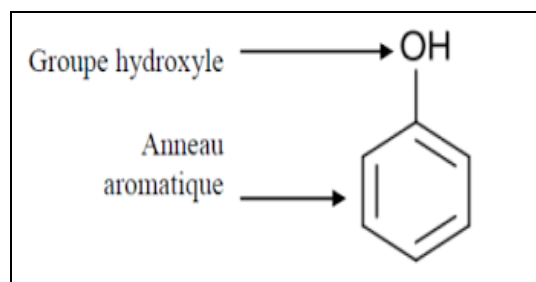


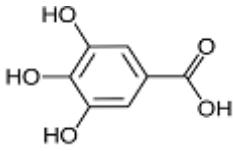
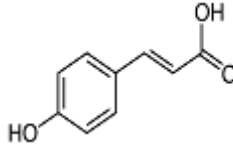
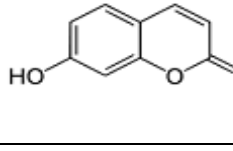
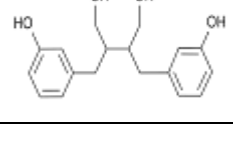
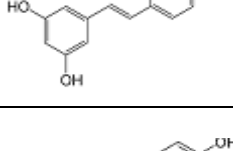
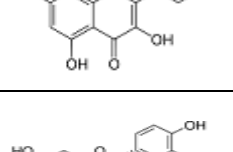
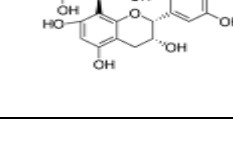
Figure 03 : Structure de base des polyphénols (Manallha, 2012).

➤ **Classification des composés phénoliques**

La classification de ces substances a été proposée par Harborne (1980). On peut distinguer les différentes classes des polyphénols en se basant d'une part, sur le nombre d'atomes constitutifs et d'autre part, sur la structure de squelette de base (Macheix et al., 2006).

On distingue les acides phénoliques (phénols simples), les flavonoïdes, les lignanes, les stilbènes, les coumarines et les tanins (Boros, 2010) (Tableau 03).

Tableau 03 : Structure des squelettes des polyphénols (Crozier et al., 2006) .

| Classification | Squelette | Exemple | Structure | Origine |
|---------------------------|-------------------------|------------------|--|-----------------|
| Acides phénolique | C6-C1 | Acide gallique |  | Feuilles de thé |
| Acides hydroxycinnamiques | C6-C3 | Acide coumarique |  | Tomates, ail |
| Coumarines | C6-C3 | Omblliférone |  | Carottes |
| Lignanes | (C6-C2) ₂ | Entérodiol |  | Lin |
| Stilbènes | C6-C2-C6 | Resveratrol |  | Raisin |
| Flavonoïdes | C6-C3-C6 | Kaempférol |  | Fraises |
| Tanins | (C6-C3-C6) _n | Procyanidine |  | Raisins |

➤ Biosynthèse des Composés phénoliques

La biosynthèse des polyphénols se fait par deux voies principales qui sont la voie de l'acide shikimique et la voie de l'acétate (**Figure 05**).

-La voie de l'acide shikimique

Dans cette voie, l'érythrose 4-phosphate et le phosphoénol pyruvate sont produits par les hydrates de carbones lors de leur dégradation par la voie des pentoses phosphate et la glycolyse respectivement. Ces derniers sont à l'origine des composés phénoliques C6-C1 formant les tanins hydrolysables et de la chalcone qui est la molécule de base de tous les flavonoïdes et tanins condensés (**Haslam, 1994 ; Dewick, 1995**) (**Figure 04**).

Aussi, il est intéressant de préciser que la tyrosine et la phénylalanine dérivent de cette voie métabolique. En effet, ces deux acides aminés sont des intermédiaires métaboliques entre l'acide shikimique et l'acide cinnamique.

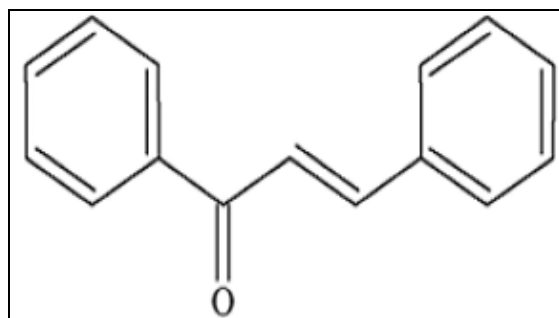


Figure 04 : Structure de base des chalcones (**Giulia et al., 1999**).

-La voie de l'acétate

La glycolyse et la β -oxydation aboutissent à la formation de l'acétyl-CoA donnant le malonate. C'est à travers cette voie que s'effectue la cyclisation des chaînes polycétoniques, obtenues par condensation répétée d'unités « Acétate » qui se fait par carboxylation de l'acétyl-CoA. Cette réaction est catalysée par l'enzyme acétyl-CoA carboxylase (**Richter, 1993**).

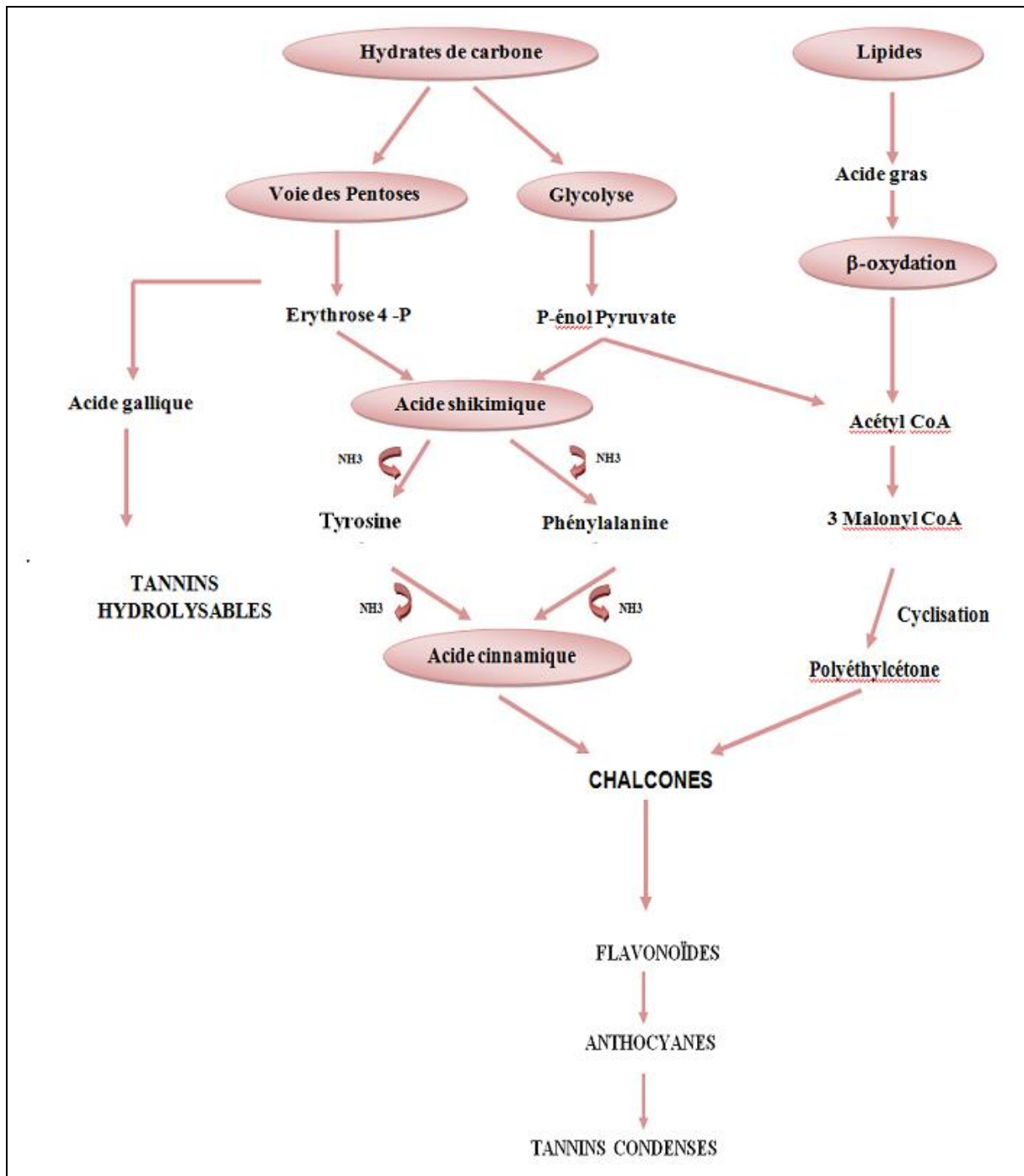


Figure 05 : Représentation des voies de la biosynthèse de polyphénols (Akroum, 2011).

➤ **Effets biologiques des Composés phénoliques**

Les recherches récentes sur les composés phénoliques en générale et les flavonoïdes en particulier sont très poussées, en raison de leurs divers propriétés physiologiques, comme les activités antiallergique, anti-atherogénique, anti-inflammatoire, hépato-protective, antimicrobienne, antivirale, antibactérienne, anticarcinogénique, anti-thrombotique,

cardioprotective et vasodilatatoire (**Ladoh et al.,2014**). Les effets bénéfiques des polyphénols intéressent particulièrement deux domaines : la phytothérapie et l'hygiène alimentaire (**Leong et Shui, 2002**).

II.2.1.Acides phénoliques

Les acides phénoliques, ou acides phénols ont une fonction acide et plusieurs fonctions phénols, ils sont incolores et plutôt rares dans la nature (**Haslam, 1994**). Ils se divisent en deux classes: les dérivés de l'acide benzoïque (les acides hydroxycinnamiques) et les dérivés de l'acide cinnamique (les acides hydroxybenzoïques) (**Pandey et Rizvi, 2009**). Les acides phénoliques ont des effets antioxydant, antimicrobien, anti-inflammatoire et chélateurs (**Bruneton, 1999**).

II.2.2.Flavonoïdes

Terme en latin ; flavus = jaune. Les flavonoïdes ont une structure de C₆-C₃-C₆ à poids moléculaire faible, ils peuvent être considérés parmi les agents responsables des couleurs de plante à côté des chlorophylles et caroténoïdes (**Wichtl et Anton, 2009**). Les flavonoïdes ont des sous-groupes caractérisés à contenant deux ou plusieurs cycles aromatiques existent sous forme libre dite aglycone ou sous forme d'hétérosides, chacun portant une ou plusieurs groupes hydroxyles phénoliques et reliées par un pont carboné (**Heller et Forkmann, 1993**) (**Figure 06**).

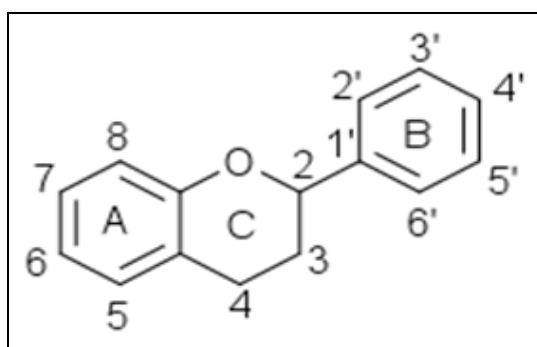
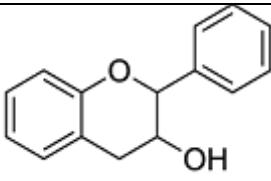
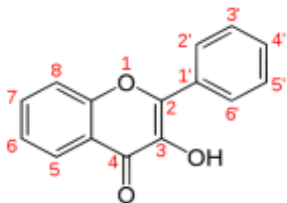
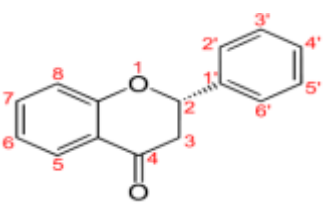
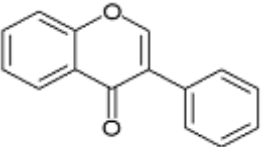
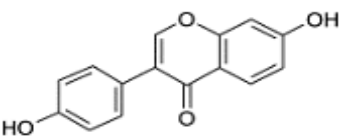


Figure 06 : Structure de base de flavonoïdes (**Dacosta, 2003**).

II.2.2.1.Classification des flavonoïdes

Le **tableau 04** regroupe quelques classes des flavonoïdes les plus répandues:

Tableau 04 : Quelques classes distinctes des flavonoïdes (Bellebcir, 2008).

| Classe | Formule | Source | Propriété |
|-------------|---|---|--|
| Flavanols |  | Raisins, Thé, Cacao | -Antioxydants naturels -Anticancéreuses. |
| Flavonols |  | Oignon, Pomme, Brocoli, Fruits rouges | - Antihistaminique, anti-inflammatoire et antioxydante. - Antihistaminique, anti-inflammatoire et antioxydante. - Isorhamnétine : propriétés antioxydante. |
| Flavanones |  | Les Agrumes : orange, citron, pamplemousse, mandarine, orange amère | - Neutralisation des radicaux libres. - Amélioration de l'absorption de la vitamine C. - La prévention des cancers de la peau. |
| Isoflavones |  | Soja | -Phytoestrogéniques. - Source de phytoestrogènes. |
| Anthocyanes |  | Myrtille, Mûre, Raisin noir, Aubergine, Prune. | - La lutte contre le vieillissement cellulaire en améliorant l'élasticité et la densité de la peau. - Antiseptiques urinaires. |

II.2.2.2. Biosynthèse des flavonoïdes

Elle se fait à partir d'un précurseur commun, la 4, 2', 4', 6'- tétrahydroxychalcone (**Figure 07**). Cette chalcone métabolisée sous l'action d'enzyme, la chalcone isomérase, en naringénine (1). Sur cette dernière agit la flavone synthase pour donner : apigénine (2) ou le dihydroflavonol (3). Le dihydroflavonol, en présence de la flavonol synthase, se métabolise en kaempférol (4) ou en leucoanthocyanidol qui semble être le précurseur des flavan-3,4-ols (6) et anthocyanidols (7). Ce dernier sous l'action de la 3-O-glycosyltransférase, se transforme en anthocyanoside (8) (**Marfek, 2003**).

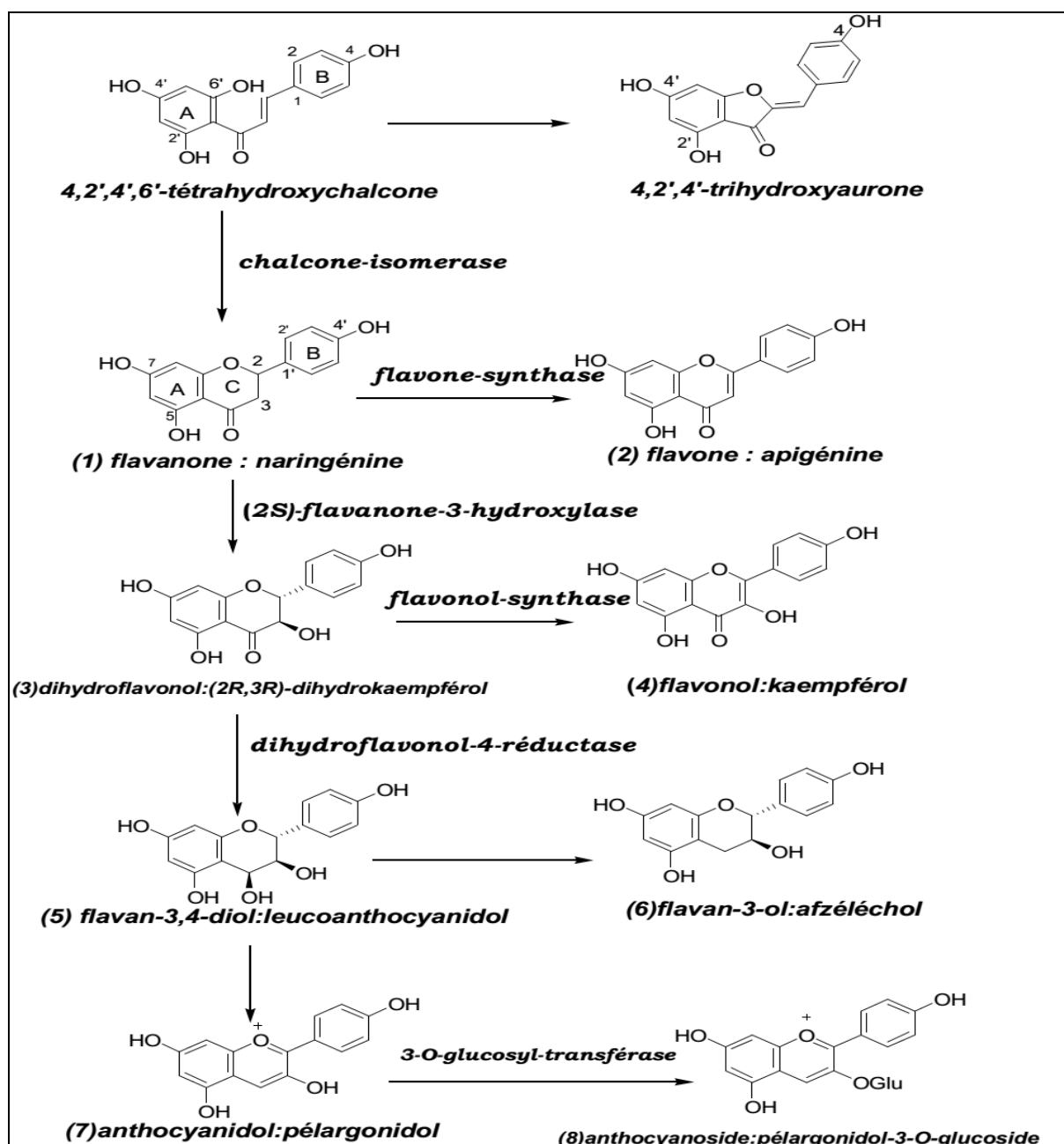


Figure 07 : Biosynthèse des flavonoïdes (Bruneton, 1999).

II.2.2.3.Effets biologiques des flavonoïdes

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

II.2.3. Tanins

Tanin est un terme provient d'une pratique ancienne qui utilisait des extraits de plantes pour tanner les peaux d'animaux. On distingue deux catégories :

-Les tanins condensés, polymères d'unités flavonoïdes reliées par des liaisons fortes de carbone, non hydrolysable mais peuvent être oxydées par les acides forts libérant des anthocyanidines.

-Les tanins hydrolysables, polymères à base de glucose dont un radical hydroxyle forme une liaison d'ester avec l'acide gallique (**Hopkins, 2003**).

Les plantes riches en tanins sont utilisées pour retendre les tissus souples et pour réparer les tissus endommagés par un eczéma ou une brûlure, elles rendent les selles plus liquides, facilitant ainsi le transit intestinal (**Iserin et al., 2001**).

II.2.4.Coumarines

Les coumarines sont des molécules largement répandues dans tout le règne végétal, sont des 2H-1-benzopyran-2-ones, considérées comme étant les lactones des acides 2hydroxy-7-cinnamiques (**Benayache, 2005**). Elles existent sous forme libre solubles dans les alcools et dans les solvants organiques ou les solvants chlorés ou encore liées à des sucres (hétérosides) sont plus ou moins solubles dans l'eau (**Bruneton, 1999**).

La coumarine et ses dérivés ont des actions phyto biologiques (**Hostettmann, 1992**), bactériostatiques et anti fongiques (**Rufini et Sampaolo, 1977**). Ils ont un effet anti œdémateux (**Hoult et Paya, 1996**).

II.3.Alcaloïdes

Ce sont des substances organiques azotées d'origine végétale, de caractère alcalin et de structure complexe (noyau hétérocyclique), on les trouve dans plusieurs familles des plantes, la plupart des alcaloïdes sont solubles dans l'eau et l'alcool et ont un gout amer et certains sont fortement toxiques (**Wichtl et Anton, 2009**) (**Figure 08**).

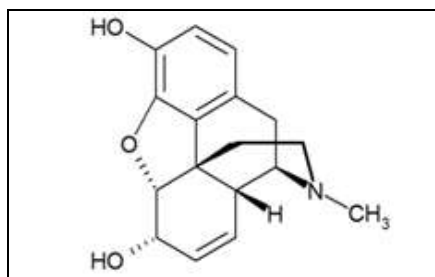


Figure 08: Exemple d'alcaloïde la morphine (Osbourn et Lanzotti, 2009).

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

II.4. Terpenoïdes (isoprénoïdes)

Ce sont des hydrocarbures de structures très diverses (acycliques, monocyclique, bicyclique) constituant une chaîne plus au moins longue. Les molécules de cette famille sont formées de l'assemblage de deux ou plusieurs unités isopréniques, unité composé de cinq carbones isopréniques de formule brute (C₅H₈) (Allenger et *al.*, 1975).

Les isoprénoïdes regroupent à la fois des molécules de faibles poids moléculaires, Volatiles et composants principaux d'huiles essentielles, et des molécules hautement Polymérisées (Figure 09) (Antoine, 2008).

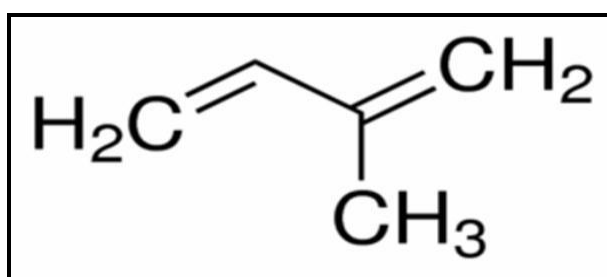


Figure 09 : Structure d'isoterpénoïde (Antoine, 2008).

Chapitre III :
Activités biologiques

III.1. Activité antioxydante

L'activité antioxydante d'un composé correspond à sa capacité à résister à l'oxydation. Les antioxydants les plus connus sont la β -carotène (provitamine A), l'acide ascorbique (vitamine C), le tocophérol, la quercétine, la rutine et le Picnogénol. La plupart des antioxydants de synthèse ou d'origine naturelle possèdent des groupes hydroxyphénoliques dans leurs structures et les propriétés antioxydantes sont attribuées en partie à la capacité de ces composés naturels à piéger les radicaux libres tels que les radicaux hydroxyles ($\text{OH}\cdot$) et superoxydes ($\text{O}_2\cdot$) (Bartosz, 2003).

III.1.1. Stress oxydatif

L'oxygène est la source de vie pour les organismes aérobies. Mais il peut être également une source d'agression pour ces organismes. Toutefois des dérivés hautement réactifs de l'oxygène (ERO) appelés radicaux libres peuvent apparaître (Ekoumou, 2003).

Ces derniers sont cependant contrôlés par les antioxydants. Un stress oxydatif survient lorsque l'équilibre est rompu en faveur des radicaux libres. En effet, une production excessive de ces molécules réactives ou une insuffisance des mécanismes antioxydants peut déséquilibrer la balance oxydant/antioxydant (Favier, 2003) (Figure 10).

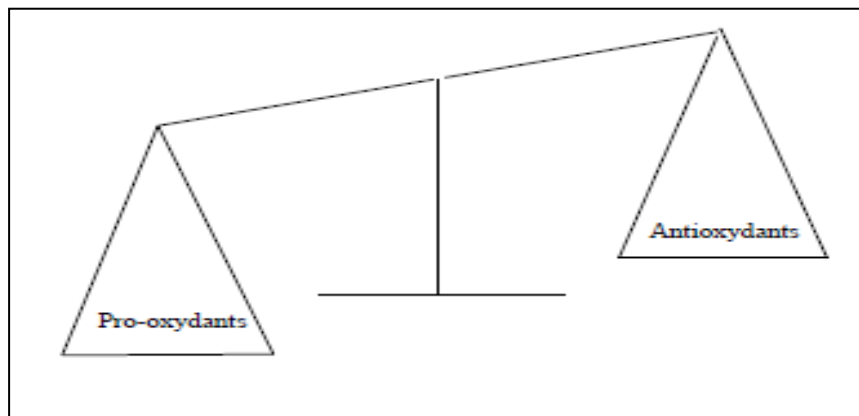


Figure 10: Déséquilibre de la balance entre antioxydants et pro-oxydants.

Ce déséquilibre peut avoir diverses origines, telle que l'exposition aux radiations ionisantes (exposition importante au soleil, radioactivité artificielle ou naturelle), la pollution, le contact avec certains pesticides et solvants, la consommation de tabac et d'alcool, la prise de certains médicaments, la pratique du sport intensif et tout processus susceptible de surcharger les réactions de détoxification hépatique, notamment une perte de poids importante (Lee *et al.*, 2004).

III.1.2.Radicaux libres

III.1.2.1.Définition

Un radical libre est une espèce chimique, molécule, ou simple atome, capable d'avoir une existence indépendante (libre) en contenant un ou plusieurs électrons célibataires (électron non apparié sur une orbitale). Cela lui confère une grande réactivité. En effet, ce radical libre aura toujours tendance à remplir son orbitale en captant un électron pour devenir plus stable : il va donc se réduire en oxydant un autre composé (**Halliwelle, 1996**).

III.1.2.2.Production des radicaux libres

La production des espèces oxydantes est une conséquence inévitable du métabolisme aérobie. En effet, l'organisme a besoin d'O₂ pour produire de l'énergie au cours des réactions dites de respiration oxydative. Cependant, une faible partie de l'oxygène échappe à sa réduction en eau au niveau de la mitochondrie, elle peut alors être à l'origine de la production de radicaux libres oxygénés (RLO) (**Chu et al., 2010**).

Les autres sources de production de radicaux libres sont classées en deux catégories ; Sources endogènes sont des produits des réactions de l'organisme, et les sources exogènes tels que le tabagisme, les radiations UV, les médicaments, les réactifs chimiques, les solvants Industriels et la pollution (**Pastre, 2005**).

III.1.2.3.Conséquence de stress oxydatif

Le principal danger des radicaux libres vient des dommages qu'ils peuvent provoquer lorsqu'ils réagissent avec des composants cellulaires importants. Ils s'attaquent alors les membranes cellulaires dont les acides gras insaturés sont dénaturés, on parle de lipidoperoxydation des membranes cellulaires. Cela déclenche alors une réaction en chaîne sur les divers acides gras du voisinages jusqu'à ce qu'ils soient neutralisés ; ils agressent également les protéines, les microfibrilles de collagène, l'acide hyaluronique, les acides nucléiques des chromosomes et l'ADN lui-même est transformé entraînant l'apparition d'une série d'anomalie dont le risque de cancérisation. Cette oxydation provoque des dommages sur tout l'organisme, accélérant le vieillissement (maladies cardiovasculaires et neurodégénératives, cancer, diabète...) et la dégradation des cellules et des tissus (**Favier, 2003**).

III.1.3. Antioxydant

Un antioxydant peut être défini comme toute substance qui, présente à faible concentration par rapport au substrat oxydable, est capable de ralentir ou d'inhiber l'oxydation de ce substrat. (Barnoud *et al.*, 2002).

Les antioxydants sont des molécules capables d'interagir sans danger avec les radicaux libres en piégeant ces derniers et en captant l'électron célibataire, les transformant en molécules ou ions stables (Benbrook et charle, 2005). Ils sont d'origine endogène métaboliques comme des enzymes et d'origine exogènes nutritionnelles (Parihar *et al.*, 2008).

III.1.3.1. Types d'antioxydants

a- Antioxydants enzymatiques

Ce sont des enzymes ou protéines antioxydantes (Superoxyde dismutase, Catalase et Glutathion peroxydase) élaborées par notre organisme à l'aide de certains minéraux. Elles sont présentes en permanence dans l'organisme mais leur quantité diminue avec l'âge (Mika *et al.*, 2004).

- **Superoxyde dismutase (SOD)**

Accélère la dismutation de l'anion superoxyde en peroxyde d'hydrogène, il existe plusieurs isoenzymes de SOD ; SOD ferreux (Fe-SOD), SOD à cuivre (Cu-SOD) et SOD à manganèse (Mn-SOD).

- **Catalase**

Présente en particulier dans les hématies et les peroxysomes hépatiques. Elle agit en synergie avec la SOD puisque son rôle est d'accélérer la dismutation du peroxyde d'hydrogène en eau et en oxygène moléculaire .

- **Glutathion peroxydase (GPX)**

La glutathion peroxydase joue un rôle très important dans la détoxification du peroxyde d'hydrogène, de l'hydroperoxyde résultant de l'oxydation du cholestérol ou des acides gras en couplant la réduction de ces dérivés réactifs avec l'oxydation de substrats réducteurs comme le glutathion (GSH) (Piquet et Hubuterne ,2007) (Figure 11).

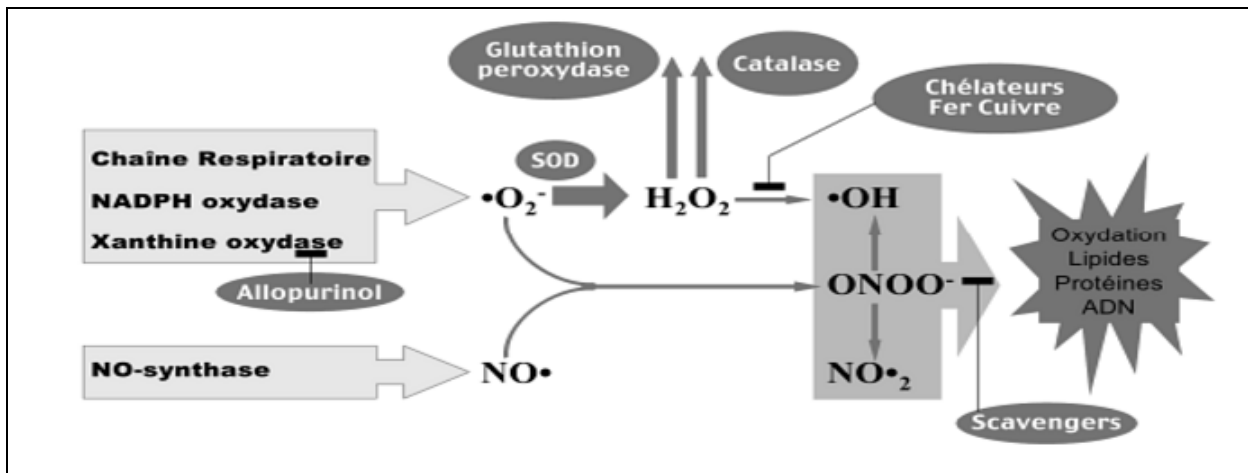


Figure 11: Action des antioxydants au cours du métabolisme des dérivés réactifs de l’oxygène (Boubekri, 2014).

b- Antioxydants non enzymatiques

Ce sont des antioxydants naturellement présents presque dans toutes les plantes, les microorganismes, les champignons et même dans les tissus animaux (Pelli et Lyly, 2003).

Ce type d’antioxydants possède un avantage considérable par rapport aux antioxydants enzymatiques. Du fait de leur petite taille, ils peuvent en effet pénétrer facilement au cœur des cellules et se localiser à proximité des cibles biologiques.

On distingue deux types d’antioxydants non enzymatiques endogène qui sont présents dans la cellules tels que le glutathion, l’acide urique la bilirubine, l’ubiquin ...etc et exogènes qui représentent une famille des composés phénoliques (Boubekri, 2014).

III.2. Activité anti inflammatoire

III.2.1. Définition de l’inflammation

L’inflammation est la réponse des tissus vivants vascularisés à une agression par une infection pathogène, ou par un traumatisme (Rankin, 2004). La réaction inflammatoire est responsable de phénomènes locaux caractérisés par quatre signes cardinaux : œdème, rougeur, chaleur et douleur et par une série de processus cellulaires et biochimiques : afflux leucocytaire, plaquettaire et macrophagique, libération de dérivés de l’acide arachidonique (prostaglandines dont les PGE2, thromboxanes et leucotriènes), de facteur d’activation plaquettaire (PAF), d’hémoglobine, d’amines vasodilatatrices telles que l’histamine, la sérotonine et les kinines, les enzymes protéolytiques et les ions superoxydes (Yam et al., 2009).

III.2.2. Types d'inflammation

L'inflammation est classée en deux catégories selon la durée et la cinétique du processus inflammatoires (Mansour, 2015).

➤ **Inflammation aigue**

Il s'agit de la réponse immédiate, à un agent agresseur, de courte durée (quelques jours à quelques semaines), d'installation souvent brutale et caractérisée par des phénomènes vasculo-exsudatifs intenses. Les inflammations aiguës guérissent spontanément ou avec un traitement, mais peuvent laisser des séquelles si la destruction tissulaire est importante (Serhan et al., 2010).

L'inflammation aigue peut être divisée en trois grandes phases (Figure 12) selon Weill et al (2003).

A. Phase vasculaire (initiation)

La phase est immédiate, de l'ordre de quelque minute et caractérisée par une vasodilatation artérielle entraînant un érythème et un dégagement de chaleur locale. Cette phase se produit une altération des micro-capillaires par relâchement des cytokines et des substances vasoactives (histamine, bradykinine, sérotonine, prostaglandine et dérivés du complément) et l'exsudation des cellules et du plasma vers les tissus.

B. Phase cellulaire (amplification)

La réponse cellulaire fait suite à la phase vasculaire. Se déroule en trois étapes essentielles, la première met en jeu les cellules de l'immunité innée (Les polynucléaires neutrophiles et monocyte/macrophage), la seconde comprend une réponse non adaptative précoce (lymphocytes porteurs des récepteurs pour l'antigène) et la dernière étape, le développement d'une réponse immunitaire adaptative (activation des lymphocytes T (LT) et B (LB) spécifique).

C. Phase de réparation (effectrice)

C'est la phase de résolution permettant la restauration du tissu lésé. En effet les conditions les plus favorables, les agents agresseurs et les débris cellulaires et tissulaires du foyer inflammatoire sont éliminés par les polynucléaires neutrophiles et les macrophages qui vont sécréter des médiateurs induisant ainsi la réparation tissulaire, les cellules fibroblastes et endothéliales forment alors un tissu conjonctivo-vasculaire aboutissant à la cicatrisation.

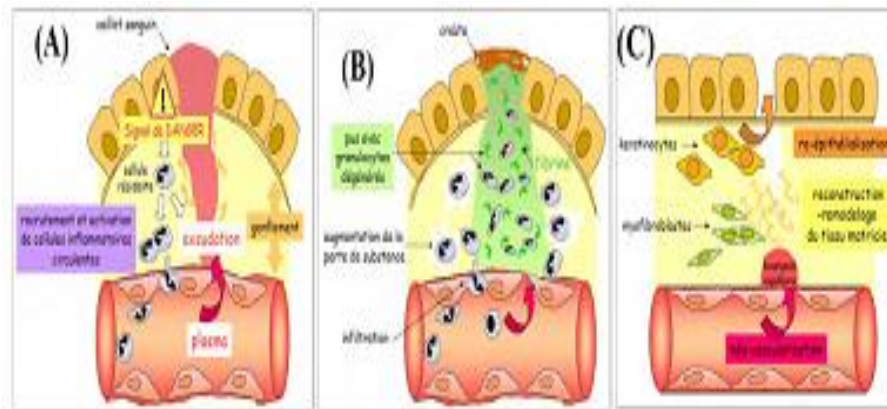


Figure 12 : La réponse inflammatoire aigue : (A) initiation, (B) amplification, (C) réparation.

- **Inflammation chronique**

La persistance de la réaction inflammatoire et la perturbation de son contrôle physiologique conduisent à la chronicité de l'inflammation (Serhan et al., 2010). En effet, une infiltration excessive des leucocytes au niveau du site inflammatoire et une mauvaise élimination de l'agent causal de l'inflammation sont à l'origine du développement de l'inflammation chronique (Dorward et al., 2012). L'inflammation chronique est également provoquée dans le cas de certaines maladies auto-immunes, et ainsi caractérisée par une longue durée (Anzai et al., 2004).

III.2.3. Agents anti-inflammatoires

La thérapeutique anti-inflammatoire est généralement menée par des molécules de synthèses du type anti-inflammatoire non stéroïdien ou stéroïdien (corticoïdes), ce sont des médicaments largement utilisés mais dont les effets secondaires sont parfois graves, en particulier la toxicité sur le système rénal et digestif (irritations digestives pouvant aller jusqu'à l'ulcération gastrique) (Das, 2011).

Les anti-inflammatoires non stéroïdiens (AINS) sont des médicaments à propriétés anti-inflammatoires, antipyrétiques et analgésiques. Ils présentent une grande hétérogénéité chimique mais ils ont en commun l'inhibition non sélective de l'enzyme cyclooxygénase (COX) (Ortega et al., 2014). Les AINS traditionnels inhibent les deux enzymes capables de synthétiser des prostaglandines : la COX-1 et la COX-2. Les prostaglandines produites par la COX-1 jouent surtout un rôle physiologique (en particulier la protection gastrique), alors que celles produites par la COX-2 sont surtout produites dans des conditions inflammatoires (Vonkeman et al., 2008).

Les anti-inflammatoires stéroïdiens (AIS) ou les glucocorticoïdes se sont des dérivés du cortisol. Ils représentent le traitement le plus efficace utilisé pour les maladies inflammatoires chroniques tel que l'arthrite rhumatoïde et les maladies auto-immune (**Kessel et al., 2014**).

L'usage des glucocorticoïdes est associé à de nombreux effets indésirables, le risque d'apparition de ces effets s'accroît avec le prolongement de la durée du traitement. Conduisant à des troubles aigus tels que l'hypertension artérielle et l'ulcères gastro-duodénaux (**Henzen, 2003 ; Chung, 2014**).

Deuxième partie :
Etude expérimentale

Chapitre I :

Matériel et méthodes

Notre étude à été réalisée au niveau du laboratoire de Centre de recherche et de développement du groupe SAIDAL (Gué de Constantine) et de laboratoire de Biochimie appliquée, Université de M'hamed Bougara (Boumerdes). Elle a pour but de faire d'une part le screening phytochimique de la partie aérienne (tiges et feuilles) de la plante *Adiantum capillus-veneris* L. et les feuilles de *Tamarix gallica* L. et d'autre part, l'extraction des composés phénoliques et l'évaluation de leurs activités biologiques (antioxydant et anti-inflammatoire).

I. Matériel

I.1. Matériel non biologiques

Les verreries, les appareillages et les solutions utilisés au cours de la réalisation de ce travail sont cités dans (**Annexes 1 et 2**).

I.2. Matériel biologique

I.2.1. Matériel animal

Nous avons utilisé des souris mâles de l'animalerie CRD Saidal , leurs poids varie de 23 à 25g.

I.2.2. Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé dans cette étude est la partie aérienne pour *Adiantum capillus veneris* L. et les feuilles pour *Tamarix gallica* L. les deux plantes sont identifiées au niveau de l'école Nationale des sciences agronomique (**ENSA**), Alger.

II. Méthodes

L'ensemble des méthodes et des étapes de notre démarche expérimentale sont résumées dans ce diagramme comme suit (**Figure 13**).

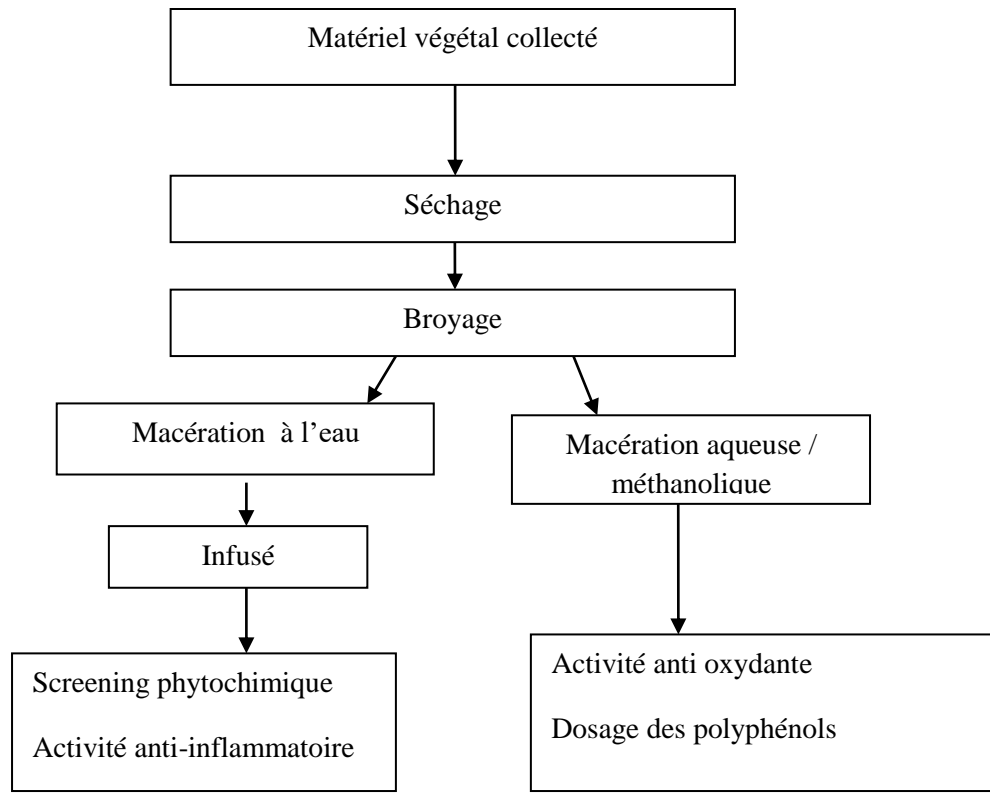


Figure 13: Diagramme représente les différentes étapes de l'extraction.

II.1.Préparation de la poudre végétale

➤ Récolte

La plante *Adiantum capillus-veneris* L. a été récoltée durant le mois de janvier 2019 dans la région de Boumerdes et l'autre plante *Tamarix gallica* L. durant le mois de mars 2019 dans la région de Bordj Bou Arreridj.

➤ Séchage

Les plantes fraîchement récoltées, sont séchées naturellement à l'abri de la lumière et de l'humidité jusqu'à ce que le poids devienne constant.

➤ Broyage

Après séchage les deux plantes sont broyées dans un mixeur électrique jusqu'à l'obtention des poudres fines.

II.2.Préparation de l'infusé

10 g de la poudre végétale sont infusés dans 100 ml d'eau bouillante et gardés au repos pendant 30 min, puis ils sont filtrés sur un gaz. Le filtrat ainsi obtenu est l'infusé à 10%.

II.3. Screening phytochimique

Ce screening a été réalisé sur l'infusé de la plante *Adiantum capillus-veneris* L. et celle de *Tamarix gallica* L., en se référant aux méthodes décrites par **Bruneton (1999)**.

II.3.1. Recherche des polyphénols

➤ **Les flavonoïdes libres**

Quelques gouttes de HCl concentré et quelques milligrammes de Mg sont ajoutés à 1 ml de l'infusé. La réaction donne une coloration rouge orangé en présence des flavonoïdes.

➤ **Les anthocyanes**

L'identification des anthocyanes a été faite en ajoutant 10 gouttes d'ammoniaque à 5ml d'infusé. La réaction donne une coloration bleu verdâtre.

➤ **Les leuco anthocyanes**

Nous avons introduit 2 g de la poudre végétale dans 20 ml d'un mélange de propanol /acide Chlorhydrique (v/v) puis la solution ainsi obtenue est placée dans un bain marie (100°) pendant quelques minutes. Une coloration rouge se développe en présence des leuco anthocyanes.

II.3.2. Recherche des tanins

➤ **Les tanins totaux**

Nous avons pris 5 ml de l'infusé. Aux quels, nous avons ajouté quelques gouttes d'une solution de FeCl₃ à 5%. La réaction donne une coloration bleu noire ou verdâtre en présence des tanins.

➤ **Les Tanins galliques**

Nous avons introduit à l'aide d'une pipette graduée 5 ml d'infusé dans une fiole puis nous avons rajouté 2 g d'acétate de sodium et quelques gouttes de FeCl₃ à 1%. Après agitation, une coloration bleu foncée apparait en présence des tannins galliques.

➤ **Les tanins condensés**

Cinq millilitres de l'infusé ont été ajoute à 2g d'acétate d'ammonium plus 3 gouttes de chlorure ferrique à 1%, puis agiter. L'apparition d'une coloration bleu-noir indique la présence des tanins catéchiques.

II.3.3. Recherche des quinones libres

Dans un bécher, nous avons humecté 2 g de la poudre par 2 ml d'acide chlorhydrique 1N qui a été mis en contact avec 20 ml de chloroforme pendant 3 heures. Le mélange a été filtré puis agité avec 5 ml d'ammoniaque (½). L'apparition d'une coloration rouge indique la présence des quinones libres.

II.3.4. Recherche des composés réducteurs

Vingt gouttes du réactif de Fehling (**Annexe 02**) ont été ajoutés à 1 ml d'infusé à 10 % et 2 ml d'eau distillée. Une réaction positive est caractérisée par l'apparition d'un précipité de couleur rouge brique.

II.3.5. Recherche glycosides cardiaques

Deux millilitres de l'infusé ont été dissous avec 2 ml de chloroforme et l'acide sulfurique concentré a été ajouté avec précaution pour former une couche rougeâtre foncée de couleur brune à l'interface de l'anneau stéroïde indique la présence de glycosides cardiaques.

II.3.6. Recherche des alcaloïdes

Nous avons mélangé 5 ml d'infusé, 2 ml de HCl et 1 ml du réactif de Dragendroff (**Annexe 02**). Ce mélange donne un précipité rouge ou orange en présence des alcaloïdes.

II.3.7. Recherche des coumarines

Nous avons révélé la présence des coumarines après l'ajout de 5 ml de l'infusé avec 0,5 ml de l'ammoniaque à 25%. Nous avons observé une fluorescence sous une lampe ultra violette (UV) à 365 nm.

II.3.8. Recherche des saponosides

Nous avons introduit séparément 5 ml d'HCl 0,1N et 5 ml de NaOH 0,1N dans deux tubes à essai. Ensuite, ces tubes sont agités après l'addition de quelques gouttes de l'infusé. La formation de mousse indique la présence des saponosides.

II.3.9. Recherche des hétérosides

➤ **O-hétérosides**

Nous avons ajouté 5ml d'eau distillée et 0,5 ml de HCl aux résidus de la poudre végétale épuisée précédemment par CHCl₃. Puis, nous avons chauffé le mélange pendant 15 min. Après refroidissement sous courant d'eau froide et filtration, nous avons ajouté 2,5 ml de CHCl₃ et soutirés la phase organique ainsi formée. Il y aura l'apparition d'une coloration marron après addition de 0,5 ml de l'ammoniaque dilué indique la présence de O- hétérosides.

➤ **C-hétérosides**

Nous avons ajouté 10 ml d'eau distillée et 1 ml de la solution de FeCl₃ à 10% à la phase aqueuse obtenue précédemment avec les O-hétérosides. Ce mélange a été chauffé pendant 30 min au bain-marie puis refroidi sous courant d'eau froide. La phase organique a été séparée après agitation avec l'addition de 5 ml de NH₄OH dilué à 50%. L'apparition d'une coloration rouge plus ou moins intense indique la présence de C-hétérosides.

II.3.10. Recherche des stérols et triterpènes

Cinq millilitres de l'infusé ont été ajoutés à 5 ml d'anhydride d'acétate, ensuite 1 ml d'H₂SO₄ a été ajouté au fond du tube sans agitation. La formation d'un anneau rouge brunâtre à la zone de contact des deux liquides et d'une coloration violette de la couche surnageant révèlent la présence des stérols et des triterpènes.

II.4. Extractions aqueuse et méthanolique

20 g de la poudre végétale a été mise à macérer dans 200 ml de solution (méthanol / eau) dans un erlenmeyer. Après agitation de 24 heures et filtration, le filtrat ainsi obtenu est concentré à l'évaporateur rotatif puis conservé dans des flacons stériles jusqu'à l'utilisation.

II.5. Détermination du rendement d'extraction

Le rendement des extraits est défini comme étant le rapport entre la masse de l'extrait sec et la masse de la matière végétale sèche (Falleh et al., 2008), il est exprimé en pourcentage par la formule suivante :

$$R(\%) = (M_{\text{ext}} / M_{\text{éch}}) \cdot 100$$

Où :

R : Rendement en % (g/g).

M_{ext} : Matière d'extrait sec (g).

M_{éch} : Masse de la matière végétale sèche (g).

II.6. Dosage des composés phénoliques

II.6.1. Dosage des polyphénols

➤ Principe

Le réactif de Folin-Ciocalteu est constitué par un mélange d'acide phosphotungstique ($H_3PMO_{12}O_{40}$) et phosphomolibdique ($H_3PMO_{12}O_{40}$), il est réduit par les phénols en un mélange d'oxydes bleus de tungstène (W_8O_{23}) et de molybdène (Mo_8O_{23}). Cette coloration bleue dont l'intensité est proportionnelle aux taux de composés phénoliques présents dans le milieu donne un maximum d'absorption à 760 nm. (Ribéreau-Gayon *et al.*, 1972).

➤ Mode opératoire

Nous avons dissous 100 μ l d'échantillon dans 500 μ l du réactif de Folin-Ciocalteu (dilué 1/10) et 1 ml d'eau distillée. Les solutions ont été mélangées et incubées à une température ambiante pendant 1 min, puis on a ajoutés 1500 μ l de solution de carbonate de sodium à 20% (Na_2CO_3). Le mélange final a été agité puis incubé pendant 2 h à l'obscurité à une température ambiante. L'absorbance des échantillons a été mesurée à 760 nm en utilisant un spectrophotomètre et les résultats sont exprimés en milligramme (mg) équivalent d'acide gallique (EAG) par gramme (g) de poids sec de plante.

Une courbe d'étalonnage a été établie en utilisant l'acide gallique comme standard, des concentrations différentes d'acide gallique ont été préparées et leurs absorbances ont été enregistrées à 760 nm (Lisster et Wilson, 2001).

➤ Expression des résultats

La teneur en composés phénoliques des échantillons analysés est calculée par la formule suivante :

$$C = c \cdot V / m$$

C : Teneur en phénols totaux (mg EAG/g d'extrait).

c : Concentration de l'extrait (mg /ml).

V : Volume de solvant utilisé pour l'extraction (ml).

m : Masse d'extrait sec (g).

$$C' = C / P$$

C' = Teneur en phénols totaux (mg EAG/g MS).

C = Teneur en phénols totaux (mg d'acide gallique/g d'extrait). **P** = Poids de matière sèche (g).

II.7.Evaluation des activités biologiques

II.7.1.Evaluation de l'activité antioxydante (méthode de piégeage du radical libre DPPH)

II.7.1.1.Principe

Le test au 2,2-diphényl-2-picryl-hydrazyle (DPPH), permet de mesurer le pouvoir réducteur par le calcul de la IC₅₀ des substances anti oxydantes contenues dans un extrait. au cours de ce test ce radical DPPH de couleur violette devient jaune quand il est réduit par un donneur de proton H⁺. $DPPH + AH \rightarrow DPPH-H + A$. Où AH est un composé capable de céder un H⁺ au radical DPPH. Cette capacité de réduction est déterminée par une diminution de l'absorbance induite par des substances anti radicalaires (Molyneux, 2004) (Figure 14).

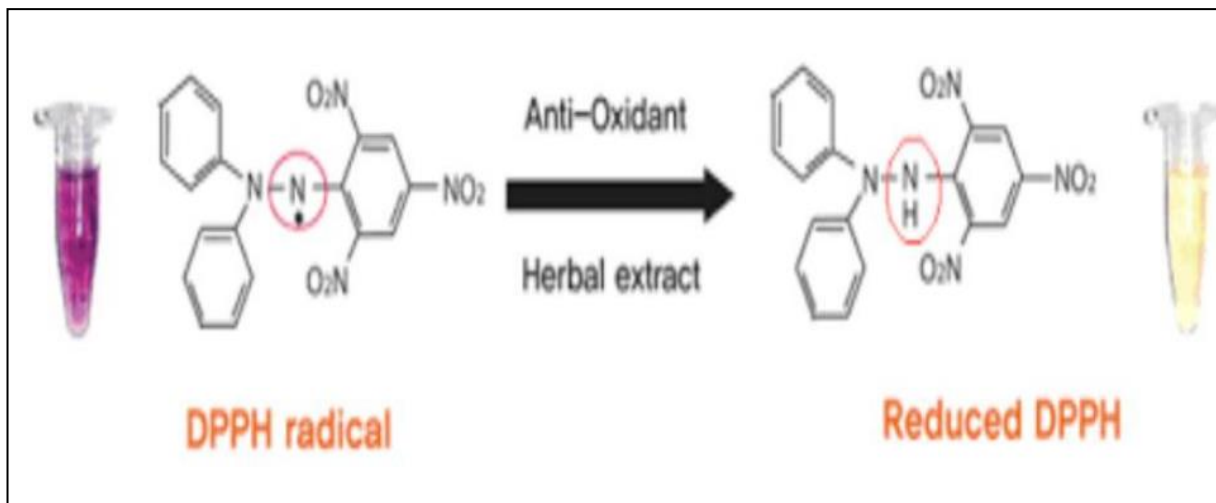


Figure 14: Réduction du radical libre (2,2-diphényl-1-picryl-hydrazyle) (Boubekri, 2014).

II.7.1.2. Mode opératoire

➤ Dosage

50 µl de chaque extrait à différents concentrations sont ajoutés à 1950 µl de la solution méthanolique du DPPH après agitation, le mélange réactionnel est incubé dans l'obscurité pendant 30 min à la température ambiante.

La lecture est effectuée par la mesure de l'absorbance à 517 nm par un spectrophotomètre contre le blanc qui est constitué de 2 ml de DPPH.

Une courbe d'étalonnage a été établie dans les mêmes conditions en utilisant l'acide ascorbique comme contrôle positif (antioxydant standard).

II.7.1.3.Expression des résultats

Le pourcentage de réduction du radical libre DPPH est exprimé par la formule suivante :

$$\% \text{ d'inhibition} = \frac{(\text{Do ctrl} - \text{Do éch})}{\text{Do ctrl}} \cdot 100$$

Do ctrl : Densité optique du contrôle négatif.

Do éch : Densité optique de l'échantillon.

II.7.2.Détermination d'IC₅₀

La valeur IC₅₀ est la concentration qui assure la réduction de 50 % du DPPH déterminée graphiquement pour chaque extrait à partir de la courbe du pourcentage de réduction en fonction de la concentration (Samarth et al., 2008).

II.7.3.Evaluation de l'activité anti inflammatoire

Le but de ce test est de déterminer l'activité anti inflammatoire des infusés de deux plantes étudiés selon le test de Winter (Amezouar et al., 2013).

II.7.3.1.Principe

L'injection de la carragénine sous l'aponévrose plantaire de la patte de la souris provoque une réaction inflammatoire qui peut être réduite par un produit anti-inflammatoire.

Cette étude permet de comparer la réduction de l'œdème plantaire après administration des doses égales du produit anti-inflammatoire à tester et du produit de référence correspondant.

II.7.3.2. Mode opératoire

➤ Préparation de la solution de carragénine

Dans un bicher nous avons mélangé progressivement 0,5 g de la carragénine avec 25 ml d'eau distillé puis on complète le volume jusqu'à 50 ml.

➤ Préparation de la solution du produit de référence (Ibuprofène 200 mg)

Nous avons utilisé Ibuprofène comprimé de 200 mg dont la dose maximal est de 20 mg/kg (Vidal, 2008).

La distribution des lots avec leurs traitements est représenté dans le **tableau** suivant

Tableau 05 : Distribution des lots avec leurs traitements.

| | Lot témoin | Lot référence | Lot traité 1 | Lot traité 2 |
|------------|-----------------------|-------------------|---|--|
| Effectifs | 05 | 05 | 05 | 05 |
| Traitement | 0,5 ml d'eau distillé | 0,5 ml Ibuprofène | 0,5 ml de l'infusé de la plante <i>Adiantum</i> | 0,5 ml de l'infusé de la plante <i>Tamarix</i> |

Les souris ont été mises à jeun 16 heures avant le traitement et divisés en quatre groupes de cinq souris chacun.

-à T=0 : Nous avons administré aux souris les produits à tester par voie intra- gastrique 30 minutes avant l'injection de la solution de carragénine (**Figure 15**).



Figure 15 : Injection de produit à tester.

- à T₀+30 min : Injection de la solution de carragénine qui provoque l'inflammation sous l'aponévrose plantaire de la patte arrière gauche à un volume de 0,025 ml (**Figure 16**).



Figure 16 : Injection de solution de carragénine.

II.7.3.3.Expression des résultats

L'évaluation de l'œdème a été suivie par l'enregistrement du diamètre de la patte inflammée à 0, 1, 2, 3,4 heures après l'injection de l'agent phlogogène à l'aide d'un pied à coulisse électronique.

Pour chaque lot traité, les diamètres moyens obtenus à chaque heure ont été comparés à celui obtenu avant tout traitement, permettant ainsi de calculer les pourcentages d'œdème (% d'inflammation) par la formule suivante :

$$\% \text{ d'œdème} = [(M EP_{Tx} - M EP_{T0}) / M EP_{T0}] \cdot 100$$

$M EP_{Tx}$: Moyen épaisseur de témoin.

$M EP_{T0}$: Moyen épaisseur de l'échantillon.

Tandis que le pourcentage d'inhibition de l'œdème est calculé par la formule suivante :

$$\% \text{ d'inhibition} = [(\% \text{ d'œdème témoin} - \% \text{ d'œdème essai}) / \% \text{ d'œdème témoin}] \cdot 100$$

II.8.Etude statistique (Bougendoura, 2014)

II.8.1. Moyennes arithmétiques

$$m = \sum Xi/n$$

m : Moyenne de chaque lot.

n : Effectif du lot.

Xi : Valeurs individuelles de chaque paramètre.

II.8.2.Variance et écart type

$$S_2 = 1 / n-1 \cdot \sum_{i=1}^n (xi-m)^2$$

S_2 : variance de la variable, donc l'écart type d'une variable x est défini comme suit :

$$S_x = \sqrt{S^2}$$

II.8.3. Test de Student

Les résultats sont calculés à l'aide d'un logiciel Excel. « T » calculé est comparé au « T » théorique lue sur la table de Student, Si T_c est inférieure à la valeur lue dans la table « t » pour un degré de liberté $d.d.l = N_1 + N_2 - 2$ et le risque 5%, la différence n'est pas significative.

Dans le cas contraire elle est significative.

Les résultats ont été faits en 3 répétitions. A partir de test de Student par Excel si :

- $P > 0,05$, le résultat est non significatif.
- $P < 0,05$, le résultat est peu significatif (*).
- $P < 0,01$, le résultat est significatif (**).
- $P < 0,001$, le résultat est très significatif (***) .
- $P < 0,0001$, le résultat est hautement significatif (****).

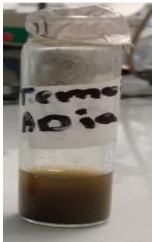


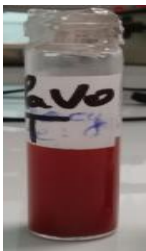
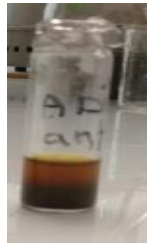

Chapitre II :

Résultats et discussion






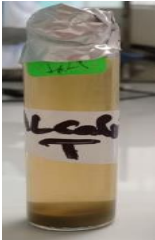
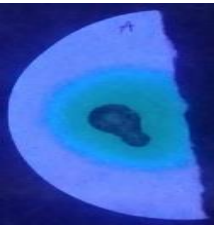
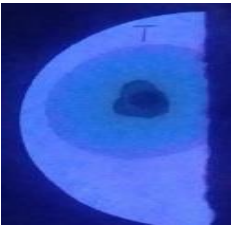


II.1. Screening phytochimique







Les tests phytochimiques consistent à détecter les différents composés existants dans les parties aériennes de l'espèce végétale *Adiantum capillus-venerise* L. ainsi que dans les feuilles de la plante *Tamarix gallica* L. Par des réactions chimiques qualitatives. Ces réactions sont basées sur des phénomènes de précipitation ou de coloration par des réactifs spécifiques ou un examen sous la lumière ultraviolette. Leurs résultats sont illustrés dans le **tableau 06**.

Tableau 06 : Résultats du screening phytochimique des deux plantes *Adiantum capillus venerise* L. et *Tamarix gallica* L.

| Composés phytochimiques recherchés (Métabolites) | Infusé des deux plantes | | Résultats |
|--|---|---|---------------|
| | <i>Adiantum capillus venerise</i> L. | <i>Tamarix gallica</i> L. | |
| Témoin |  |  | |
| Flavonoïdes libres |  ++ |  +++ | Rouge orangé |
| Anthocyanes |  - |  - | Bleu verdâtre |

| | | | |
|-----------------------|--|---|-----------------------------|
| Leuco anthocyanes |  +++ |  ++ | Rouge |
| Tanins totaux |  ++ |  ++ | Bleu noire ou Verdâtre |
| Tanins condensés |  +++ |  +++ | Bleu noire |
| Tanins hydrolysables |  +++ |  +++ | Bleu foncé |
| Glycosides cardiaques |  +++ |  ++ | Apparition de l'anneau Brun |

| | | | |
|---------------------|--|---|-----------------------------|
| Quinones libres |  - |  - | Rouge |
| Composés réducteurs |  +++ |  + | Précipité rouge Brique |
| Alcaloïdes |  + |  + | Précipité rouge ou range |
| Coumarines |  +++ |  - | Fluorescence Intense |
| Saponosides |  +++ |  +++ | Des mousses |

| | | | |
|------------------------|---|--|---|
| O-hétérosides |  +++ |  ++ | Marron |
| C-hétérosides |  +++ |  +++ | Rouge |
| Stérols et triterpènes |  +++ |  +++ | Anneau rouge brunâtre et une coloration violette de la couche surnageant |

(-) : Absence de substance , (+) : Substance faiblement présentes , (++) : Présence de substance en quantité moyenne, (+++): Substance fortement présentes .

L'étude du screening phytochimique met en évidence la présence des composés chimiques possédant des activités biologiques intéressantes.

D'après le **tableau 06** , nous remarquons que les deux plantes Adiantum et Tamarix d'origine de deux régions différentes (Boumerdes et Bordj Bou Arreridj) sont d'une part riches en sept groupes de composés chimiques tels que les flavonoïdes libres ,les leuco anthocyanes , les tanins totaux (hydrolysable et condensés) , les saponines , les glycosides cardiaques , les hétérosides , les stérols et les triterpènes et d'autre part dépourvus des quinones libres et des anthocyanes. Les autres composés tels que les alcaloïdes sont moins abondants dans les deux plantes tandis que les coumarines sont présentes en abondance uniquement dans la plante Adiantum.

Nos résultats confirment ceux obtenus par **Muhammad Saqib et al (2014)** qui ont travaillé sur l'extrait aqueux d'Adiantum provenant de la région de Pakistan. Ils sont aussi

compatibles avec ceux enregistrés par **Satabdi et al (2018)** qui ont testé la même espèce récoltée de la région d'Inde où ils ont signalé la présence des quinones libres qui sont absent dans notre plante.

Cette variabilité dans la composition pourrait être due à des facteurs environnementaux, comme la température, l'humidité (**Palà-paul et al., 2001**), l'altitude et la nature du sol (**Oliveira et al., 2005**), la saison de récolte (**Angelopoulou et al., 2002**)

Concernant la plante Tamarix, les résultats des testes phytochimiques sur l'extrait méthanoliques sont similaires avec ceux trouvés par **Elamin (2017)**.

D'une manière générale, la présence en abondance des composés naturels confère à ces deux plantes des propriétés biologiques très importantes. Les terpenoides, les flavonoïdes, les tanins, les stéroïdes et les alcaloïdes abondants dans les extraits ont des effets anti-inflammatoire. Ils se distinguent par les propriétés antidiabétiques, analgésiques, sédatives (**Rajurkar et kunda, 2012**) et antioxydantes (**Maibouge et al., 2018**).

II.2.Rendement d'extraction

L'extraction des composés phénoliques des deux plantes étudiées a été réalisée par deux solvants à savoir le méthanol et l'eau (**Figure 17**).

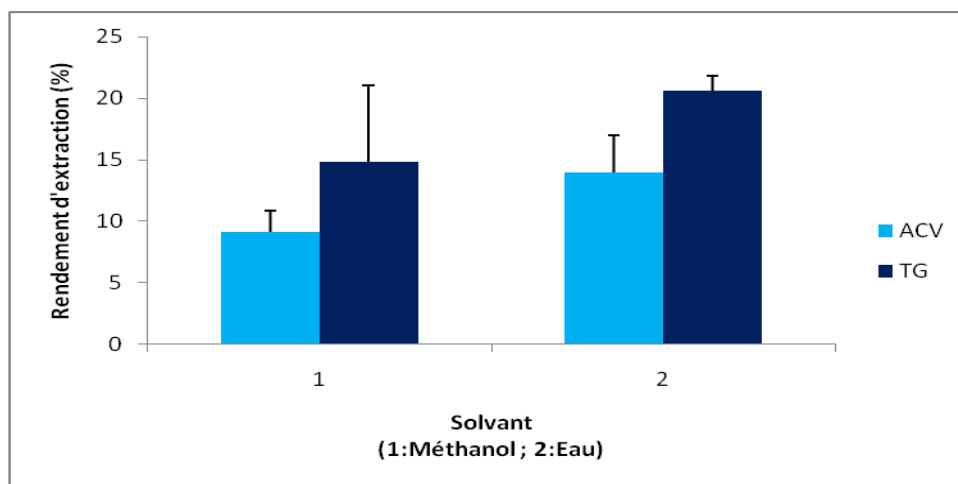


Figure 17 : Rendements en (%) des extraits d'Adiantum et Tamarix .

D'après la **figure 17**, nous constatons que l'extrait aqueux des deux espèces végétales Adiantum et Tamarix enregistrent des rendements élevés prenant les valeurs de 13,98±3,02 et 20,61 ±1,20 respectivement alors que les extraits méthanoliques donnent des rendements correspondants aux valeurs 9,15±1,69 et 14,83 ±6,22 respectivement.

En effet, le rendement de notre extrait d'Adiantum est meilleur à celui trouvé par **Vadi et Manicha(2016)** qui était de 10,92 % par extraction aqueuse et 5,35 % par extraction

méthanolique. Pour l'autre plante Tamarix, le rendement d'extraction méthanolique est supérieur à celui signalé par **Naveed et al (2015)** qui était faible de l'ordre de 9,27 %.

Selon les résultats trouvés, il apparait clairement que les extraits aqueux donnent pratiquement les meilleurs rendements d'extraction par rapport aux extraits méthanoliques. Ceci peut s'expliquer par le simple fait que l'eau est un solvant fortement polaire connu pour extraire une large gamme de molécules dont une quantité importante de composés non phénoliques comme les glucides et les protéines (**Bonnaillie et al., 2012**).

En plus, de nombreux facteurs influencent le rendement à savoir les caractéristiques physico-chimiques et la composition chimique de l'espèce, les conditions environnementales, la technique d'extraction, le séchage, la période et le milieu de récolte, les pratiques culturales et l'âge du matériel végétal (**El Oualilalami et al., 2013**).

II.3.Composés phénolique

II.3.1.Polyphénols totaux

Les résultats de la teneur en polyphénols totaux sont représentés dans la **figure 18** ainsi que le **tableau 07**.

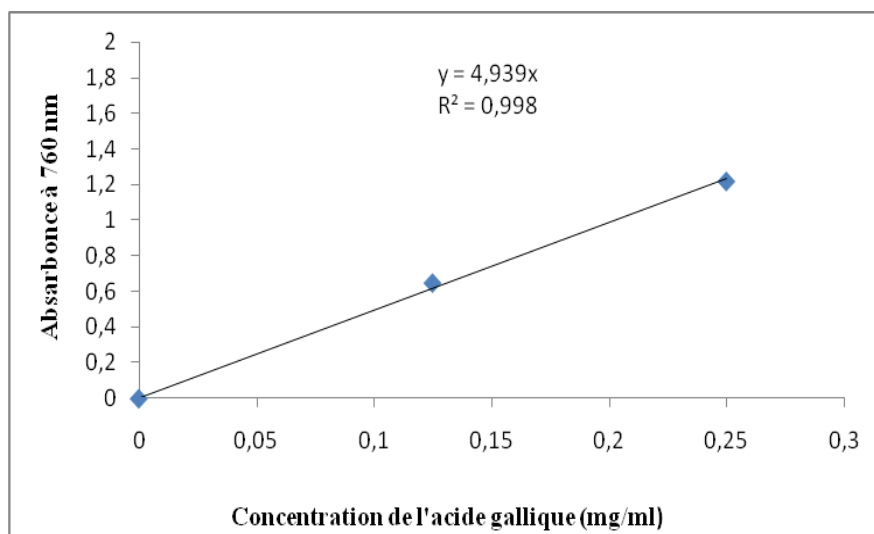


Figure 18 : Courbe d'étalonnage de l'acide gallique.

Tableau 07 : Teneurs des polyphénols dans les extraits :

| Plante | Teneurs en polyphénols totaux (mg EAG /g MS) | |
|----------|--|----------------|
| | Extrait méthanolique | Extrait aqueux |
| Adiantum | 8,954 ± 0,026 | 11,115 ± 0,061 |
| Tamarix | 26,941 ± 0,138 | 6,804 ± 0,225 |

Selon le **tableau 07**, il apparait clairement que les concentrations de polyphénols totaux des extraits aqueux d'Adiantum et de Tamarix sont 11,115± 0,061 mg EAG /g MS et 6,804 ±0,225 mg EAG /g MS respectivement. Par contre, elles correspondent aux valeurs de 8,954 ± 0,026 mg EAG /g MS et 26,941± 0,138 mg EAG /g MS respectivement pour l'extrait méthanolique.

En effet, la quantité de polyphénols varie d'une plante à l'autre. Il semble que l'eau est un bon solvant d'extraction des composés phénolique pour Adiantum tandis que le méthanol est le meilleur solvant d'extraction pour la Tamarix.

Nos résultats sont différents de ceux obtenus par **Santhosh Kumar et al (2013)** qui ont travaillé sur l'extrait méthanolique et l'éther de pétrole de la plante Adiantum, où ils ont enregistré une valeur de 19,05 ± 4,60 mg EAG /g MS et 9,79 ± 1,19 mg EAG /g MS respectivement.

Concernant l'extraction méthanolique de la plante Tamarix, **Ksouri et al (2009)** ont trouvé une valeur de 34,44 ± 3,40 mg EAG /g MS qui est supérieure à notre résultat.

II.4.Evaluation de l'activité biologique

II.4.1.Evaluation de l'activité antioxydante

A la température ambiante, le radical DPPH présente une intense coloration violette qui disparaît au contact d'une substance capable de saturer sa couche électronique. Cette réduction de la couleur rend compte du pouvoir piègeur des molécules testées. Ainsi toute substance capable d'induire un changement de couleur du DPPH du violet au jaune est considérée comme un piègeur du radical DPPH et par conséquent comme antioxydant (**Nabavi et al., 2012**). Les résultats de l'activité antioxydant sont illustrés dans le **tableau 08**.

Tableau 08: Pourcentage d’inhibition des extraits des deux plantes étudiées avec une concentration de 1 mg /ml.

| Plantes Types d’extraction | Adiantum | | Tamarix | |
|----------------------------------|----------|--------------|---------|--------------|
| | Aqueuse | Méthanolique | Aqueuse | Méthanolique |
| Pourcentage d’inhibition de DPPH | 79,53 | 75,73 | 59,34 | 78,84 |

Les résultats du pourcentage d’inhibition de DPPH montrent que tous les extraits présentent des activités anti radicalaires variables à une dose testée de 1mg/ml .Pour l’extrait aqueux, le pourcentage d’inhibition est de 79,53 % pour Adiantum tandis qu’il est de 59,34 % pour la Tamarix. Concernant l’extrait méthanolique, nous enregistrons des activités anti radicalaires importantes pour les deux plantes étudiées Adiantum et Tamarix correspondants à des pourcentages d’inhibition de 75,73 % et 78,84 % respectivement .Ce pourcentage d’inhibition différent pourrait être attribué à la nature du solvant d’extraction utilisé et à la composition chimique des deux plantes étudiées.

II.4.1.1.Détermination des IC₅₀

Les valeurs des IC₅₀ pour les extraits des deux plantes ainsi que le standard sont élucidées dans les **figures 19, 20 et 21.**

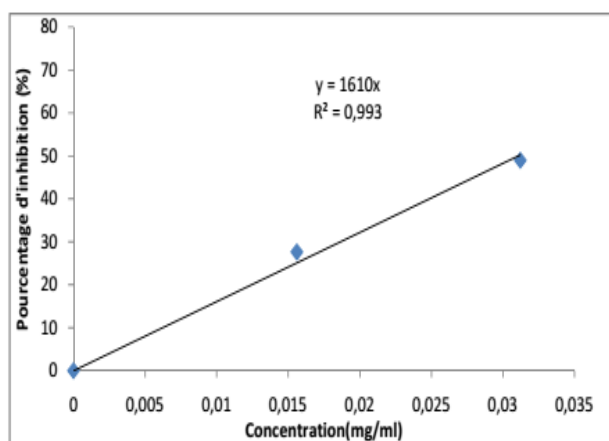
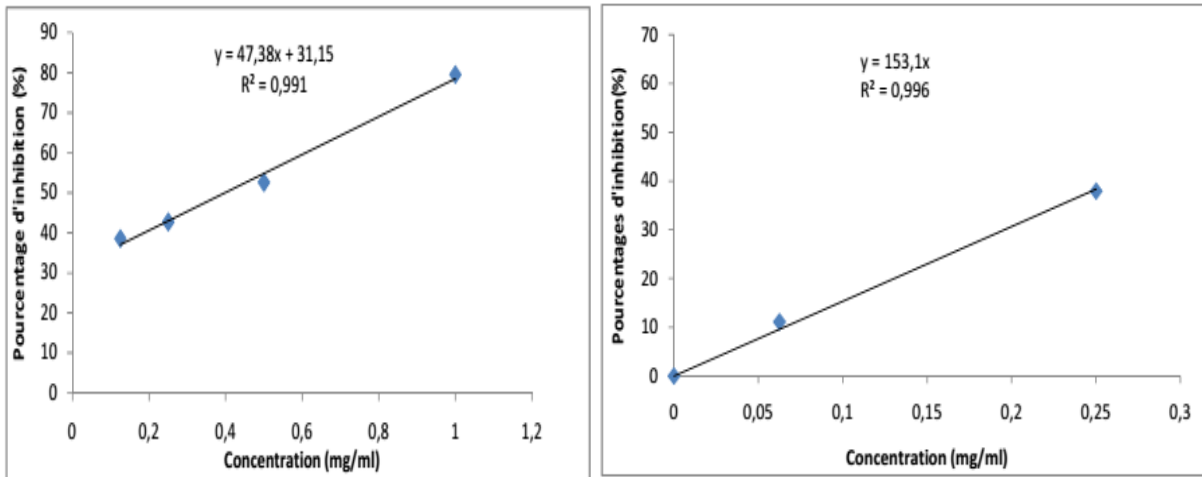


Figure 19: Pourcentage d’inhibition de DPPH par vitamine C.



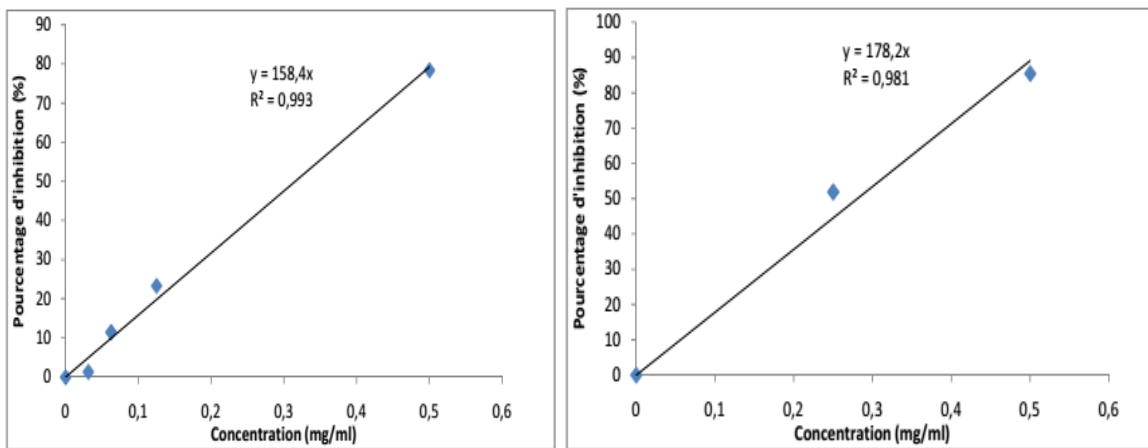
a

b

Figure 20 : Pourcentages d'inhibition de DPPH par l'extrait aqueux.

a : Adiantum

b : Tamarix



a

b

Figure 21 : Pourcentages d'inhibition de DPPH par l'extrait méthanolique.

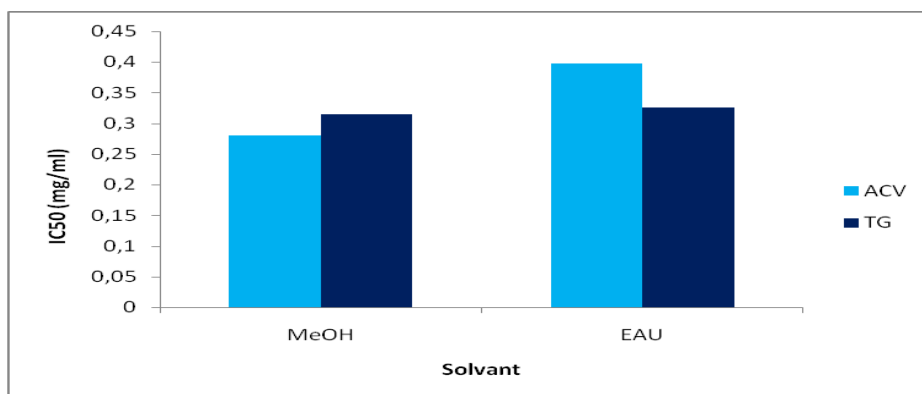


Figure 22 : Les valeurs des IC_{50} pour les extraits d'Adiantum et Tamarix .

Ce paramètre est utilisé pour estimer l'activité antioxydante. Plus cette concentration est faible plus l'effet antioxydant est très élevé (**Boumarfegue et al., 2012**).

D'après les résultats des **figures 19 et 22**, nous remarquons que l'acide ascorbique présente un pouvoir antioxydant élevé correspondant à une IC_{50} de l'ordre de 0,031 mg/ml.

Par ailleurs, l'extrait aqueux des deux plantes *Adiantum* et *Tamarix* se caractérise par un pouvoir antioxydant moyen avec des valeurs d' IC_{50} de l'ordre de 0,397 mg/ml et 0,326 mg/ml respectivement. Chez les plantes *Adiantum* et *Tamarix*, l'extrait méthanolique exerce aussi un pouvoir antioxydant moyen correspondant à des valeurs d' IC_{50} de 0,280 et 0,315 mg/ml respectivement.

Plusieurs travaux ont été réalisés sur l'activité antioxydante. **Ansari et al (2012)** ont montré que l'extrait méthanolique de la partie aérienne d'*Adiantum* présente une valeur d' IC_{50} de 2,03 mg/ml qui est supérieure sept fois à celle obtenue dans notre étude (0,280 mg/ml). **Ksouri et al (2009)** ont signalé aussi une forte activité antioxydante de l'extrait méthanolique des feuilles de *Tamarix* avec une valeur d' IC_{50} égale à 0,002 mg/ml. Cette valeur est inférieure plus de 150 fois à celle enregistrée dans notre travail ($IC_{50} = 0,315$ mg/ml). Cette variabilité du pouvoir antioxydant des extraits testés est fortement corrélée à leur richesse en biomolécules.

Des études récentes ont montré que de nombreux flavonoïdes et polyphénols contribuent de manière significative à l'activité antioxydante (**Jarial et al., 2017**).

II.4.2. Activité anti-inflammatoire

L'inflammation induite par la carragénine qui implique la libération de substances en phase précoce, telles que l'histamine, la bradykinine et la sérotonine et les prostaglandines en phase avancée. Ainsi, l'œdème induit par le carragénine est biphasique. Les deux premières heures de l'œdème correspondent à la première phase d'inflammation provoquée par la carragénine en raison de la libération de la sérotonine, de l'histamine et des enzymes cytoplasmiques. Après la deuxième phase, en raison de la libération de prostaglandines, de lysosome, de la bradykinine et de protéases, les substances ont induit l'œdème en raison de l'augmentation de la perméabilité vasculaire et de l'accumulation de liquide (**Raziuddin et al., 2019**).

Le **tableau 09** représente les résultats de l'activité anti-inflammatoire *in vivo* de l'infusé des deux plantes ACV et TG.

Tableau 09 : Comparaison des pourcentages d'augmentation et d'inhibition d'œdème.

| Les lots d'animaux | Référence (Ibuprofène) | Témoin | Essai (Adiantum) | Essai (Tamarix) |
|------------------------------------|------------------------|--------|------------------|-----------------|
| Pourcentages | | | | |
| Pourcentage d'augmentation d'œdème | 3,82 | 42,5 | 9,97 | 15,27 |
| Pourcentage d'inhibition d'œdème | 90,03 | - | 77,27 | 64,07 |

La **figure 23** représente la cinétique d'augmentation d'œdème pour les quatre lots (référence, témoin, Adiantum et Tamarix).

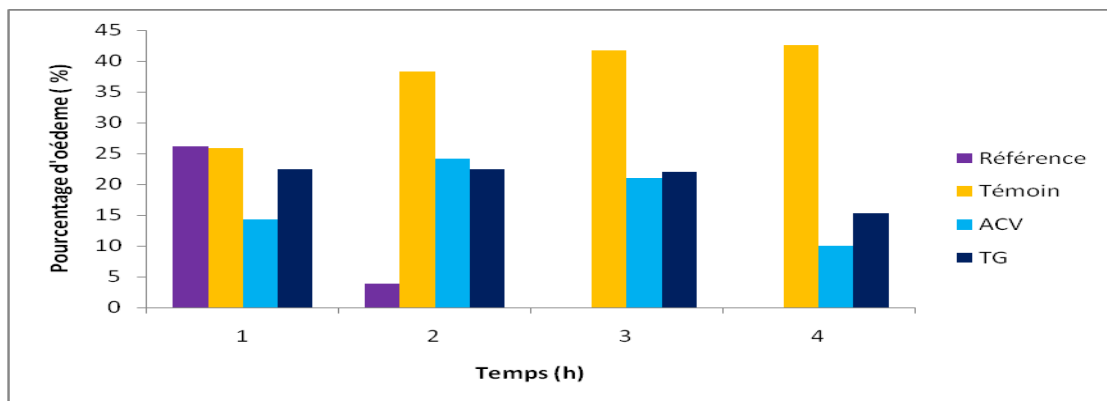


Figure 23 : Cinétique d'augmentation d'œdème.

D'après la **figure 23**, nous observons que chez le témoin, le pourcentage d'œdème augmente de 25,83 % jusqu'au 42,5 % pendant quatre heures tandis que chez la référence, le pourcentage d'œdème commence à diminuer dans la deuxième heure (3,82 %) et il s'annule à partir de la troisième heure.

Par ailleurs, nous constatons une augmentation du pourcentage d'œdème pour l'espèce Adiantum dans la deuxième heure (24,16 %) suivie par une chute du celui-ci durant la troisième et la quatrième heure. En ce qui concerne l'espèce Tamarix, nous notons une stabilisation du pourcentage d'œdème au cours de la première et la deuxième heure (22,7 %) puis ce pourcentage diminue dans la troisième heure (15,27 %).

Le pourcentage d'inhibition d'œdème de référence, témoin, Adiantum et Tamarix est représenté dans la **figure 24**.

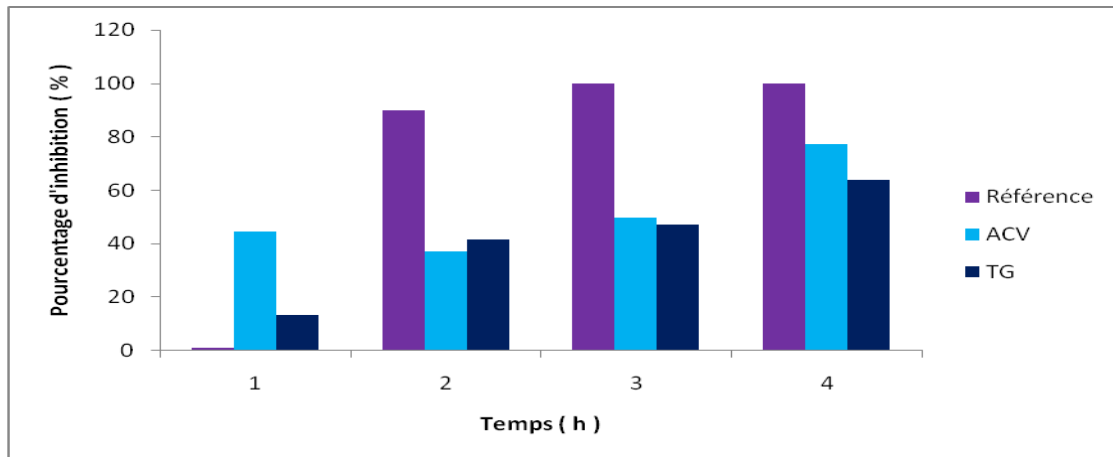


Figure 24: Cinétique d'inhibition d'œdème.

Les lots de référence traités par Ibuprofène 200 mg et les essais traités par l'infusé des deux plantes Adiantum et Tamarix présentent des valeurs maximales du pourcentage d'inhibition de l'œdème de l'ordre de 90,03 %, 77,27% et 64,07 % respectivement.

Durant la première heure, les résultats de pourcentage d'inhibition d'œdème sont significatifs ($p < 0,05$) par contre, ils sont non significatifs durant la dixième, la troisième et la quatrième heure ($p > 0,05$).

Notre résultat est meilleur à celui mentionné par **Al Snafi (2015)** qui a démontré que l'extrait éthanolique d'Adiantum possède une activité anti-inflammatoire avec un pourcentage d'inhibition de 71,15 %. Ce résultat démontre que la plante Adiantum a une capacité d'inhiber presque complètement l'œdème au cours de la deuxième phase (4ème et 5ème heures) indiquant qu'elle contient des composants bioactifs tels que la rutine, la quercétine, les bêtaïnes et la lutéoline contre la libération de prostaglandines et d'autres agents inflammatoires habituellement libérés lors de la deuxième phase de l'œdème induit par la carragénine (**Raziuddin et al., 2019**).

Les saponines, les terpénoïdes, les flavonoïdes, les tanins, les stéroïdes et les alcaloïdes qui sont présents dans Adiantum ont aussi des effets anti inflammatoires (**Rajurkar et Kunda, 2012**).

Pour Tamarix, **Chaturvedi (2012)** a signalé que son extrait méthanolique a un pourcentage d'inhibition de 64,26 % qui est similaire à notre résultat (64,07 %).

Le constituant principal de Tamarix est la tamarexine ainsi que des composés polyphénoliques tels que les flavonoïdes, les acides phénoliques, les tanins et les glycosyliques a montré des effets anti inflammatoires (**Maibouge et al., 2018**).

Conclusion

Conclusion

Notre étude, se focalise d'une part sur le screening phytochimique de deux plantes locales *Adiantum capillus-veneris* L. et *Tamarix gallica* L. et d'autre part à tester les effets antioxydant et anti-inflammatoire de leurs extraits.

Le screening phytochimique a révélé la richesse des deux plantes en divers métabolites secondaires à savoir les flavonoïdes, les tanins, les leuco anthocyanes, les composés réducteurs, les alcaloïdes, les glycosides cardiaques, les saponosides, les stérols, les triterpènes et les hétérosides à l'exception des anthocyanes et des quinones libres. Toutes ces substances confèrent à ces plantes des propriétés biologiques très importantes.

L'extraction de la partie aérienne de la plante *Adiantum capillus-veneris* L. et les feuilles de la plante *Tamarix gallica* L. a permis d'obtenir des rendements en (%) de $13,98 \pm 3,02$ et de $20,61 \pm 1,20$ respectivement par extraction aqueuse et par extraction méthanolique de l'ordre de $9,15 \pm 1,69$ et de $14,81 \pm 6,22$ respectivement.

Par ailleurs, la teneur en polyphénols totaux dans l'extrait méthanolique d'*Adiantum capillus-veneris* L. correspond à une valeur de $8,954 \pm 0,026$ mg d'EAG/ g MS et elle est de l'ordre de $11,115 \pm 0,061$ mg d'EAG/ g MS dans l'extrait aqueux. Tandis que, *Tamarix gallica* L. se caractérise par une valeur de $22,941 \pm 0,138$ mg d'EAG/ g MS pour l'extrait méthanolique et de $6,804 \pm 0,225$ mg d'EAG/ g MS pour l'extrait aqueux.

L'évaluation de l'activité antioxydante par la méthode de DPPH a montré que les extraits méthanoliques et aqueux de la plante *Adiantum capillus-veneris* L. présente des pourcentages d'inhibition de l'ordre de 75,73 % et de 79,53 % respectivement, alors que ceux de la plante *Tamarix gallica* L. se caractérisent par des pourcentages d'inhibition de 78,84 % et de 59,34 % respectivement.

En plus, l'évaluation de l'activité anti-inflammatoire a permis de mettre en évidence que les deux espèces possèdent un pouvoir d'inhibition d'œdème de 77,27 % pour la plante *Adiantum capillus-veneris* L. et de 64,07 % pour la plante *Tamarix gallica* L.

Comme perspectives ; il serait intéressant de faire:

- L'identification des polyphénols par Chromatographie liquide à haute performance (HPLC).
- Tester d'autres molécules telles que les huiles essentielles, les alcaloïdes, les saponines...ect.
- L'évaluation des autres activités biologiques telles que l'activité antidiabétique et l'activité anticancéreuse.

Références bibliographiques

- Ajj A, Nasreen J, Abdul W.H and Syeda H.A ,2012.** Phytochemical and biological properties of *Adiantum capillus-veneris* Linn: An important drug of Unani system of medicine. *International Journal Of Current Research and Review* ,4(21) ; 71-75.
- Akroum S, 2011.** Etude Analytique et Biologique des Flavonoïdes Naturels. Thèse de Doctorat. Université de Constantine ,125p.
- Ansari A and Ekhlesi-Kazaj K , 2012.** *Adiantum capillus-veneris*. L: Phytochemical Constituents, Traditional Uses and Pharmacological. *Journal of Advanced Scientific Research*, 3(4) ; 15-20.
- Antoine G, 2008.** Support de cours sur le métabolisme secondaire Equipe pédagogique Physiologie Végétale, (UMR 118 APBV) Université de Rennes.
- Anzai T , Yashikawa T, Kaneko H, Maekawa Y, Iwanag S, Asakura Y and Ogawa S,2004 .** Association between serum C-reactive protein elevation and left ventricular thrombusformation after anterior myocardial infection. *Chest Journal*, 125; 384-389.
- Al-Snafi A.E , 2018.**Traditional uses of Iraqi medicinal plants.*International organization of scientific research* , 8(8) ; 32-95.
- Al-Snafi A.E, 2015.**The chemical constituents and pharmacological effects of *Adiantum capillus-veneris*. *Asia . Journal of Pharmaceutical Science and Technology* : 5(2) ;106-111.
- Amezouar F , Badri W , Hsaine M, Bourhim N and Fougrach H,2013.** Evaluation des activité´s antioxydante et anti-inflammatoire de *Erica arborea L.* du Maroc,*Pathologie Biologie*,61 ; 254–258.
- Angelopoulou D , Demetzos C, and Perdetzoglou D. 2002.** Diurnal and seasonal nutraceuticals.*Comprehensive reviews in food science and food safety* ,3 (1); 21-33. Organic Center for Education and Promotion, 84p .
- Barnoud D, fontaine E, Schnebel C et Lerverve X, 2002.** Place des antioxydants dans la nutrition du patient septique. *Réanimation*, 11 ; 411-120.
- Bartosz G, 2003 .** Gener ation of reactive oxygen species in biological systems. *Comments on Toxicology*, 9(1) ; 5-21.
- Bellebcir L, 2008.**Etude des composés phénoliques en tant que marqueurs de biodiversité chez les céréales, Mémoire de Magister, 119p.
- Benayache F, 2005.** Recherche et Détermination Structurale des Métabolites Secondaires d’espèces du Genre *Genista* (Fabaceae) : *G. saharae*, *G. ferox*. Thèse de Doctorat..Université de Constantine, Algérie, 199 p.

- Benbrook P.D et Charles M , 2005.** Accroître la teneur en antioxydants des aliments grâce à l'agriculture et à la transformation alimentaire biologique .Rapport sur l'état des connaissances scientifiques .organic center ; 84p .
- Bonnaillie C, Salacs M, Vassiliova E et Saykova I, 2012.** Etude de l'extraction de composés phénoliques à partir de pellicules d'arachide (*Arachis hypogaea L.*). *Revue de génie industriel* ,7; 35-45.
- Boros B , Jakabova S, Dornyei A, Horvath G , Pluhare Z , Kilarf F and Felinger A, 2010.** Determination of polyphenolic compound by liquid chromatography-mass spectroscopy in thymus species.*Journal of chromatography* ,1217 (51);7972-7980.
- Boubekri C,2014 .** Etude de l'activité antioxydante des polyphénols extraits de *Solanum melongena* par des techniques électrochimiques. Thèse de doctorat ,université Mohamed Khider de Biskra,160p.
- Bougandoura N et Bendimourad N, 2012.** Evaluation de l'activité antioxydante des extraits aqueux et méthanolique de *Satureja calamintha ssp.Nepeta (L.)* Briq. *Nature & Technologie. B- Sciences Agronomiques et Biologiques*, 9 :14 -19.
- Boumerfeg S, Baghiani A, Djarmouni M, Ameni D, Adjadj M, Belkhiri F, Charef N , Khennouf S and Arrar L, 2012.** Inhibitory activity on xanthine oxidase and antioxidant properties of *Teucrium polium L.* extracts. *Chinese Medicine*, 3; 30-41.
- Bruneton J, 1999.** Pharmacognosie, Phytochimie, Plantes médicinales. Ed. Technique et Documentation. 3ème Ed, Paris. France, 1120 p.
- Chaturvedi S, Drabu S and Sharma M , 2012.** Antioxidant activity, total phenolic and flavonoid content of aerial parts of *Tamarix gallica* .*International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences* : 4(3) ; 88-91.
- Chowdhury N, 2011.**Evaluation of antibacterial , antioxydant and toxicological activity of crude extracts of *Adiantum capillus-veneris*, *Blumea lacera* , *Cassia alata* and *Cissus quadrangularis* from Faridpur ,Thesis of Master Bengladech, BRAC University ,74.
- Chu W.L ,Lim Y W , Radhakrishnan A.K and Lim P.E, 2010.**Protective effect of aqueous extract from *Spirulina platensis* against cell death induced by free radicals. *BMCComplementar and alternative Medicine*, 10(59) ; 2-8.
- Chung W.J, 2014.** Management of portal hypertensive gastropathy and other bleeding.*Clinical and Molecular Hepatology*, 20; 1-5.
- Corsier A , Clifford M.N et Ashihara H , 2008.**(Eds) plant secondary métabolites :occurrence ,structure and role in the human diet .John wiley and sons.

- Cronquist A,1988.**The Evolution and Classification of Flowering Plants. New York Botanical Garden, Bronx.
- Dacosta E, 2003.**Les phytonutriments bioactifs.Yves Dacosta (Ed). Paris , 317 p.
- Das K , Tiwari R.K.S and Shrivastava D.K,2010.** Techniques for evaluation of medicinal plant products as antimicrobial agent: current methods and future trends. *Journal of Medicinal Plants Research*, 4(2); 104-111.
- Dewick P.M, 1995.** The biosynthesis of shikimate metabolites. *Journal of natural products*, 12 ; 579-607.
- Dorward D.A, Lucas C.D, Rossi A.G, Haslett C and Dhaliwal K,2012.** Imaging inflammation: molecular strategies to visualize key components of the inflammatory cascade, from initiation to resolution. *Pharmacology and Therapeutics*, 135; 182-199.
- Drabu S, Chaturvedi S and Sharma M, 2012.***Tamarix Gallica*-An Overview. *Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research* :5(3) ; 17-19.
- Dutertre J , 2011.**Enquête prospective au sein de la population consultant dans les cabinets de médecine générale sur l'île de la Réunion : à propos des plantes médicinales, utilisation, effets, innocuité et lien avec le médecin généraliste. Thèse doctorat d'état, Université de Bordeaux 2, France, 33 p.
- Ekoumou C ,2003.** Etudes photochimiques et pharmacologiques de 5 recettes traditionnelles utilisées dans le traitement des infections urinaires et de la cystite. Thèse pharmacie, Bamako, 145 p.
- Elamin M , 2017.** Phytochemical and ethnobotanical study about *Tamarisk Gallica* in a North Africa South-West of Algeria. *Global Journal of Medical Research: B Pharma, Drug Discovery, Toxicology & Medicine* , 17(1) ; 2249-4618.
- El oualilalami A, El-akhal F, Ouedrhiri W, Ouazzani Chahdi F , Guemmouh R et Greche H , 2013.**Composition chimique et activité antibactérienne des huiles essentielles de deux plantes aromatiques du centre nord marocain : *Thymus vulgris et Thymus satureioidis* . *Les Technologie de laboratoire*, 8(31) ; 27-33.
- Falleh H, Ksouri R, Chaieb K , Karray-Bouraoui N.Trabelsi , M Boulaaba and C Abdelly,2008.**Phenolic composition of *Cynara cardunculus L.*organs, and their biological activities. *Comptes Rendus Biologies*,331 ; 372-397.
- Favier A, 2003.** Le stress oxydant : Intérêt conceptuel et expérimental dans la compréhension des mécanismes des maladies et potentiel thérapeutique. *L'actualité chimique* ; 108-115.
- Giulia D, Nicola M , Angelo .I and Francesco C,1999,** Flavonoids :old and new aspects of a class of natural therapeutic drugs .*Life science*, 55 ;337-353.

- Gorham J, 1977.** Lunularic acid and related compounds in liverworts, algae and hydrangea. *Phytochemistry*, 16 ; 249-253.
- Guillaume J ,2008.** Etude phytochimique et activités biologiques d'une plante médicinale *Euphorbiacharacias L.* Mémoire de Master , université des Frères Mentouri Constantine,60 p.
- Halliwell B,1996 .**Mechanisms involved in the generation of free radicals. *Pathologie Biologie* , 44 (1);6-13.
- Henzen C, 2003.** Traitement aux glucocorticoides: risques et effets secondaires. *Forum médical Suisse*, 19; 442-446.
- Hartmann T, 2007.** From waste products to ecochemicals: fifty years research of plant secondary metabolism. *Phytochemistry*, 68 ; 2831–2846 .
- Haslam E. 1994.** Natural polyphenols (vegetable tannins): Gallic Acid metabolism.*Journal of natural products*, 11; 41-66.
- Heller W and Forkmann G, 1993.** Biosynthesis of flavonoids. Chapman and Hall, science et thérapeutique. Ed Lavoisier, Paris, 692 p.
- Hopkins W, 2003.** Physiologie végétale. 2ème édition américaine, de Boeck et Lancier S A, Paris , 514 p.
- Hostettmann K, 1992.** Les plantes sources de médicaments phlébotropes, la lettre de la phlébologie. Ed. Zyma SA, Nyon. Switzerland., 25 p.
- Hoult,j, Paya.M , 1996.**Pharmacological and Biochemical actions of simple coumarine: Natural Products with Therapeutic potential. *Gen Pharmacol*, 27 ; 711-722 .
- Iserin P, Masson M, Restellini J. P, Ybert E, De laage de meus A, Moulard F, Zha E., De la roque R , De la roque O , Vican P , Deelesalle -feat T, Biaujeaud M , Ringuet J, Bloth J et Botrel A, 2001.** Larousse des plantes médicinales : identification, préparation, soins. 2ème édition de Vuief, Hong Kong , 335p.
- Jarial R, Singh L, Thakur S, Zularisam A. W , Sakinah M and Kanwar S. S , 2017.** Evaluation of antilipolytic, antioxidant and antibacterial activities of selected ferns. *Journal of Applied Pharmaceutical Science* : 7(6) ; 150-156.
- Jiang D.U, Zhen-Dan H.e and Jiang R , 2003.** Antiviral flavonoids from the root bark of *Morus alba L.* *Phytochemistry* , 62 (8) ;1235-1238.
- Jeau J.M , Annie F et Chisty J.L, 2005.**Les composés phénoliques des végétaux , Ed Presses Polytechniques et Universitaires Romandes (PPUR) Vol 1 ,192p.
- Khan A , Kapour P and Parveen S , 2017.** Parsiyoshan (*A diantuo capillus-veneris*). *International Journal of Institutional Pharmacy And Life Sciences* , 7 (1) ;2249-6807.

Kessel L , Tendal B , Jorgensen K.J , Erngaard D , Flesner P and resen J.L and Hjortdal J, 2014. Post-cataract prevention of inflammation and macular edema by steroid and non steroidal antiinflammatory eye drops. *Ophthalmology*, 121(10); 1915-1924.

Kirtikar K.R and Basu B.D, 2003. Indian medicinal plants with illustration. 2nd Ed. Dehradun, *International Book Distributors*, 11 ; 3747-3749.

Krief S, 2003. Métabolites secondaires des plantes et comportement animal, thèse doctorat, Muséum National d'Histoire Naturelle, France, 32p.

Ksouri R , Falleh H, Megdiche W, Trabelsi N, Mhamdi B, Chaieb k , Bakrouf A, Magné C and Abdelly C,2009. Antioxidant and antimicrobial activities of the edible medicinal halophyte *Tamarix gallica L.* and related polyphenolic constituents. *Food and Chemical Toxicology* : 47 ; 2083–2091.

Kothe H, 2007, 1000 plantes aromatiques et médicinales.Ed Terres ,France, 336p.

Ladoh Yemada C.F, Dibong S.D, Nyegue M.A, Djemmbissi TallaR.P, Lenta Ndjakou B, Mpondo E, Ylnyang J et Wansi J.D,2014. Activité antioxydante des extraits méthanoliques de *Phragmanthera capitata* (Loranthaceae récoltée sur *Citrus sinensis* .*Jourournalof applied biosciences*,84 ; 7636-7643 .

Lee J , Koo N et Min D.B ,2004..Reactive oxygen species, ageing and antioxydative, London: 499-535.

Leong L.P and Shui G,2002.An investigation of antioxidant capacity of fruits in singapore markets. *Food Chemistry* , 76 ; 69-75.

Macheix J, Fleuriet A et Sarni-manchado P , 2006. Les Polyphénols en agroalimentaire. Ed. Technique et Documentation, Paris. France, 398 p.

Maibouge T.M,Yacoubou A , Feiqi Z, Fang H, Yuman W, Zhendong X, Dan K, Qun W, Rong L, Jian-Zhi W, Bin Z and Xiaochuan W,2018. Methanolic extract of *Tamarix Gallica* attenuates hyperhomocysteinemia induced AD-like pathology and cognitive impairments in rats.*AGING* , 10(11) ; 3230-3248.

Manallah.A, 2012 . Activités antioxydante et anticoagulante des polyphénols de la pulpe d'olive *Olea europaea L.* Mémoire de Magister, Université Ferhat Abbas- sétif, 87p.

Mansour S, 2015. Evaluation de l'effet anti inflammatoire de trois plantes médicinales : *Artemisia absinthium L, Artemisia herba alba* Asso et *Hypericum scarboides*- Etude in vivo-. Thèse de doctorat, Université d'Oran, 105p.

Marfak A, 2003.Radiolyse gamma des flavonoides,Etude de leur reactive avec les radicaux issus des alcools :formation de depsides. Thèse de doctorat , université de Limoges, 187p.

Mika A, Minibayeva F, Beckett R and L uthje S, 2004. Possible functions of extracellular peroxidases in stress-induced generation and detoxification of active oxygen species. *Phytochemistry Reviews*, 3(1-2) ; 173-193.

Molyneux.P, 2004. The use of the stable free radical diphenyl picryldrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity Song klanakarın. *Journal of Sciences and Technologies* ,26 (2) ; 211-219.

Muhammad Saqib I, MuhammadMedrar H, Afridi M ,Ghadir A, Mahrukh K, Sohail A, and Shakirullah , 2014. In *Vitro* Phytochemical, Antibacterial, and Antifungal Activities of Leaf, Stem, and Root Extracts of *Adiantum capillus veneris*. *Hindawi Publishing Corporation the Scientific World Journal* ; 7p.

Naveed S, Reddy M, Kumar C,Suhasini B and Dontamalla S, 2015. Anti-Hyperlipidemic activity Of *Tamarix Gallica* Extracts In Triton X-100 Induced Hyperlipidemic Rats.*International Journal of Pharmacy* : 6(4) ; 7880-7895.

Oliveira M. J, Campos I. F, Oliveira C. B, Santos M. R, Souza P. S, Santos S. C, .and Ferri P. H. 2005. Influence of growth phase on the essential oil composition of *Hyptis suaveolens*. *Biochemical systematics and ecology*, 33(3); 275-285.

Ortega N, Do a I, Moreno E, Audicana M.T , Barasona M J, Berges-Gimeno M P , Blanca-Lopez N, Lobera T, Padial A , Rosado A and Torres M.J,2014. Practical Guidelines for Diagnosing Hypersensitivity Reactions to Nonsteroidal Anti-inflammatory Drugs. *Journal of Investigational Allergology and Clinical Immunology*, 24 (5); 308-323.

Osborn.A , Lanzotti.V, 2009. Plant-derived Naturels Products synthesis, function and application. Ed Springer, New York, 597p.

Pal -paul J, Pérez-Alonso M.J,Velasco-Negueruela A, Pal -paul R,Sanz J and Conejero F. 2001. Seasonal variation in chemical constituents of *Santolina rosmarinifolia* L. ssp. *rosmarinifolia*. *Biochemical systematics and ecology*, 29 (7) ; 663-672.

Panwar A and Abro H,2007. Ethnobotanical studies of *Mahal kohistan*. *Pakistan Journal of Botany* , 39(7); 2301-2315.

Parihar A , Parihar M and Milner S, 2008. Bhat S. Oxidative stress and antioxidative mobilization in burn injury. *Burns*, 34 ; 6-17.

Pastre J, 2005. Interet de la suppl mentasson en antioxydants dans l'alimentation des Carnivores domestiques . Thèse de docteur vétérinaire. *Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse* ; 120p.

Pelli k et Lyly M, 2003. Les antioxydants dans l'alimentation. Institut national de la recherche agronomique, 147 ; 5-17.

- Piquet.M et Hébuterne.X, 2007.** Nutrition en pathologie digestive , Ed : Doin ,253p.
- Rankin J.A ,2004.** Biological mediators of acute inflammation. *American association of critical-care Nuress. Clinical* , 15; 3-17.
- Rajurkar N. S and Kunda G,2012.** Evaluation of phytochemicals, antioxidant activity and elemental content of *Adiantum capillus veneris* leaves. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, 4(1) ; 365-374.
- Raziuddin K, Sunil J and Hussain Z,2019.** Antinociceptive activity of *Adiantum capillus* in experimental animals. *International Research Journal of Pharmacy* ,10 (3) ; 115-119.
- Richter G, 1993.**Métabolisme des végétaux.Physiologie et biochimie. Ed.Presses Polytechniques et Universitaire Romandes , France,526p.
- Ruffini.L , Sampaolo G, 1977.** Plants Off. Aromi. Saponi., *Cosmétol. Aerosol*, 59 ; 9-75.
- Sanago R , 2006.**Le rôle des plantes médicinales en médecine traditionnelle. Université Bamako(Mali), 53.
- Santhosh Kumar S, Samydurai P, Ramakrishnan R and Nagarajan N,2013.** Polyphenols, Vitamin-E Estimation and *In Vitro* Antioxidant Activity of *Adiantum Capillus-Veneris*. *International Journal of Innovative Pharmaceutical Research*, 4 (1) ; 258-262.
- Satabdi R, Sukanya P, Asaithambi S and Usha R,2018.** Anti-oxidant and anti-microbial study of *Adiantum capillus veneris* and *Pteris quadriureta L.* *Journal of medicinal plants research* , 12 (23) ; 359-368.
- Serhan C.N., Ward P.A and Gilroy D.W, 2010.** Fundamentals of inflammation. *Yale Journal of Biology and Medicine* , 84(1): 64–65.
- Smarth R.M, Pnawar M,Soni A and Kumar M , 2008.**Evaluation of antioxidant and radical-scavenging activities of certain radioprotective plant extract , *Food Chemistry* , 106 ;868-873.
- Sultanova N, Makhmoor T, Abilov Z , Parween Z , Omurkamzinova.V, Atta-ur R and Iqbal Choudhary M, 2001.**Antioxidant and antimicrobial activities of *Tamarix ramosissima*. *Journal of Ethnopharmacology* , 78 ; 201-205.
- Syed Abdul N, Malladi S, CH. Pradeep Kumar , Suhasini.B and Sudheer kumar D,2015.** Anti-Hyperlipidemicactivity of *Tamarix Gallica* Extracts In Triton x-100 induced hyperlipidemic rats. *International Journal of Pharmacy & Technology* : 6 (4) ; 7880-7895.
- Vadi R and Manisha V, 2016.** Pharmacognostical and physico-chemical standardisation of whole plant of *Adiantum capillus veneris linn.* *international journal pharmaceutical science research* , 7(2) ; 773-782.

Vijayalakshmi. A and Kiran Kumar.Y , 2013.Evaluation of goitrogenic and antithyroidal effect of the fern *Adiantum capillus-veneris* .*Brazilian journal of pharmacognosy* ,23 ;802-810.

Vonkeman H.E, Braakman-Jansen L.M, Klok R M, Postma M.J, Brouwers J.R and Van de Laar M.A, 2008. Incremental cost effectiveness of proton pump inhibitors for the prevention of non-steroidal anti-inflammatory drug ulcers: a pharmacoeconomic analysis linked to a casecontrol study. *Arthritis Research Therapy*, 10 (6); 1-7.

Weill B, Batteux F et Dhainaut J,2003 . Immunopathologie et réactions inflammatoires .Eds, De Beock, 310p.

Wichtl M et Anton R, 2009. Plantes thérapeutiques tradition, pratique officinale,*Systematics and Ecology*, 24 (3); 255-260.

Younous C, Soulimani R, Seddiqui N, Baduri O et Dicko A, 2005.Etude ethnobotanique et historique des *tamaris* (Tamarix sp , tamaricaceae) et leur usages actuels en Afganistan.*Phytothérapie*, 6 : 248-251.

Yam M.F, Ang L.F, Ameer O.Z , Salman M.I , Aziz H.A. and Asmawi M.Z,2009. Anti-inflammatory and Analgesic Effects of *Elephantopus tomentosus* Ethanolic Extract. *Journal of Acupuncture & Meridian Studies*, 2(4) ; 280-287.

Annexes

Annexe 1 : Réactifs, appareillages et verreries

| Réactifs | Verreries | Equipements et appareils |
|-------------------------------|-------------------|---------------------------------|
| Acide chlorhydrique concentré | Eprouvettes | Bain marie |
| Acide sulfurique concentré | Tubes à essai | Plaque chauffante |
| Propanol | Bishers | Balance |
| FeCl ₃ | Entonnoirs | Spectrophotomètre |
| Mg | Spatules | Réfrigérateur |
| NaOH | Pipettes graduées | Chronomètre |
| NaCl | Erlenmeyer | Embouts pour les Micropipettes |
| Ammoniaque concentré | Fiole jaugée | Etuve |
| Acétate d'ammonium | Verre de montre | Agitateur |
| Ethanol | Flacons en verre | Vortex |
| Chloroforme | Pince | Portoir |
| Méthanol | | Epindoffs |
| Acétate de sodium | | Lampe UV |
| Réactifs de Fehling | | PH-mètre |
| Réactifs de Dragendroff | | Papier filtre |
| Anhydride d'acétate | | Micropipettes |
| Acide ascorbique | | |
| DPPH | | |
| Folin-Ciocalteu | | |
| Carbonate de sodium | | |
| Acide gallique | | |

Annexe 2 : Préparation des réactifs

- **Réactif Drangendroff** : Il s'agit d'un mélange (V/V) de deux solutions A et B.

- **Solution A**

| | |
|-------------------------|--------|
| Nitrate de bismuth..... | 0,85 g |
| Eau distillée..... | 40 ml |
| Acide acétique..... | 10 ml |

- **Solution B**

| | |
|-----------------------|------|
| Iode d'potassium..... | 8 g |
| Eau distillée..... | 2 ml |

- ❖ Nous mélangeons les deux solutions, ensuite nous ajoutons 20ml de l'acide acétique et nous complétons à 100 ml avec de l'eau distillée.

- **Préparation de réactif Fehling** : Il s'agit d'un mélange (V/V) de deux solutions A et B.

- **Solution A**

- CuSO₄.....35 g
- Eau distillée.....500 ml
- H₂SO₄.....5 ml

- ❖ Laisser refroidir et compléter à 1L avec de l'eau distillée

- **Solution B**

| | |
|------------------------|--------|
| Sel de Seignette | 150 g |
| Eau distillée..... | 500 ml |

- ❖ Refroidir et ajouter 300 ml de lessive non carbonatée puis ajuster jusqu'au 1L avec de l'eau distillée

NB : Mélanger les deux solutions à volume égale au moment de l'emploi.

- **Carragénine**

Nous avons mélangé 0,5 g de la carragénine avec 25 ml d'eau distillé puis on complète le volume jusqu'à 50 ml.

Annexe 3 : Rendement d'extraction de composés phénoliques

➤ Rendement d'extraction aqueux (*ACV* et *TG*)

| Echantillon | Masse de la matière sèche (en g) | | | Masse de l'extrait sec (en g) | | | Rendement (en %) | | | Moyenne |
|-------------------------------------|----------------------------------|-----|-----|-------------------------------|-------|-------|------------------|------|-------|---------|
| | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | |
| <i>Adiantum capillus-venerise.L</i> | 100 | 100 | 100 | 0,17 | 0,151 | 0,197 | 17 | 15,1 | 9,85 | 13,983 |
| <i>Tamarix gallica.L</i> | 100 | 100 | 100 | 0,223 | 0,2 | 0,391 | 22,3 | 20 | 19,55 | 20,616 |

➤ Rendement d'extraction méthanolique (*ACV* et *TG*)

| Echantillon | Masse de la matière sèche (en g) | | | Masse de l'extrait sec (en g) | | | Rendement (en %) | | | Moyenne |
|-------------------------------------|----------------------------------|-----|-----|-------------------------------|-------|-------|------------------|------|------|---------|
| | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | |
| <i>Adiantum capillus venerise.L</i> | 100 | 100 | 100 | 0,073 | 0,114 | 0,175 | 7,3 | 11,4 | 8,75 | 9,15 |
| <i>Tamarix gallica.L</i> | 100 | 100 | 100 | 0,109 | 0,236 | 0,2 | 10,9 | 23,6 | 10 | 14,833 |

Annexe 4 : Résultats de l'activité anti-inflammatoire

| Lots | Référence | | | | Témoin | | | | Essai (ACV) | | | | Essai (TG) | | | |
|----------------|-----------|-------|-----|-----|--------|-------|-------|------|-------------|-------|-------|-------|------------|-------|-------|-------|
| Temps (h) | T1 | T2 | T3 | T4 | T1 | T2 | T3 | T4 | T1 | T2 | T3 | T4 | T1 | T2 | T3 | T4 |
| Pour-Centage | | | | | | | | | | | | | | | | |
| % d'œdème | 26,11 | 3,82 | 0 | 0 | 25,83 | 38,33 | 41,66 | 42,5 | 14,35 | 24,15 | 20,94 | 9,96 | 22,39 | 22,39 | 22,04 | 15,27 |
| % d'inhibition | 1,08 | 90,03 | 100 | 100 | | | | | 13,31 | 41,58 | 47,09 | 64,07 | 44,44 | 36,99 | 49,73 | 77,27 |

الملخص

Tamarix gallica L. و *Adiantum Capillus-veneris* L. هما نباتان ينتميان إلى عائلة Adiantaceae وعائلة Tamaricaceae على التوالي. يتأتون من منطقتين مختلفتين (بومرداس وبرج بوعريرج).

يتكون عملنا من التوصيف الكيميائي النباتي ، واستخراج المركبات الفينولية بواسطة مذبذب (الماء والميثانول) وتقييم نشاطين بيولوجيين (مضادات الأكسدة والمضادة للالتهابات). كشفت الدراسة الكيميائية النباتية للجزء الجوي من *Adiantum capillus veneris* L. وأوراق *Tamarix gallica* L. عن وجود العديد من المستقبلات الثانوية مثل الفلافونويدات والعفص والليوكانتوسيانين والليكلوزيدات والجليكوسيدات القلبية وتقليل المركبات.

إن استخراج البوليفينول ينتج عن الماء في نبات *Adiantum capillus veneris* L. وتلك الموجودة في *Tamarix gallica* L. بنسبة 13,98% و 20,61% على التوالي ، في حين أن هذه النسبة تصل إلى 9,15% و 14,81% على التوالي بالنسبة لمستخلص الميثانول. بالإضافة إلى ذلك ، أعطى تقييم نشاط مضادات الأكسدة في مستخلص الميثانول باستخدام طريقة DPPH قوة مضادة للأكسدة مهمة لنبتتين ACV و TG مع IC 50 من 0,280 ملغ / مل و 0,315 ملغ / مل على التوالي. بالإضافة إلى ذلك ، أظهر ضخ كل من النباتات ACV و TG نشاط جيد مضاد للالتهابات يتوافق مع نسبة تثبيط الوذمة بنسبة 77,27% و 64,07% على التوالي. كلا النباتين له آثار بيولوجية مثيرة للاهتمام ويمكن استخدامها في الصناعات الدوائية.

الكلمات المفتاحية: *Adiantum capillus veneris* L. ، *Tamarix gallica* L. ، DPPH ، المركبات الفينولية ، نشاط مضادات الأكسدة ، نشاط مضاد للالتهابات.

Résumé

Adiantum Capillus-veneris L. et *Tamarix gallica* L. sont des plantes appartiennent à la famille d'Adiantaceae et celle de Tamaricaceae respectivement. Elles proviennent de deux régions différentes (Boumerdès et de Bordj Bou Arrirdj).

Notre travail consiste en caractérisation phytochimique, extraction des composés phénoliques par deux solvants (eau et méthanol) et évaluation de deux activités biologiques (antioxydante et anti-inflammatoire).

L'étude phytochimique de la partie aérienne d'*Adiantum capillus veneris* L. et les feuilles de *Tamarix gallica* L. a révélé la présence de divers métabolites secondaires tels que les flavonoïdes, les tanins, les leucoanthocyanes, les hétérosides, les glycosides cardiaques et les composés réducteurs.

Les rendements d'extraction de polyphénols par l'eau de la plante *Adiantum capillus veneris* L. et celle de *Tamarix gallica* L. correspondent à 13,98% et à 20,61% respectivement alors que ils sont de l'ordre de 9,15% et de 14,81% respectivement pour l'extrait méthanolique.

En outre, l'évaluation de l'activité antioxydante de l'extrait méthanolique en utilisant la méthode de DPPH à donné un pouvoir antioxydant important pour les deux plantes ACV et TG avec des IC50 de l'ordre de 0,280 mg /ml et de 0,315 mg/ml respectivement. En plus, l'infusé des deux plante ACV et TG a mis en évidence une bonne activité anti-inflammatoire correspondant aux pourcentages d'inhibition d'œdème de 77,27% et de 64,07% respectivement.

Les deux plantes possèdent des effets biologiques intéressants, on peut les utiliser en industries pharmaceutiques.

Mots clés : *Adiantum capillus veneris* L. , *Tamarix gallica* L. ,DPPH, composés phénoliques , activité antioxydante , activité anti-inflammatoire .

Abstract

Adiantum Capillus-veneris L. and *Tamarix gallica* L. are plants belonging to the family of Adiantaceae and that of Tamaricaceae respectively. They are coming from two different regions such as Boumerdès and Bordj Bou Arrirdj. Our work consists on phytochemical characterization, extraction of phenolic compounds using two solvents (water and methanol) and evaluation of two biological activities (antioxidant and anti-inflammatory).

The phytochemical study of the aerial part of *Adiantum capillus-veneris* L. and the leaves of *Tamarix gallica* L. revealed the presence of various secondary metabolites such as flavonoids, tannins, leucoanthocyanins, glycosides, cardiac glycosides and reducing compounds. The aqueous extraction yields of polyphenols from *Adiantum capillus-veneris* L. and *Tamarix gallica* L. is corresponded to 13,98% and 20,61% respectively, whereas the methanolic extractions yields are in order of 9,15% and 14,81% respectively. In addition, the evaluation of the antioxidant activity of the methanolic extract using the DPPH method gave an important antioxidant power for the two studied plants ACV and TG with ICs50 of 0,280 mg / ml and 0,315 mg / ml respectively. Moreover, the infusion of both ACV and TG plants showed a good anti-inflammatory activity corresponding to percentages inhibition of edema of 77, 27% and 64, 07% respectively.

Both plants have interesting biological effects, they can be used in pharmaceutical industries.

Key words: *Adiantum capillus veneris* L., *Tamarix gallica* L., DPPH, phenolic compounds, antioxidant activity, anti-inflammatory activity.