

UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE
DEPARTEMENT DES SCIENCES BIOLOGIQUES



**Mémoire En vue de l'obtention du diplôme de
MASTER ACADEMIQUE**

Domaine: Sciences de la Nature et de la Vie

Filière: Sciences Biologiques

Spécialité: Biotechnologie Végétale

Thème

**Etude rétrospective sur les activités antioxydante et
antimicrobienne des extraits issus de deux plantes
médicinales de la famille de Lythraceae**

Présenté par: M^{elle} GOUARAH Nadjat et M^{elle} GHOUL Wissam

Soutenu publiquement le : 29 /09/2020

Devant le jury:

M ^{me} OULD EL HADJ-KHELIL Aminata	Professeur	Présidente	U.K.M. OUARGLA
M ^{elle} HADJADJ Soumia	M.C.A.	Encadreur	U.K.M. OUARGLA
M ^{me} HAMMOUDI Roukaia	M.C.A.	Examineur	U.K.M. OUARGLA

Année Universitaire:2019/2020

Remerciements

Nous remercions ALLAH le tout puissant de nous avoir donné le privilège et la chance d'étudier et de suivre le chemin de Master Biotechnologie Végétale

Nous exprimons nos profonds remerciements à notre encadreur Melle. HADJADJ Soumia, Maître de conférences A au Département des Sciences Biologiques, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université KASDI Merbah Ouargla, pour l'aide compétente qui nous a été apportée, pour sa patience et ses encouragements. Pour sa présence et sa disponibilité permanente, pour ses conseils et son soutien, et pour nous apporter fourni ses idées nécessaires à ce travail.

Nous exprimions également nous plus vifs remerciements à:

Mme OULD EL HADJ-KHELIL Aminata, Professeur au Département des Sciences Biologiques de la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie à l'Université KASDI Merbah-Ouargla d'avoir assuré la présidence du jury.

Melle HAMMOUDI Roukaiia, Maître de conférences A au Département des Sciences Biologiques, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université KASDI Merbah Ouargla, pour avoir accepté d'examiner notre travail.

Nous remercions aussi tous nos professeurs pour leurs efforts considérables et toutes les personnes qui sont participées de près ou de loin pour la réalisation de ce travail

Nous remercions nos familles et nos amis qui nous ont toujours soutenues et à tout ce qui participe à réaliser ce mémoire.

NADJET et WISSAM

Liste des figures

Figure	Titre	Page
1	Structure chimique d'acide hydroxybenzoïque (Loke <i>et al.</i> , 2009).	6
2	Structure chimique d'acide hydroxycinnamique (Janique <i>et al.</i> , 2015)	6
3	Structure de base des flavonoïdes (Bruneton, 1999).	7
4	Structure chimique des flavan-3-ols (Pascale <i>et al.</i> , 1988).	9
5	Structure chimique de tanins galliques (Ann, 2010).	10
6	Structure chimique des tanins ellagiques (Sepúlveda <i>et al.</i> , 2011).	10
7	Structure chimique de stilbène (Tava <i>et al.</i> , 2018).	11
8	Structure chimique des coumarines (Gomez, 2019).	11
9	Structures chimiques de lignines (Mandeep <i>et al.</i> , 2010).	12
10	<i>Punica granatum</i> L.	15
11	<i>Lawsonia inermis</i> L.	16
12	Fréquence d'utilisation des divers organes dans les travaux antérieurs portés sur la potentialité antioxydante de <i>L. inermis</i> et <i>P. granatum</i>	21
13	Répartition des modes de préparation (A) et des solvants (B) utilisés pour l'extraction des antioxydants dans les travaux antérieurs sur <i>L. inermis</i> et <i>P. granatum</i>	22
14	Fréquence d'utilisation des divers organes dans les travaux antérieurs portés sur la potentialité antimicrobienne de <i>L. inermis</i> et <i>P. granatum</i>	32
15	Répartition des modes de préparation (A) et des solvants (B) utilisés pour l'extraction des antimicrobiens dans les travaux antérieurs sur <i>L. inermis</i> et <i>P. granatum</i>	33

Liste des tableaux

Tableau	Titre	Page
I	Principales classes des flavonoïdes (Narayana et al., 2001 ; Erdman et al., 2007 in Zeghad, 2009).	8
II	Récapitulatif des données des recherches antérieures sur l'activité antioxydante des extraits issus de <i>L. inermis</i> L.	16
III	Récapitulatif des données des recherches antérieures sur l'activité antioxydante des extraits issus de <i>P. granatum</i> L.	18
IV	Récapitulatif des données des recherches antérieures sur l'activité antimicrobienne des extraits issus de <i>L. inermis</i> L.	26
V	Récapitulatif des données des recherches antérieures sur l'activité antimicrobienne des extraits issus de <i>P. granatum</i> L.	28

Table des matières

Remerciements

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction 2

Synthèse bibliographique

I. Généralités sur les principes actifs des plantes potentiellement bioactives	4
I.1. Alcaloïdes	4
I.2. Terpènes	4
I.3. Composés phénoliques	5
I.3.1. Acides phénoliques	5
I.3.2. Flavonoïdes	6
I.3.2.1. Principales classes des flavonoïdes	6
I.3.3. Tanins	6
I.3.3.1. Tanins condensés	7
I.3.3.2. Tanins hydrolysables	8
I.3.4. Stilbènes	9
I.3.5. Coumarines	10
I.3.6. Lignines	10
II-Activités biologiques	11
II.1. Activité Antioxydante	11
II.1.1. Polyphénols	11
II.1.2. Flavonoïdes	12
II.1.3. Tanins	12
II.2. Activité antimicrobienne	12
II.2.1. Flavonoïdes	12
II.2.2. Tanins	13
III. Généralité sur les plantes étudiées	13
III.1. <i>Punica granatum</i> L.	13
III.1.1. Description botanique	13

III.1.2. Classification botanique	13
III.1.3. Utilisations thérapeutiques	14
III.2. <i>Lawsonia inermis</i> L.	14
III.2.1. Distribution botanique	14
III.2.2. Classification botanique	14
III.2.3. Utilisations thérapeutiques	15
IV. Analyse des données des travaux antérieurs sur l'activité antioxydante des extraits issus de <i>L. inermis</i> et <i>P. granatum</i>	15
V. Analyse des données des travaux antérieurs sur l'activité antimicrobienne des extraits issus de <i>L. inermis</i> et <i>P. granatum</i>	25
Conclusion	37
Références bibliographiques	40
Résumés	48

INTRODUCTION

Les plantes ont été employées des siècles comme remèdes pour les maladies humaines grâce à leur capacité de synthétiser des différentes molécules organiques de valeur thérapeutiques nommes "métabolites secondaires". Ces métabolites se trouvent exprimés en diverses combinaisons dans différentes parties de la plante (feuilles, racines, pousses, écorces,...) à différents stades de croissance (graines, plantule, arbre mature) sous différentes pressions environnementales (microbes envahissants, herbivores,...) (Bhatia, 2016).

Les métabolites secondaires ne sont pas essentiels pour la croissance et le développement des plantes. Mais, ils sont nécessaires à la survie des plantes dans un environnement défavorable, jouent un rôle dans l'attraction du pollinisateur, l'interaction avec les microorganismes symbiotiques et la tolérance aux parasites et aux discales. ils participent également au mécanisme de tolérance au gel hivernal, au renforcement structurel et à la photoprotection (Verporte et al., 2002 ; Singer et al ., 2003).

Selon leur origine de biosynthèse, les métabolites secondaires ont été classés en trois catégories ; les terpénoïdes, les alcaloïdes et les composés phénoliques (Hota, 2007). Ces molécules sont importantes pour leurs effets améliorant la santé et les activités de prévention des maladies telles que les propriétés antioxydantes et antimicrobiennes,... Par exemple; les terpènes sont utilisés comme antimicrobiens (terpène pentacyclique et acide arjunolique) et anticancéreux (taxol, bléomycine) (Sangwan et al., 2001). En raison de ces propriétés, ces molécules sont utilisées comme produits chimiques fins tels que les médicaments, les arômes, les colorants, les parfums et les insecticides (Sangwan et al., 2018).

L'industrie pharmaceutique moderne elle-même s'appuie encore largement sur la diversité des métabolites secondaires pour trouver de nouvelles molécules aux propriétés biologiques inédites. L'Algérie est le plus grand pays riverain de la Méditerranée. il est reconnu par sa diversité variétale en plantes médicinales et aromatiques, donc une source de matière médicale riche et abondante, représentée par 3000 espèces (Cheriti *et al.*, 2006, Saad *et al.*, 2006, Cheriti *et al.*, 2012, Hélène et al., 2016). La richesse de la flore algérienne en plantes médicinales et aromatiques est incontestable. Leur utilisation dans la médecine traditionnelle sollicite l'intérêt récent des études scientifiques (Basli et al, 2012).

C'est dans ce contexte et dans le but d'exploration des potentialités biologiques des plantes médicinales. La présente étude porte sur une synthèse des travaux antérieurs des potentialités biologiques des principes actifs issus de deux plantes médicinales, *Punica granatum* L. et *Lawsonia inermis* L.

SYNTHÈSE
BIBLIOGRAPHIQUE

I. Généralités sur les principes actifs des plantes potentiellement bioactives

Les plantes possèdent des métabolites dits «secondaires» par opposition aux métabolites primaires, qui sont les protéines, les glucides et les lipides (Krief, 2003), sont des composés qui ne sont pas nécessaires pour une cellule à vivre, mais joue un rôle dans la protection des plantes contre les stress biotiques ou abiotiques (Hussein et El-anssary, 2018). Ils sont regroupés en trois classes chimiques sur la base de leurs origines biosynthétiques et caractéristiques structurales ; les alcaloïdes qui contiennent un ou plusieurs atomes d'azote (souvent inclus dans un hétérocycle), sont généralement dérivés des aminoacides (Aniszewski, 2007 ; Evans, 2009), les terpènes sont tous dérivés d'un simple précurseur à cinq atomes de carbone isopentényl-pyrophosphate (Lamarti, 1994) et les composés phénoliques, avec plus de 8000 structures connues, constituent le groupe de métabolites le plus large et le plus répandu du règne végétal (Martin et Andriantsitohaina, 2002).

I.1. Alcaloïdes

Les alcaloïdes figurent parmi les principes actifs les plus importants en pharmacologie et en médecine (Guinard, 2000), ce sont des substances organiques azotées à propriétés basiques. Certains alcaloïdes dérivent soit d'acides aminés et qui contiennent un hétérocycle azoté sont dites alcaloïdes vrais, soit des amines simples mais dont l'azote ne fait pas partie d'un hétérocycle sont dits proto-alcaloïdes. D'autres alcaloïdes qui ne sont pas dérivés d'acides aminés, sont des amines simples où l'atome d'azote n'est pas inclus dans un système hétérocyclique, sont dits pseudo-alcaloïdes (Bruneton, 1993 ; Bakasso , 2009 ; Evans, 2009 ; Madani, 2017).

I.2. Terpènes

Les terpènes sont tous dérivés d'un simple précurseur à cinq atomes de carbone isopentényl- pyrophosphosphate, d'où le nom d'isoprénoïdes est lequel on les désigne également (Lamarti, 1994). Les terpènes sont issus de la condensation "tête-à-queue " d'un nombre variable d'unités isopréniques (Brunton, 1999).

I.3. Composés phénoliques

L'appellation polyphénols ou composés phénoliques désigne un vaste ensemble de substances aux structures variées qu'il est difficile de définir simplement, qui ont tous en commun la présence d'au moins un cycle aromatique à 6 carbones (cycle benzénique) portant une ou plusieurs fonctions hydroxyles (OH) (Urquiaga et Leighton, 2000 ; Hennebelle et al., 2004). Les polyphénols avec 8000 composés connus, représentent un groupe de métabolites secondaires complexes, exclusivement synthétisées dans le règne végétal (Collin et al., 2011) et sont présents dans toutes les parties de la plante (Lugasi et al., 2003). Ils se répartissent en une dizaine de classes chimiques, depuis les molécules simples (acides phénoliques) vers les molécules les plus hautement polymérisées (tanins condensés) (Macheix et al., 2005).

I.3.1. Acides phénoliques

Un acide-phénol ou acide phénolique est un composé organique possédant au moins une fonction carboxylique et un hydroxyle phénolique (Ignat *et al.*, 2011). Ils sont représentés par deux sous-classes, les acides hydroxybenzoïques et les acides hydroxycinnamiques (figure 1 et 2) (Sahli, 2017).

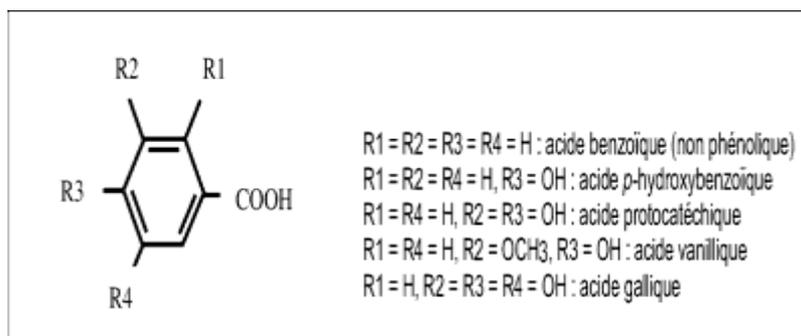
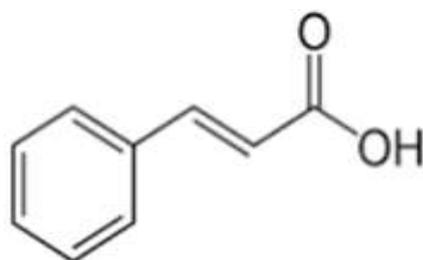


Figure 1: Structure chimique d'acide hydroxybenzoïque (Loke *et al.*, 2009).



R1=R2=R3=H acide cinnamique (non phénolique)
R1=R3=H,R2=OH acide *p*-coumarique
R1=R2=OH,R3=H acide caféique
R1=OCH₃,R2=OH,R3=H acide férulique
R1=R3=OCH₃,R2=OH acide sinapique

Figure 2: Structure chimique d'acide hydroxycinnamique (Vandal *et al.*, 2015).

I.3.2. Flavonoïdes

Le terme « flavonoïde » est dû à leur couleur jaune (flavus en latin) qu'ils engendrent de coloration; au-delà de la chlorophylle, des caroténoïdes et des bêtaines (Wilson, 1987). Ils sont considérés comme des pigments quasi universels des végétaux, souvent responsables de la coloration des fleurs et des fruits (Ghestem et al., 2001). Ces composés représentent le groupe de composés phénoliques le plus diversifié avec plus de 4000 flavonoïdes ont déjà été identifiés (Akroum, 2011).

Les flavonoïdes sont formés d'un squelette à 15 atomes de carbone (C₆-C₃-C₆), correspondant à la structure du diphenylpropane (figure 3) (Collin *et al.*, 2011), on les trouve d'une manière très générale dans toutes les plantes vasculaires où ils peuvent être localisés dans divers organes ; racines, tiges, bois, cuticule foliaire et dans les cellules épidermiques des feuilles (Marfak, 2003 ; Hadi, 2004).

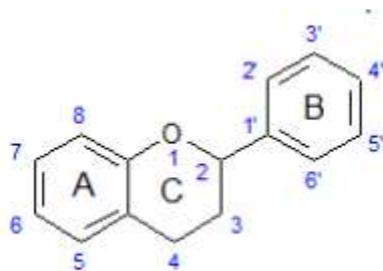


Figure 3: Structure de base des flavonoïdes (Bruneton, 1999).

I.3.2.1. Principales classes des flavonoïdes

Ces molécules se divisent en plusieurs classes (les flavanones, les flavonols, les flavones, les flavanols, les isoflavones et les anthocyanes) qui se distinguent par une diversité fonctionnelle au niveau des positions 2, 3 et 4 du cycle C (tableau I) (Bouakaz, 2006).

I.3.3. Tanins

On appelle communément "tanins" des substances d'origine végétale de saveur astringente, non azotées, de structure polyphénolique, soluble dans l'eau, l'alcool, l'acétone et peu soluble dans l'éther (Paris et Moys, 1976). Les tanins sont des polyphénols qui l'on trouve dans des nombreux végétaux tels que les écorces d'arbres et les fruits, leur structure complexe est formée d'unités répétitives

monomériques (flavan-3-ols) qui varie par leurs centres asymétriques, leur degré d'oxydation (Hemingway, 1992). Les tanins sont divisés en deux groupes.

Tableau I : Principales classes des flavonoïdes (Narayana et al., 2001 ; Erdman et al., 2007 in Zeghad, 2009).

Classes	Structure chimique	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		R5	R7	R4'	
		OH	OH	OH	Genisteine
		H	O-Glu	OH	Daidzeine

I.3.3.1. Tanins condensés

Les tanins condensés, appelés aussi pro-anthocyanidines, sont largement répandus dans l'alimentation humaine (fruits, légumes, thé, dattes, ...). Ce sont des oligomères ou

polymères de flavan-3-ols qui ont la propriété de libérer des anthocyanes en milieu acide à chaud par rupture de la liaison inter-monomérique (Porter et al., 1986).

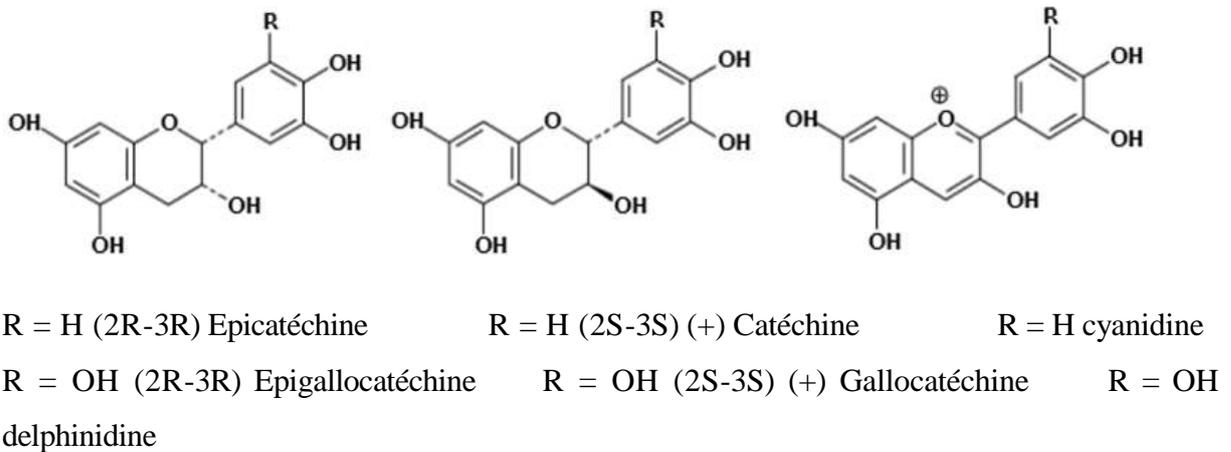


Figure 4: Structure chimique des flavan-3-ols (Pascale *et al.*, 1988).

I.3.3.2. Tanins hydrolysables

Les tanins hydrolysables sont des esters des glucides ou d'acides phénols, ou de dérivées d'acides phénols ; la molécule glucidique est en général de glucose, mais dans certains cas des polysaccharides. Ces tanins en raison de leurs nombreux groupements OH se dissolvent plus ou moins (en fonction de leur poids moléculaire) dans l'eau, en forment des solutions colloïdales (Guignard, 1996).

Selon la nature de l'acide phénol on distingue :

- **Tanins galliques ou gallo-tanins** : Ils donnent par hydrolyse des oses et de l'acide gallique (figure 05) (Paris et Hurabielle, 1981).

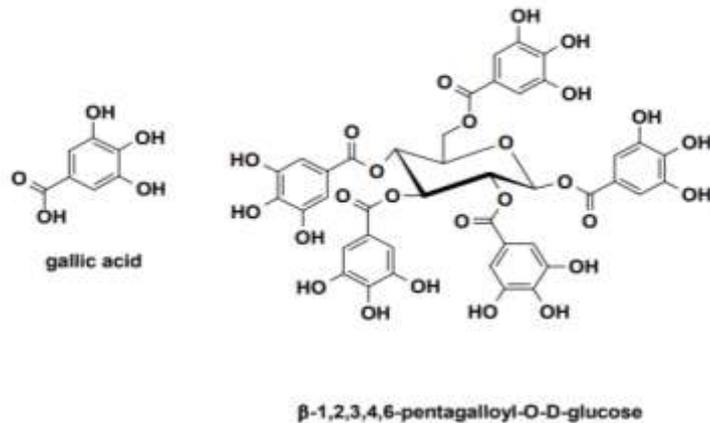


Figure 5: Structure chimique de tanins galliques (Ann, 2010).

-**Tanins ellagiques ou ellagi-tanins** : Ils sont scindés par les enzymes en oses et en acide ellagique (figure 06) (Paris et Hurabielle, 1981).

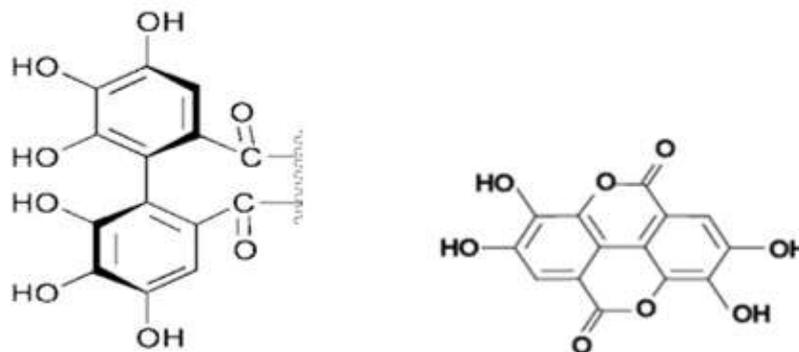


Figure 6 : Structure chimique des tanins ellagiques (Sepúlveda *et al.*, 2011).

I.3.4. Stilbènes

Les stilbènes sont des phytoalexines, composés produit par les plantes en réponse à l'attaque par les microbes pathogènes fongiques, bactéries et viraux (Crozier *et al.*, 2006) et qui ont une structure en C6-C2-C6 ; deux cycles benzéniques sont reliés par deux carbones, eux-mêmes unis par une double liaison (figure 07) (Lambert, 2011).

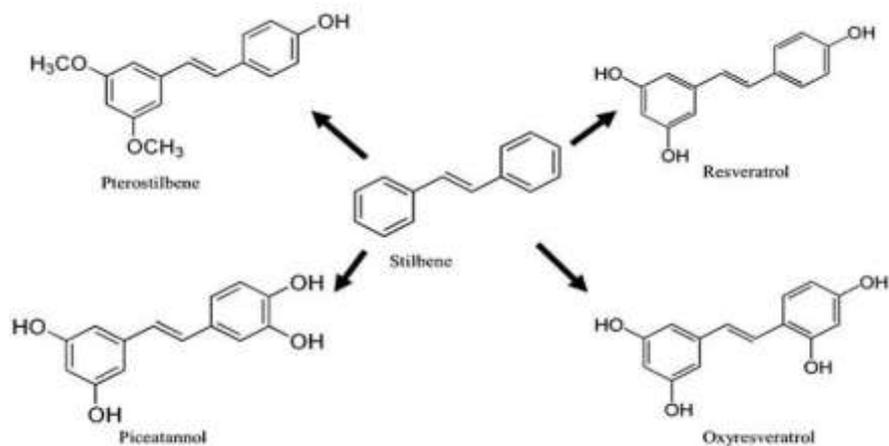


Figure 7: Structure chimique de stilbène (Tava et al., 2018).

I.3.5. Coumarines

Les coumarines sont des 2H-1-benzopyran-2-ones que l'on peut considérer, en première approximation comme étant les lactones des acides 2-hydroxy-z-cinnamiques (Bruneton, 2009). Ils sont capables de prévenir la peroxydation des lipides membranaires et de capter les radicaux hydroxyles, superoxydes et peroxydes (figure 08) (Igor, 2002).

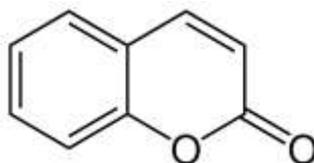
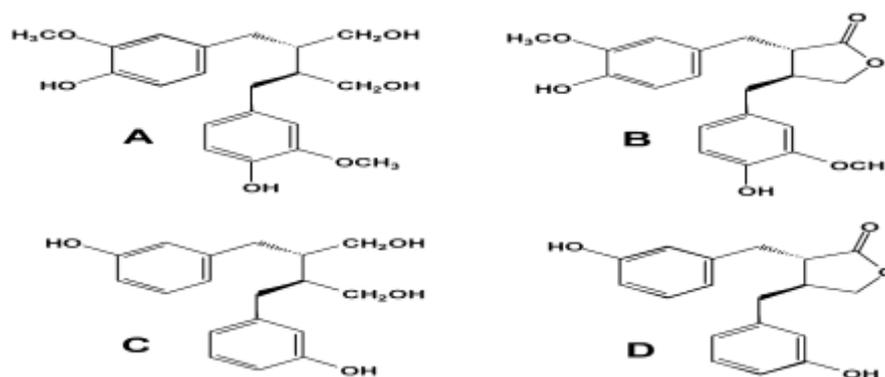


Figure 8: Structure chimique des coumarines (Gomez, 2019).

I.3.6. Lignines

Lignine est le terme générique d'un vaste groupe de polymères aromatiques (Jean_Luc, 2010), principales composantes du bois avec la cellulose et l'hémicellulose, leurs principales fonctions sont d'apporter la rigidité, une imperméabilité à l'eau et une grande résistance à la décomposition (figure 09) (Martone et al., 2009).



A : Plant lignans, B: atairesinol, C: Mammalian lignans enterodiol et D:Enterolactone

Figure 9: Structures chimiques de lignines (Mandeep et al., 2010).

II-Activités biologiques

Les métabolites secondaires sont largement connus pour leur potentiel antioxydant, mais également pour leur pouvoir antimicrobien qui couvre un large éventail de pathogènes qui touchent la santé humaine et celle du végétal (Sahli, 2017).

II.1. Activité Antioxydante

II.1.1. Polyphénols

Les polyphénols ont une multitude d'activités biologiques dépendant de leur structure chimique. Ils constituent une importante famille d'antioxydants dans les plantes, les fruits et les légumes,... Ils sont capables de piéger les radicaux libres générés en permanence par notre organisme ou formés en réponse à des agressions de notre environnement (cigarette, polluants, infections...) par réaction d'addition covalente, réduction de radicaux ou par complexation d'ions et de métaux de transition (Markaoui, 2010). Contrairement aux antioxydantes synthétiques comme le butylhydroxyanisole (BHA) et le butylhydroxytoluène (BHT), les polyphénols, antioxydants d'origine naturelle n'ont aucun effet nuisible sur la santé humaine semblent contribuer de manière significative à la prévention des maladies telles que le cancer ou encore des maladies cardio-vasculaires (Diallo, 2005)

II.1.2. Flavonoïdes

Les flavonoïdes sont reconnus pour leurs propriétés antioxydantes, ils sont susceptibles de réagir avec la plupart des espèces réactives oxygénées (Fuhrman et al., 1995). Les relations structure- activité antioxydante des flavonoïdes et des composés phénoliques ont montré que l'activité antioxydante était déterminée par la position et le degré d'hydroxylation (Igor, 2002).

II.1.3. Tanins

Les tanins inhibent la peroxydation lipidique, ce sont des piègeurs de radicaux libres, des inhibiteurs de la formation de l'ion superoxyde (Bruneton, 1993). Ce sont des donneurs de protons aux radicaux libres lipidiques produits au cours de la peroxydation. Des radicaux tanniques plus stables sont alors formés, ce qui a pour conséquence de stopper la réaction en chaîne de l'auto-oxydation des lipides (Cavin, 1999).

II.2. Activité antimicrobienne

Les plantes synthétisent de manière constitutive ou induite une multitude des molécules antimicrobiennes, d'où l'intérêt de la recherche et le développement de la phytothérapie (Zaarour, 2015).

II.2.1. Flavonoïdes

Les propriétés antimicrobiennes des flavonoïdes *vis-à-vis* de différents microorganismes pathogènes ont été mises en évidence. des extraits des plantes et beaucoup d'autres préparations phytochimiques riches en flavonoïdes ont été rapportés posséder une activité antimicrobienne (Chetibi et al., 2016). Le mécanisme d'action des flavonoïdes sur les microorganismes demeure encore imprécis, certaines études ont commencé à donner un début d'explication de leur activité antibactérienne en citant des exemples bien explicites ; comme celui de la quercétine censée agir sur l'ADN gyrase d'*Escherichia coli* (Dadi et al. 2009). L'étude de l'activité antibactérienne de certains esters de flavonoïdes a été rapportée par Suresh Babu et al. (2005) qui ont montré que l'acylation du groupe 7-OH de l'oroxyline (augmentait significativement son activité antibactérienne *vis-à-vis* d'une gamme de bactéries Gram- (*Chromobacterium violaceum* (MTCC 2656), *Klebsiella aerogenes* (MTCC 39) et *Pseudomonas aeruginosa* (MTCC 741) et Gram+ (*Bacillus subtilis* (MTCC 441), *Bacillus sphaericus* (MTCC 11) et *Staphylococcus aureus* (MTCC 96)).

II.2.2. Tanins

Les tanins galloyllés ont montré un grand spectre d'activité antibactérienne (Bruyne et al., 1999). Par ailleurs, l'activité bactériostatique de ces molécules a été également rapportée sur différentes bactéries, *Bacillus anthracis*, *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus aureus*, *Clostridium bolulinum* (Chung et al., 1998).

III. Généralité sur les plantes étudiées

III.1. *Punica granatum* L.

III.1.1. Description botanique

Le grenadier « *Punica granatum* L. » appelé en arabe (الرمان). C'est un petit arbre ou un grand arbuste (2 à 7 m de hauteur). Le tronc est recouvert d'une mince écorce grise ; se ramifie irrégulièrement en branches plus ou moins épineuses et hérissées, portant des feuilles caduques et lancéolées en spirales (Boussalah, 2010). Le fruit du grenadier, la grenade, est une baie ronde, cortiquée, c'est-à-dire à épicarpe cutinisé et dur, de la taille d'une pomme ou d'une orange, de 2 à 12 cm de diamètre. Ce fruit, très coloré, généralement de couleur rouge vif, peut, selon les variétés, avoir une peau de teinte blanc jaunâtre, ou jaune foncé marbré de rouge ou encore violet très foncé (Wald, 2009).

III.1.2. Classification botanique

D'après Clay *et al.* (1987) et Chengaiah *et al.* (2012), la classification botanique de *P. granatum* L. est la suivante :

Règne : Plantae

Division : Magnoliophyta

Classe : Magnoliopsida

Sous-classe : Rosidae

Ordre : Myrtales

Famille : Lythraceae

Genre : *Punica*

Espèce : *Punica granatum* L.



Figure 10: *Punica granatum* L.

III.1.3. Utilisations thérapeutiques

La grenade est aujourd'hui proposée comme adjuvant dans la prise en charge de certaines pathologies comme les maladies cardiovasculaires, le diabète et certains cancers. Sa richesse en polyphénols lui attribuait un vrai statut nutritionnel et médicinal (Kaci_Meziane et al., 2017).

III.2. *Lawsonia inermis* L.

III.2.1. Distribution botanique

Lawsonia inermis L. est une plante pérenne communément appelée Henné en français ou Henna en anglais et en arabe (الحناء). C'est une espèce native d'Afrique du Nord et du Sud Est Asiatique (Malekzadeh, 1968). Henné est un arbuste odoriférant de 2 à 6 mètres de la famille des Lythraceae (Singh et al., 2005), présentant des feuilles persistantes, étroites et effilées (Lattab, 2012). Ses feuilles opposées décussées, simples et entières, sont presque sessiles à stipules minuscules; limbe elliptique à oblong ou largement lancéolées ; inflorescence : panicule terminale de grande taille, pyramidale, atteignant 25 cm de long, à nombreuses fleurs bisexuées régulières et odorantes (Fagbohoun, 2014). Les fleurs sont nombreuses de couleur variable, souvent blanches, petites (moins de 1.3 centimètres), parfumées à odeur de rose. Les capsules sont sphériques 4-8 millimètres de diamètre, avec 32-49 graines par fruit, de 6 mm de diamètre avec un vestige de style présentant au sommet quatre loges renfermant de nombreuses graines (Kumar et al., 2005).

III.2.2. Classification botanique

D'après Roques (1960) ; Joy (2001) et Rahmoun (2009), la classification botanique de la *L. inermis* est la suivante :

Règne : Plantae

Embranchement : Phanerogames

Sous embranchement : Angiospermes

Division : Magnoliophyta

Classe : Magnoliopsida –

Ordre : Myrtales

Famille : Lythraceae

Genre : *Lawsonia*

Espèce : *Lawsonia inermis* L.



Figure 11 : *Lawsonia inermis* L.

III.2.3. Utilisations thérapeutiques

Durant des siècles et à travers les différentes civilisations, *L. inermis* a été préconisée pour des affections aussi variées qu'astringentes, antihémorragiques, antifongiques, antibactériennes, sédatives, hypotensives, anti-amibiases et comme traitement de l'ictère et de la lèpre (Nayak et al, 2007). Plusieurs chercheurs ont démontré que l'extrait éthanolique de la plante entière présentait une activité antibactérienne et antifongique (Ahmed et al., 2000). Certains tests biologiques révèlent que l'extrait de cette plante sert par voie externe comme antiparasitaire, antiseptique, antimycotique, contre la gale et comme traitement de l'abcès (Yogisha et al., 2002).

IV. Analyse des données des travaux antérieurs sur l'activité antioxydante des extraits issus de *L. inermis* et *P. granatum*

Les tableaux II et III recensés les variétés, les régions de récolté, les organes végétatifs utilisés, la nature des extraits et leurs modes d'obtention ainsi que les méthodes d'évaluation des activités antioxydantes adoptées pour chacune des espèces étudiées selon les revues consultées.

Les plantes médicinales constituent une source inépuisable et diversifiée en métabolites secondaires, qui ont plusieurs applications, pharmaceutiques, médicales, agroalimentaires, agronomiques et biotechnologiques. Ces métabolites sont à l'origine de plusieurs potentialités biologiques telles que les activités antibactériennes, antioxydantes, anti-cancérigènes et anti-inflammatoires. C'est dans cette optique que nous nous sommes intéressés à une synthèse des travaux antérieurs des potentialités biologiques des principes actifs issus deux plantes médicinales de la famille de *Lythraceae*, *L. inermis* et *P. granatum*.

Tableau II: Récapitulatif des données des recherches antérieures sur l'activité antioxydante des extraits issus de *L. inermis*

Variété / Cultivars	Lieu de récolte	Partie utilisée	Solvant/Méthode d'extraction	Test	Résultats	Références
/	Tamil Nadu (Inde)	Graines	Ether de pétrole/ Soxhlet	DPPH	IC50= 254.398 µg/ml	Philip <i>et al.</i> (2011)
				Inhibition de la peroxydation lipidique	IC50 >1000 µg/ml	
			Dichlorométhane / Soxhlet	DPPH	IC50= 44.509 µg/ml	
				Inhibition de la peroxydation lipidique	IC50>1000 µg/ml	
			Ethanol / Soxhlet	DPPH	IC50= 0.083 µg/ml	
				Inhibition de la peroxydation lipidique	IC50= 43,934 µg/ml	
			Eau / Macération	DPPH	IC50=19.186 µg/ml	
				Inhibition de la peroxydation lipidique	IC50= 1107,058 µg/ml	
/	Sfax (Tunisie)	Feuilles fraîches	Ethanol 40%/ Macération	DPPH	/	Ben Hsouna <i>et al.</i> (2011)
				Décoloration du β-carotène	/	
			Fraction n-hexane	DPPH	IC50 >200 µg/ml	
				Décoloration du β-carotène	IC50= 11.8 ± 0.3 µg/ml	
			Fraction chloroformique	DPPH	IC50 >200 µg/ml	
				Décoloration du β-carotène	IC50>200 µg/ml	

Synthèse bibliographique

			Fraction acétate d'éthyle	DPPH	IC50 = 4.8 ± 0.2 µg/ml					
				Décoloration du β-carotène	IC50=38.7 ± 0.7 µg/ml					
			Fraction n-butanol	DPPH	IC50 =9.0 ± 0.3 µg/ml					
				Décoloration du β-carotène	IC50=52.0 ± 3.0 µg/ml					
			Fraction aqueuse	DPPH	IC50 = 7.6 ± 0.1 µg/ml					
				Décoloration du β-carotène	IC50=16.5 ± 1.5 µg/ml					
/	Salem et Tamilnadu (Inde)	Graines	Ethanol (90%)/ Macération à froid	DPPH	IC50=37,05± 0,247µg/ml	Chaudhary et Kalia (2014)				
				Inhibition de la peroxydation lipidique	IC50 =93.00±0.124					
			Fraction chloroformique	DPPH	IC50 =168.95±8.523					
				Inhibition de la peroxydation lipidique	/					
			Fraction acétate d'éthyle	DPPH	IC50 =33.71±0.211					
				Inhibition de la peroxydation lipidique	IC50 =87.54±0.158					
			Fraction aqueuse	DPPH	IC50 =66.29±3.625					
				Inhibition de la peroxydation lipidique	/					
			/	Touggourt	Feuilles		Ethanol /Macération	Phosphomolybdate	AAT= 18±1mgEAA/g	Benyahkem et Lamri (2017)
								DPPH	IC50 = 51 µg/ml	
ABTS	IC50 =32 µg/ml									
/	Gabés (Tunisie)	Graines	Hexane/ Soxhlet.	DPPH	IC50> 100 mg / L	Chaibi <i>et al.</i> (2017)				
				ABTS	IC50> 100 mg / L					
			Chloroforme/ Soxhlet.	DPPH	IC50> 100 mg / L					
				ABTS	CI50> 100 mg / L					
			Méthanol/ Soxhlet.	DPPH	IC50 = 4.6±0.2 mg / L					
				ABTS	IC50 = 3.0±1.6 mg / L					

Tableau III: Récapitulatif des données des recherches antérieures sur l'activité antioxydante des extraits issus de *P. granatum*

Variété	Région de récolte	Partie utilisée	Solvant/Méthode d'extraction	Test	Résultats	Références
Sauvage	Urbino (Italy)	Grains des fruits	Eau/Macération	DPPH	IC50=13.074±1.55 mg MS/ ml	Ricci et al. (2006)
				Inhibition de la 5-lipoxygénase	IC50=13.340 ± 0.385 mg MS/ ml	
				Xanthine oxydase système	IC50=32.7 ± 0.467 mg MS/ ml	
			Acétate d'éthyle/Macération	DPPH	IC50=15.1±0.951 mg MS/ml	
				Inhibition de la 5-lipoxygénase	IC50=19.013 ± 0.238 mg MS/ml	
				Xanthine oxydase système	IC50=142 ± 12.6 mg MS/ml	
		Ecorces des fruits	Eau/Macération	DPPH	IC50=0.094±0.001 mg MS/ ml	
				Inhibition de la 5-lipoxygénase	IC50=0.198 ± 0.013 mg MS/ ml	
				Xanthine oxydase système	IC50=0.944 ± 0.031 mg MS/ ml	
			Acétate d'éthyle/Macération	DPPH	IC50=8.492±0.042 mg MS/ ml	
				Inhibition de la 5-lipoxygénase	IC50= 0.245 ± 0.008 mg MS/ ml	
				Xanthine oxydase système	IC50=6.93 ± 0.189 mg MS/ ml	

Synthèse bibliographique

Variété Sefri	Achetée du marché d'El Harrach (Algérie)	Ecorces des fruits	Méthanol-acétone-acétate d'éthyle / Soxhlet (8h pour chacun)	DPPH	IC50 = 5,49 ± 0,039µg/ml	Bendjabeur (2012)
				Pouvoir réducteur ferrique	IC50= 25,78± 0,10 µg/mL	
Cultivé	Oued athmania (Mila)	Graine des fruits	Jus	DPPH	IC50= 1254.68µg/ml	Moualkia et Gourmati (2015)
		Ecorces Des fruits	Méthanol/ Macération	DPPH	IC50= 747.02 µg/ml	
Variété Doux de Koléa	Mitidja (Algérie)	Pelures des fruits	Ethanol/ Macération à froid	DPPH	IC50= 1,96 µg/mL	Kaci-Meziane et al. (2017)
Variété Doux de Messad					IC50= 2,44 µg/mL	
Variété de Bordj Mira					IC50= 2,36 µg/mL	
Variété Doux de Koléa		Graines des fruits	Jus	DPPH	IC50 = 28,87 µg/mL	
Variété Doux de Messad					IC50 = 27,67 µg/mL	
Variété de Bordj Mira					IC50 = 20,91 µg/mL	
Cultivé	Oued Souf (Teghzout)	Fruits entiers	Ethanol 50%/ Macération	DPPH	IC50= 22 µg/mL	Zatoun et Ghanem (2017)
		Ecorces			IC50= 6,9 µg/mL	
		Graines			IC50= 132 µg/mL	
Cultivé	Touggourt	Écorce des fruits	Hydroéthanolique/ Macération	Phosphomolybdate	AAT= 23.53± 1.49mgAAE/g MS	Hadjadj et al. (2018)
				DPPH	IC50=4.64± 0.35 µg/mL	
				ABTS	IC50=3.63± 0.07 µg/mL	

Synthèse bibliographique

Variété Doux de Messaad	Beni Tamou (Blida)	Graine des fruits	Jus	DPPH	IC50 = 0.0012±0.001 mg/ml	Douaouri (2018)
				FRAP	IC50= 0.095±0.001 mg/ml	
				Décoloration du β- carotène	IP=93.06 ± 3.18 %	
		Ecorces des fruits	Méthanol / Soxhlet	DPPH	IC50= 0.054±0.005 mg/ml	
				FRAP	IC50= 0.173±0.010 mg/ml	
				Décoloration du β- carotène	IP=89.58 ± 2.09 %	
			Eau / Décoction	DPPH	IC50= 0.032±0.006 mg/ml	
				FRAP	IC50= 0.211±0.009 mg/ml	
				Décoloration du β- carotène	IP=77.78 ± 1.20 %	

D'après les données des publications consultées, divers organes végétatifs (feuilles, fruits, graines et écorces) ont été investigués par les chercheurs en vue de la découverte des nouvelles molécules dotées du pouvoir antioxydant. Les graines et les écorces sont les organes les plus investigués chez *L. inermis* et *P. granatum* avec des pourcentages estimés à 60 et à 53,8%, respectivement (figure 12).

La dominance d'utilisation d'un organe par rapport à un autre dérive de la concentration en principes actifs dans cet organe (Ould El- Hadj et al., 2003). Les graines de henné sont anguleuses avec un pelage épais et qu'elles sont connues comme un réservoir de composés bioactifs (Chaibi et al., 2015).

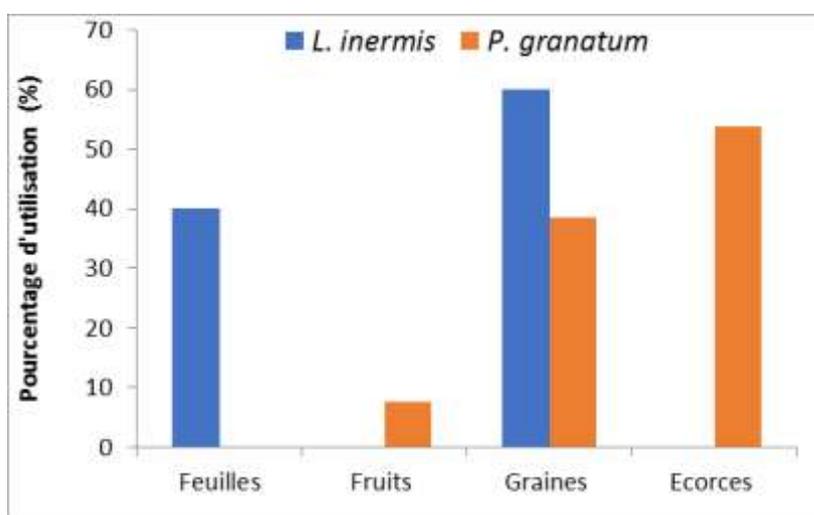


Figure 12 : Fréquence d'utilisation des divers organes dans les travaux antérieurs portés sur la potentialité antioxydante de *L. inermis* et *P. granatum*

L'écorce de grenade est une source très importante de composés bioactifs tels que les polyphénols, les flavonoïdes, les ellagitanins (28% de l'épiderme du fruit), les proanthocyanidines et les minéraux, essentiellement du potassium, de l'azote, du calcium, du phosphore, du magnésium et du sodium (Calin et al., 2005). En outre, elle contient également deux importants acides hydroxybenzoïques, l'acide gallique et l'acide ellagique, renferme aussi des molécules de coloration jaune et des anthocyanidines responsables de la couleur rouge des grenades (Hmid, 2014). Cette composition lui a conféré plusieurs propriétés aussi bien dans le domaine médical que le domaine agroalimentaire (Lairini et al., 2014).

La préparation des échantillons est d'une importance capitale pour toute analyse fiable. Les procédures d'extraction des principes actifs à partir des échantillons varient beaucoup en fonction de la nature des organes végétatifs investigués et des composés à extraire. La macération dans les solvants hydro-alcooliques constitue la méthode d'extraction préférée par ces chercheurs pour extraire des principes actifs antioxydants principalement les polyphénols à partir des organes de *L. inermis* et *P. granatum* avec des taux presque identiques évalués à 60 et 62,5%, respectivement (figure 13A).

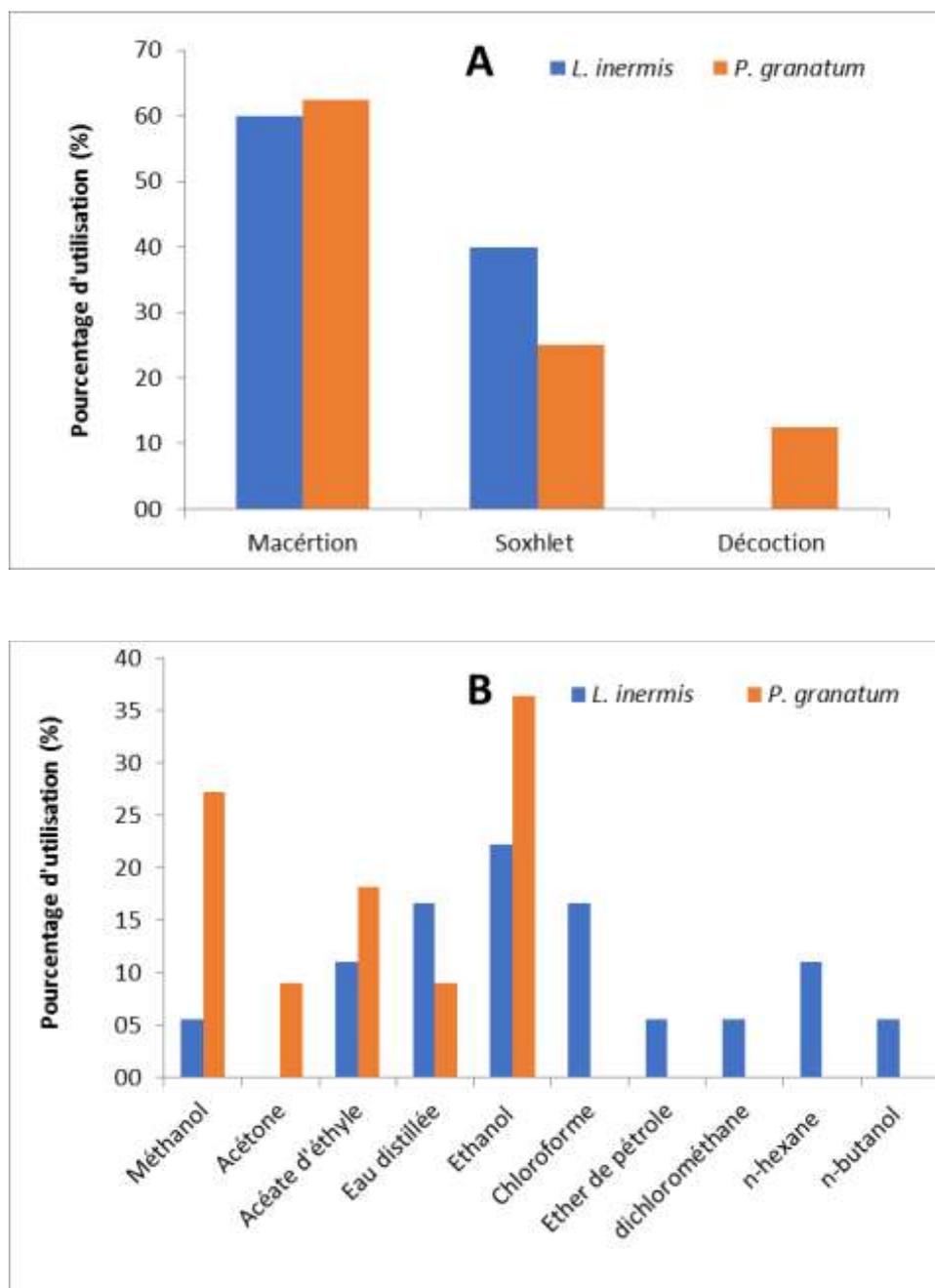


Figure 13 : Répartition des modes de préparation (A) et des solvants (B) utilisés pour l'extraction des antioxydants dans les travaux antérieurs sur *L. inermis* et *P. granatum*

La macération semble être meilleure pour l'extraction des molécules bioactives, principalement des composés phénoliques parce qu'elle permet d'éviter l'altération des espèces chimiques organiques fragiles qui peuvent à température plus élevée réagir et se dégrader (par réaction avec d'autres espèces du milieu chimique, par hydrolyse, oxydation au contact de l'air, ... etc.), elle ne nécessite pas de dispositif de chauffage, elle est donc plus simple et moins coûteuse (Azmir et al., 2013).

Le solvant le plus employé est l'éthanol avec 22,2 et 36,4%, dans cet ordre (figure 13 B). L'utilisation d'éthanol est préférable car il a l'avantage d'être non polluant, moins chers et non toxique par rapport à d'autres solvants comme le méthanol (Jokić et al., 2010). Aussi, elle peut s'expliquer par le simple fait que l'éthanol est un solvant polaire non toxique (polarité de 5.2) connu par leur plus grande efficacité pour extraire des quantités maximales de composants bioactifs (Bourgou *et al.*, 2016).

En raison de la complexité des processus d'oxydation et la nature diversifiée des antioxydants, avec des composants à la fois hydrophiles et hydrophobes, il n'y a pas une méthode universelle par laquelle l'activité antioxydante peut être évaluée quantitativement d'une façon bien précise. Le plus souvent il faut combiner les réponses de tests différents et complémentaires pour avoir une indication sur la potentialité antioxydante de l'échantillon à tester (Sánchez-Moreno, 2002). Les méthodes d'évaluation des activités antioxydantes des extraits issus de ces deux espèces (*L. inermis* et *P. granatum*) utilisées par les auteurs sont les tests de piégeage des radicaux libres DPPH° et ABTS°+, pouvoir réducteur ferrique, inhibition de la peroxydation lipidique, test de phosphomolybdate, test de décoloration du bêta-carotène (Système β -carotène/ Acide linoléique), méthode de xanthine oxydase système et méthode d'inhibition de la 5-lipoxygénase (Tableaux II et III).

Le test qui a été employé par tous les auteurs est celui de la réduction du radical libre DPPH°. Le DPPH° est un radical libre relativement stable à température ordinaire, utilisé pour l'évaluation rapide et directe de l'activité antioxydante en raison de sa stabilité en forme radicale et la simplicité de la méthode d'analyse (Bozin et al., 2008). C'est la raison par laquelle beaucoup de chercheurs choisissent ce test comme modèle pour l'évaluation de l'activité antioxydante des extraits (Ferreria et al., 2006). En outre, DPPH ne se dissout que dans les solvants polaires. Le test est largement utilisé au niveau de l'évolution des extraits

hydrophiles, recommandé pour des composés contenant des groupements SH-, NH- et OH- (Salah et al., 1995).

Les meilleurs résultats pour ce test ont été signalés par Kaci-Meziane et al. (2017), dans ses travaux sur des jus des graines des fruits et des extraits éthanoliques de pelures des trois variétés de grenades de la région de Mitidja, ont révélé que le jus de fruit de la variété de Bordj Mira et l'extrait éthanolique de la variété de doux de Koléa présentent un effet anti-radicalaire intéressant, ils ont des valeurs d'IC50 les plus faibles avec 1,96 µg/ml et 20,91 µg/ml pour les extraits et les jus respectivement.

Chez *L. inermis*, Philip et al. (2011), dans ses rapports de recherche sur des extraits éthanolique, d'éther de pétrole, de dichlorométhane et aqueux des graines de henné récoltées dans la région de Tamil Nadu (Inde) rapportent que L'extrait éthanolique a montré un plus grand potentiel de piéger le radical DPPH avec une IC50 de l'ordre de 0.083 µg/ml. L'extrait aqueux (IC50=19.186 µg/ml) était moins actifs par rapport à celui d'éthanol. Mais, reste plus actifs comparativement à ceux de dichlorométhane et d'éther de pétrole avec des IC50 43,934 et 254.398 µg/ml.

Diverses classes d'antioxydants secondaires se produisent généralement dans les plantes. Parmi ces substances, les polyphénols ont été largement décrits pour leur capacité à agir en tant qu'agents antioxydants. Le piégeage des radicaux libres par des antioxydants est tributaire de deux types de mécanismes : (1) la libération de l'atome d'hydrogène du groupement hydroxyle (cinétique rapide de certains acides et dérivées phénoliques) ; (2) la libération d'un électron (cinétique lente des dérivées glycosylées et des anthocyanes) (Huang et al., 2005).

En général, nous pouvons conclure que l'activité antioxydante des molécules bioactives essentiellement les polyphénols et leur biosynthèse par les espèces végétales pourrait être lié aux propriétés génétiques des plantes, à l'origine géographique, aux conditions et à la durée de stockage et de la récolte), mais également en fonction des paramètres d'extraction solide-liquide, le solvant d'extraction et le coefficient de diffusion du solvant (Lee et al., 2003). Ces facteurs influent sur les voies de biosynthèse de la plante et par conséquent sur la proportion relative des composés principaux caractéristiques. Cela conduit à l'existence de chémotypes différents représentatifs des extraits de différentes origines.

V. Analyse des données des travaux antérieurs sur l'activité antimicrobienne des extraits issus de *L. inermis* et *P. granatum*

Les variétés, les régions de récolte, les organes végétatifs utilisés, la nature des extraits et leurs modes de préparation ainsi que les souches microbiennes cibles et les tests abordés pour l'évaluation de l'activité antimicrobienne de chacune des espèces étudiées selon les informations rapportées dans la littérature sont décrits dans les tableaux IV et V.

L'utilisation abusive des antimicrobiens contribue au développement de la résistance microbienne (Sanders et al., 2011). Il s'y ajoute l'absence de règles rigoureuses pour l'acquisition des antibiotiques dans certains pays en voie de développement et la circulation de médicaments de qualité inférieure et/ou contrefaits favorisent l'automédication d'une population en majorité peu instruite (Goutard et al., 2017).

Pour résoudre ce problème de la résistance aux antimicrobiens, des mesures devront être prises. La réglementation de l'usage des antimicrobiens et le renforcement des infrastructures de santé en sont les piliers. Les ressources des pharmacopées traditionnelles participent actuellement à la prise en charge communautaire de certaines maladies infectieuses (Koudokpon et al., 2015).

Synthèse bibliographique

Tableau IV : Récapitulatif des données des recherches antérieures sur l'activité antimicrobienne des extraits issus de *L. inermis*

Variété/ Cultivar	Lieu de récolte	Partie utilisée	Solvant/Méthode d'extraction	Souches	Test	CMI (mg/ml)	ZI (mm)	Références
Palestine (Gaza)	Partie aérienne	Eau / Soxhlet		<i>Staphylococcus aureus</i>	Méthodes de diffusion dans des puits en milieu gélifié		11	Elmanama <i>et al.</i> (2011)
				<i>Bacillus sp.</i>			8	
				<i>Klebsiella pneumonia</i>			0	
				<i>Proteus species</i>			14	
				<i>Escherichia coli</i>			0	
				<i>Pseudomonas aeruginosa</i>			0	
				<i>Enterococcus spp.</i>			0	
				<i>Candida albicans</i>			15	
				<i>Microsporium spp.</i>			0	
		Méthanol / Soxhlet		<i>Staphylococcus aureus</i>			19	
				<i>Bacillus sp.</i>			15	
				<i>Klebsiella pneumonia</i>			11	
				<i>Proteus species</i>			20	
				<i>Escherichia coli</i>			10	
				<i>Pseudomonas aeruginosa</i>			15	
				<i>Enterococcus spp.</i>			14	
				<i>Candida albicans</i>			14	
				<i>Microsporium spp.</i>			0	
				Iraqi		Feuilles	Eau distillée / Macération	
<i>Pseudomonas sp.</i>		0						
<i>Proteus sp.</i>		08						
Méthanol / Macération		<i>Escherichia coli</i>			30			
		<i>Pseudomonas sp.</i>			15			
		<i>Proteus sp.</i>			13			
Chloroforme/ Macération		<i>Escherichia coli</i>			40			
		<i>Pseudomonas sp.</i>			20			
		<i>Proteus sp.</i>			8			

Synthèse bibliographique

	Mostaganem	Feuilles	Méthanol / Soxhlet	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> ATCC27853	Méthode de diffusion en milieu gélosé	12,5/ 25	7,7±0,6	Lattab (2012)
	Inde	Feuilles	Méthanol 50% / Macération	Bacillus cereus (ATCC 11778),	Méthode de diffusion sur disques		14.0	Raja <i>et al.</i> (2013)
Staphylococcus aureus (ATCC 25923)				9.9				
Klebsiella pneumoniae (NCIM 2719)				16.0				
Escherichiacoli (ATCC 25922)				10.2				
Pseudomonas pseudoalcaligenes (ATCC 17440)				10.0				

Tableau V : Récapitulatif des données des recherches antérieures sur l'activité antimicrobienne des extraits issus de *P. granatu*

Variété	Lieu de récolte	Partie utilisée	Solvant/Méthode d'extraction	Souches	Test	CMI (mg/ml)	ZI (mm)	Références
	Palestine (Gaza)	Partie aérienne	Eau / Soxhlet	<i>Staphylococcus aureus</i>	Méthode de diffusion sur milieu gélosé		15	Elmanama <i>et al.</i> (2011)
				<i>Bacillus species</i>			0	
				<i>Klebsiella pneumonia</i>			0	
				<i>Proteus spp.</i>			13	
				<i>Escherichia coli</i>			0	
				<i>Pseudomonas aeruginosa</i>			14	
				<i>Enterococcus spp.</i>			9	
				<i>Candida albicans</i>			15	
				<i>Microsporum spp.</i>			0	
			Méthanol/ Soxhlet	<i>Staphylococcus aureus</i>			22	
				<i>Bacillus species</i>			20	
				<i>Klebsiella pneumonia</i>			0	
				<i>Proteus spp.</i>			21	
				<i>Escherichia coli</i>			12	
				<i>Pseudomonas aeruginosa</i>			17	
				<i>Enterococcus spp.</i>			16	
				<i>Candida albicans</i>			15	
				<i>Microsporum spp.</i>			0	
	Inde (Lucknow)	Pelures	Méthanol 80% / Macération	<i>Escherichia coli</i>	Méthode de diffusion sur milieu gélosé		21	Khan <i>et al.</i> (2011)
				<i>Staphylococcus aureus</i>			22.5	
				<i>Pseudomonas aeruginosa</i>			23.5	

Synthèse bibliographique

			Ethanol 70% / Macération	<i>Escherichia coli</i>			22,5	
				<i>Staphylococcus aureus</i>			25,5	
				<i>Pseudomonas aeruginosa</i>			25,5	
			Eau/ Décoction	<i>Escherichia coli</i>			25,5	
				<i>Staphylococcus aureus</i>			22,5	
				<i>Pseudomonas aeruginosa</i>			22	
	/	Ecorces des fruits	Méthanol- eau 7:3/ Extraction sous reflux à 70°C pendant 3h	<i>Escherichia coli</i>	Méthode de diffusion sur milieu gélosé / Test de microdilution	12,8	08,5	Belaidi (2012)
				<i>Klebsiella pneumoniae</i>		12,8	07,8	
				<i>Enterobacter cloacae</i>		12,8	08,6	
				<i>Salmonella spp.</i>		12,8	08,0	
				<i>Proteus mirabilis</i>		3,2	20,5	
				<i>Pseudomonas aeruginosa</i>		3,2	09,6	
				<i>Acinetobacter baumannii</i>		1,6	13,8	
				<i>Escherichia coli</i> ATCC 25922		12,8	08,0	
				<i>Klebsiella pneumoniae</i> ATCC 700603		12,8	08,2	
Variété Sefri		Ecorces des fruits	Méthanol-acétone- acétate d'éthyle / Soxhlet	<i>Staphylococcus aureus</i>	Test de microdilution	0,0625		Bendjabeur (2012)
				<i>Bacillus Subtilis</i>		0,125		
				<i>Pseudomonas aeruginosa</i>		0,250		
				<i>Klebsiella pneumoniae</i>		0,500		
				<i>Echerichia coli</i>		R		

Synthèse bibliographique

	Maroc (Fès)	Ecorces des fruits	Eau/ Infusion	<i>Echerichia coli</i>	Méthode de diffusion sur milieu gélosé	0,31	10,04±0,3	Elhanafi (2012)
				<i>Staphylococcus aureus</i>		0,12	9,03±0,15	
				<i>Listeria monocytogenes</i>		0,12	9,30±0,12	
				<i>Geotrichum candidum</i>		0,12	3,10±0,08	
				<i>Penicillium expansum</i>		0,62	2,40±0,05	
	Taounate (Maroc)	Ecorces des fruits	Eau/ Infusion	<i>Echerichia coli</i>	Méthode de diffusion sur milieu gélosé	0,31	10,04±0,03	Lairini et al., (2014)
				<i>Staphylococcus aureus</i>		0,12	09,03±0,15	
				<i>Listeria monocytogenes</i>		0,12	09,3±0,12	
				<i>Candidum geotrichum</i>		0,12	3,10±0,08	
				<i>Penicillium expansum</i>		0,62	2,40±0,05	
	Mostaganem	Ecorces des fruits	Méthanol pur /Soxhlet	<i>Echerichia coli</i>	Méthode de diffusion sur milieu gélosé		19	Bdoudjenah et Merzouge (2016)
				<i>Pseudomonas aeruginosa</i>		16.24		
				<i>Staphylococcus aureus</i>		15.12		
			Méthanol-eau 8:2/Macération	<i>Echerichia coli</i>		16		
				<i>Pseudomonas aeruginosa</i>		15.25		
				<i>Staphylococcus aureus</i>		14		
Variété Doux de Messad	Mitidja (Algérie)	Pelures des fruits	Ethanol/ Macération à froid	<i>Echerichia coli</i> (ATCC 25922)	Méthode de diffusion sur milieu gélosé		15,6± 1,15	Kaci-Meziane et al. (2017)
				<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 25923		16,6±0,28		
				<i>Pseudomonas aeruginosa</i> ATCC 27853		R		
				<i>Staphylococcus typhimurium</i> (ATCC 13311)		14,03±0,47		
				<i>Echerichia coli</i> (ATCC 25922)		17± 1,00		
				<i>Staphylococcus aureus</i> (ATCC 25923)		16 ± 0,00		
				<i>Pseudomonas aeruginosa</i> (ATCC 27853)		R		
				<i>Staphylococcus typhimurium</i> (ATCC 13311)		19,3± 0,57		
Variété Doux de Koléa								

Synthèse bibliographique

Variété de Bordj Mira				<i>Echerichia coli</i> (ATCC 25922)			25,3±0,57	
				<i>Echerichia coli</i> (ATCC 25922)			25,3±0,57	
				<i>Staphylococcus aureus</i> (ATCC 25923)			18,6±0,57	
				<i>Pseudomonas aeruginosa</i> (ATCC 27853)			R	
				<i>Staphylococcus typhimurium</i> (ATCC 13311)			12,6±1,15	
Variété Doux de Messad		Graines des fruits	Jus	<i>Echerichia coli</i> (ATCC 25922)			17,22±0,68	
				<i>Staphylococcus aureus</i> (ATCC 25923)			16,32±0,28	
				<i>Pseudomonas aeruginosa</i> (ATCC 27853)			16,50±0,5	
				<i>Staphylococcus typhimurium</i> (ATCC 13311)			18,66±0,38	
Variété Doux de Koléa		Graines des fruits		<i>Echerichia coli</i> (ATCC 25922)			17,9±0,45	
				<i>Staphylococcus aureus</i> (ATCC 25923)			18,66±0,18	
				<i>Pseudomonas aeruginosa</i> (ATCC 27853)			17±0,4	
				<i>Staphylococcus typhimurium</i> (ATCC 13311)			17,1±0,5	
Variété de Bordj Mira		Graines des fruits		<i>Echerichia coli</i> (ATCC 25922)			19,6±1,04	
				<i>Staphylococcus aureus</i> (ATCC 25923)			18±00	
				<i>Pseudomonas aeruginosa</i> (ATCC 27853)			18±00	
				<i>Staphylococcus typhimurium</i> (ATCC 13311)			17,72 ±0,55	

Les différentes parties végétatives utilisées pour la préparation des antimicrobiens comprennent des feuilles, écorces, graines et parties aériennes. Les feuilles de henné et les écorces de grenade sont les plus exploitées avec des taux estimés à 100 et 77,8%, respectivement (Figure 14).

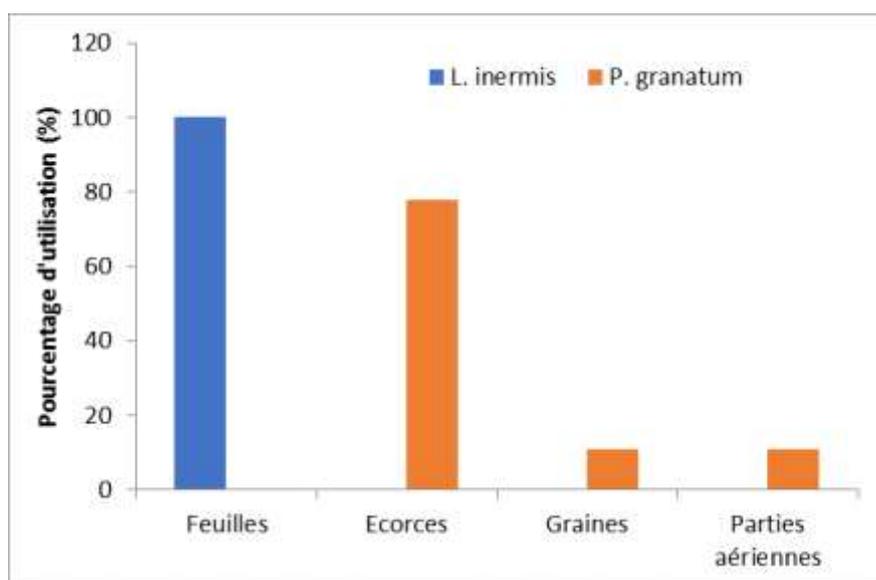


Figure 14: Fréquence d'utilisation des divers organes dans les travaux antérieurs portés sur la potentialité antimicrobienne de *L. inermis* et *P. granatum*

L'extraction dirigée par solvant est une étape essentielle pour extraire des molécules bioactives des plantes médicinales. Cependant, la nature du solvant d'extraction est le paramètre le plus controversé qui peut influencer la quantité et la qualité des molécules isolées à partir des extraits végétaux, à savoir les composés phénoliques (Peschel et al., 2006). Divers modes d'extraction des principes actifs sont utilisés par les chercheurs, à savoir l'infusion, macération et extraction à chaude (décoction, soxhlet ou sous reflux).

La macération à température ambiante et à chaude à l'aide de Soxhlet constituent les modes de préparation les plus préconisés pour extraire des phyto-molécules antimicrobiennes, avec des taux égaux de l'ordre de (33,3%) et (50%) chez *P. granatum* et *L. inermis*, respectivement (Figure 15 A).

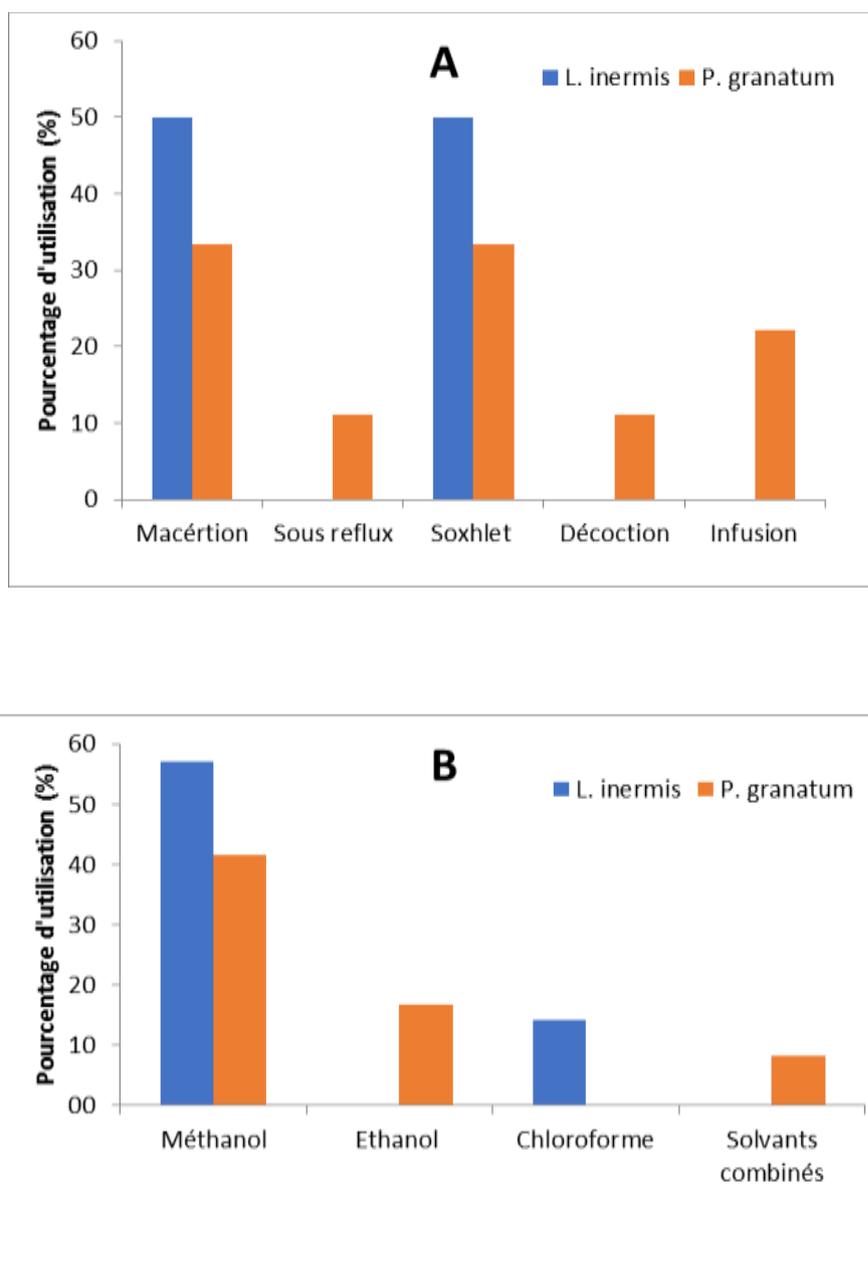


Figure 15: Répartition des modes de préparation (**A**) et des solvants (**B**) utilisés pour l'extraction des antimicrobiens dans les travaux antérieurs sur *L. inermis* et *P. granatum*

Le méthanol est le solvant le plus recommandé pour extraire les phyto-substances bioactives à partir de ces deux espèces, avec des pourcentages estimés à 57% chez *L. inermis* et à 41,7% chez *P. granatum* (Figure 15 B).

D'après les données signalées dans la littérature, les méthodes d'évaluation de l'activité antimicrobienne rapportées sont la technique de diffusion sur gélose (méthodes en puits ou sur disques) et les méthodes de dilution et la microdilution en milieu liquide. Les diamètres d'inhibition, les pourcentages d'inhibition et les concentrations minimales inhibitrices (CMI) de chacune des espèces étudiées (*L. inermis* et *P. granatum*) ont permis aux auteurs d'interpréter leurs résultats figurés dans les tableaux IV et V.

Les recherches réalisées " *in vitro* " par ces chercheurs ont démontré que les polyphénols sont les principaux composés antimicrobiens des plantes, ayant des modes d'action divers et des activités inhibitrices et létales *vis-à-vis* de nombreux microorganismes. A titre d'exemple, Elmanama et ses collaborateurs (2011), dans ses travaux portant sur l'évaluation de l'activité antibactérienne et antifongique des extraits méthanoliques et aqueux issus des parties aériennes de *L. inermis* en utilisant la méthode de diffusion sur milieu gélosé, Mueller Hinton Agar et Potato Dextrose Agar, respectivement. Ils ont constaté que les extraits méthanoliques ont montré une activité antimicrobienne plus élevée que celle obtenue par les extraits aqueux, en particulier contre *Staphylococcus aureus*, tandis que *Klebsiella pneumonia* et *Escherichia coli* ont montré le moins de sensibilité au même extrait.

Dans une étude récente, Raja *et al.* (2013) ont testé l'effet antimicrobien d'extrait méthanolique issu des feuilles de henné par la méthode de diffusion sur disque *vis-à-vis* des souches bactériennes Gram positif (*Bacillus cereus* et *Staphylococcus aureus*) et Gram négatif (*Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae* et *Pseudomonas pseudoalcaligenes*). L'extrait a montré un effet inhibiteur sur tous les micro-organismes testés, avec plus de sensibilité pour les bactéries à Gram négatif que celles à Gram positif.

L'évaluation de l'activité antimicrobienne des extraits méthanoliques des écorces du fruit du grenadier a révélé que les espèces *Acinetobacter baumannii*, *Pseudomonas aeruginosa* et *Proteus mirabilis* sont les plus sensibles à cet extrait par rapport aux autres souches testées, avec des valeurs de CMI évaluées de 1,6 mg/ml pour *A. baumannii* et 3,2 mg/ml pour *P. aeruginosa* et *P. mirabilis* et des moyennes de diamètre d'inhibition estimées à 13.8, 09.6 et 20.5 mm, respectivement. Pour les autres espèces bactériennes, les valeurs de CMI sont supérieures à 12,8 µg/ml (Belaidi, 2012).

L'extrait aqueux des écorces du fruit de *P. granatum* de la région Nord-ouest du Maroc (Taounate) est utilisé par Lairini et al. (2014) pour évaluer son activité antimicrobienne sur *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogènes*, *Escherichia coli*, *Penicillium expansum* et

Candidum geotricum par diffusion en milieu gélosé. Les résultats de cette étude montrent que cet extrait a un remarquable effet antimicrobien à partir de 0,12 mg/ml d'extraits pour *Staphylococcus aureus* (diamètre d'inhibition de $9,03 \pm 0,15$ mm) et *Listeria. monocytogènes* ($9,30 \pm 0,12$ mm), de 0,31 mg/ml pour *Escherichia coli* ($10,04 \pm 0,03$ mm) et *Candidum geotricum* ($3,10 \pm 0,08$ mm) et de 0,62 mg/ml pour *Penicillium expansum* ($2,40 \pm 0,05$ mm).

Les bactéries à Gram positif sont généralement les plus sensibles aux effets de ces extraits. Cette résistance générale plus élevée chez les bactéries à Gram négatif est attribuée à la présence d'une membrane externe, qui se compose des phospholipides, des protéines et des lipopolysaccharides, cette membrane est imperméable aux composés lipophiles. L'absence de cette barrière chez les bactéries à Gram positif permet le contact direct des constituants hydrophobes des extraits avec la bicouche phospholipidique de la membrane cellulaire bactérienne, entraînant une augmentation de la perméabilité aux ions et la fuite des constituants intracellulaires vitaux ou l'altération des systèmes enzymatiques bactériens (Wendakoon et Sakaguchi 1995). En plus, l'activité antimicrobienne peut être due à de nombreux ions hydroxyles libres qui ont la capacité de se combiner avec les hydrates de carbone et les protéines dans la paroi cellulaire bactérienne. Ils peuvent s'attacher à des sites enzymatiques les rendant inactifs (Harborne et Baxter, 1995).

CONCLUSION

L'utilisation des plantes médicinales dans les domaines pharmaceutiques, agroalimentaires et biotechnologiques a reçu un grand intérêt dans la recherche des molécules bioactives que sont des métabolites secondaires à l'origine de plusieurs activités biologiques telles que l'activité antibactérienne, antioxydante, anti-cancérigène et anti-inflammatoire. Le présent travail s'est proposé d'une synthèse des travaux antérieurs concernant l'évaluation des activités antioxydantes et antimicrobiennes des extraits issus de deux plantes médicinales, *L. inermis* et *P. granatum* appartiennent respectivement à familles du Lythraceae, largement cultivées dans le bassin méditerranéen et connues par leurs vertus thérapeutiques importantes.

Les chercheurs mènent ses travaux sur divers organes végétatifs (feuilles, fruits, graines et écorces, etc.). Les graines de *L. inermis* et les écorces de *P. granatum* sont les plus investigués dans la recherche des molécules antioxydantes avec des pourcentages estimés à 60 et à 53,8%, respectivement. Alors que dans le but de la découverte des nouvelles molécules antimicrobiennes, les feuilles de henné et les écorces de grenade sont les plus exploitées avec des taux estimées à 100 et 77,8%, respectivement.

Plusieurs modes d'obtention des principes actifs à partir de ces deux espèces étudiées sont employés par ces chercheurs. La macération dans les solvants hydro-alcooliques est préférée pour extraire des antioxydants avec des taux presque identiques évalués à 60 et 62,5%, respectivement chez *L. inermis* et *P. granatum*, dont le solvant le plus utilisé est l'éthanol avec 22,2 et 36,4%, dans cet ordre.

Pour extraire les antimicrobiens, la macération à température ambiante et à chott sont les plus couramment préconisées avec des taux égaux de l'ordre de (33,3%) et (50%) chez *P. granatum* et *L. inermis*, respectivement. Le méthanol est le solvant le plus recommandé pour extraire ces phyto-substances antimicrobiennes avec des pourcentages estimés à 57% chez *L. inermis* et à 41,7% chez *P. granatum*.

Selon les données signalées dans les publications consultées, divers systèmes sont adoptés pour évaluer l'activité antioxydante des extraits issus desdites espèces, le test de piégeage du radical libre DPPH° est préféré par tous les auteurs.

L'activité antimicrobienne de *L. inermis* et *P. granatum* a été testée contre diverses souches bactériennes et fongiques en utilisant la méthode de diffusion sur milieu gélose et la technique de microdilution sur milieu liquide.

Cette recherche documentaire montre que les plantes sont une source probable des antioxydants et des antimicrobiens, elle résume l'état de la recherche des molécules cibles antioxydantes et antimicrobiennes issues des plantes de *L. inermis*, et *P. granatum*. Elle

pourrait être constituée une base de données utile aux recherches ultérieures dans le domaine de la recherche de nouvelles molécules bioactives.

Il serait intéressant d'approfondir les investigations phytochimiques et biologiques de ces plantes afin d'isoler les molécules responsables des activités observées, ce qui permettra d'élargir l'arsenal thérapeutique des médicaments à base de plantes.

RÉFÉRENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

1. AKROUM S., 2011- Étude Analytique et Biologique des Flavonoïdes Naturels. Thèse de doctorat en Science, Université Mentouri de Constantine.
2. ANISZEWSKI T., 2007-Alkaloids - Secrets of Life, Alkaloid Chemistry, Biological significance, Applications and Ecological Role. 1st Edition, Elsevier. 334p.
3. BABU K. S., BABU T. H., SRINIVAS P. V., SASTRY B. S., KISHORE K. H., MURTY U. S. N., RAO J. M., 2005- Synthesis and in vitro study of novel 7-O-acyl derivatives of Oroxylin A as antibacterial agents. *Bioorganic & medicinal chemistry letters*, 15(17): 3953-3956.
4. BENYAHKEM M., LAMRI K., 2017- Contribution à l'étude de l'activité antioxydante des extraits phénoliques des trois espèces : *Punica granatum* L. (Grenadier) ; *Zea mays* L. (Maïs) et *Lawsonia inermis* L. (Henné) mémoire de master académique en biochimie appliquée, université kasdi merbah-Ouargla
5. BOUSSALAH N., 2010- Propriétés antioxydantes de deux variétés de grenade (*Punica granatum* L.) de la région de Béjaia. Thèse de doctorat en sciences, Université de Béjaia- Abderrahmane Mira, 92p.
6. BRUNETON J., 1999 -Pharmacognosie : Phytochimie, Plantes Médicinales. 3ème édition, Techniques & Documentation, Paris :101-120.
7. CHAIBI R., DRINE S., FERCHICHI A., 2017- Chemical study and biological activities of various extracts from *Lawsonia inermis* (Henna) seeds. *Acta Medica Mediterranea*, 33: 981-6.
8. CHAUDHARY G. D., KALIA A. N., 2014- In-vitro antioxidant potential of *Lawsonia inermis* Linnaeus (Seeds). *Der Pharmacia Lettre*, 6(3): 1-8.
9. CHENGAIHAH B., MALLIKARJUNA R.K., MAHESH K.K., CHRISTOPHE W., PHARMD P., 2012- Medicinal plants of china, Korea, and japan: bioresources for tomorrow's drugs and cosmetics. Taylor and Francis group, London: 454p.
10. CHERITI A., BELBOUKHARI N., SEKKOUM S., HACINI S., 2006- Plants of Algerian semi-arid regions used for the treatment of gastro-intestinal disorders. *Journal Algerien des Regions Arides*, 5: 07- 10.
11. CHERITI A., BELBOUKHARI M., BELBOUKHARI N., DJERADI H., 2012- Phytochemical and biological studies on *Launaea* Cass. genus (Asteraceae) from Algerian Sahara. *Current Topics in Phytochemistry*, 11: 67- 80.
12. CLAY H.F., HUBBARD J.C., GOLT R., 1987-Tropical Shrubs. University of Hawaii Press, Honolulu, 284p.

13. COLLIN S., CROUZET J., 2011- Polyphénols et procédés : Transformation des polyphénols au travers des procédés appliqués à l'agro-alimentaire. Lavoisier.
14. CRONQUIST, A., 1981- An integrated system of classification of flowering plants. Columbia University Press.
15. CROZIER A., JAGANATH I.B., ET CLIFFORD M.N., 2006- Phenols, polyphenols and tannins: an overview. *Plant secondary metabolites: Occurrence, structure and role in the human diet*, 1.
16. DADI PK., AHMAD M., AHMAD Z., 2002- Inhibition of ATPase activity of *Escherichia coli* ATP synthase by polyphenols. *Int. J. Biol. Macromol*, 45 (1): 72-9.
17. DIALLO A., 2005-Étude de la phytochimie et des activités biologiques de *Syzygium guineense* Willd. (Myrtaceae). Thèse Pour obtenir le Grade de Docteur en Pharmacie, University Bamako, Mali, 38-47.
18. ELMANAMA A. A., ALYAZJI A. A., ABU-GHENEIMA N. A., 2011- Antibacterial, antifungal and synergistic effect of *Lawsonia inermis*, *Punica granatum* and *Hibiscus sabdariffa*. *Annals of Alquds Medicine, Medical Technology Department, Islamic University-Gaza, Palestine*, 7 :33-41.
19. EVANS C.W., 2009- Alkaloids. In: Trease and Evans' pharmacognosy *E-book*. Elsevier Health Sciences, 16th edition: 353- 415.
20. FAGBOHOUN L., 2014- étude chimique de colorants naturels et matériaux résineux traditionnels au Bénin dans le domaine artisanal. Avignon. Thèse de doctorat en chimie organique et substances naturelles, 'université d'Abomey Calavi (Benin) et université d'Avignon et des pays de Vaucluse (France).
21. GUIGNARD J., 2000-Abrégé botanique. 9ème édition. Edition Masson, Paris. 204.
22. HEMINGWAY R.W., 1992-1989 Structural variation in proanthocyanidins and their derivatives. In: *Plant polyphenols: synthesis, properties, significance*. Hemingway R W, Laks P.E. New York
23. BEN HSOUNA A. B., TRIGUI M., CULIOLI G., BLACHE Y., JAOUA S., 2011- Antioxidant constituents from *Lawsonia inermis* leaves : isolation, structure elucidation and antioxidative capacity. *Food Chemistry*, 125(1) : 193-200.
24. HUSSEIN R. A., EL-ANSSARY A. A., 2018- Plants secondary metabolites: the key drivers of the pharmacological actions of medicinal plants. *Herbal Medicine*.
25. IGNAT I, VOLF I, POPA V.I., 2011-A critical review of methods for characterisation of

- polyphenolic compounds in fruits and vegetables, *Food Chemistry*, 126(4):1821-1835.
26. IGOR PASSI L.B., 2002- Étude des activités biologiques de *Fagara zanthoxylo* des Lam. (Rutaceae). Thèse Pharmacie, Bamako ; 133 P.
 27. KACI-MEZIANE Z., BOUTEKRABT L., LAIDOUDI D., MOUSSAOUI T., MELAHI N., AIT OUARAB D., DJEGHBOUB M., MEGUETAOUI A., 2017- Évaluation phytochimique, et potentiel antioxydant, antibactérien de trois cultivars de fruit de grenadier "*Punica granatum* l" du nord est d'Algérie. *Agrobiologia*, 7(2): 589-602.
 28. KHAN A.R., KHAN M.J., ANWAR M., GULL P., ET FATIMA M., 2014-Allelopathic effect of different concentrations of leaf extract of *Lawsonia inermis* L., seed germination of *Steria italica*, *Pennisetum americanum* and *Lectuca sativa*. *Int. J. Pharma. and Phytochem. Res*, 6: 766-773.
 29. KRIEF S., 2003- Métabolites secondaires des plantes et comportement animal : surveillance sanitaire et observations de l'alimentation des chimpanzés (*Pan troglodytes schweinfurthii*) en Ouganda. Activités biologiques et étude chimique de plantes consommées. Thèse de Doctorat, Muséum National d'Histoire Naturelle - MNHN Paris, France,348p.
 30. LAIRINI S., BOUSLAMTI R., ZERROUQ F., FARAH A., 2014 - Valorisation de l'extrait aqueux de l'écorce de fruit de *Punica granatum* par l'étude de ses activités antimicrobienne et antioxydante (Enhancement of the aqueous extract of the bark of *Punica granatum* fruit through the study of its antimicrobial and antioxidant activities). *J Mater Env. Sci*, 5(S1) :2314-2318.
 31. LAMARTI A., BADOUC A., DEFFIEUX G., CARDE J.P., 1994- Biogénèse des monoterpènes II- La chaîne isoprénique. *Bulletin de la Société de pharmacie de Bordeaux*, 133: 79- 99.
 32. LAMBERT C., 2011- Étude du rôle des stilbènes dans les défenses de la vigne contre les maladies du bois. Thèse de Doctorat en Oenologie, Université Bordeaux Segalen,202p.
 33. LATTAB A., 2012- Utilisation des extraits de quelques plantes locales pour lutter contre la résistance de *Pseudomonas aeruginosa* aux antibiotiques. Thèse de doctorat en biologie, Université de Mostaganem-Abdelhamid Ibn Badis,79p.
 34. LUGASI A., HOVARI J., SAGI K V., BIRO L., 2003 -The role of antioxidant phytonutrients in the prevention of diseases. *Acta Biologica Szegediensis*, 47(1-4):119-125.
 35. MACHEIX J.J., FLEURIET A., JAY-ALLEMAND C., 2005- Les composés phénoliques des végétaux : un exemple de métabolites secondaires d'importance économique. Ed Presses

- polytechniques et universitaires romandes :4-5.
36. MARTIN S., ANDRIANTSITOHAINA R., 2002- Mécanismes de la protection cardiaque et vasculaire des polyphénols au niveau de l'endothélium. *Annales de Cardiologie et d'Angéiologie*, 51: 304- 315.
 37. NAYAK B.S., ISITOR G., DAVIS E.M., ET PILLAI G.K. ,2007- The evidence based wound healing activity of *Lawsonia inermis* Linn. *Phytotherapy Research: An International Journal Devoted to Pharmacological and Toxicological Evaluation of Natural Product Derivatives*, 21(9):827-831.
 38. PARIS M., HURABIELLE M., ET PARIS, R. R. ,1981-Abrégé de matière médicale : Monographies (2. Partie) : plantes actives sur le système nerveux, sur l'appareil digestif, plantes cardiotoniques, plantes antiparasitaires, plantes insecticides, antibiotiques et antitumoraux d'origine végétale. Masson.
 39. PHILIP J. P., MADHUMITHA G., MARY, S. A., 2011- Free radical scavenging and reducing power of *Lawsonia inermis* L. seeds. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*, 4(6): 457-461.
 40. PORTER L.J., HRSTICH L.N., CHAN B.G., 1986-The conversion of Procyanidins and Prodelphinidins to Cyanidin and Delphinidin. *Phytochemistry*, 25(1): 223 – 230pp
 41. RAJA W., OVAIS M., DUBEY A., 2013-Phytochemical screening and antibacterial activity of *Lawsonia inermis* leaf extract. *medicine*, 6(8).
 42. RICCI D., GIAMPERI L., BUCCHINI A., FRATERNALE D., 2006-Antioxidant activity of *Punica granatum* fruits. *Fitoterapia*, 77(4): 310-312.
 43. SAAD A., CHERITI A., BELBOUKHARI N., 2006- L'apport des NTIC à l'Ethnopharmacologie du Sud Algérien. *Annales de l'Université de Bechar*, 2: 149- 154.
 44. SAHLI R., 2017 - Étude phytochimique de quelques plantes extrêmophiles tunisiennes et exploration de leurs activités biologiques. Thèse de doctorat en "sciences du médicament et des autres produits de santé" et en "génie biologique", Université Lille 2 et Université de Carthage.
 45. SANGWAN V., ÖRVAR B.L., BEYERLY J., HIRT H., ET DHINDSA R. S., 2002- Opposite changes in membrane fluidity mimic cold and heat stress activation of distinct plant MAP kinase pathways. *The Plant Journal*, 31(5): 629-638.
 46. SINGER J.D., WILLETT J.B., et WILLETT J.B., 2003 - Applied longitudinal data analysis: Modeling change and event occurrence. Oxford university press: 96-97.
 47. VERPOORTE E., 2002-Microfluidic chips for clinical and forensic analysis. *Electrophoresis*, 23(5): 677-712.

48. WALD E., 2009- Le grenadier (*Punica granatum*) : plante historique et évolutions thérapeutiques récentes. Thèse de doctorat en Pharmacie, UNIVERSITE HENRI POINCARÉ - NANCY 1.
49. YOGISHA S., SAMIULLA S.D., PRASHANTH D., PADMAJA R., AMIT A., 2002- Trypsin inhibitory activity of *Lawsonia inermis*. *Filoterapia*; 73 :690-691.
50. AZMIR J., ZAIDUL I. S. M., RAHMAN M. M., SHARIF K. M., MOHAMED A., SAHENA F., ... et OMAR A. K. M. 2013 Techniques for extraction of bioactive compounds from plant materials: A review. *Journal of food engineering*, 117(4): 426-436.
51. BAKASSO S., 2009- Étude phytochimique et potentialités biologiques de cinq espèces d'Indigofera (*Fabaceae*) utilisées en médecine traditionnelle au Burkina Faso. Thèse de Doctorat unique, Université de Ouagadougou.
52. BASLI A., CHIBANE M., MADANI K., et OUKIL N., 2012- Activité antibactérienne des polyphénols extraits d'une plante médicinale de la flore d'Algérie : *Origanum glandulosum* Desf. *Phytothérapie*, 10(1) : 2-9.
53. BELAIDI EL-B., 2012 - Étude de l'activité antibactérienne des extraits de *Berberis vulgaris* (L.) et *punica granatum* (L.) Vis_à_Vis multirésistantes aux antibiotiques isolés du C.H.U de Tlemcen. Mémoire de Master en microbiologie, université aboubekr Belkadi. Tlemcen, 39p.
54. BENDJABEUR S., 2012- Évaluation du pouvoir antioxydant et antimicrobien des extraits végétaux (cas de la grenade *Punica granatum* L.) en vue de leur utilisation alimentaire. Mémoire de magister en Sciences Alimentaire. École nationale supérieure agronomique El-Harrach Alger ,132p.
55. BOUAKAZ I., 2006- Étude phytochimique de la plante *Genista Microcephala*, Mémoire de master, Batna.
56. BOUAKAZ I., 2006 - Étude phytochimique de la plante *Genista Microcephala*. Mémoire de magister, Batna.
57. BRUNETON J., 1993- Pharmacognosie : phytochimie-plantes médicinales, 2^o.éd. Tec. Et doc. Lavoisier, Paris, 915 p.
58. BRUNETON J., 1999- Les tanins. Ed. Éditions médicales internationales, Paris, 369-404
59. BRUNETON J., 1993 - Pharmacognosie : phytochimie, plantes médicinales. Ed. Tec et Doc - Lavoisier, Paris
60. BRUNTON L.I., 1999- Agents affecting gastrointestinal water flux and mortality, digestion and bile acids, *The Pharmacological Basis of Therapeutic*, 8th (Eds), Pergman Press.
61. CAVIN ALEXANDRE., 1999- Thèse de Doctorat. Investigation phytochimique de 3 plantes indonésiennes aux propriétés antioxydantes et antiradicalaires : *Tinospora crispa* (*Menispermaceae*), *imerrenia emarginata* (*Convolvulaceae*) et *Orophea enneandra*

- (Annonaceae). Lausanne Suisse 241-243.
62. CHUNG K. T., WEI C. I., et JOHNSON M. G. 1998- Are tannins a double-edged sword in biology and health? *Trends in Food Science & Technology*, 9(4): 168-175.
63. DIALLO A-M., 2005- Étude des plantes médicinales de niafunke (région Tombouctou) Phytochimie et pharmacologie de *Maerua crassifolia* Forsk. (Capparidacée). Thèse de Doctorat. Université de Bamako.125p
64. ELHANAFI L., 2012-Activités antimicrobienne et antioxydantes d'extrait aqueux du fruit de *Zizyphus lotus* et de l'écorce du fruit de *Punica granatum*. Biotechnologie microbienne. Mémoire de Master, Université Sidi Mohamed Ben Abdellah, P40.
65. ERDMAN JR. J. W., BALENTINE D., ARAB L., BEECHER G., DWYER J. T., FOLTS J., ... et MESSINA M., 2007- Flavonoids and heart health: proceedings of the ILSI North America flavonoids workshop, May 31–June 1, 2005, Washington, DC. *The Journal of nutrition*, 137(3): 718S-737S.
66. GHESTEM A., SEGUN E., PARIS M., ORECCHIONI A-M., 2001-Le préparateur en pharmacie : Botanique-Pharmacognosie Phytothérapie - Homéopathie. Lavoisier Tec et Doc, Paris ,273p
67. GUIGNARD J., 1996- Biochimie végétale. Lavoisier, Paris, 175 – 192pp
68. HADI M., 2004- La quercétine et ses dérivés : molécules à caractère peroxydant ou thérapeutiques. Thèse de doctorat. Université Louis Pasteur Strasbourg 1.1 55p.
69. HADJADJ S., 2017- Analyses phytochimiques et activités biologiques des extraits de deux plantes médicinales du Sahara septentrional Est Algérien. Thèse de Doctorat en Biologie, université kasdi merbah- Ouargla.
70. HEMINGWAY R W., 1992- Structural variation in proanthocyanidins and their derivatives. In: Plant polyphenols: synthesis, properties, significance. Hemingway R W, Laks P. E. New York.
71. HENNEBELLE T., SAHPAZ S., et BAILLEUL F., 2004- Polyphénols végétaux, sources, utilisations et potentiel dans la lutte contre le stress oxydatif. *Phytothérapie*, 2(1) : 3-6.
72. KHAN J. A., ET HANEE S., 2011- Antibacterial properties of *Punica granatum* peels. *International Journal of Applied Biology and Pharmaceutical Technology*, 2(3):23-27.
73. LOKE Y. K., SINGH S., et FURBERG C. D., 2009- Long-term use of thiazolidinediones and fractures in type 2 diabetes: a meta-analysis. *Cmaj*, 180(1): 32-39.
74. MACHEIX J. J., FLEURIET A., et JAY-ALLEMAND C., 2005- Les composés phénoliques des végétaux : un exemple de métabolites secondaires d'importance économique. PPUR presses polytechniques.
75. MACHEIX J. J., FLEURIET A., et JAY-ALLEMAND C.,2005- Les composés phénoliques des végétaux : un exemple de métabolites secondaires d'importance économique. PPUR presses polytechniques.

76. MARFAK A., 2003- Radiolyse gamma des flavonoïdes, Étude de leur réactivité avec les radicaux issus des alcools : formation de depsides. Université de LIMOGES.
77. 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.
78. OULD EL-HADJ M.D., HADJ-MOHAMMED M., ZABEIROU H., 2003- Place des plantes spontanées dans la médecine traditionnelle de la région de Ouargla (Sahara Septentrional Est). Courrier du Savoir, 3 :47- 51.
79. PARIS R.R., et MOYSE H., 1976- Matière Médicale. Tome I. 2eme Ed : Masson, Paris. 406 p.
80. PORTER L. J., HRSTICH L. N., et CHAN B. G., 1986- The conversion of procyanidins and prodelphinidins to cyanidin and delphinidin. Phytochemistry, 25(1):223-230.
81. PORTER L.J., HRSTICH L.N., CHAN B.G., 1986- The conversion of procyanidins and prodelphinidins to cyanidin and delphinidin. Phytochemistry 1, 223-230.
82. SAHLI R., 2017- Étude phytochimique de quelques plantes extrêmophiles tunisiennes et exploration de leurs activités biologiques. Thèse de Doctorat.
83. SANGWAN N. S., FAROOQI A. H. A., SHABIH F., et SANGWAN R. S. ,2001- Regulation of essential oil production in plants. *Plant growth regulation*, 34(1): 3-21.
84. SANGWAN N. S., JADAUN J. S., TRIPATHI S., MISHRA B., NARNOLIYA L. K., et SANGWAN R. S. 2018- Plant metabolic engineering. In *Omics Technologies and Bio-Engineering* (pp. 143-175).
85. URQUIAGA I. N. E. S., et LEIGHTON F., 2000- Plant polyphenol antioxidants and oxidative stress. *Biological research*, 33(2): 55-64.
86. VANDAL J., ABOU-ZAID M. M., FERRONI G., et LEDUC L. G., 2015- Antimicrobial activity of natural products from the flora of Northern Ontario, Canada. *Pharmaceutical biology*, 53(6): 800-806.
87. WILSON A., 1987- Flavonoid pigments in chalkhill blue (*Lysandra coridon* Poda) and other lycaenid butterflies. *Journal of chemical ecology*, 13(3): 473-493.
88. ZEGHAD N., 2009- Étude du contenu polyphénolique de deux plantes médicinales d'intérêt économique (*Thymus vulgaris*, *Rosmarinus officinalis*) et évaluation de leur activité antibactérienne. Constantine : université Mentouri.

RÉSUMÉS

Etude rétrospective sur les activités antioxydante et antimicrobienne des extraits issus de deux plantes médicinales de la famille de Lythraceae

Résumé

L'objectif de cette étude est de mettre en lumière l'état de la recherche des molécules cibles antioxydantes et antimicrobiennes issues des plantes médicinales de la famille de Lythracées, *Lawsonia inermis* L. et de *Punica granatum* L., cultivées dans le Sahara septentrional Algérien à des fins alimentaires, cosmétiques et thérapeutiques. L'analyse des données des travaux antérieurs a révélé que les graines de *L. inermis* et les écorces de *P. granatum* sont les plus investiguées dans la recherche des antioxydants avec des pourcentages estimés à 60 et à 53,8%, respectivement. Pour la découverte des antimicrobiens, les feuilles de henné et les écorces de grenade sont les plus exploitées avec des taux estimés à 100 et 77,8%, respectivement.

La macération dans les solvants hydro-alcooliques est le mode de préparation préféré par les auteurs pour extraire des antioxydants avec des taux presque identiques évalués à 60 et 62,5%, respectivement chez *L. inermis* et *P. granatum*, l'éthanol est le solvant le plus utilisé avec 22,2 et 36,4%, dans cet ordre. Aussi, la macération à température ambiante et à chaud sont les plus préconisées pour extraire des antimicrobiens avec des taux égaux de l'ordre de (33,3%) et (50%) chez *P. granatum* et *L. inermis*, respectivement. Le méthanol est le solvant le plus recommandé avec des pourcentages estimés à 57% chez *L. inermis* et à 41,7% chez *P. granatum*.

Plusieurs systèmes sont utilisés par les chercheurs pour évaluer le pouvoir antioxydant des extraits issus desdites espèces, le test de piégeage du radical libre DPPH° est préféré dans toutes les publications sélectionnées. L'activité antimicrobienne de henné et de grenade a été testée contre différentes souches bactériennes et fongiques en utilisant la méthode de diffusion sur milieu gélose et la technique de microdilution sur milieu liquide.

Ce travail pourrait être constitué une base de données utile aux recherches ultérieures dans le domaine de la découverte de nouvelles molécules bioactives.

Mots clés : *Lawsonia inermis* L., *Punica granatum* L., Sahara septentrional, travaux antérieurs, pouvoir antioxydant, activité antimicrobienne.

Retrospective study on the antioxidant and antimicrobial activities of extracts from two medicinal plants of the Lythraceae family

Abstract

The objective of this study is to shed light on the state of research of antioxidant and antimicrobial target molecules derived from medicinal plants of the Lythraceae family, *Lawsonia inermis* L. and *Punica granatum* L., cultivated in the northern Algerian Sahara for food, cosmetic and therapeutic purposes. Analysis of data from previous work revealed that seeds of *L. inermis* and pomegranate peels are the most investigated in antioxidant research with percentages estimated at 60 and 53.8%, respectively. For antimicrobial discovery, henna leaves and pomegranate peels are the most exploited with rates estimated at 100 and 77.8%, respectively.

Maceration in hydro-alcoholic solvents is the method of preparation preferred by the authors to extract antioxidants with almost identical rates evaluated at 60 and 62.5%, respectively in *L. inermis* and *P. granatum*, ethanol is the most used solvent with 22.2 and 36.4%, in that order. Also, maceration at room temperature and hot are the most recommended to extract antimicrobials with equal levels of the order of (33.3%) and (50%) in *P. granatum* and *L. inermis*, respectively. Methanol is the most recommended solvent with percentages estimated at 57% in *L. inermis* and 41.7% in *P. granatum*.

Several compounds are used by the researchers to evaluate the antioxidant power of the extracts obtained from said species; the DPPH° free radical scavenging test is preferred in all the selected publications. The antimicrobial activity of henna and pomegranate was tested against different bacterial and fungal strains using the agar diffusion method and the liquid microdilution technique.

This work could constitute a database useful for further research in the field of the discovery of new bioactive molecules.

Key words: *Lawsonia inermis* L., *Punica granatum* L., Northern Sahara, previous work, antioxidant power, antimicrobial activity.

دراسة بأثر رجعي عن الأنشطة المضادة للأكسدة والميكروبات لمستخلصات من نباتين طبيين من عائلة *Lythraceae*

ملخص

الهدف من هذه الدراسة هو تسليط الضوء على حالة البحث عن الجزيئات المستهدفة المضادة للأكسدة ومضادات الميكروبات المستخلصة من النباتات الطبية لعائلة *Lythraceae* نبات الحناء *Lawsonia inermis L.* و نبات الرمان *Punica granatum L.*، تزرع في شمال الصحراء الجزائرية للأغراض الغذائية والتجميلية والعلاجية. أظهر تحليل معطيات الأعمال السابقة أن بذور الحناء و قشور الرمان هما الأكثر استغلال في البحث عن مضادات الأكسدة بنسب تقدر بـ 60 و % على التوالي. لإستكشاف مضادات الميكروبات، أوراق الحناء وقشور الرمان هي الأكثر استغلالاً بمعدلات تقدر بـ 100 و 77.8 % على التوالي.

النقع في المذيبات الكحولية المائية هو طريقة التحضير التي يفضلها المؤلفون لاستخراج مضادات الأكسدة بمعدلات تقريباً متطابقة تم تقييمها بي 60 و 62.5% على التوالي عند *L. inermis* و *P. granatum* ، الإيثانول هو المذيب الأكثر استخداماً بنسبة 22.2 و 36.4% بهذا الترتيب. أيضاً، النقع في درجة حرارة الغرفة و مع التسخين هما أكثر الطرق الموصى بها لإستخراج مضادات الميكروبات بمستويات متساوية 33.3 و 50 % عند *L. inermis* و *P. granatum* على التوالي. الميثانول هو المذيبات الموصى به بنسبة 57% عند *L. inermis* و 41.7 % عند *P. granatum*

يستخدم الباحثون العديد من المركبات لتقييم القوة المضادة للأكسدة للمستخلصات التي تم الحصول عليها من الأنواع المذكورة؛ ويفضل اختبار إزالة الجذور الحرة $DPPH^{\circ}$ في جميع المنشورات المختارة. تم اختبار النشاط المضاد للميكروبات للحناء والرمان ضد السلالات البكتيرية والفطرية المختلفة باستخدام طريقة الانتشار في الأوساط الصلبة وتقنية التخفيف الدقيق السائل.

يمكن أن يشكل هذا العمل قاعدة بيانات مفيدة لمزيد من البحث في مجال اكتشاف الجزيئات النشطة بيولوجيا جديدة.

الكلمات المفتاحية: نبات الحناء *Lawsonia inermis L.* ، نبات الرمان *Punica granatum L.*، الصحراء الشمالية، أعمال سابقة، قوة مضادات للأكسدة، نشاط مضاد للميكروبات.