



République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة محمد البشير الإبراهيمي برج بوعريش

Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi - B.B.A -

كلية علوم الطبيعة والحياة وعلوم الأرض والكون

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre et de l'Univers

قسم العلوم البيولوجية

Départements des Sciences Biologiques



Mémoire

En vue de l'obtention du Diplôme de Master

Domaine: Sciences de la Nature et de la Vie

Filière: Sciences Biologiques

Spécialité: Microbiologie Appliquée

Intitulé

**Contribution à l'étude de l'activité
antioxydante et antibactérienne du *Pistacia
lentiscus* L.**

Présenté par:

Le: 30/09/2020

M CHENITI Toufik

M BENNACEF Farouk

Devant le jury :

Président: M^{me} IRATNI Nadjat

MAA(Univ Mohamed El Bachir El Ibrahimi B.B.A)

Encadrant: M BENSOUILAH N Taqiyeddine

MCB (Univ Mohamed El Bachir El Ibrahimi B.B.A)

Examineur: M^{me} SOUAGUI Yasmina

MCB (Univ Mohamed El Bachir El Ibrahimi B.B.A)

Année universitaire : 2019/2020

Remerciements

Après avoir rendu grâce à Allah le Tout puissant et le miséricordieux, nous tenons à remercier :

Dr BENSOUILAH Taqiyeddine, notre directeur de recherche, pour sa présence, son soutien, ses conseils et toute l'aide qu'il nous a apporté tout au long de la recherche,

Nos familles qui nous ont été d'un énorme soutien durant toute la période de la recherche

Linda pour tous les bons moments que j'ai passés avec elle et pour son encouragement surtout dans les moments difficiles et son aide

Membres du jury, Mme N. IRATNI et Mme Y. SOUAGUI d'avoir accepté de juger ce travail.

Et enfin, toute personne ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à :

- Mes très chers parents,
- Mes frères et Mes sœurs,
- Tous les étudiants de ma promotion et à tous mes amis(es) et spécialement

Haithem, Walid, Ziad, Mohammed.

Farouk

Je dédie ce modeste travail

A Ma très chère Mère et mon très cher Père qui m'ont toujours encouragé pour que je réussisse dans mes études

A ceux qui ont veillé pour mon bien être

A Mon frère « Haithem » et « Mohammed » pour leurs patiences et leurs confiances.

A mes amies Walid et Ziad qui m'ont aidé dans ce travail.

Toufik

RÉSUMÉ

Pistacia lentiscus est une plante médicinale appartenant à la famille des Anacardiaceae, cette espèce connue sous le nom de « Darw », est très répandue dans les pays méditerranéens. Le but de cette étude est d'évaluer les activités antioxydante et antibactérienne des extraits des parties aériennes de cette plante utilisées souvent en médecine traditionnelle.

Le pouvoir antibactérien de l'huile essentielle et des extraits de la plante est évaluée par la méthode de diffusion en milieu solide puis par la détermination des (CMI et CMB). L'activité antioxydant est déterminé par le piégeage du radical libre par différentes mécanisme DPPH', ABTS, FRAP.

L'huile essentielle et les extraits de la plante ont un effet inhibiteur sur la croissance de quelques bactéries à Gram positif et d'autres à Gram négatif. L'étude de l'activité antioxydante de *P. lentiscus*, a montré que l'huile essentielle a un pouvoir antioxydant exprimé par le piégeage du radical DPPH', ABTS, FRAP. Cette activité est puissante dans l'extrait aqueux et l'extrait du méthanol. Les feuilles sont les sources le plus riche d'antioxydants.

Mot clés : *Pistacia lentiscus*, huile essentielle, extraits végétaux, activité antibactérienne, Activité antioxydant .

Abstract:

Pistacia lentiscus is a medicinal plant belonging to the Anacardiaceae family, this species known as "Darw" is widespread in Mediterranean countries. The aim of this study is to evaluate the antioxidant and antibacterial activities of extracts of the aerial parts of this plant often used in traditional medicine.

The antibacterial power of the essential oil and the plant extracts is evaluated by the method of diffusion in a solid medium and then by the determination of (CMI and CMB). Antioxidant activity is determined by free radical scavenging by different mechanisms DPPH', ABTS, FRAP.

The essential oil and extracts of the plant have an inhibitory effect on the growth of some gram-positive and gram-negative bacteria. The study of the antioxidant activity of *P. lentiscus*, has shown that the essential oil has an antioxidant power expressed by the trapping of the radical DPPH', ABTS, FRAP. This activity is powerful in the aqueous extract and the methanol extract. The leaves are the richest sources of antioxidants.

Keywords: *Pistacia lentiscus*, essential oil, plant extracts, antibacterial activity, Antioxidant activity

خلاصة:

Pistacia lentiscus هو نبات طبي ينتمي إلى عائلة Anacardiaceae ، وهذا النوع المعروف باسم "الضرو" منتشر بشكل كبير في دول البحر الأبيض المتوسط. الهدف من هذه الدراسة هو تقييم الأنشطة المضادة للأكسدة والمضادة للبكتيريا لمستخلصات الأجزاء الهوائية من هذا النبات ، وغالبًا ما تستخدم في الطب التقليدي. يتم تقييم القوة المضادة للبكتيريا للمستخلص العطري والمستخلصات النباتية من خلال طريقة الانتشار في الوسط الصلب ثم تحديد CMI و CMB يتم تحديد نشاط مضادات الأكسدة عن طريق آليات مختلفة DPPH ، FRAP ، ABTS

تمنع الزيوت العطرية والمستخلصات النباتية نمو بعض البكتيريا موجبة الجرام وبعض البكتيريا سالبة الجرام. أظهرت دراسة النشاط المضاد للأكسدة لـ *P. lentiscus* أن الزيت العطري له قوة مضادة للأكسدة يتم التعبير عنها من خلال ' DPPH و ABTS و FRAP. هذا النشاط فعال في المستخلص المائي وخلاصة الميثانول. الأوراق هي أغنى مصادر مضادات الأكسدة .

الكلمات المفتاحية :

Pistacia lentiscus, huile essentielle, extraits végétaux, activité antibactérienne, Activité antioxydant

Liste des tableaux

| Tableau | Titre | Page |
|---------|-----------------------------------------------------------------------------|-------|
| 1 | Place du taxon dans la classification | 9 |
| 2 | Les différentes classes des composés phénoliques | 13 |
| 3 | Principales classes des Flavoides | 15-16 |
| 4 | Le screening phytochimique. | 28 |
| 5 | Rendements des extraits de diverses parties de <i>Pistacia lentiscus</i> L. | 28 |

Liste des figures

| Figure | Titre | Page |
|--------|------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 1 | <i>Pistachier lentisque</i> GUELMA- Boudroua. (Photo prise par Ghada Bensalem, Mai 2012) | 9 |
| 2 | Arbusto de <i>Pistacia lentiscus</i> | 9 |
| 3 | Carte de distribution de lentisque (<i>Pistacia lentiscus</i>) dans le monde | 10 |
| 4 | Structure du noyau phénol | 12 |
| 5 | Structures chimiques des acides hydroxybenzoïques | 14 |
| 6 | Structures chimiques des acides hydroxycinnamiques | 14 |
| 7 | Squelette de base des flavonoïdes | 15 |
| 8 | Structure chimique des flavanones | 16 |
| 9 | Structures chimiques de flavonols | 17 |
| 10 | Structures chimiques de certains flavan-3-ols | 17 |
| 11 | Structures chimiques de quelques anthocyanidines | 18 |
| 12 | Structure d'un tannin hydrolysable | 18 |
| 13 | Structure d'un tannin condensé: polymère de proanthocyanidine | 19 |
| 14 | Quelques motifs quinoniques | 19 |
| 15 | Structure de quelques alcaloïdes | 22 |

Liste des abréviations :

CMI : Concentration minimale inhibitrice.

CMB: Concentration minimale bactéricide

DMSO: Diméthylsulfoxyde.

FRAP: *Ferric reducing antioxidant power*.

ABTS•+ : Acide 2, 2'-azino-bis-(3-éthylbenzothiazoline-6-sulfonique).

DPPH• : 1,1-diphényl-2-picrylhydrazyle.

TE : *Trolox equivalent*.

Trolox: Acide 6-hydroxy-2, 5, 7, 8-tetraméthylchromane-2-carboxylique

TPTZ :tripyridyl-s-triazine.

% : Pourcentage.

Sommaire

| | |
|------------------------------------------------------------------------|----|
| RÉSUMÉ..... | 4 |
| Liste des tableaux | 7 |
| Liste des figures | 8 |
| Liste des abréviations :..... | 9 |
| Introduction générale..... | 12 |
| | |
| Chapitre 01: GENERALITES SUR LA PLANTE <i>PISTACIA LENTISCUS</i> | 13 |
| 1. Généralités :..... | 13 |
| 2. Phytothérapie :..... | 13 |
| 3. Classification systématique et description botanique..... | 13 |
| 3.1. Classification taxonomique | 13 |
| 3.2. Classification botanique | 13 |
| Chapitre 02 : Les métabolites secondaires | 17 |
| 1. Les polyphénols : | 17 |
| 1.1. Classification des polyphénols | 18 |
| A. Polyphénols simples | 18 |
| A. 1. Acides phénoliques..... | 18 |
| A. 2. Dérivés de l'acide hydroxybenzoïque (C6-C1)..... | 19 |
| A. 3. Dérivés de l'acide hydroxycinnamique (C6-C3)..... | 19 |
| A. 4. Flavonoïdes..... | 20 |
| A. 4.1. Flavanones | 21 |
| A. 4.2. Flavonols | 22 |
| A. 4.3. Flavan-3 ols | 22 |
| A. 5. Anthocyanosides..... | 23 |
| B. Polyphénols complexes (tanins) | 24 |
| B. 1. Les tannins | 24 |
| B. 1.1. Tanins hydrolysables | 24 |
| B. 1.2. Tannins condensés | 24 |
| B. 2. Quinones | 25 |
| B. 3. Les coumarines | 25 |
| 2. Les composés azotés (dérivés des acides aminés) : Alcaloïdes..... | 25 |
| 2.1. Définition..... | 25 |
| 2.2. Propriétés des alcaloïdes..... | 26 |

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.3. Structure des alcaloïdes | 26 |
| 2.4. Classification des alcaloïdes..... | 26 |
| 3. Les saponines | 27 |
| | |
| Chapitre 3: Matériel et méthodes | 28 |
| 1. Extraction de l'huile essentielle par hydro distillation | 28 |
| 1.2. Rendement en huile | 28 |
| 2. Extraction d'extraits bruts | 28 |
| 2.1. Extraction par Soxhlet | 28 |
| 2.2. Détermination du rendement d'extraction..... | 28 |
| 3. Screening phytochimique | 29 |
| 3.1. La recherche des alcaloïdes | 29 |
| 3.2. La recherche des flavonoïdes | 29 |
| 3.3. La recherche des tanins | 29 |
| 3.4. Détection des phénols..... | 29 |
| 3.5. La recherche des saponines | 29 |
| 4. Activité antioxydant | 30 |
| 4.1. Test de DPPH | 30 |
| 4.2. Test de la réduction du fer FRAP (Ferric reducing-antioxidant power)..... | 30 |
| 4.3. Test de la capacité antioxydant en équivalent trolox(ABTS)..... | 30 |
| 5. Activité antibactérienne..... | 30 |
| 5.1. Les souches utilisées | 30 |
| 5.2. Méthode de diffusion en milieu gélosé | 31 |
| 5.3. Détermination de la concentration minimale inhibitrice | 31 |
| 5.4. Détermination de la concentration minimale bactéricide (CMB) : | 32 |
| Chapitre 4 : Résultats et discussion..... | 33 |
| 1. Screening phyto chimique | 33 |
| 2. Rendement..... | 34 |
| 3. Activité antioxydant | 34 |
| 4. Activité antibactérienne..... | 35 |
| Conclusion..... | 38 |
| REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES | 39 |

Introduction générale

Depuis des siècles, les plantes médicinales sont considérées comme une source majeure des produits utilisés en médecine alternative. Le traitement par les plantes est reconnu pour sa facilité d'utilisation, son efficacité ainsi que ses bienfaits incontestables. Ainsi on peut se soigner par les plantes, et mettre au service ces propriétés préventives et curatives (chabrier, 2010).

De nos jours, nous comprenons de plus en plus, que les principes actifs sont souvent liés aux métabolites secondaires des plantes médicinales, qui sont largement utilisés en thérapeutique, comme des agents préventifs, anti-inflammatoires, antimicrobiens, antiseptiques, diurétiques, mais essentiellement comme des antioxydants pour la lutte contre le stress oxydatif. (Bourgaud et al., 2001 ; Kar, 2007).

Pistacia lentiscus est un arbrisseau appartenant à la famille des Anacardiaceae, cette plante est largement utilisée par la population locale dans la médecine traditionnelle. L'huile de lentisque, est une huile végétative extraite à partir de l'espèce *Pistacia lentiscus*. Cette huile est utilisée dans la médecine traditionnelle pour le traitement des petites blessures, brûlures légères et érythèmes. Elle est employée par voie orale contre les problèmes respiratoires d'origine allergique et les ulcères de l'estomac. (Hamlat et Hassani, 2008). C'est dans le cadre de la valorisation du patrimoine naturel que s'inscrit cette étude dont le but principal est d'étudier les activités antioxydantes et antimicrobiennes des différents extraits de la plante.

Ce manuscrit comporte quatre chapitres. Le premier chapitre présente des généralités sur la plante. Le deuxième chapitre décrit les métabolites secondaires. Le troisième chapitre couvre les principales méthodes utilisées par les chercheurs pour la détermination qualitative des molécules bioactives des extraits et leurs activités anti radicalaire et anti microbienne. Le dernier chapitre s'agit d'une discussion qui synthétise les principaux résultats obtenus par les chercheurs. Enfin, nous achevons notre travail par une conclusion générale.

Chapitre 01: GENERALITES SUR LA PLANTE *PISTACIA LENTISCUS*

1. Généralités :

Les plantes médicinales ont été utilisées par l'homme dans la médecine traditionnelle en raison de leur potentiel thérapeutique. Les recherches sur les plantes médicinales ont conduit à la découverte de nouveaux médicaments utilisés contre diverses maladies. L'organisation mondiale de la santé (OMS) estime qu'environ 80% de la population mondiale dépend encore sur les médicaments à base de plantes pour leurs soins de santé primaires (Derwich *et al.*, 2010).

Les plantes médicinales sont des drogues végétales qui possèdent des propriétés médicamenteuses. Ces plantes peuvent également avoir des usages alimentaires, condimentaires ou hygiéniques (Mansour, 2014), ainsi que ces plantes ont une grande valeur thérapeutique depuis longtemps et beaucoup de recherches sont en cours pour explorer davantage l'utilisation de ces dernières pour améliorer la valeur de la santé humaine (Ansari *et al.*, 2012).

2. Phytothérapie :

La Phytothérapie est une discipline destinée à traiter et à prévenir certains troubles fonctionnels et/ou certains états pathologiques au moyen des plantes, parties des plantes ou des préparations à base des plantes (Wichtl, 2003).

3. Classification systématique et description botanique

3.1. Classification taxonomique

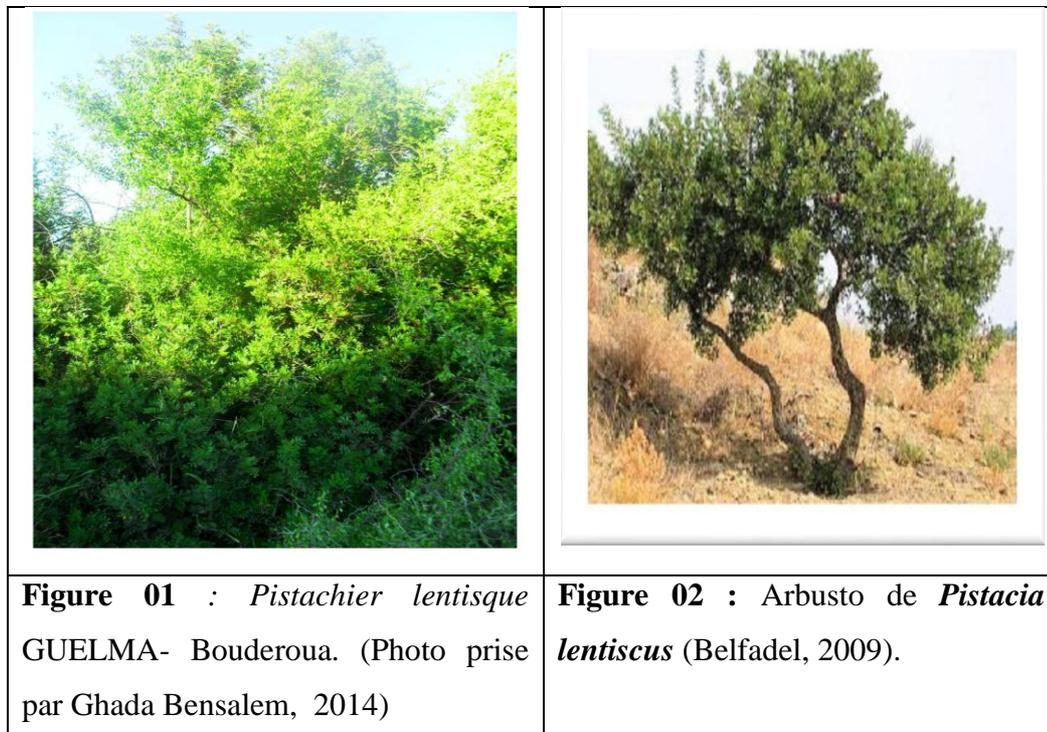
Le *Pistacia lentiscus* est une espèce appartenant à la famille des Anacardiaceae (syn. Pistaciaceae). En Algérie, le genre *Pistacia* est représenté par quatre espèces, en l'occurrence *Pistacia lentiscus*, *Pistacia terebinthus*, *Pistacia vera* et *Pistacia atlantica* (Quezel et Santa, 1962). Le *Pistacia lentiscus* L. est un arbrisseau très commun dans notre pays (Mitcheh, 1986 ; Baudière *et al.*, 2002).

3.2. Classification botanique

La classification botanique de la plante est donnée dans le tableau 1.

Tableau 01: Place du taxon dans la classification (Guignard et Dupont, 2004)

| Rang | Nom Scientifique |
|---------------------------|-----------------------------------------|
| Embranchement | <i>Spermatophytes</i> |
| Sous-embranchement | <i>Angiospermes</i> |
| Classe | <i>Dicotylédones Vraies Supérieures</i> |
| Sous-classe | <i>Rosidees</i> |
| Ordre | <i>Sapindales</i> |
| Famille | <i>Anacardiaceae</i> |
| Genre | <i>Pistacia</i> |
| Espèce | <i>Pistacia lentiscus</i> |



▪ **Noms vernaculaires**

(Anglais) /.....Chios mastic tree

(Allemand) /.....Mastixbaum

(Français) /.....Arbre au mastic, Lentisque

(Espagnol) /.....Lentisco

(Afrique du nord) /.... Derw, darw (arabe) Tidekt, Tidekst,(Berb.).

4. Habitat et répartition de l'espèce *Pistacia Lentiscus* :

Pistacia lentiscus est une espèce commune caractérisant la région méditerranéenne, où il contribue à constituer les forêts, les broussailles, et les maquis, on le trouve à l'état naturel dans toute l'Algérie (le nord algérien) (Figure.3) (Quézel et Santa, 1993 ; Quézel, 2000 ; Rameau *et al.* , 2008).

Le pistachier lentisque, est une espèce qui croît de préférence dans des sites chauds et ensoleillés, une plante qui ne peut se développer complètement qu'en pleine lumière, son humus présente une grande variabilité du taux de saturation en cations et en pH, elle croît sur des altérites issues de roches calcaires ou marneuses (argiles de décarbonatation avec plus ou moins cailloux) ou de diverses roches siliceuses, dont les réserves en eau sont plus ou moins faibles (Rameau *et al.*, 2008).

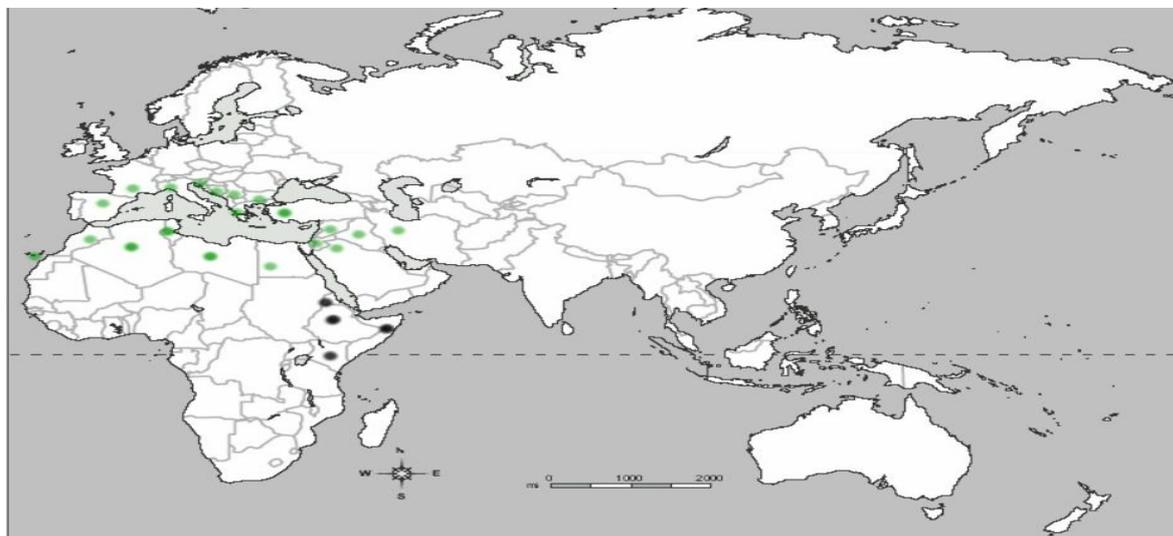


Figure 03: Carte de distribution de lentisque (*Pistacia lentiscus*) dans le monde. (Al-Saghir, 2006)

5. Usage thérapeutique de l'espèce *Pistacia lentiscus* :

Dans le groupe des espèces à huile alimentaire exploitées par les sociétés paysannes méditerranéennes, figure le lentisque (*Pistacia lentiscus L.*), un arbuste largement répandu bien qu'il soit abondant dans son biotope. Cet arbuste est rarement indiqué dans les listes des plantes à huile alimentaire et l'on peut penser que cette négligence est, en fait, directement liée à la quasi-disparition de son exploitation (Lanfranchi *et al.*, 1999).

L'huile essentielle est l'un des principaux composants signalés pour différentes parties de l'espèce *Pistacia* (Bozorgi *et al.*, 2013). L'huile de lentisque est préconisée pour deux indications thérapeutiques majeures : le traitement des affections cutanées (brûlures, plaies, eczémas) et celles de la sphère respiratoire (Bronchites, Allergies, Asthme) (Abdeldjelil *et al.*, 2011).

La Résine de l'espèce *Pistacia lentiscus*, favorise les fonctions de l'estomac et la coagulation du sang, il stimule la transpiration et l'expectoration (Rameau *et al.*, 2008).

Chapitre 02 : Les métabolites secondaires

Les métabolites secondaires sont un groupe de molécules qui interviennent dans l'adaptation de la plante à son environnement ainsi que la régulation des symbioses et d'autres interactions plantes-animaux, la défense contre les prédateurs et les pathogènes, comme agents allélopathiques ou pour attirer les agents chargés de la pollinisation ou de la dissémination des fruits (Judd *et al.*, 2002).

En général, les termes, métabolites secondaires, xénobiotiques, facteurs antinutritionnels, sont utilisés pour déterminer ce groupe, il existe plus de 200 000 composés connus qui ont des effets antinutritionnels et toxiques chez les mammifères. Comme ces composés ont des effets toxiques, leur incorporation dans l'alimentation humaine peut être utile pour la prévention contre plusieurs maladies (cancer, maladies circulatoires, les infections viral...), car la différence entre toxicité et effet bénéfique est généralement soit dose ou structure- dépendant (Makkar *et al.*, 2007).

1. Les polyphénols :

Les polyphénols, dénommés aussi composés phénoliques, sont des molécules spécifiques du règne végétal et qui appartiennent à leur métabolisme secondaire (Mompon *et al.*, 1996). On les trouve dans les plantes, depuis les racines jusqu'aux fruits. Leurs fonctions ne sont pas strictement indispensables à la vie du végétal, cependant ces substances jouent un rôle majeur dans les interactions de la plante avec son environnement (Richter, 1993), contribuant ainsi à la survie de l'organisme dans son écosystème. Le terme « phénol » englobe approximativement 10000 composés naturels identifiés (Martin et Andriantsitohaina, 2002) ; Druzyńska *et al.*, 2007). L'élément structural fondamental qui les caractérise est la présence d'au moins un noyau phénolique à 6 carbones (**Figure. 4**), auquel est directement lié au moins un groupe hydroxyle (OH) libre ou engagé dans une autre fonction : éther, ester ou hétéroside (Bruneton, 1999 ; Balasundram *et al.*, 2006).

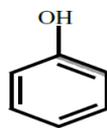


Figure 4: Structure du noyau phénol (Sarni-Manchado et Cheynier, 2006).

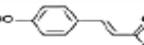
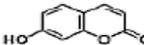
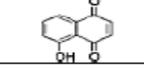
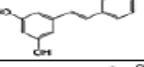
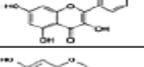
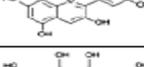
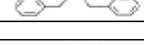
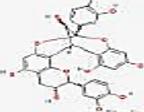
Les composés phénoliques des végétaux sont issus de deux grandes voies d'élaboration de cycles aromatiques, la voie shikimate (également responsable de la synthèse des acides aminés phénylalanines « Phe » et Tyrosine « Tyr ») et la voie polyacétate, qui consiste en la condensation de molécules d'acétylcoenzyme A. Cette biosynthèse a permis la formation d'une grande diversité

de molécules qui sont spécifiques d'une espèce de plante, d'un organe, d'un tissu particulière (Bruneton, 2008).

1.1. Classification des polyphénols :

La classification des polyphénols est basée essentiellement sur la structure, le nombre de noyaux aromatiques et les éléments structuraux qui lient ces noyaux (Tableau 2). On peut distinguer deux catégories : les composés phénoliques simples et les composés phénoliques complexes (D'Archivio *et al.*, 2007).

Tableau 2 : Les différentes classes des composés phénoliques (Daayf et Lattanzio , 2008).

| COMPOSES PHENOLIQUES | | | | |
|-------------------------|----------------------------------|--------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|
| Squelette carboné | Classe | Exemple | Formule | Origine |
| C6 | <u>Phénols simples</u> | Hydroquinone |  | <u>Busserole</u> |
| C6-C1 | <u>Acides hydroxybenzoïques</u> | Acide p-hydroxybenzoïque |  | Epices, fraises |
| C6-C3 | <u>Acides hydroxycinnamiques</u> | Acide p-coumarique |  | Tomates, ail |
| | <u>Coumarines</u> | Ombelliférone |  | Carottes, coriandre |
| C6-C4 | <u>Naphtoquinones</u> | Juglone |  | Noix |
| C6-C2-C6 | <u>Stilbénoides</u> | Trans-resvératrol |  | Raisin |
| C6-C3-C6 | <u>Flavonoïdes</u> | Kaempférol |  | Fraises |
| | <u>Isoflavonoïdes</u> | Daidzéine |  | Graines de soja |
| | <u>Anthocyanes</u> | Delphinidol |  | Raisin Cabernet-Sauvignon |
| (C6-C3) ₂ | <u>Lignanes</u> | Entérodiol |  | Bactéries intestinales |
| (C6-C3-C6) _n | <u>Tanins condensés</u> | Procyanidol |  | Raisins, kaki |

A. Polyphénols simples

A. 1. Acides phénoliques

Ce sont des composés organiques possédant au moins une fonction carboxylique et un hydroxyle phénolique. Ils sont représentés par deux sous-classes μ les dérivés de l'acide hydroxybenzoïque et de l'acide hydroxycinnamique (Bruneton, 2008).

A. 2. Dérivés de l'acide hydroxybenzoïque (C6-C1)

Ces acides sont très communs aussi bien sous forme libre que sous forme combinée à l'état d'esters ou hétérosides (Bruneton, 2008, Skerget *et al.*, 2005). Cette catégorie est abondante dans les végétaux et les aliments, notamment les épices, les fraises, certains fruits rouges et l'oignon dans lesquels les concentrations peuvent atteindre plusieurs dizaines de milligrammes par kilogramme de fruits frais (Manach *et al.*, 2004). Les dérivés de l'acide hydroxybenzoïque les plus répandus sont illustrés dans la figure suivante:

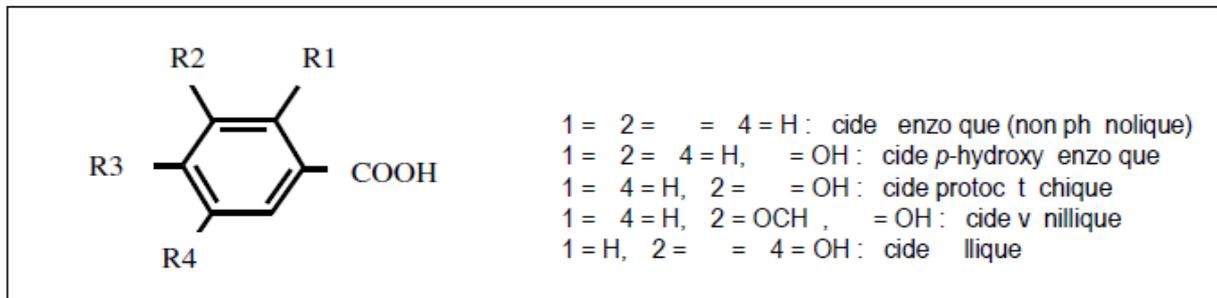


Figure 5 : Structures chimiques des acides hydroxybenzoïques (Bruneton, 2008).

A. 3. Dérivés de l'acide hydroxycinnamique (C6-C3)

Ces composés ont une distribution très large. Rarement libres, ils sont souvent estérifiés (Skerget *et al.*, 2005) et peuvent également être amidifiés ou combinés avec des sucres (O-acylglucosides, O-arylglycosides) ou des polyols tels que l'acide quinique (**Figure. 6**) (Bruneton, 2008).

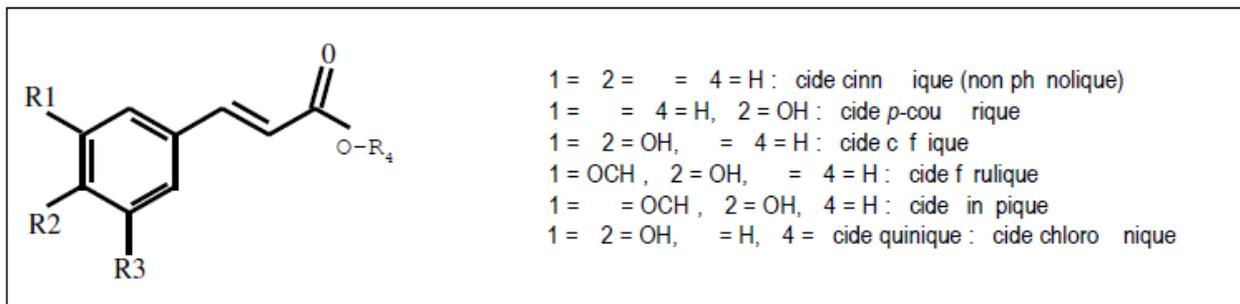


Figure 6: Structures chimiques des acides hydroxycinnamiques (Han *et al.*, 2007, Chira *et al.*, 2008.)

L'acide caféique est le principal représentant de cette catégorie. Il est présent dans de nombreux végétaux (graine de café, tomate, olive, pomme), en particulier dans les fruits. Il représente 75 à 100% de la teneur totale en acides hydroxycinnamiques de la majorité des fruits, principalement sous forme d'ester de l'acide quinique (acide chlorogénique) (Manach *et al.*, 2004). L'acide

chlorogénique est présent en très forte concentration dans la pomme (430 mg/kg) et dans le café, (Manach *et al.*, 2004).

A. 4. Flavonoïdes

Les flavonoïdes sont des composés possédant un squelette de base à quinze atomes de carbone, constitués de deux noyaux aromatiques et d'un hétérocycle central de type pyrane, formant une structure C6-C3-C6 (**Figure. 7**) (Ghedira, 2005). Ce sont les composés les plus abondants parmi tous les composés phénoliques. Ils interviennent dans la pigmentation des fleurs et dans les processus de défense contre le rayonnement UV, les herbivores et les attaques microbiennes (Crozier, 2003). Les flavonoïdes sont présents dans une grande variété d'aliments (fruits et légumes, céréales, jus de fruits, thé et vin...).

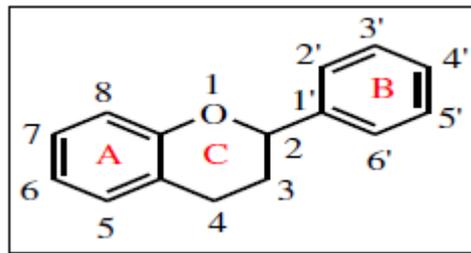
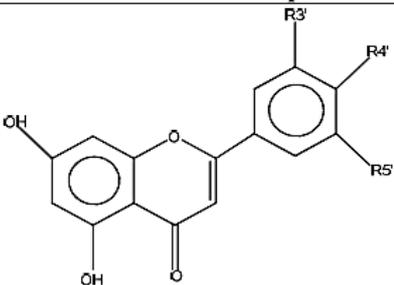
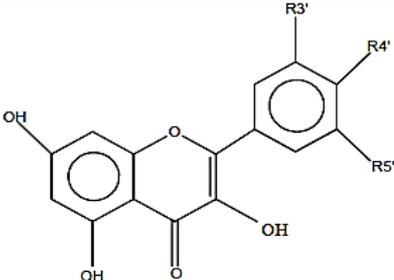
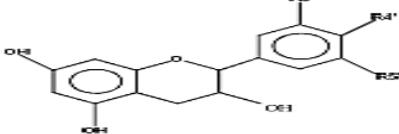
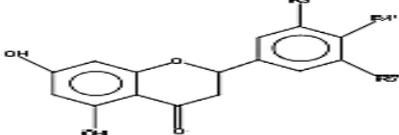
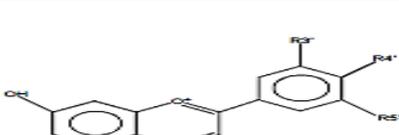
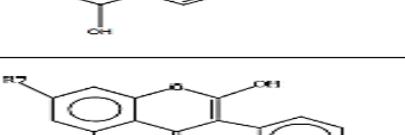


Figure 7: Squelette de base des flavonoïdes (Crozier, 2003).

Il existe plusieurs classes de flavonoïdes, dont les principales sont les flavones, les flavonols, les flavan-3-ols, les isoflavones, les flavanones et les anthocyanidines. La structure de base de ces différents flavonoïdes peut subir de nombreuses substitutions, les groupements hydroxyles étant généralement en positions 4, 5 et 7. Ces substances existent généralement sous forme de glycosides (Chira *et al.*, 2008).

Tableau 3 : Principales classes des flavonoïdes (Narayana *et al.*, 2001 ; W-Erdman *et al.*,2007)

| Classes | Structures chimiques | R3' | R4' | R5' | Exemples |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----|------------------|-----|------------|
| Flavones |  | H | OH | H | Apigénine |
| | | OH | OH | H | Lutéoline |
| | | OH | OCH ₃ | H | Diosmétine |
| Flavonols |  | H | OH | H | Kaempférol |
| | | OH | OH | H | Quercétine |
| | | OH | OH | OH | Myrecétine |

| | | | | | |
|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|---------------|
| Flavanols |  | OH | OH | H | Catéchine |
| Flavanones |  | H | OH | H | Naringénine |
| | | OH | OH | H | Eriodictyol |
| Anthocyanidines |  | H | OH | H | Pelargonidine |
| | | OH | OH | H | Cyanidine |
| | | OH | OH | OH | Delphénidine |
| Isoflavones |  | R ₅ OH | R ₇ OH | R ₄ OH | Genistéine |
| | | H | O-Glu | OH | Diadézine |

A. 4.1. Flavanones

Les flavanones sont caractérisées par l'absence de la double liaison entre C2 et C3 et par la présence d'un centre de chiralité en C2 (Bruneton, 2008 ; Chira *et al.*, 2008). Les agrumes constituent la principale source alimentaire de flavanones. Les principaux aglycones sont l'ériodictyol dans le citron, la naringénine dans le pamplemousse et l'hespéritine dans l'orange (**Figure. 8**) (Manach *et al.*, 2004).

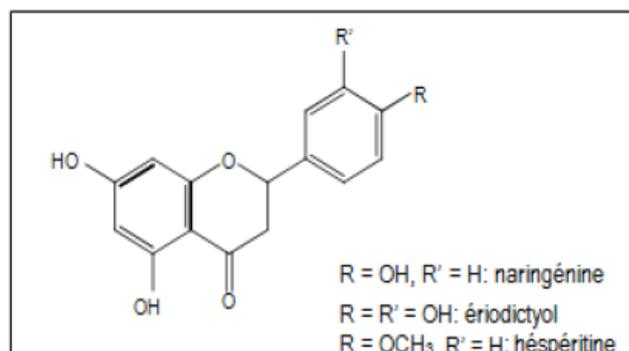


Figure 8: Structure chimique des flavanones (Crozier, 2003).

A. 4.2. Flavonols

Les flavonols se distinguent par la présence d'un groupement OH en position C3 et d'une double-liaison en C2-C3 (**Figure. 9**). Ils peuvent exister soit sous forme d'aglycones, soit sous forme d'hétérosides. Les sucres les plus souvent impliqués sont des aldoses: D-glucose et L rhamnose (Crozier, 2003). Leurs principaux représentants sont la quercétine, le kaempférol et la rutine. Les sources les plus riches sont les oignons (350-1200mg/kg de matière fraîche) (Hertog *et al.*, 1992), le poireau, le chou et les baies telles que le cassis (115 mg/kg de matière fraîche) (Hakkinen *et al.*, 1999). Le thé contient aussi des flavonols à hauteur de 45 mg/L (Hertog *et al.*, 1993).

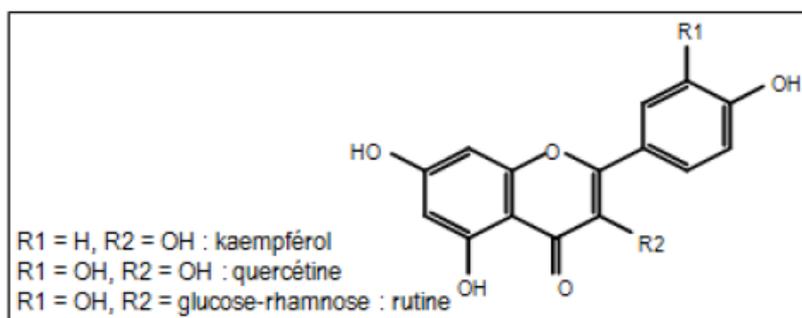


Figure 9: Structures chimiques de flavonols (Crozier, 2003).

A. 4.3. Flavan-3 ols

Les flavan-3-ols ou dérivés de catéchine sont la catégorie de flavonoïdes la plus complexe. Ces composés vont des simples monomères, (+)-catéchine et son isomère (-)-épicatéchine, jusqu'aux oligomères et polymères, les proanthocyanidines. De plus, les flavan-3-ols peuvent être estérifiés par l'acide gallique ou hydroxylés pour former les gallocatéchines (épicatéchine gallate, épigallocatéchine, épigallocatéchine gallate) (**Figure. 10**) (Chira *et al.*, 2008).

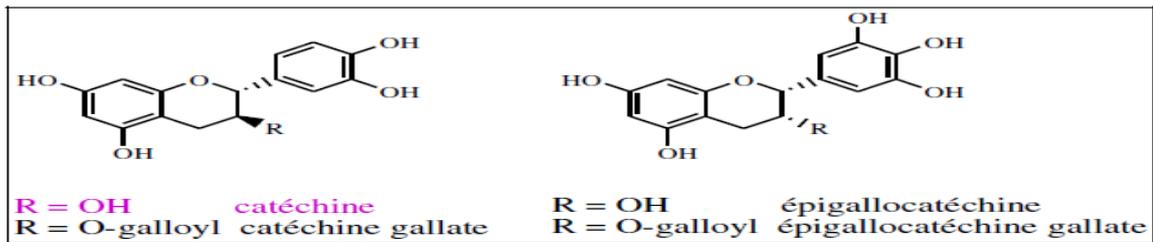


Figure 10: Structures chimiques de certains flavan-3-ols (Chira *et al.*, 2008).

A. 5. Anthocyanosides

Les anthocyanes ou pigments anthocyaniques sont des composés hydrosolubles, de teinte rouge, violette ou bleue, qui colorent les fleurs, les fruits et parfois les feuilles. Les anthocyanes sont présents dans la nature uniquement sous forme d'hétérosides appelés anthocyanosides. Ces pigments sont très répandus dans le règne végétal et proche des flavonoïdes sur le plan de l'origine, de la structure et des propriétés pharmacologiques (Catier et Roux, 2007). Leur structure de base (**Figure 11**) est caractérisée par un noyau « flavon » généralement glucosylé en position C₃ (Bruneton, 2009).

Les anthocyanosides, dont les couleurs vives attirent insectes et oiseaux, jouent un rôle majeur dans la pollinisation et la dispersion des graines. Un fort pouvoir colorant et l'absence de toxicité font de ces hétérosides des colorants naturels susceptibles de remplacer, dans l'industrie alimentaire, les colorants synthétiques : leur innocuité et leur acceptabilité par le consommateur compensent leur instabilité (pH, température, lumière) et leur coût de production parfois élevé (Bruneton, 2009).

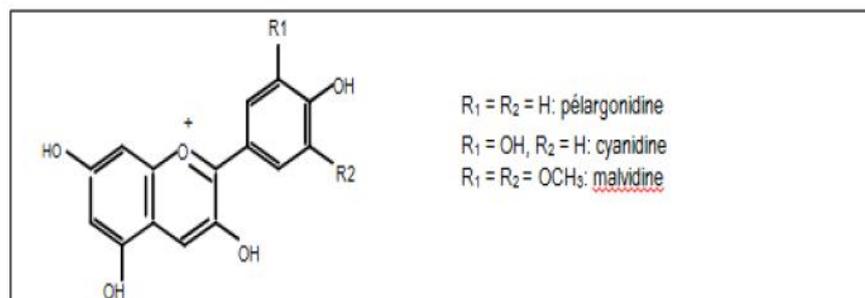


Figure 11. Structures chimiques de quelques anthocyanidines (Collin et Crouzet, 2011).

B. Polyphénols complexes (tanins)

B. 1. Les tannins

Ces composés résultent généralement de la condensation des formes simples des flavonoïdes. Selon la nature des constituants impliqués et le type de condensation, il est classique de distinguer deux grands groupes de tannins différents à la fois par leur réactivité chimique et par leur composition : les tannins hydrolysables et les tannins condensés (Reed, 1995; Khanbabae et Ree, 2001).

B. 1.1. Tanins hydrolysables : Ce sont des oligo ou des polyesters d'un sucre et d'un nombre variable de molécules d'acides phénols, le sucre est généralement le glucose. Les tannins hydrolysables sont scindés en deux groupes : les tannins galliques ou gallotannins qui donnent par hydrolyse des sucres et uniquement de l'acide gallique, et les tannins éllagiques dont l'hydrolyse donne en plus des sucres et de l'acide gallique, de l'acide éllagique (figure.12) (Richeter, 1993).

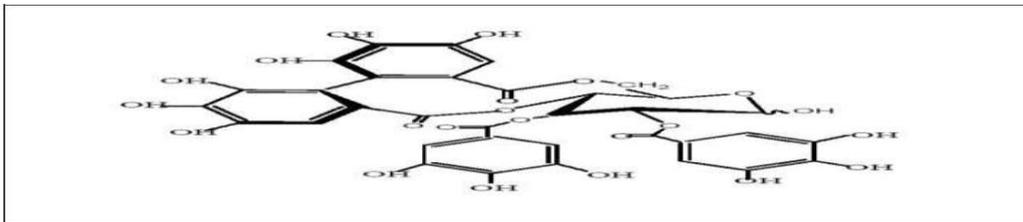


Figure12: Structure d'un tannin hydrolysable (Hatano *et al.*, 2005).

B. 1.2. Tannins condensés Ils sont constitués par la polymérisation de molécules élémentaires qui possèdent des structures générales des flavonoïdes dont les plus importantes sont les flavan-3-ols (catéchines), et les flavan-3-4-diols (leucoanthocyanidines) (Hagerman, 2002).

La copolymérisation des catéchines et leucoanthocyanidines est également possible (figure.13) (Nazck et Shahidi, 2004).

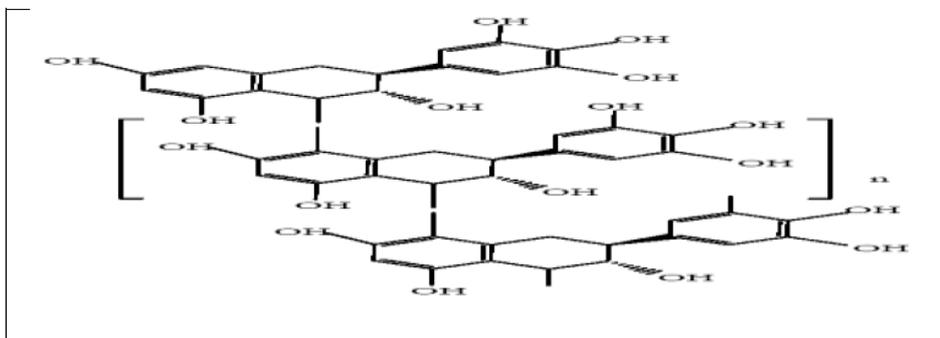


Figure 13 : Structure d'un tannin condensé: polymère de proanthocyanidine (Tahiri, 2008)

B. 2. Quinones

Les quinones sont des composés oxygénés qui résultent de l'oxydation de dérivés aromatiques caractérisés par un motif 1,4-dicéto-cyclohexa-2,5-diéniq (para-quinones) ou par un motif 1,2-dicéto-cyclohexa-3,5-diéniq (ortho-quinones) (**Figure 14**). La dione peut être conjuguée aux doubles liaisons d'un noyau benzénique (benzoquinones) ou à celles d'un système aromatique polycyclique condensé : naphthalène (naphtoquinones), anthracène (anthraquinones), naphtodianthrène (naphtodianthrone)... (Bruneton, 2009).

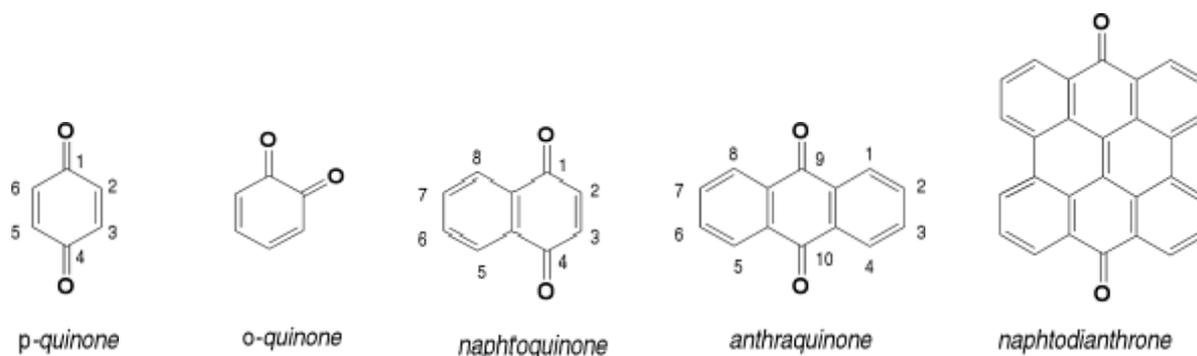


Figure 14. Quelques motifs quinoniques (Bruneton, 2009)

B. 3. Les coumarines

Les coumarines sont issues du métabolisme de la phénylalanine via un acide cinnamique, l'acide P-coumarique. Les coumarines, de différents types, se trouvent dans de nombreuses espèces végétales et possèdent des propriétés très diverses. Elles sont capables de prévenir la peroxydation des lipides membranaires et de capter les radicaux hydroxyles, superoxydes et peroxydes (Igor, 2002). Elles sont cytotoxiques, antivirales, immunostimulantes, tranquillisantes, vasodilatatrices, anticoagulantes (au niveau du coeur), hypotensives ; elles sont également bénéfiques en cas d'affections cutanées.

Les coumarines libres sont solubles dans les alcools et les solvants organiques tels que l'éther ou les solvants chlorés dans lesquels ils sont extractibles. Les formes hétérosidiques sont plus ou moins solubles dans l'eau. L'odeur de foin fraîchement coupé de la coumarine est très utilisée en parfumerie et dans les produits cosmétiques (Kansole, 2009).

2. Les composés azotés (dérivés des acides aminés) : Alcaloïdes

2.1. Définition

Un alcaloïde est une substance organique azotée d'origine végétale à caractère alcalin et présentant une structure moléculaire hétérocyclique complexe (Badiaga, 2011).

Généralement, les alcaloïdes sont produits dans les tissus en croissance : jeunes feuilles, jeunes racines. Puis, ils gagnent ensuite des lieux différents et, lors de ces transferts, ils peuvent subir des modifications. Chez de nombreuses plantes, les alcaloïdes se localisent dans les pièces florales, les fruits ou les graines, ces substances sont trouvées concentrées dans les vacuoles (Krief, 2003). Ce sont des composés relativement stables qui sont stockés dans les plantes en tant que produits de différentes voies biosynthétiques (Omulokoli *et al.*, 1997 ; 2002 ; Mauro, 2006 ; Kansole, 2009)

2.2. Propriétés des alcaloïdes

Les alcaloïdes sont caractérisés par une solubilité faible dans l'eau, facilement soluble dans l'alcool et peuvent donner des colorations spécifiques avec certains réactifs (réactifs de Mayer, de Dragendorf, de Wasicky, de Bouchardat). Ils exercent en générale de puissante action pharmacologique (Kansole, 2009).

Les alcaloïdes ayant des masses moléculaires très variables de 100 à 900 g/mol. La plupart des bases non oxygénées sont liquides à température ordinaire, celles qui comportent dans leur formule de l'oxygène sont des solides cristallisables, rarement colorés (Kansole, 2009)

2.3. Structure des alcaloïdes

La plupart des alcaloïdes sont dérivés des acides aminés tels que le tryptophane, L'ornithine, la lysine, l'asparate, l'anthranilate, la phénylalanine et la tyrosine. Ces acides aminés sont décarboxylés en amines et couplées à d'autres squelettes carbonés (Cyril, 2001).

2.4. Classification des alcaloïdes

Les alcaloïdes sont divisés en trois classes :

Les alcaloïdes vrais représentent le plus grand nombre d'alcaloïdes, sont toxiques et disposent d'un large spectre d'activités biologiques. Ils dérivent d'acides aminés et comportent un atome d'azote dans un système hétérocyclique. Ils sont présents dans les plantes, soit sous forme libre, soit sous forme de sel, soit comme N-Oxyde (Badiaga, 2011).

Les pseudo-alcaloïdes présentent le plus souvent toutes les caractéristiques des alcaloïdes vrais, mais ne sont pas des dérivés des acides aminés (Badiaga, 2011). Dans la majorité des cas connus, ce sont des dérivés d'isoprénoïdes (alcaloïdes terpéniques) et du métabolisme de l'acétate (Cyril, 2001).

Les proto-alcaloïdes sont des amines simples dont l'azote n'est pas inclus dans un hétérocycle, ils ont un caractère basique et sont élaborés *in vivo* à partir d'acide aminé. Ils sont souvent appelés « amines biologiques » et sont soluble dans l'eau (Badiaga, 2011).

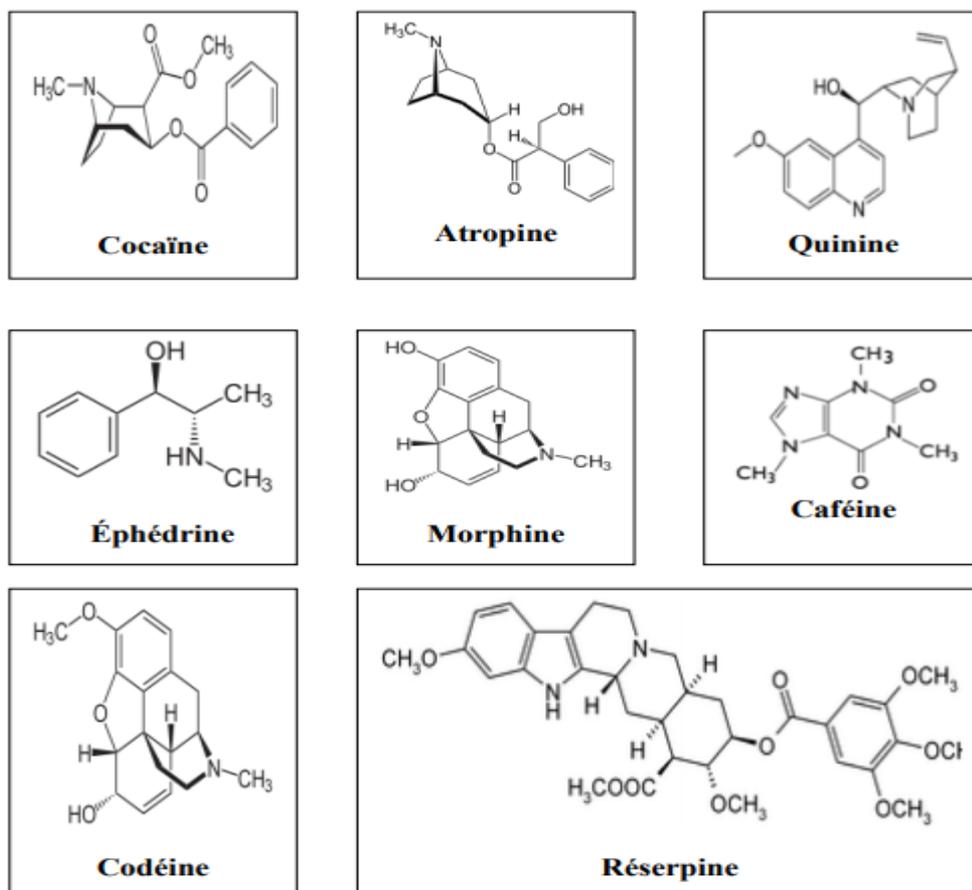


Figure 15: Structure de quelques alcaloïdes (Badiaga, 2011)

3. Les saponines

Les saponines sont des glycosides contenus dans les plantes qui doivent leur nom au fait qu'elles moussent lorsqu'on les mélange avec l'eau (Bounihi, 2016). Elles sont des constituants de nombreuses plantes médicinales, elles existent sous deux formes : les stéroïdes et les triterpénoïdes. La structure chimique des stéroïdes est similaire à celle de nombreuses hormones humaines (oestrogène, cortisone). Elles sont souvent expectorantes et facilitent l'absorption des aliments (Bounihi, 2016). Les saponines possèdent une grande variété d'activités biologiques telles que : antipyrétique, antalgique, immunomodulatrice, anti-inflammatoire et anticoagulante. Ils ont des propriétés tensioactives et biologiques importantes et sont utilisés dans des domaines variés tels que l'industrie, la pharmacie et la cosmétologie (Lautrette, 2004).

Chapitre 3: Matériel et méthodes

1. Extraction de l'huile essentielle par hydro distillation

L'hydrodistillation consiste à immerger directement le matériel à traiter dans l'eau distillée qui est portée à ébullition. Le dispositif utilisé est constitué d'un erlenmeyer de 2 litres en verre, placé au-dessus d'une plaque chauffante contenant l'eau distillée et le matériel végétal réduit en morceaux. Ce montage est surmonté d'une colonne à distiller en verre qui est lui-même reliée à un réfrigérant. Ce dernier condense les vapeurs d'eau et les gouttelettes d'huile essentielle en les recueillant dans une ampoule à décanter sous forme de distillat (Bouchouka, 2009).

1.2. Rendement en huile

Le rendement des huiles est déterminé par rapport à la matière sèche et exprimé en pourcentage il est égal au rapport de la masse de l'huile extraite par la masse de la matière végétale (Bouchouka, 2009).

$$R = m / m_s \times 100$$

R : Rendement d'huile en %

m : masse de l'huile en g

m_s : masse de la matière végétale sèche

2. Extraction d'extraits bruts

2.1. Extraction par Soxhlet

La pluparts des chercheurs ont utilisés le soxhlet pour la préparation des extraits bruts. Ainsi, Barbouchi *et al.*, (2020) ont pris 25g de poudre pour les extrait avec des solvants de polarité différente (hexane, acétate d'éthyle, méthanol et éthanol) pendant 6 h en environ (300 ml). Les extraits aqueux sont filtrés et évaporés.

2.2. Détermination du rendement d'extraction

Le poids de l'extrait sec est déterminé par la différence entre le poids du ballon plein (après évaporation) et le poids du ballon vide (avant le transfert du filtrat à évaporer)

Rendement (%) = ((Masse d'extrait sec) * 100) / (Masse de la matière végétale) (Bohui *et al.*, 2018).

3. Screening phytochimique

Les tests phytochimiques permettent de mettre en évidence l'existence des composés phénoliques dans la matière végétale broyée des feuilles de *Pistacia lentiscus* (Bohui *et al.*, 2018). La mise en évidence des différentes classes des métabolites secondaires constituant la poudre des feuilles de *Pistacia lentiscus* a été faite selon les méthodes standards de screening phytochimique (Dohou *et al.*, 2003). Le screening chimique est effectué soit sur la poudre ou bien sur l'extrait.

3.1. La recherche des alcaloïdes

Mettre 1g de matériel végétal en poudre macérer dans 10 ml d'eau bouillante pendant 10 minutes puis filtrer. Après cela ajouter 5 gouttes de la solution préparée dragendorff qui donne une couleur rouge en cas de présence des alcaloïdes (Mamadou, 2005).

3.2. La recherche des flavonoïdes

Après la préparation de l'extrait ajouter quelques gouttes de HCl et FeCl₃. La réaction effectuée à partir de 5 ml d'extrait placé dans un tube puis ajouter 1ml de l'acide Chlorhydrique (HCL) et 0.5g de magnésium (Mg). L'apparition de la coloration rose, orange ou rouge indique la présence des flavonoïdes (Malec et Pomilio, 2003).

3.3. La recherche des tanins

Ajouter quelques gouttes de FeCl₃. La réaction effectuée à partir de 1 ml d'extrait placé dans un tube dans lequel est ajouté un volume de 1ml de l'eau distillée puis quelques gouttes de FeCl₃ (1%). L'apparition d'une coloration vert ou bleu vert indique la présence des tanins (Karumi *et al.*, 2004).

3.4. Détection des phénols

Un volume de 0.5 ml d'extrait est introduit dans un tube à essai à lequel est ajouté 3 ou 4 gouttes de FeCl₃ à (5%). L'apparition de la coloration, bleu noire indique la présence des phénols (Martinez, 2003).

3.5. La recherche des saponines

Pour les saponines, 10 ml d'extrait est introduit dans un tube à essai, puis le tube est agité fortement pendant 15 secondes puis laissé au repos pendant 15 min. Une hauteur de mousse persistante, supérieure à 1 cm indique la présence de saponosides (Banga *et al.*, 2011).

4. Activité antioxydant

4.1. Test de DPPH

L'activité de piégeage des radicaux libres, est souvent déterminée en utilisant la méthode 1,1-diphényl-2-picrylhydrazil (DPPH). La molécule de 1,1-diphényl-2-picrylhydrazyl (DPPH') est un radical libre stable, dont la solution possède une coloration violette et une absorption caractéristique à 517 nm. Quand une solution de DPPH' est mélangée avec une substance donneuse d'atomes d'hydrogène, antioxydante, il y'a formation de la forme réduite. Ceci provoque la perte de la coloration violette en coloration jaune caractérisée par une bande d'absorption dans le visible à 517 nm (Hadj salem, 2009).

4.2. Test de la réduction du fer FRAP (Ferric reducing-antioxidant power)

La méthode FRAP développée par Benzie et Strain (1996) correspond à la réduction d'un complexe tripyridyltriazine ferrique [(Fe(III)-TPTZ)₂] en un complexe tripyridyltriazine ferreux [(Fe(II)-TPTZ)₂] par un antioxydant (AH), à un pH de 3,6 pour maintenir la solubilité du fer (Bouchouka, 2009).

4.3. Test de la capacité antioxydant en équivalent trolox(ABTS)

Une méthode colorimétrique basée sur la capacité d'un antioxydant à stabiliser le radical cationique ABTS•+ decoloration vert bleu en le transformant en ABTS incolore. Le radical préformé ABTS•+ est généré en présence des ions persulfates.



En présence d'un antioxydant, le passage du radical ABTS•+ à la forme non radicalaire s'accompagne de la disparition de la coloration vert bleu intense qui peut être suivie par la mesure de la densité optique à une longueur d'onde de 734 nm (Chen *et al.*, 1997). Ce test est simple, opérationnel, reproductible, et peut être utilisé dans différents milieux (Hadj salem, 2009 ; Bouchouka, 2009)

5. Activité antibactérienne

5.1. Les souches utilisées

Les germes qui ont été testés pour déceler l'activité antibactérienne de l'huile essentielle et des extraits de *Pistacia lentiscus* sont les suivants :

- Bactéries à Gram négatif: *Enterobacter cloacea*, *Escherichia coli*, *Helicobacter pylori*, *Klebsiella pneumoniae*, *Klebsiella aerogenes*, *Proteus mirabilis*, *Pseudomonas aeruginosa*

et *Salmonella typhi*.

- Bactéries à Gram positif : *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus epidermidis*, *Staphylococcus intermedius*, *Enterococcus faecalis*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus sphaericus* et *Listeria monocytogenes*,
- Champignons : *Candida albicans*, *Candida tropicalis* et *Torulopsis glabrata* (Magiatis *et al.*, 2000 ; Paraschos *et al.*, 2007 ; Benhammou *et al.*, 2008 ; Derwich *et al.*, 2010 ; Bammou *et al.*, 2015 ; Bouyahya *et al.*, 2019).

5.2. Méthode de diffusion en milieu gélosé

L'évaluation de l'activité antimicrobienne de l'huile essentielle et des extraits de *Pistacia lentiscus* est réalisée par la méthode de diffusion en milieu gélosé. Le principe de cette méthode consiste à utiliser des disques imprégnés dans différentes dilutions de l'huile de lentisque (0,04, 0,16, 0,24, 0,4mg/ml) dissoute dans le DMSO (Dimethylsulfoxyde) (Un disque imbibé par le DMSO est employé en tant que contrôle négatif). Puis disposé à la surface d'un milieu Muller Hinton écouvillonné par une suspension microbienne (d'une densité optique de (0,8 à 1,20 nm). Après une durée d'incubation de 48 h à 37°C, les diamètres des zones d'inhibition sont mesurés (BOUCHOUKA, 2009).

5.3. Détermination de la concentration minimale inhibitrice :

Les CMI ont été déterminées en utilisant le test de micro-dilution en bouillon. De la gélose à 0,15% (p / v) a été utilisée comme stabilisant du mélange extrait-eau et de la résazurine comme indicateur de croissance bactérienne. 50 µL d'agar bactériologique (0,15% p / v) ont été distribués du 2ème au 8ème puits d'une plaque de microtitration en polypropylène à 96 puits. Une dilution de l'huile essentielle a été préparée dans Mueller Hinton Broth supplémenté avec de la gélose bactériologique (0,15% p / v), pour atteindre une concentration finale de 2%; 100 µL de ces suspensions ont été ajoutés au premier puits de test de chaque ligne de microtitrage, puis 50 µL de dilution scalaire ont été transférés du 2ème au 8ème puits. Le 8ème puits a été considéré comme témoin de croissance, car aucun OE n'a été ajouté. Nous avons ensuite ajouté 50 µL d'une suspension bactérienne à chaque puits à une concentration finale d'environ 10⁶ UFC / mL. La concentration finale de l'OE était comprise entre 1 et 0,015% (v / v). Les plaques ont été incubées à 37 ° C pendant 18 h. Après incubation, 10 µL de résazurine ont été ajoutés à chaque puits pour évaluer la croissance bactérienne. Après une incubation supplémentaire à 37 ° C pendant 2 h, la CMI a été déterminée comme la concentration d'OE la plus basse qui empêchait un changement de couleur de la résazurine. La croissance bactérienne a été détectée par réduction de la résazurine de colorant bleu en résorufine rose. Un contrôle a été réalisé pour s'assurer qu'aux concentrations testées, l'OE n'entraînait pas de

changement de couleur de la résazurine. Les expériences ont été réalisées en triple (Bouyahya *et al.*, 2017).

5.4. Détermination de la concentration minimale bactéricide (CMB) :

La concentration bactéricide minimale (CMB) correspond à la concentration la plus faible de l'huile essentielle donnant des repiquages négatifs après incubation à température appropriée pendant 24 h. Il est déterminé dans des tests de dilution en bouillon en repiquant 10 μ l à partir de puits négatifs sur milieu PCA (Bouyahya *et al.*, 2017).

Chapitre 4 : Résultats et discussion

1. Screening phyto chimique

Le screening phytochimique montre que les extraits de *Pistacia lentiscus* L. ont une très forte teneur en anthocyanes, tannins totaux et saponines. En revanche, on note une présence modérée des alcaloïdes, des flavonoïdes et une absence totale des quinones libres et des coumarines (Tableau 1). Barbouchi *et al.*, (2020) ont trouvé que les alcaloïdes sont présents seulement dans les extraits de fruits et absentes dans les autres parties de la plante. En effet, la variabilité de composition chimique entre les extraits des feuilles, brindilles et fruit rapporté par les chercheurs peuvent être expliqué par le fait que l'expression des métabolites secondaire chez les plantes médicinales dépend de l'organe d'extraction (Bakkali *et al.*, 2008 ; Bouyahya *et al.*, 2019 ; Barbouchi *et al.*, 2020). La variabilité de présence de certains composés chimiques dans le même organe, par exemple la présence des coumarines (Beghlal *et al.*, 2016), l'absence des alcaloïdes (Beghlal *et al.*, 2016 ; Khiari *et al.*, 2018 ; Barbouchi *et al.*, 2020) et des anthocyanes (Beghlal *et al.*, 2016) dans les extraits des feuilles, pourrait s'expliquer par le fait que la composition chimique des extraits dépend de certains facteurs de l'environnement notamment épigénétique (Aboukhalid *et al.*, 2016 ; Crisp *et al.*, 2016), et d'autres facteurs comme la variabilité saisonnière de production des composés (Barra *et al.*, 2007 ; Gourine *et al.*, 2010 ; Harrat *et al.*, 2020), la distribution géographique (Barra *et al.*, 2007 ; Beghlal *et al.*, 2016 ; Rauf *et al.*, 2017) et la période de floraison (Rauf *et al.*, 2017).

Tableau 4 : Résultats de screening phytochimique des parties aériennes (Mahmood 2006 ; Vaya *et al.*, 2007 ; Khiari *et al.*, 2018 ; Barbouchi *et al.*, 2020) .

| | <i>Pistacia lentiscus</i> | | |
|--------------|---------------------------|----------|-------|
| | Brindilles | feuilles | Fruit |
| Alcaloïdes | -- | +++ | ++ |
| Flavonoïdes | -- | +++ | -- |
| Tannins | +++ | +++ | +++ |
| Saponines | +++ | +++ | ++ |
| Anthocyanins | ++ | -- | +++ |
| Coumarines | -- | -- | -- |
| Quinone | -- | -- | -- |

Haute concentration (+++); concentration modérée (++); faible concentration (+); absence (---).

2. Rendement

Selon Barbouchi *et al.*, (2020), le méthanol a donné le meilleur rendement d'extraction en moyenne de 37,34% des différentes parties de la plante (feuilles, fruits et brindilles), tandis que l'hexane a donné le rendement le plus faible (15,17% en moyenne). Ces résultats sont similaires à ceux obtenus par Zitouni *et al.*, (2016).

Tableau 5 : Rendements des extraits de diverses parties de *Pistacia lentiscus* L. (Barbouchi *et al.*, 2020).

| | Rendements% | | | | |
|---------------------|--------------|--------------|---------------|------------------|--------------|
| | Eau | Ethanol | Méthanol | Acétate d'éthyle | Hexane |
| Brindilles | 12,47 ± 0,08 | 13,94 ± 0,03 | 21,93 ± 0,011 | 5,45 ± 0,00 | 3,20 ± 0,00 |
| Feuilles | 27,80 ± 0,14 | 26,70 ± 0,13 | 51,33 ± 0,89 | 12,00 ± 0,01 | 6,32 ± 0,03 |
| Fruits | 21,31 ± 0,14 | 43,18 ± 0,09 | 51,60 ± 1,07 | 42,03 ± 0,69 | 48,16 ± 0,61 |
| Rendements moyens % | 19,74 | 29,19 | 37,34 | 15,62 | 15,18 |

Les valeurs moyennes ± écarts types des déterminations en triple sont rapportées. Les moyennes avec des lettres différentes dans les colonnes sont significativement différentes (p <0,05).

3. Activité antioxydante

Les résultats de l'activité antioxydante des extraits de *Pistacia lentiscus* évalué par la méthode de réduction des radicaux libres DPPH obtenu par Barbouchi *et al.*, (2020) montrent que l'extrait aqueux a la plus grande activité anti radicalaire. Les extraits de l'éthanol, du méthanol, de l'éthyle acétate et de l'hexane ont des activités anti radicalaires moins importantes que celle de l'extrait aqueux (Barbouchi *et al.*, 2020). D'autres chercheurs ont rapporté que l'extrait du méthanol (Topçu *et al.*, 2007 ; Djidel *et al.*, 2013) et celui de l'éthyle acétate (Djidel *et al.*, 2013) ont une activité anti radicalaire élevée par rapport à l'extrait aqueux.

Il est connu que le type du solvant utilisé a un impact sur les teneurs totales en phénols, flavonoïdes et coumarines, par conséquent sur l'activité anti radicalaire (Topçu *et al.*, 2007 ; Djidel *et al.*, 2013 ; Botsaris *et al.*, 2015). Topçu *et al.*, (2007) ont montré que l'extrait du méthanol est plus riche en phénols et flavonoïdes par rapport à l'extrait de l'éthanol. Djidel *et al.*, (2013) ont montré que les extraits hydro-méthanolique sont riches en phénols par contre l'extrait de l'éthyle acétate est le plus riche en flavonoïdes. Ces résultats pourraient s'expliquer par la solubilité des composés phénoliques dans les extraits aqueux et du méthanol (Topçu *et al.*, 2007 ; Djidel *et al.*, 2013 ; Botsaris *et al.*, 2015).

Les résultats de l'activité antioxydante évalué par les méthodes DPPH, ABTS et FRP obtenu par Botsaris *et al.*, (2015) montrent qu'il existe une différence entre les différentes méthodes et que les feuilles sont une source plus riche d'antioxydants que les fruits. Les résultats ont également suggéré que l'activité antioxydante des extraits butanoliques était la plus faible parmi les extraits étudiés. En outre, l'activité antioxydante la plus élevée a été mesurée dans l'extrait de méthanol suivi par l'extrait de l'acétone et aqueux. En particulier, l'activité de piégeage des radicaux DPPH dans les fruits était de $(70,2 \pm 5,3)$ à $(387,6 \pm 16,8)$ et dans les feuilles de $(123,9 \pm 7,7)$ à $(510,3 \pm 6,6)$ mg de TE par g d'extrait, tandis que le radical ABTS l'activité de piégeage variait de $(21,3 \pm 7,3)$ à $(290,2 \pm 28,1)$ mg de TE par g d'extrait dans les fruits et de $(92,4 \pm 3,9)$ à $(384,6 \pm 6,7)$ mg de TE par g d'extrait dans les feuilles. Le test FRAP mesure la capacité des antioxydants à réduire le complexe ferrique 2,4,6-tripyridyl-s-triazine [Fe (III) - (TPTZ) 2] 3+ en complexe ferreux de couleur bleu intense [Fe (II) - (TPTZ) 2] 2+.

Une grande diversité d'activités antioxydantes a été trouvée parmi les extraits (de $(42,2 \pm 2,4)$ à $(518,8 \pm 37,2)$ mg de TE par g d'extrait). Ce test a également mis en évidence la supériorité du méthanol parmi les solvants utilisés, et de l'activité antioxydante des extraits de feuilles, par rapport aux fruits. Dans l'ensemble, le méthanol était le solvant le plus approprié pour extraire les antioxydants polyphénoliques des matériaux de *P. lentiscus* (Botsaris *et al.*, 2015).

Dans une étude similaire, Les résultats de l'activité antioxydante évalué par les même méthodes DPPH, ABTS et FRP obtenu par Bouyahya *et al.*, (2019) montrent qu'il existe une différence entre les différentes méthodes et que l'huile essentielle obtenus à partir des fruits a une capacité antioxydante mieux que celui extrait à partir des feuilles. Les métabolites secondaires des plantes médicinales montrent des propriétés antioxydants importantes.

En effet, les composés phénoliques sont capables de neutraliser les radicales libres avec des mécanismes différents (Botsaris *et al.*, 2015 ; Khiari *et al.*, 2018 ; Bouyahya *et al.*, 2019).

4. Activité antibactérienne

L'une des principales utilisations traditionnelles de *Pistacia lentiscus* était le traitement des affections gastro-intestinales. Dans ce cadre, les premières études visant à examiner le potentiel pharmacologique des extraits de cette espèce sont concentrées sur des modèles d'inflammation gastrique et en particulier ceux provoqués par la bactérie *Helicobacter pylori* (Al-Habbal *et al.*, 1984). *Helicobacter pylori* est une bactérie responsable de la plupart des cas d'ulcère gastrique, elle est traitée avec des antibiotiques tels que l'amoxicilline et le métronidazole (Papastergiou *et al.*, 2014).

Dans une étude *in vitro*, des souches de *H. pylori* ont été cultivées dans des milieux de croissance appropriés avec addition d'extrait éthanolique de *Pistacia lentiscus* à différentes concentrations. La croissance des bactéries a été inhibée même à de très faibles concentrations d'extrait (Huwez *et al.*, 1998). Des altérations de la structure des cellules *H. pylori* isolées ont été observées au microscope électronique à transmission après le traitement. L'extrait a tué 90% des souches testées à une concentration de 500 g / mL. Les changements morphologiques étaient plus intenses dans la zone de la paroi cellulaire de la bactérie (Marone *et al.*, 2001).

Des enquêtes plus approfondies sur la raison possible de cette activité anti- *H. pylori* suggèrent que la présence de certaines protéines hydrophiles appelées arabinogalactanes (AGPs) dans les extraits peut jouer un rôle important. Les extraits aqueux contenant des AGPs ont montré une inhibition de *H. pylori* (Bona *et al.*, 2001; Kottakis *et al.*, 2008). De plus, la présence de l'acide isomasticadiénolique dans les extraits montre une grande capacité à inhiber 11 souches cliniques de *H. pylori* avec une CMB de 0,139 et 0,202 mg / mL (Paraschos *et al.*, 2007).

Plusieurs études ont montré l'efficacité potentielle des extraits de *Pistacia lentiscus* contre de nombreux agents pathogènes. Benhammou *et al.*, (2008) ont trouvé que l'extrait éthanolique de *Pistacia lentiscus* est actif contre des bactéries pathogènes à Gram positif : *Listeria monocytogenes* et *Staphylococcus aureus* et d'autres à Gram négatif: *Pseudomonas aeruginosa*, *Salmonella typhi*, *Proteus mirabilis* et *Enterobacter cloacae* et un champignon *Candida albicans*. La même étude a montré que l'extrait éthanolique n'est pas efficace contre *Escherichia coli* et *Klebsiella pneumoniae*. Bammou *et al.*, (2015) ont rapporté que les extraits aqueux, du méthanol et de l'acétate d'éthyle ne sont pas efficaces vis-à-vis ces deux dernières souches.

Une étude similaire a prouvé que l'huile essentielle de *Pistacia lentiscus* était active contre deux bactéries à Gram positif : *Staphylococcus aureus* (ATCC 25923) et *Streptococcus epidermidis* (ATCC 12228), quatre bactéries à Gram négatif: *Escherichia coli* (ATCC 25922), *Enterobacter cloacae* (ATCC 13047), *Klebsiella pneumoniae* (ATCC 13883), *Pseudomonas aeruginosa* (ATCC 227853) et trois champignons (*Candida albicans*, *Candida tropicalis* et *Torulopsis glabrata*) (Magiatis *et al.*, 2000).

Récemment, Bouyahya *et al.*, (2019) ont montré que l'huile essentielle extraite à partir des feuilles et des fruits est efficace contre des six bactéries. L'huile essentielle de *Pistacia lentiscus* a présenté d'importants effets d'inhibition en particulier contre *Proteus mirabilis*, *Listeria monocytogenes* et *Staphylococcus aureus*. En effet, les zones d'inhibition de l'huile essentielle étaient significativement plus importantes que celle du Chloramphénicol. En plus, *Bacillus subtilis* et *Pseudomonas*

aeruginosa étaient aussi sensible l'huile essentielle de cette espèce mais *Escherichia coli* était résistante.

Derwich *et al.*, (2010) ont obtenus presque les même résultats de l'efficacité de l'huile essentielle des feuilles de *Pistacia lentiscus* contre les bactéries à Gram négatif: *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Klebsiella pneumoniae*, *Klebsiella aerogenes* et *Salmonella typhi* et d'autres à Gram positif: *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus intermedius*, *Enterococcus faecalis*, *Bacillus sphaericus*. Par contre, Bammou *et al.*, (2015) ont rapporté que l'huile essentielle de *Pistacia lentiscus* n'est pas efficace contre *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Proteus mirabilis* et *Staphylococcus aureus*.

En effet, la composition l'huile essentielle de *Pistacia lentiscus* a été étudiée et chaque fraction a été testée contre différentes bactéries (*Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* et *Bacillus subtilis*) en utilisant la méthode de diffusion sur disque. La fragmentation de l'huile essentielle, qui a été réalisée afin d'obtenir une meilleure image des composants responsables de son activité antibactérienne, a conduit à l'identification de plusieurs oligo-éléments. Chacun des composés mineurs présentait des degrés d'activité différents contre les bactéries cités précédemment. Cette variété a montré que l'efficacité antimicrobienne de l'huile essentielle ne peut pas être facilement attribuée à un ou certains de ses composés et doit être considérée comme le résultat d'une synergie entre de nombreux voire tous ses composants (Koutsoudaki *et al.*, 2005). Dans une autre étude, les constituants antimicrobiens les plus puissants étaient le (\pm) linalol avec une CMB de 3,05 mg / mL et 6,1 mg / mL contre *Escherichia coli* et *Staphylococcus aureus*, respectivement, et l'a-terpinéol avec un CMB de 2,43 mg / mL contre *Escherichia coli* (Paraschos *et al.*, 2011).

Conclusion

La majorité des médicaments actuels sont des copies concentrées de remèdes végétaux. Notre pays est doté d'une biodiversité végétale immense, qui reste à découvrir et une grande partie de cette flore est constituée par des espèces médicinales. Ce document a porté dans un premier temps sur l'identification des groupes phytochimiques, dans un deuxième temps présente les effets biologiques (antibactérienne et antioxydant) de l'huile essentielle et des extraits de *Pistacia lentiscus*.

Sur le plan phytochimique, les résultats obtenus par les chercheurs montrent une composition riche et variée en métabolites secondaires ; les flavonoïdes, les tannins et les terpènes et stérols, les coumarines et les saponines et les alcaloïdes.

Les potentialités antibactériennes de différents extraits sont évaluées par la méthode de diffusion en milieu solide puis par la détermination des (CMI ET CMB). L'huile essentielle et les extraits de la plante ont un effet inhibiteur sur la croissance de quelques bactéries à Gram positif et d'autres à Gram négatif dont les principales espèces sont : *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes*, *H. pylori*, *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Proteus mirabilis* et *Pseudomonas aeruginosa*.

Les résultats présents montrent que les extraits ont une activité antioxydant. Cependant, cette activité est différente selon le degré de solubilité des composés secondaires de *Pistacia lentiscus*.

A ces effets, il est important de :

- ▶ Déterminer de nouvelles substances bioactives naturelles pouvant répondre aux différents problèmes de la santé et d'être un alternatif de médicaments synthétiques.
- ▶ Les plantes médicinales peuvent offrir une nouvelle source d'agents antibactériens et antioxydants à utiliser.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

A

Abdeldjelil M.C., Messaï A., Beghoul S., Agabou A., Benazouz H. et Bensegueni A.(2011). Pistachier lentisque. Place dans la pharmacopée traditionnelle algérienne (Cas de la région de Constantine). Résumé : Le 2ème Séminaire International sur les Plantes Médicinales SIPM'2. Ouargla, du 19 au 20 Avril.

Aboukhalid,K.,Lamiri,A.,AgackaMoldoch,M.,Doroszewska,T.,Douaik,A.,Bakha,M., Casanova,J.,Tomi,F.,Machon,N.,AlFaiz,C.,2016.Chemicalpolymorphismof *Origanumcompactum* grown in all natural habitatsinMorocco.Chem.Biodivers.13, 1126–1139.

Al-Habbal, M.J.; Al-Habbal, Z.; Huwez, F.U. A double-blind controlled clinical trial of mastic and placebo in the treatment of duodenal ulcer. Clin. Exp. Pharm. Physiol. 1984, 11, 541-544.

Al-Saghir, M. Al. (2006). Phylogenetic analysis of the genus *Pistacia* (Anacardiaceae). Dissertation submitted to the faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy In Biological Sciences. 113p.

Ansari,S.H., Nahida., Siddiqui, A.N. (2012) *Pistacialentiscus*: a review on phytochemistry and pharmacological properties. *Int J Pharm Pharm Sci*, 4, (4), pp. 16-20.

B

BADIAGA M., 2011. etude ethnobotanique, phytochimique et activités biologiques de *Nauclea Latifolia* smith une plante médicinale africaine récoltée au Mali . thèse de doctora. Universit de bamako . p 10.

Bakkali,F.,Averbeck,S.,Averbeck,D.,Idaomar,M.,2008.Biologiceffectsofessentialoilsareviw.Fo odChem.Toxicol.46,446–475.

Balasundram N., Sundram K. et Samman S. (2006). Phenolic compounds in plants and agriindustrial by-products: Antioxidant activity, occurrence, and potential uses. *Food Chemistry* **99** : 191–203.

Bammou M., Daoudi A., Slimani I., Najem M., Bouiamrine E., Ibijbijen, J, Nassiri L. (2014). Valorisation du lentisque «*Pistacia lentiscus L.*»: Etude ethnobotanique, Screening phytochimique et pouvoir antibactérien. *Journal of Applied Biosciences* 86:7966- 797.

BANGA B.N, ADOU. F, YAPO, JEAN DAVID & DJAMAN.A., 2011, Activités antioxydantes de dix plantes médicinales de la pharmacopée ivoirienne. *Sciences & Nature* Vol. 8 N°1 : 1 – 11.

Barra, A., Coroneo, V., Dessi, S., Cabras, P., & Angioni, A. (2007). *Characterization of the Volatile Constituents in the Essential Oil of Pistacia lentiscus L. from Different Origins and Its Antifungal and Antioxidant Activity. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 55(17), 7093–7098.* doi:10.1021/jf071129w

Barbouchi, M., Elamrani, K., El Idrissi, M., & Choukrad, M. (2020). *A comparative study on phytochemical screening, quantification of phenolic contents and antioxidant properties of different solvent extracts from various parts of Pistacia lentiscus L. Journal of King Saud University - Science.* doi:10.1016/j.jksus.2018.05.010

Baudière A., Monange Y., Gauquelin Th. (2002). *Le Monde des Plantes; Intermédiaire des Botanistes, Toulouse; N° 477, pp2 – 5.*

Beghlal.D, K. El Bairi, I. Marmouzi, L. Haddar, B. Mohamed.2016. Phytochemical, organoleptic and ferric reducing properties of essential oil and ethanolic extract from *Pistacia lentiscus (L.)*. *Asian Pac. J. Trop. Dis.* 6, 305–310 (2016).

Belfadel F.Z.2009.huile de fruits de pistacia lentiscus L. , caractéristiques physicochimique et effet biologique (effet cicatrisant che le rat).magister en chimie organique,Université mentouri,Constantine,144p.

Benhammou N., Bekkara FA., Panovska TK. (2008). Antioxidant and antimicrobial Activities of the *Pistacia lentiscus* and *Pistacia atlantica* extracts. African Journal of Pharmacy and Pharmacology, 2(2): 22-28.5

Bona, S.G.; Bono, L.; Daghetta, L.; Marone, P. 2001. Bactericidal activity of *Pistacia lentiscus* gum mastic against *Helicobacter pylori*, The American Journal of Gastroenterology , 96(9), S49.

Bourgaud F., Gravot A., Milesi S., Gontier E., 2001. Production of plant secondary metabolites : à historical perspective. Plant Science. 161: 839-851. Kar A., 2007. Pharmacognosy and Pharma biotechnologie ; 2éme Ed : New Age International Publishers. pp. 1-30.

BOUCHOUKA El mouloud .2009.Extraction des polyphénols et étude des activités antioxydante et antibactérienne de quelques plantes Sahariennes. Thèse présentée en vue de l'obtention d'un diplôme de doctorat en science. UNIVERSITE BADJI MOKHTAR –ANNABA.

Bohui Pacôme Serge Gouegoui , Augustin Amissa Adima¹, Florence Bobelé Niamké¹, Jean David N'Guessan² (2018). Etude comparative de trois méthodes d'extraction des flavonoïdes totaux à partir des feuilles de plantes médicinales : *Azadirachta indica* et *Psidium guajava*. Journal de la Société Ouest-Africaine de Chimie, 046 : 50 – 58.

BOUNIHI Amina.2016. Criblage phytochimique, Étude Toxicologique et Valorisation Pharmacologique de *Melissa officinalis* et de *Mentha rotundifolia* (Lamiacées) THÈSE DE DOCTORAT NATIONAL UNIVERSITÉ MOHAMMED V FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE RABAT.

Bouyahya, A., Chadon Assemian, I. C., Mouzount, H., Bourais, I., Et-Touys, A., Fellah, H., ... Bakri, Y. (2019). Could volatile compounds from leaves and fruits of *Pistacia lentiscus* constitute a novel source of anticancer, antioxidant, antiparasitic and antibacterial drugs? Industrial Crops and Products, 128, 6269. doi:10.1016/j.indcrop.2018.11.001.

Bouyahya, A., Et-Touys, A., Bakri, Y., Ahmed, T., Fellah, H., Abrini, J., Dakka, N., 2017. Chemical composition of *Mentha pulegium* and *Rosmarinus officinalis* essential oils and their antileishmanial, antibacterial and antioxidant activities. Microb. Pathog. 111, 41–49.

Botsaris George , Antia Orphanides, Evgenia Yiannakou, Vassilis Gekas and Vlasios Goulas. 2015. Antioxidant and Antimicrobial Effects of *Pistacia lentiscus* L. Extracts in Pork Sausages. Food Technol. Biotechnol. 53: 472–478.

BOZORGI M., MEMARIANI Z., MOBLI M., HOSSEIN M., SURMAGHI S., SHAMS-ARDEKANI M.R., RAHIMI R. (2013). Five *Pistacia* species (*P. vera*, *P. atlantica*, *P. terebinthus*, *P. khinjuk*, and *P. lentiscus*): a review of their traditional uses, phytochemistry and pharmacology, The ScientificWorld Journal 1-33.

Bruneton J. (1999). Phytochimie. Plantes medicinales. Pharmacognosie. 3eme édition, Paris, France. pp : 125165.

Bruneton J. (2008). Acides phénols. In: Pharmacognosie, phytochimie et plantes médicinales. *Ed: Tec & Doc. Lavoisier, Paris.* pp 198-260.

C

Catier, O., Roux, D. Botanique, Pharmacognosie, Phytothérapie : Cahiers du préparateur en pharmacie. 3^{ème} ed. France : Wolters Kluwer, 2007.

Chen, J. H., et Ho, C. T. (1997). Antioxidant activities of caffeic acids and its related hydrocinnamic acid compounds. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 45, 2374–2378.

Chira K., Such J., Saucier C., Teissèdre L. (2008). Les polyphénols du raisin. Ed :Springer. 6 :75-82.

Collin, S., & Crouzet, J. (2011). Polyphénols et procédés. Edition Lavoisier TEC & DOC, p 5 , 13 , 16 , 235

Crozier A . (2003). Classification and biosynthesis of secondary plant products: an overview. In Plants” Diet and Health”. *Ed. Goldberg.* pp: 27- 48.

Crisp, P. A., Ganguly, D., Eichten, S. R., Borevitz, J. O., & Pogson, B. J. (2016). Reconsidering plant memory: Intersections between stress recovery, RNA turnover, and epigenetics. *Science Advances*, 2(2), e1501340–e1501340.

CYRIL, T. (2001). étude des métabolismes primaires et secondaires de racines transformées de *Catharanthus Roseusen*, vue du développement d'un modèle cinétique, université de Montréal. 28p.

D

DAAYF F. et LATTANZID V. 2008. Recent Advances in Poly phenol Research 1; Ed: WILEY-BLACKWELL; p:1- 24.

D'Archivio M., Filesi C., Di Benedetto R., Gargiulo R., Giovannini C. et Masella R. (2007). Polyphenols, dietary sources and bioavailability. *Annali-dell'Istituto-Superiore-di Sanità*. **43**(4) :348-361.

Derwich, E., Manar, A., Benziane, Z., & Boukir, A. (2010). GC/MS Analysis and *In vitro* Antibacterial Activity of the Essential Oil Isolated from Leaf of *Pistacia lentiscus* Growing in Morocco. *World Applied Sciences Journal*, 8: 1267-1276.

Djideli Saliha, Khennouf Seddik, Ameni Djamila, Baghiani Abdrrahmane, Arrar Lekhmici and Charef Noureddine. 2013. Antioxidant proprieties of *Pistacia lentiscus* L. leaves extracts. *Pharmacognosy Communications*. DOI: 10.5530/pc.2013.2.7.

Dohou, N., Yamni, K., Gmira, N., Idrissi Hassani, L.M. (2003). Screening phytochimique d'une endémique ibéro-marocaine *Thymelaealythroïdes*, *Bull. Soc. Bordeaux*. p142, 61-78.

Druzyńska B., Stepnińska A. et Wolosiak R. (2007). The influence of time and type of solvent on efficiency of the extraction of polyphenols from green tea and antioxidant properties. obtained extracts. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*. **6**: 27-36.

G

Ghada BENSALÉM.(2014).L'HUILE DE LENTISQUE (*Pistacia Lentiscus L.*) DANS L'EST ALGERIEN :CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES ET COMPOSITION EN ACIDES GRAS. Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme Magister en Sciences Alimentaires, option de Technologies Alimentaires. UNIVERSITE CONSTANTINE 1

Ghedira K. (2005). Les flavonoïdes: structures, propriétés biologiques, rôles prophylactiques et emplois en thérapeutique. *Phytothérapie*. **04**: 162-169.

Guignard, J.L., Dupont, F. (2004). Botanique : Systématique moléculaire, 13eme édition. Paris : Masson.

H

HADJ SALEM Jamila, 2009. EXTRACTION, IDENTIFICATION, CARACTERISATION DES ACTIVITES BIOLOGIQUES DE FLAVONOIDES DE *NITRARIA RETUSA* ET SYNTHÈSE DE DERIVES ACYLES DE CES MOLECULES PAR VOIE ENZYMATIQUE.Thèse de doctorat. INSTITUT NATIONAL POLYTECHNIQUE DE LORRAINE.

Hagerman, A.E., Butler, L.G., (2003). Protein precipitation method for quantitative determination of tannins. *J of Agriculture and Food chemistry*, 26: 809-81 issus des alcools: formation de depsides. Thèse de doctorat, soutenue devant l'université de Limoges. Faculté de Pharmacie.

Hakkinen S.H., Karenlampi S.O., Heinonen I.M., Mykkanen H.M., Torronen A.R.. (1999). Content of the flavonols quercetin, myricetin and kaempferol in 25 edible berries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. **47**:2274-2279.

Hamlat, N. et Hassani, A. (2008). Analyse des flavonoïdes présents dans les feuilles du lentisque par les méthodes chromatographiques. Biotech 2008, XIes Journées Scientifiques du réseau « Biotechnologies végétales / Amélioration des plantes et sécurité alimentaire » de l'Agence universitaire de la Francophonie. 30 juin-3 juillet 2008, Agrocampus Rennes, France. Page 46.

Han X.H., Hong S.S., Hwang J.S., Lee M.K., Hwang B.Y., Ro J.S. (2007). Monoamineoxidase inhibitory components from *Cayratia japonica*. *Archives Pharmacal Research*. **30**: 07-13.

Chira K., Such J., Saucier C., Teissèdre L. (2008). Les polyphénols du raisin. *Ed :Springer*. **6** :75-82.

Harrat Mohamed , Nadhir Gourine, Mónica Válega, Artur M. S. Silva, Mohamed Yousf. 2020. Seasonal variability of chemical composition and antioxidant activity of lipids (fatty acids and tocopherols) from the leaves of *Pistacia lentiscus L.* *Journal of Food Measurement and Characterization*.

Hatano, T., Kusuda, M., Inada, K., Ogawa, T.O., Shiota, S., Tsuchiya, T. Yoshida, T., (2005). Effects of tannins and related polyphenols on methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*. *Phytochemistry*, **66**: 2047–2055.

Hertog M.G.L., Hollman P.C.H., Katan M.B. (1992). Content of potentially anticarcinogenic flavonoids of 28 vegetables and 9 fruits commonly consumed in The Netherlands. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. **40**: 2379-2383.

Hertog M.G.L., Hollman P.C.H, Van de Putte B. (1993). Content of potentially anticarcinogenic flavonoids of tea infusions, wines, and fruit juices. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. **41**: 1242-1246.

I

Igor Passi L.B.; (2002). Etude des activités biologiques de Fagara zanthoxylo des Lamiacées. Thèse pharmacie pour obtenir le grade de Doctorat en pharmacie (Diplôme d'Etat), Bamako-Mali.

J

Jean-Yves CHABRIER, 2010 PLANTES MÉDICINALES ET FORMES PLANTES MÉDICINALES ET FORMES D'UTILISATION EN PHYTOTHÉRAPIE D'UTILISATION EN PHYTOTHÉRAPIE TOTHÉRAPIE, Diplôme d'Etat de Docteur en Pharmacie, UNIVERSITE HENRI POINCARÉ - NANCY 1.

JUDD W.S., CAMPBELL C.S., KELLOGG E.A. et STEVENS P. 2002. Botanique Systématique: une perspective phylogénétique; Ed 1: DEBOECK; p: 84-336.

K

Kansole M.M.R., (2009). Etude ethnobotanique, phytochimique et activités biologiques de quelques Lamiaceae du Burkinafaso : cas de *Leucas Martinicensis* (Jacquin) R. Brown, *HOSLUNDIA OPPOSITA* Vahl ET *ORTHOSIPHON PALLIDUS* Royle ex Benth. Diplôme d'Etudes Approfondies, Université de Ouagadougou.

KAR A., 2007. Pharmacognosy and Pharmabiotechnologie. Ed 2: NEW AGE INTERNATIONAL PUBLISHERS; p: 1-30.

KARUMI, Yagana, ONYEYILI, P. A., et OGUGBUAJA, V. O. Identification of active principles of *M. balsamina* (Balsam Apple) leaf extract. *J Med Sci*, 2004, vol. 4, no 3, p. 179- 182.

Khanbabaee, K. and Ree, T. V. (2001). Tannins: Classification and definition. *Natural Product*, 18: 641-649.

Khiari Mohamed, Kechrid Zine, Klibet Fahima, Elfeki Abdelfattahc, Shaarani Md. Sharifudind, Krishnaiah Duduku.(2018). NiO nanoparticles induce cytotoxicity mediated through ROS generation and impairing the antioxidant defense in the human lung epithelial cells (A549): Preventive effect of *Pistacia lentiscus* essential oil. *Toxicology Reports*, 5, 480–488. doi:10.1016/j.toxrep.2018.03.012.

Koutsoudaki, C.; Krsek, M.; Rodger A. Chemical Composition and Antibacterial Activity of the Essential Oil and the Gum of *Pistacia lentiscus* Var. chia *J. Agric. Food Chem.*, 2005, 53(20), 7681-7685.

Kottakis, F.; Lamari, F.; Matragkou, Ch.; Zachariadis, G.; Karamanos, N.; Choli-Papadopoulou, T. Arabino-Galactan Proteins from *Pistacia lentiscus* var. chia: isolation, characterization and biological function, *Amino Acids*, 2008, 34, 413-420.

Krief, S. (2003). Métabolites secondaires des plantes et comportement animal, thèse doctorat, muséum national d'histoire naturelle. 32p.

L

Lanfranchi, Fr. (de), Bui, ThiMaï et Girard M., (1999). La fabrication d'huile de Lentisque (listincu ou Chessa) en Sardaigne. JATBA, Revue d'ethnobiologie, , 41 (2), 81-100.

Lautrette S. 2004. Utilisation des fibres de carbone activé comme catalyseurs de O- et N-glycosylation : Application à la synthèse d'analogues de saponines et de nucléosides. Thèse de doctorat en Chimie appliquée. Limoges.

M

Magiatis, P.; Melliou, E.; Skaltsounis, A.-L.; Chinou, I.B.; Mitaku, S. Chemical composition and antimicrobial activity of the essential oils of *Pistacia lentiscus* var. Chia, *Planta Medica*, 1999, 65(8), 749-752.

MAKKAR H.P.S., SIDDHURAJU P. et BECKER K. 2007. Plant Secondary Metabolites, *Methods in Molecular Biology* 393; Ed: HUMANA PRESS; p: 67-111.

Malec, L.S., Pomilio, A.B. (2003). Herbivory effects on the chemical constituents of *Bromuspictus*, *Molecular Medicinal Chemistry*.1, 30-38.

MAMADOU A - Etude phytochimique et de l'activité antipaludique in vivo et in vitro de *Momordica balsamina* Linn. (Cucurbitaceae) - thèse de doctorat. Université de BAMAKO. MALI. 2005.

Manach C., Scalbert A., Morand C., Remesy C., Jimenez L. (2004). Polyphenols: food sources and bioavailability. *American Journal of Clinical Nutrition*. 79: 727-747.

Marone, P.; Bono, L.; Leoane, E.; Bona, S.; Carretto, E.; Perversi, L. Bactericidal activity of *Pistacia lentiscus* mastic gum against *Helicobacter pylori*, *Journal of Chemotherapy*, 2001, 13(6), 611-4.

Martin S. et Andriantsitohaina R. (2002). Cellular mechanism of vasculo-protection induced by polyphenols on the endothelium. *Annales de Cardiologie et d'Angiologie*. **51**: 304-315.

Martinez C., Yanez J., Vicente V., Alcaraz M., Benavente-Garcia O., Castillo J., Lorente J., Lozano J. A. (2003). Effects of several polyhydroxylated flavonoids on the growth of B16F10 melanoma and Melan-a melanocyte cell lines: influence of the sequential oxidation state of the flavonoid skeleton. *Melanoma Res.*, 13, 3-9.

MAURO, N. M. (2006). Synthèse d'alcaloïdes biologiquement actifs : la (+)-anatoxine-a et la (±)-camptothécine, thèse doctorat, l'université Joseph Fourier Grenoble, p13, 16-28.

Mitcheh A, (1986). Tous les Arbres de nos Forêts, édition Bordas, p 319.

Mompon B., Lemaire B., Mengal P. et Surbel D. (1996). Extraction des polyphénols : du laboratoire à la production industrielle. IN « Polyphénols 96 ». *Ed INRA.* 31-35.

N

Naczka, M., and Shahidi F. (2004). Extraction and analysis of phenolics in food. *J of Chromatography A*, 1054: 95–111.

Narayana K. R., Reddy M. S., Chaluvadi M. R. et Krishna D. R. 2001. Bioflavonoids classification, pharmacological, biochemical effects and therapeutic potential. *Indian journal of pharmacology.*, 33 : 2-16.

O

Omulokoli E, Khan B, Chabra SC (1997). Anti-plasmodial Activity of four Kenyan Medicinal Plants. *J. Ethnolopharmacol.*, 56: 133-137.

P

Papastergiou, V., Georgopoulos, S.D., Karatapanis, S., 2014. Treatment of Helicobacter pylori infection: Meeting the challenge of antimicrobial resistance. *World J. Gastroenterol.* 20, 9898–9911.

Paraschos, S.; Magiatis, P.; Gousia, P.; Economou, V.; Sakkas, H.; Papadopoulou, C.; Skaltsounis, A.-L. Chemical investigation and antimicrobial properties of mastic water and its major constituents. *Food Chemistry*, 2011, 129,907–911.

Q

Quezel P. et Santa S., (1962) Nouvelle Flore d'Algérie et des Régions Désertiques Méridionales, Tome I, Centre Nationale de la Recherche Scientifique, p 611.

Quezel P. et Santa S., (1962-1993). Nouvelle Flore de l'Algérie et des régions désertiques Méridionales. Paris C.N.R.S., 2 volumes. 1170p.

Quézel P., (2000). Réflexions sur l'évolution de la flore et de la végétation au Maghreb méditerranéen. Ed. Ibis. Presse. Paris. Pp : 13-117.

R

Rameau, J-c., Mansion, D., Dumé, G., Gauberville, C., Bardat, J., Bruno, E. et R.Keller. (2008). Flore forestière française, Guide écologique illustré vol.3 région Méditerranéen. 2426p.

Rauf, A., Patel, S., Uddin, G., Siddiqui, B. S., Ahmad, B., Muhammad, N., ... Hadda, T. B. (2017). *Phytochemical, ethnomedicinal uses and pharmacological profile of genus Pistacia. Biomedicine & Pharmacotherapy, 86, 393–404. doi:10.1016/j.biopha.2016.12.017*

Reed, J. D. (1995). Nutritional Toxicology of Tannins and Related Polyphenols in Forage Legumes. *J Animal Science, 73:1516-1528.*

Richter G. (1993). Composés phénoliques in Métabolisme des végétaux: physiologie et biochimie. *Ed Presse polytechnique et universitaire romande. pp: 317-339.*

S

Sarni-Manchado, P ; Cheynier, V. 2006. les polyphénols en agroalimentaire, Tec et Doc Lavoisier-Paris.

Scalbert, A., Morand, C., Manach, C., and Remesy, C. (2002). Absorption and metabolism of polyphenols in the gut and impact on health. *Biomed. Pharmacother. 56:276-282.*

Skerget M., Kotnik P., Hadolin B., Hras A.-R., Simonic M. et Knez Z. (2005). Phenols, proanthocyanidines, flavones and flavonols in some plant materials and their antioxidant activities. *Food Chemistry*. **89**: 191-198.

T

Tahiri O. (2008). Caractérisation de l'activité anti-bactérienne des extraits de *Pistacia lentiscus* et de *Fraxinus angustifolia*, Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de MAGISTER En Biologie Moléculaire. Université A. MIRA de Bejaia.

Topçu, G., Ay, M., Bilici, A., Sarikurkcü, C., Oztürk, M., & Ulubelen, A. (2007). A new flavone from antioxidant extracts of *Pistacia terebinthus*. *Food Chemistry*, 103, 816–822.

V

Vaya, J., & Mahmood, S. (2006). Flavonoid content in leaf extracts of the fig (*Ficus carica* L.), carob (*Ceratonia siliqua* L.) and pistachio (*Pistacia lentiscus* L.). *BioFactors*, 28(3-4), 169–175.

W

W –Erdman J., Balentine J. D., Arab L., Beecher G., Dwyer J. T., Folts J., Harnly., Hollman J. P., L –Keen C., Mazza G., Messina M., Scalbert A., Vita J., WilliamsonG. et Burrowes J. 2007. Flavonoids and heart health : Proceeding of the ILSI North America flavonoids workshop, may 31-june 1, 2005, Washington. *Journal of Nutrition.*, 137 (3 supp 1) : 718 s-737 s.

Wichtl, M., Anton, R. (2003). *Plantes thérapeutiques – Tradition, pratique officinale, science et thérapeutique*, 2ème édition, Ed. TEC & DO

Z

Zitouni Amel , Belyagoubi-Benhammou Nabila, Ghembaza Nacéra, Toul Fethi, AtikBekkara Fawzia.2016. Assessment of Phytochemical Composition and Antioxidant Properties of Extracts from the Leaf, Stem, Fruit and Root of *Pistacia lentiscus* L. *International Journal of Pharmacognosy and Phytochemical Research* 2016; 8(4); 627-633.