

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des Sciences Alimentaires
Filière : Sciences Biologiques
Spécialité : sciences alimentaires
Option : bioprocédés technologie alimentaire



Réf :.....

Mémoire de Fin de Cycle
En vue de l'obtention du diplôme

MASTER

Thème

**L'effet de l'extrait de quelques plantes
médicinales sur les uro-pathogènes**

Présenté par :

Mezghiche Sabrina et Ouchen Samia

Soutenu le : **18 Juin 2017**

Devant le jury composé de :

Mme OUKIL N.
Mme BOUALI N.
Mme MERZOUK H.

MAA
MCA
MCA

President
Examineur
Encadreur

Année universitaire : 2016 / 2017

Remerciements

Merci à Dieu le tout puissant d'avoir guidé chacun de nos pas, de nous avoir protégé et permis de réaliser ce modeste travail, et aux êtres les plus chers au monde "Nos Parents" pour tous les efforts et sacrifices qu'ils ont entrepris afin de nous voir réussir.

A notre promotrice madame Merzouk,

Nous tenons à lui exprimer toute notre reconnaissance pour nous avoir fait bénéficier de son savoir ainsi que pour sa patience avec nous, son aide, ses conseils précieux et sa disponibilité toute au long de la période de l'expérimentation malgré ses obligations professionnelles.

Nous remercions Madame Ouqil de nous avoir ouvert les portes de son laboratoire.

Nos remerciements les plus sincères aux membres du jury pour avoir accepté de prendre un peu de leur précieux temps afin de juger ce modeste travail.

A mademoiselle Touati,

Merci pour votre soutien ainsi que vos précieux conseils, vous avez toujours été présente tout au long de notre stage. Veuillez trouver dans ce modeste travail l'expression de notre estime et notre reconnaissance.

Nous exprimons toute notre amitié à tous les membres du laboratoire de Microbiologie Alimentaire, pour toutes les conditions de travail favorables que vous avez mis en notre disposition.

A tous ceux qui nous ont aidé de près ou de loin pour la réalisation de ce mémoire, vous avez toute notre reconnaissance.

Dédicaces

Avec l'aide de Dieu, on a pu faire ce modeste travail que je dédie :

A mes très chers parents, ma mère, qui a œuvré pour ma réussite, de par son amour, son soutien, tous les sacrifices consentis et ses précieux conseils, pour toute son assistance et sa présence dans ma vie.

Mon père, qui peut être fier et trouver ici le résultat de longues années de sacrifices et de privations pour m'aider à avancer dans la vie. Puisse Dieu faire en sorte que ce travail porte leur fruit ; Merci pour les valeurs nobles, l'éducation et le soutien permanent venant de vous.

*A la mémoire de mes grands parents paternels,
Vous pour qui le travail, l'amour, la famille, l'honneur étaient votre vie, vous avez laissés un énorme vide que personne ne peut combler que Dieu le tout puissant vous accueille dans son vaste paradis. "Paix a vos âmes".*

A ma grand-mère Khoukha, qui s'est toujours occupé de nous. Ton amour n'a jamais cessé de nous combler de bonheur, que Dieu te protège et t'apporte un bon rétablissement.

A mon grand-père, pour sa sagesse et son soutien.

A mon cher petit frère Ghilas.

A ma cousine adorée Lynda, pour son soutien et sa compréhension, tu as toujours été là dans les moments difficiles, rien que je ne puisse faire ne peut être à la hauteur de ta bonté.

A tous mes oncles et tantes,

A tous mes cousins et cousines,

A tous mes amis, en particuliers ma très cher yasmine, Fahima, Lila, Moustapha, Ratiba.

A toute la promotion Bioprocédés et technologie alimentaire,

A ma camarade Samia, pour tout ce qu'on a partagé ensemble, je te souhaite tout le bonheur du monde. 'Merci pour tout'.

Sabrina

Dédicaces

Nous remercions notre créateur "Allah", le tout puissant pour le courage qu'il nous a donné pour réaliser ce travail.

Avec un énorme plaisir, que je dédie ce modeste travail tout d'abord : à mes très chers, respectueux et magnifiques parents qui m'ont soutenu tout au long de ma vie et encouragés durant toute la période de mes études et à qui je souhaite une longue et heureuse vie « un grand merci pour tout ».

En remerciant Dieu de les avoir protégés pour être témoins de ma réussite.

A mes très chers frères : Salah, sa femme Rachida et leurs petits fils Aïmed et Faïz.

Akfi et sa femme Yasmina ainsi leurs enfants : Yanis et Lylia.

A Azedin et Mouloud j'espère que la vie leur réserve le meilleur.

A ma très chère sœur Djida, son mari Zahir et leur fille Nadaline.

A mon très cher mari Farid, qui a été souvent un soutien moral, généreux et précieux durant toute la période d'études et à mon bon père et ma belle mère ainsi sa famille, grands et petits

Toutes mes chères copines pour leur belle amitié et leur soutien ainsi que pour l'ambiance chaleureuse qui nous a réunis pendant la période d'études à la tête

Nadira, Samira, Henia, Mounia, Yasmina, et Saidia.

A ma chère camarade Sabrina, merci pour ta compréhension, tout ce que t'as fait pour réaliser ce travail, et de partager les moments difficiles avec moi.

Samia



Liste des tableaux

Numéro de tableau	Titre	Page
I	Epidémiologie des infections urinaires.	4
II	Les agents pathogènes responsables des infections urinaires.	5
III	Résultats des tests de sensibilité des souches bactériennes vis-à-vis des extraits aqueux et des antibiotiques standards.	6
IV	Activité antimicrobienne des extraits bruts des plantes de l'étude.	7
V	Sensibilité des germes testés aux extraits d' <i>A. mexicana L</i>	7
VI	Activité antibactérienne des différents décoctés sur les huit souches bactériennes.	8
VII	Liste des plantes médicinales utilisées.	15
VIII	Rendement d'extraction des polyphénols des différentes plantes.	28
IX	Diamètre de zones d'inhibition en mm des extraits de plantes, des antibiotiques et des standards.	38
X	Valeurs des CMI et des CMB (mg/ml) pour les différents extraits testés	43

Liste des tableaux en annexe

Numéro de tableau	Titre
I	Classification botanique de <i>Petroselinum crispum</i> .
II	Classification botanique de <i>Ciannamomum cassia</i> .
III	Classification botanique de <i>Calluna vulgaris</i> .
IV	Classification botanique de <i>Dittrichia viscosa</i> .
V	Classification botanique d' <i>Artemisia herba-alba</i> .
VI	Classification botanique de <i>Pistacia lentiscus</i> .
VII	Classification botanique d' <i>Asplelinuim adiantum-nigrum</i> .
VIII	Classification botanique de <i>Paronychia argentea</i> .
IX	Classification botanique d' <i>Asplenium trichomanes</i> .
X	Classification botanique d' <i>Adiantum capillus-veneris</i> .
XI	Classification botanique de <i>Parietaria officinalis</i>

Liste des figures

N° de la figure	Titre	Page
1	Classification des infections urinaires.	4
2	Structure de base des flavonoïdes.	11
3	Exemple de structure de tanins hydrolysables.	12
4	Exemple de structure de tanins condensés.	12
5	Principe de dosage par hydrolyse acide dans le butanol.	20
6	Réduction du radical DPPH.	22
7	Teneurs en composés phénoliques des extraits de plantes étudiées.	30
8	Teneurs en flavonoïdes des extraits des extraits de plantes étudiées.	32
9	Teneurs en tanins condensés des extraits de plantes étudiées.	33
10	Teneur en tanins hydrolysables des extraits de plantes étudiés.	35
11	Valeurs de la concentration inhibitrice (CI ₅₀) d'extraits des plantes étudiés et des trois standards.	36
12	Pourcentage d'inhibition exprimé par la CI ₅₀ .	37
13	Zone d'inhibition des extraits de plantes testés sur <i>E.coli</i> clinique.	42
14	Zone d'inhibition des extraits de plantes testés sur <i>E.coli</i> clinique et <i>E.coli</i> ATCC 25922.	42
15	Zone d'inhibition des antibiotiques et des standards testés sur <i>E.coli</i> clinique et <i>E.coli</i> ATCC 25922.	42

Liste des figures en annexe

N° de la figure	Titre
1	Courbe d'étalonnage des polyphénols
2	Courbe d'étalonnage du pouvoir réducteur
3	Courbe d'étalonnage du pouvoir réducteur
4	Pouvoir réducteur des flavonoïdes
5	Courbe d'étalonnage du pouvoir réducteur

Liste des abréviations

Abs: Absorbance

ATCC: American Type Culture Collection

CI₅₀: concentration inhibitrice à 50%

CMI: Concentration minimale inhibitrice

CMB: Concentration minimale bactéricide

DPPH: Diphényl picryl-hydrasyl

EAG: Equivalent d'acide gallique

EAT: Equivalent d'acide tannique

Ech: Echantillon

EL: Equivalent leucocyanidine

ES: Extrait sec

EQ: Equivalent de quercétine

E. coli: *Escherichia coli*

k. pneumoniae: *klebsiella pneumoniae*

S. aureus: *Staphylococcus aureus*

S. saprophyticus: *Staphylococcus saprophyticus*

TCA: Acide trichloroacétique

Glossaire

Dysurie : est la difficulté à uriner, due à un dysfonctionnement de la vessie, ou à un obstacle sur le canal excréteur.

Méat urétrale : Il s'agit de l'orifice externe de l'urètre par lequel passent les urines au moment de la miction.

Périnée : Est un muscle qui se situe sur la paroi inférieure du pelvis. Sa structure est différente entre l'homme et la femme.

Urosepsis : Est terme générique désignant une infection de l'appareil urinaire.

Urothélium : Couche de cellules formant un épithélium (tissu de recouvrement) tapissant les voies urinaires.

Table des matières

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des abréviations

Glossaire

Introduction1

Synthèse bibliographique

Chapitre I : Les infections urinaires et les plantes

I. Les infections urinaires2

I.1. Définition de l'infection urinaire.....2

I.2. Types d'infections urinaires2

I.2.1.Les infections urinaires inferieures.....2

I.2.2.Les infections urinaires supérieures3

I.3. Epidémiologie et physiopathologie4

I.3.1. Epidémiologie4

I.3.2. Physiopathologie5

II. Les plantes antiuropatho-géniques.....5

II.1. *Euphorbia hirta* linn.....5

II.2. *Thymus vulgaris* et *laurus nobilis*.....6

II.3.*Argemone mexicana*7

II.4. *Tamus communis* et *carthamus caeruleus*7

II.5. *Detariurri microcarpum*.....8

II.6.Canneberge.....9

Chapitre II : Les composées phénoliques et mécanisme d'action

I. Les composées phénoliques.....10

I.1. Les polyphénols.....10

I.1.1. Les flavonoïdes.....	11
I.1.2. Les tanins.....	11
II. Activité antibactérienne des polyphénols	13
II.1.Mécanisme d'action des composés phénoliques	13

Partie expérimentale

Matériel et méthodes

I. Matériel végétal.....	15
I.1. Préparation des échantillons	17
II. Extraction des composés phénoliques.....	17
III. Dosage des composés phénoliques	17
III.1. Dosage des polyphénols totaux.....	18
III.2. Dosage des flavonoïdes.....	18
III.3. Dosage des tanins hydrolysables.....	20
III.4. Dosage des tanins condensés.....	20
III.5. Evaluation de l'activité antioxydante.....	21
III.5.1. Le pouvoir réducteur.....	21
III.5.2. Le pouvoir de piégeage du DPPH.....	22
IV. Evaluation de l'activité antibactérienne	23
IV.1. Souches cibles	23
IV.1.1. Purification des souches.....	24
IV.1.2. Coloration de Gram.....	24
IV.1.3.Standardisation des inoculas bactériens.....	25
IV.1.4. Evaluation qualitative de l'activité antibactérienne.....	25
IV.1.5. Evaluation quantitative de l'activité antibactérienne	26
IV.1.5.1. Détermination des paramètres de croissance.....	26

IV.1.5.2. Détermination de la concentration minimale bactéricide.....	26
V. Analyse statistique.....	27

Résultats et discussions

I. Rendement d'extraction en polyphénols.....	28
II. Dosage des extraits éthanoliques	29
II.1. Teneur en polyphénols.....	29
II.2. Teneur en flavonoïdes	31
II.3. Teneur en tanins condensés.....	33
II.4. Teneur en tannins hydrolysables.....	34
II.5. Le pouvoir réducteur.....	35
II.6. Le pouvoir de piégeage du radical DPPH	37
III. Evaluation de l'activité antibactérienne.....	39
III.1. Etude qualitative de l'activité antibactérienne	39
III.1.1. Activité antibactérienne des extraits.....	39
III.2. Etude quantitative de l'activité antibactérienne.....	44
Conclusion	45

Annexes

Références bibliographiques

Résumer

Introduction

Introduction

Les infections urinaires sont parmi les infections les plus rencontrées dans la pratique quotidienne et sont un problème de santé majeur et peuvent avoir des conséquences sévères. Les germes bactériens responsables sont *Escherichia coli* (90%), les autres bacilles à Gram négatif (*Klebsiella*, *Proteus*, *Enterobacter*, *Pseudomonas*), et plus rarement les *Staphylocoques* et *Enterocoques* (**Weber et al., 2005**).

Les plantes médicinales sont utilisées depuis l'antiquité, pour soulager et guérir les maladies humaines. En fait, leurs propriétés thérapeutiques sont dues à la présence de centaines, voire des milliers de composés naturels bioactifs appelés : les métabolites secondaires. Ces derniers sont par la suite accumulés dans différents organes et parfois dans des cellules spécialisées de la plante (**Boudjouref, 2011**).

Les plantes médicinales restent encore le premier réservoir de nouveaux médicaments. Elles sont considérées comme source de matière première essentielle pour la découverte de nouvelles molécules nécessaires à la mise au point de futurs médicaments (**Maurice, 1997**).

La phytothérapie a été utilisée depuis des siècles pour traiter les infections. Tisanes et décoctions ont été utilisées avec succès. En Algérie, les plantes sont utilisées depuis longtemps et leur utilisation s'inspire d'expériences des populations ainsi que de la médecine arabe classique. Cependant, cette utilisation ne suit pas des règles précises et ne tient pas compte des nouvelles nécessités de la thérapeutique actuelle. Beaucoup d'études se sont intéressées à l'étude des plantes utilisées en médecine traditionnelle.

C'est dans cette perspective que nous nous sommes intéressées à étudier des plantes utilisés traditionnellement pour les soins des infections dans notre pays, et qui sont fréquemment employées par la population.

Dans ce contexte, notre étude vise à:

- Extraire les principes actifs à partir de différentes plantes.
- Déterminer les teneurs en composés phénoliques des différents extraits.
- Évaluer qualitativement et quantitativement les propriétés antibactériennes des extraits.

Synthèse bibliographique

I. Les infections urinaires

L'appareil urinaire est normalement stérile, bien que s'ouvrant vers l'extérieur. La présence de bactéries suffirait donc à définir l'infection urinaire. Dans ce cas, l'urine est contaminée physiologiquement lors de son émission par les germes du méat urétrale ou du périnée, et elle constitue un bon milieu de culture (**Caron et al., 2008 ; Caron, 2010**).

I.1. Définition de l'infection urinaire

L'infection urinaire est une réponse inflammatoire de l'urothélium, à la présence anormale de germes microbiens dans l'urine. Elle peut être limitée à la vessie (cystite) ou envahir le rein (pyélonéphrite) (**Bitton, 2009**).

Les infections urinaires sont les infections microbiennes les plus fréquentes quelque soit l'âge. Elles occupent la deuxième position après les infections respiratoires (**Alvarez et al., 1992**).

Trois populations sont à risque : les jeunes femmes en période d'activité génitale, les hommes lors de l'installation des maladies prostatiques et les sujets âgés (**Plante et Soulie, 2006**).

I.2. Types d'infections urinaires

Les infections urinaires sont généralement classées en fonction de leur emplacement anatomique ou en termes de leur gravité et/ou leur complexité (**Rané et Dasgupta, 2013**).

On distingue :

- Les infections urinaires inférieures.
- Les infections urinaires supérieures.

I.2.1. Les infections urinaires inférieures

L'infection urinaire inférieure est un terme qui englobe la cystite et l'urétrite, est généralement une maladie bénigne qui provoque des symptômes typiques de dysurie, des douleurs supra-pubiennes, des fréquences de mictions (pollakiurie), etc. des manifestations systématiques, telle que la fièvre et les séquelles à long terme sont rares (**Rané et Dasgupta, 2013**).

I.2.2. Les infections urinaires supérieures

L'infection urinaire supérieure ou pyélonéphrite est une infection invasive du parenchyme rénale, présentant classiquement la triade de fièvre, la sensibilité à l'angle rénal, la nausée et les vomissements. Les symptômes des voies urinaires inférieures peuvent ou non être présents. Les infections du tube supérieur provoquent fréquemment une urosepsis et des complications, y compris des lésions rénales, la formation d'abcès et l'insuffisance rénale sont fréquentes (**Rané et Dasgupta, 2013**).

Ces infections sont divisées en deux groupes :

- Les infections urinaires non compliquées, sont généralement définies comme des infections des voies inférieures affectant les femmes sans prédisposition structurelles, métaboliques ou immunologiques. Certaines autorités regroupent également des cas de pyélonéphrite sans complication dans cette catégorie (**Rané et Dasgupta, 2013**).
- Les infections urinaires compliquées, sont celles qui impliquent les voies urinaires supérieures se produisant chez les individus ayant des facteurs prédisposant tels que les anomalies structurelles et/ou fonctionnelles, des troubles métaboliques ou une immunité altérée. Les infections urinaires chez les enfants et les hommes sont souvent considérées au sein de ce groupe, les infections urinaires chez ces individus sont plus souvent associées à des facteurs prédisposants, y compris des anomalies congénitales chez les enfants et la prostatite chez les hommes (**Rané et Dasgupta, 2013**).

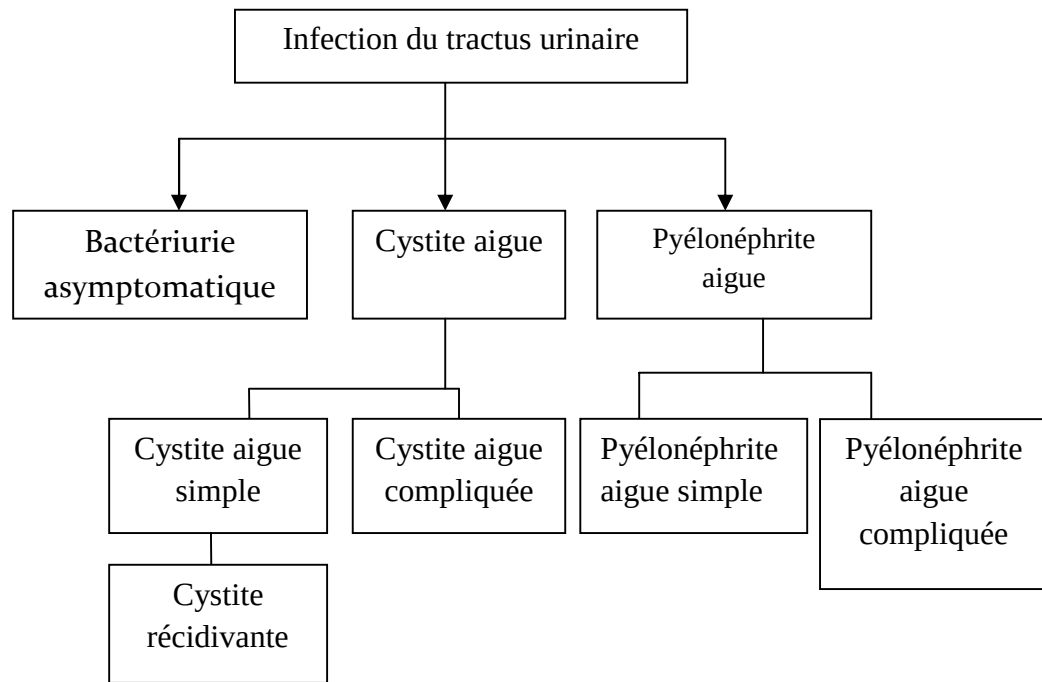


Figure n° 1 : classification des infections urinaires (Duhamel, 2013).

I.3. Épidémiologie et physiopathologie

I.3.1. Épidémiologie

Il existe plusieurs facteurs qui peuvent favoriser le développement des infections urinaires. L'épidémiologie des infections urinaires est résumée dans le tableau I :

Tableau I : épidémiologie des infections urinaires (Moulin et Peraldi, 2016).

Sexe féminin	• Tout âge, mais en particulier : ➢ En période d'activité sexuelle ➢ Pendant la grossesse ➢ A partir de la ménopause
Sexe masculin	• Age < 10ans ou > 50ans
Facteurs favorisants communs	• Diabète • Mictions rares, retenus, incomplètes, boissons insuffisantes • Anomalie de l'arbre urinaire anatomique ou fonctionnelle, congénitale ou acquise • Transplantation rénale

I.3.2. Physiopathologie

90% des infections urinaires sont causées par des bactéries qui remontent les voies urinaires. Les agents pathogènes les plus souvent responsables de ces infections sont énumérés dans le tableau II:

Tableau II : Les agents pathogènes responsables des infections urinaires (**Rané et Dasgupta, 2013**).

Micro-organismes	Sans complication(%)	Avec complication(%)
Gram négatif		
<i>Escherichia coli</i>	70-95	21-54
<i>Proteus mirabilis</i>	1-2	1-10
<i>Klebsiella</i> sp.	1-2	2-17
<i>Citrobacter</i> sp.	<1	5
<i>Enterobacter</i> sp.	<1	2-10
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	<1	2-19
Autres	<1	6-20
Gram positif		
<i>Staphylococcus saprophyticus</i>	5-10	1-4
<i>Enterococcus</i> sp.	1-2	1-23
<i>Streptococcus</i> du groupe B	<1	1-4
<i>Staphylococcus aureus</i>	<1	1-23
autres	<1	2

II. Plantes antiuropatho-géniques

Les plantes médicinales ont été utilisées pendant des siècles pour traiter les maladies humaines. Des extraits de plantes étaient déjà connus et utilisés par différentes civilisations en médecine traditionnelle (**Benrokia et Aouar, 2015**).

II.1. *Euphorbia hirta* Linn

Brama, 2002 a recherché l'activité antibactérienne des extraits d'*Euphorbia hirta* Linn sur des germes fréquemment impliqués dans les infections urinaires (*Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus saprophyticus*) et sur deux souches de référence (*E. coli* ATCC 8739, *S. aureus* ATCC 6538). Les extraits actifs sont le macéré et le décocté. Leur activité antibactérienne a été comparée à celles de trois antibiotiques standards qui sont l'ampicilline, le cotrimoxazole et le chloramphénicol. Deux souches ont été résistantes aux extraits actifs : la souche de *K.*

pneumoniae et la souche d'*E. coli* ATCC 8739. Par contre les souches de *S. aureus*, *E. coli*, *S. aureus* ATCC6538 et *S. saprophyticus* ont été sensibles (Tableau III).

Tableau III : Résultats des tests de sensibilité des souches bactériennes vis-à-vis des extraits aqueux et des antibiotiques standards (Brama, 2002).

Souches bactériennes	Extraits aqueux		Antibiotiques standards		
	Macéré	Décocté	Ampi.	Chloramph.	Cortimox.
<i>E. coli</i>	+	+	-	+	+
<i>S. aureus</i>	+	+	+	+	+
<i>S. aureus</i> ATCC6538	+	+	+	+	+
<i>E. coli</i> ATCC 8739	-	-	+	+	+
<i>K. pneumoniae</i>	-	-	-	+	+
<i>S. saprophyticus</i>	+	+	+	+	+

Le signe (-) correspond à l'absence d'activité inhibitrice de croissance de l'extrait et le signe (+) correspond à la présence d'une activité inhibitrice.

II.2. *Thymus vulgaris* et *Laurusnobilis*

Yakhlaf, 2011 a porté son travail sur les extraits bruts des feuilles de *thymus vulgaris* et *Laurusnobilis*. Elle a soumis les extraits contre 7 souches de bactéries pathogènes et une espèce de levure, en employant la méthode de diffusion à partir d'un disque solide. Tous les extraits ont réagi positivement au moins sur une des souches microbiennes testées. L'extrait d'éther de pétrole de *Thymus vulgaris* a témoigné d'une forte activité antimicrobienne même vis-à-vis de souches multi-résistantes aux antibiotiques. Globalement, l'activité antimicrobienne de *Thymus vulgaris* est plus importante que celle de *Laurusnobilis* avec un spectre antimicrobien plus large et à des doses plus faibles (Tableau IV).

Tableau IV : Activité antimicrobienne des extraits bruts des plantes de l'étude (diamètre d'inhibition en mm)(Yakhlaf, 2011).

Plantes	Extraits	<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 25923	<i>Escherichia coli</i>	<i>Escherichia coli</i> ATCC 25922	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> ATCC 27853	<i>Salmonella typhimurium</i>	<i>Candida albicans</i> ATCC 2071
<i>Thymus vulgaris</i>	EP	42,2 ± 1,5	45,9 ± 1,6	33,6 ± 1,0	42,5 ± 1,5	15,7 ± 0,4	23,6 ± 0,4	32,1 ± 0,5	64,1 ± 1,8
	DCM	37,6 ± 1,2	39,1 ± 1,4	28,3 ± 0,3	36,1 ± 0,8	14,6 ± 0,5	19,5 ± 0,5	28,8 ± 0,7	63,9 ± 1,8
	MeOH	nd	38,0 ± 0,8	nd	34,3 ± 1,2	19,2 ± 0,4	nd	25,9 ± 0,5	00,0 ± 0,0
	Aq	nd	15,7 ± 0,5	00,0 ± 0,0	00,0 ± 0,0	00,0 ± 0,0	00,0 ± 0,0	00,0 ± 0,0	00,0 ± 0,0
<i>Laurus nobilis</i>	EP	13,2 ± 0,2	16,1 ± 0,6	00,0 ± 0,0	07,5 ± 0,0	00,0 ± 0,0	00,0 ± 0,0	00,0 ± 0,0	14,5 ± 0,5
	DCM	17,2 ± 0,3	nd	12,4 ± 0,3	09,9 ± 0,1	00,0 ± 0,0	09,4 ± 0,1	00,0 ± 0,0	16,4 ± 0,3
	MeOH	21,1 ± 0,5	nd	11,6 ± 0,4	00,0 ± 0,0	00,0 ± 0,0	00,0 ± 0,0	00,0 ± 0,0	00,0 ± 0,0
	Aq	nd	16,5 ± 0,0	08,0 ± 0,1	00,0 ± 0,0	00,0 ± 0,0	00,0 ± 0,0	00,0 ± 0,0	00,0 ± 0,0
nd : zone non déterminée.									

II.3. *Argemonemexicana*

Lega, 2010 a évalué l'activité antibactérienne de deux extraits de feuilles d'*Argemonemexicana*(Papaveraceae). Un extrait méthanolique et un totumalcaloïdique ont été testés contre cinq souches bactériennes isolées de produits pathologiques (selles, urines). L'extrait méthanolique s'est avéré plus actif que le totum alcaloïdique qui a été inopérant sur tous les germes testés. (Tableau V).

Tableau V :sensibilité des germes testés aux extraits d'*A. mexicana*(Lega, 2010)

Extrait	<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Escherichia coli</i>	<i>Salmonella typhi</i>	<i>Klebsiella pneumoniae</i>	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>
Alcaloïdes	-	-	-	-	-
Extrait méthanolique	+	+	+	+	-

Le signe (-) correspond à l'absence d'activité inhibitrice de croissance de l'extrait et le signe (+) correspond à la présence d'une activité inhibitrice.

II.4. *Tamuscommuniset carthamuscaeruleus*

Belkhiri, 2009a évalué les propriétés antibactériennes des extraits méthanoliques, protéiques et des huiles essentielles à partir des racines de deux plantes utilisées dans la médecine traditionnelle en Algérie, *Tamuscommuniset carthamuscaeruleus* contre neuf espèces bactériennes (*Bacillus sp*, *Staphylococcus aureus*, *Citrobacterfreundi*, *Pseudomonas aeruginosa*, *klebsiellapneumoniae*, *Escherichia coli*, *Salmonellatyphi*, *Enterobacteragglomerans*, *Serratiamarcescens*). Les résultats ont montré que les huiles essentielles de *T. communis* ont significativement inhibé la croissance de sept bactéries parmi neuf, provoquant des zones d'inhibition de 19 à 25 mm de diamètre. Les fractions méthanoliques non polaires ont montré une activité antibactérienne plus au moins importante en comparaison avec les fractions polaires et les protéines.

II.5. *Detariurrimicrocarpum*

Loubaki, 1999a a étudié l'activité antibactérienne des décoctés d'écorces de racines, de feuilles et de fruits de *Detariurrimicrocarpum* sur *Staphylococcus aureus*, *Neisseriameningitidis*, *Pseudomonas aeruginosa* et 5 espèces d'Enterobacteriaceae. Les CMI et les CMB ont révélé des activités antibactériennes significatives des extraits totaux de racines et de feuilles. Les décoctés d'écorces de racines et de feuilles étaient actifs sur les 8 souches bactériennes. Le décocté de fruits n'a agi que sur la souche de *Neisseriameningitidis*. Les souches *N. meningitidis* et *E. coli* sont les plus sensibles à l'action des extraits de plantes. Les résultats sont présentés dans le tableau VI.

Tableau VI : Activité antibactérienne des différents décoctés sur les huit souches bactériennes.

	Ecorces de racines			Feuilles		Fruits	
	CMI* (mg/ml)	CMB (mg/ml)	Ø Z I** (mm)	CMI* (mg/ml)	CMB (mg/ml)	CMI* (mg/ml)	CMB (mg/ml)
<i>N. meningitidis A</i>	0,156	0,156	30,3±0,8	0,156	0,156	0,625	0,625
<i>E. coli</i>	0,312	0,312	19,0±0,5	0,312	0,312	>30	> 30
<i>Pr mirabilis</i>	0,312	1,25	22,5±2,0	0,625	1,25	> 30	> 30
<i>P. aeruginosa</i>	0,625	0,625	13,5±1,0	0,625	0,625	> 30	> 30
<i>St aureus</i>	1,25	1,25	12,0±0,6	1,25	2,5	> 30	> 30
<i>S. typhi</i>	1,25	2,5	12,4±0,6	0,625	2,5	> 30	> 30
<i>K. oxytoca</i>	1,25	1,25	13,0±1,6	1,25	2,5	> 30	> 30
<i>K. pneumoniae</i>	2,5	2,5	10,5±1,0	10	10	> 30	> 30

1. La densité bactérienne des inocula est d'environ 5.10^6 bactéries/ml pour les cultures en milieu liquide.

CMI* : CMI en milieu liquide ;

Ø Z.I** : diamètre des zones d'inhibition. Ces résultats sont issus d'au moins trois expériences ayant données des valeurs identiques de CMI et de CMB pour chaque décocté vis-à-vis de chaque souche bactérienne. Pour les diamètres des zones d'inhibition, il s'agit des moyennes de trois (03) essais.

II.6.Canneberge

Bruyère, 2006a étudié l'effet de l'utilisation de la canneberge sur les infections urinaires. Cette étude a déterminé que la canneberge possède des éléments capables d'empêcher l'adhésion d'*Escherichia coli* à l'urothélium laissant prédire une efficacité dans les infections urinaires et les études cliniques confirment l'intérêt de cette plante dans le traitement préventif de certaines cystites de la femme.

I. Les composées phénoliques

Une des originalités majeures des végétaux réside dans leur capacité à produire des substances naturelles très diversifiées (**Macheix *et al.*, 2005**).

En effet, à côté des métabolites primaires classiques (glucides, protéides et lipides), les végétaux accumulent fréquemment des métabolites dits « secondaires » dont la fonction physiologique n'est pas toujours évidente mais qui représente une source importante de molécules utilisables par l'Homme dans des domaines aussi différents que la pharmacologie ou l'agroalimentaire (**Herbert, 1989**).

Les métabolites secondaires appartiennent à des groupes chimiques très variés tels les alcaloïdes, les terpènes, les composés phénoliques, etc. (**Macheix *et al.*, 2005**).

I.1. Les polyphénols

Les polyphénols constituent un groupe important de substances naturelles largement répandues dans le règne végétal. Les scientifiques en ont identifiés plus de 8000, allant de molécules simples à des composés hautement complexes (**Urquiaga et Leighton, 2000**). Leur accumulation dans les plantes, varie quantitativement et qualitativement non seulement dans les différentes parties de la plante, mais aussi d'une espèce végétale à l'autre. On peut distinguer les différentes classes de polyphénols en se basant d'une part, sur le nombre d'atomes constitutifs et d'autre part, sur la structure du squelette de base (**Harborne et Williams, 2000**):

- Les acides phénoliques (acides hydroxybenzoïques, acides hydroxycinnamiques) ;
- Les flavonoïdes qui représentent la classe la plus abondante et la plus étudiée ;
- Les tanins et lignines ;
- Et les plus rares, les coumarines et les stilbènes.

Les flavonoïdes, les acides phénoliques, les stilbènes, les tanins et les lignines sont majoritairement présents dans les feuilles, les fleurs et l'écorce de bois. Ces molécules jouent un rôle majeur au niveau de la croissance des végétaux et dans la lutte contre des agents pathogènes et des infections.

I.1.1. Les flavonoïdes

Le terme flavonoïde (de flavus, «jaune» en latin) désigne une très large gamme de composés naturels appartenant à la famille des polyphénols (**Bouakaz, 2006**). Ils constituent des pigments responsables des colorations jaune, orange et rouge de différents organes végétaux (**Havsteen, 2002**).

Ces diverses substances se rencontrent à la fois sous forme libre (aglycone) ou sous forme de glycosides. On les trouve, d'une manière générale, dans toutes les plantes vasculaires (**Erlund, 2004**), où ils peuvent être localisés dans divers organes : racines, tiges, bois, feuilles, fleurs et fruits. Ils jouent un rôle important dans la protection des plantes (**Bruneton, 1993**).

Les flavonoïdes se trouvent également dans plusieurs plantes médicinales. Des remèdes à base de plantes renfermant ces composés sont utilisés en médecine traditionnelle à travers le monde entier (**Di Carlo et al., 1999**).

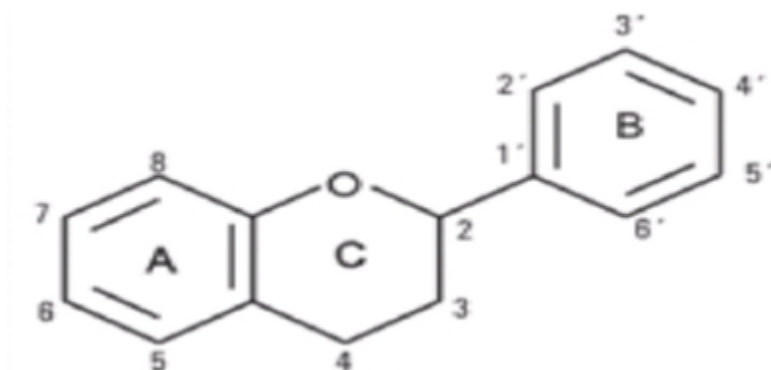


Figure n° 2 : structure de base des flavonoïdes (Harborne et Williams, 2000).

I.1.2. Les tanins

Les tanins sont des polyphénols polaires d'origines végétales. Ils sont présents presque dans chaque partie de la plante (**Cowan, 1999**). Ils sont d'un grand intérêt pour la nutrition et la médecine à cause de leur capacité antioxydante puissante et leur effet protecteur possible sur la santé humaine (**Oszmianski et al., 2007**).

Les tanins sont subdivisés en deux classes différentes, largement distribuées chez les végétaux supérieurs, qui sont les tanins hydrolysables et les tanins condensés.

- Les tanins hydrolysables sont des hétéro-polymères dont l'hydrolyse chimique ou enzymatique libère un sucre, généralement le glucose (**Mehansho *et al.*, 1987**).

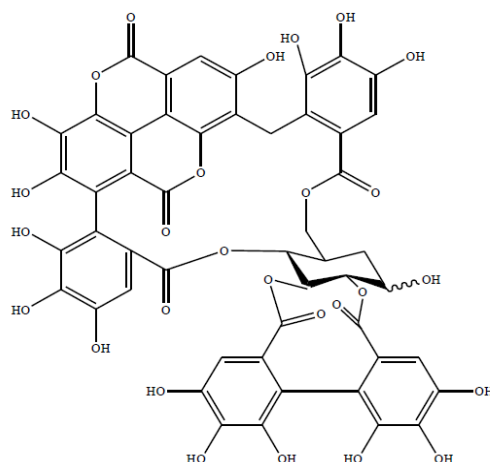


Figure n° 3 : exemple de structure de tanins hydrolysables (**Collin et Crouzet, 2011**)

- Les tanins condensés ou proanthocyanidines sont des oligomères ou polymères de flavonoïdes, constitués de flavan-3-ols liés entre eux par des liaisons carbone-carbone, le plus souvent entre C₄ et C₆ ou C₄ et C₈ (**Mehansho *et al.*, 1987** et **Haslam *et al.*, 1988**).

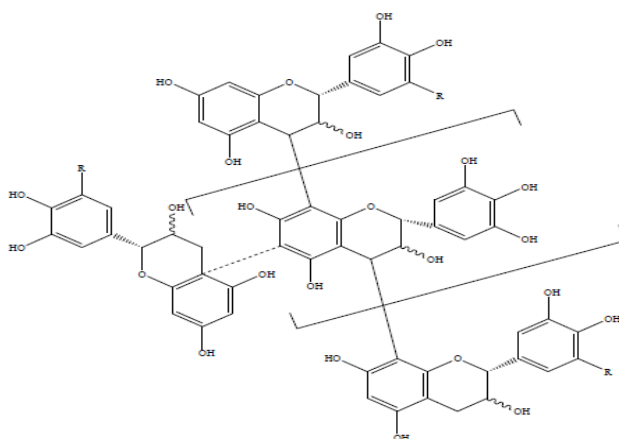


Figure n° 4 : exemple de structure de tanins condensés (**Dykes et Rooney, 2006**).

II. Activité antibactérienne des polyphénols

Plusieurs études *in vitro* et *in vivo* ont été focalisées sur l'évaluation des propriétés antimicrobiennes des polyphénols. A l'heure actuelle, cet effet est certain et démontré par de nombreuses recherches expérimentales (**Ulanowska et al., 2007**). Ainsi, il a été largement établi que les acides phénoliques, les flavonoïdes et les tanins sont dotés d'activités antibactériennes, antifongiques et antivirales (**Raj Narayana et al., 2001**).

Les polyphénols notamment les flavonoïdes et les tanins sont reconnus par leur toxicité vis-à-vis des micro-organismes. Le mécanisme de toxicité peut être lié à l'inhibition des enzymes hydrolytiques (les protéases et les carbohydrolases) ou d'autres interactions pour inactiver les adhésines microbiennes, les protéines de transport et d'enveloppe cellulaire (**Cowan, 1999**).

II.1. Mécanisme d'action des composés phénoliques

Les composés phénoliques sont la source de substances qui servent comme moyens de défense contre les micro-organismes, les insectes et les herbivores. En effet, les propriétés bactériostatique et bactéricide sont dues aux fonctions phénols, le site et le nombre de groupements hydroxyles augmentent la toxicité contre les microorganismes (**Cowan, 1999 ; Karou et al., 2005**).

Les cibles les plus probables dans la cellule microbienne sont les protéines, les polypeptides de la paroi cellulaire et les enzymes de la membrane. Les polyphénols peuvent ainsi rendre les substrats inaccessibles aux microorganismes (**Cowan, 1999**).

L'activité antimicrobienne est liée à plusieurs mécanismes d'action. Il a été démontré que le mécanisme de toxicité se fait, soit par la privation des ions métalliques (fer, magnésium), soit par des interactions non spécifiques telles que l'établissement des liaisons hydrogènes avec les protéines des parois cellulaires (les adhésines), afin d'inactiver l'adhésion des microorganismes ou bien les enzymes, telles que les enzymes hydrolytiques (protéases et carboxylases) ou autres interactions pour inactiver les transporteurs protéiques membranaires ou découplage des réactions énergétiques, ce qui conduit à la dénaturation de la membrane cytoplasmique entraînant une fuite des constituants cellulaires (**Meyer et al, 1997 ; Karou et al, 2005**).

Les mécanismes responsables de la toxicité des composés phénoliques contre les microorganismes incluent l'inhibition d'enzymes par les composés oxydés, probablement par la réaction avec les groupes sulfhydriles (**Mason et Wasserman, 1987**).

Les surfaces de la membrane sont hydrophiles, alors que l'intérieur est hydrophobe, ainsi, le caractère lipophile des composés phénoliques affecte le mouvement des électrons dans la bicouche lipidique de la membrane. Une fois pénétrés, ces composés inhibent la chaîne de transport d'électrons par interférence avec les réactions d'oxydoréduction (**Franks et Lieb, 1986**).

Partie pratique

Matériel et méthodes

I. Matériel végétal

Cette présente étude a porté sur différentes plantes médicinales (tableau VII). Des échantillons ont été récoltés dans différentes régions de la wilaya de Bejaia.

Tableau VII : liste des plantes médicinales utilisées

Nom communs	Nom scientifique	Photo	Parties utilisées
Persil	<i>Petroselinum crispum</i>		Feuilles
Cannelle	<i>Ciannamomum cassia</i>		Ecorce
Bruyère	<i>Calluna vulgaris</i>		Graines
Inula viscosa	<i>Dittrichia viscosa</i>		Feuilles
Armoise blanche	<i>Artemisia herba-alba</i>		Feuilles

Pistachier lentisque	<i>Pistacia lentiscus</i>		Feuilles
Doradille noir	<i>Asplenium adiantum-nigrum</i>		Feuilles
Paronyque argentée	<i>Paronychia argentea</i>		Fleurs
Fausse capillaire	<i>Asplenium trichomanes</i>		Feuilles
Adiante gracieuse	<i>Adiantum capillus-veneris</i>		Feuilles
La pariétaire	<i>Parietaria officinalis</i>		Feuilles

- **Classification botanique**

La systématique végétale est la partie de la botanique qui a pour objet le groupement des plantes en des classes ou systèmes, en prenant en compte les caractères morphologiques, cytologiques, biochimique et de biologie moléculaire (Annexe II).

I.1. Préparation des échantillons

➤ **Collecte et séchage**

Les plantes ont été récoltées pour la plupart au mois de février 2017 sauf pour la pariétaire et l'adiante gracieuse. Les échantillons ont été lavés et séchés à l'abri de la lumière dans une étuve ventilée à 37°C.

➤ **Broyage et tamisage**

Après séchage, le matériel végétal destiné à l'extraction des composés phénoliques est broyé à l'aide d'un broyeur électrique en poudre plus ou moins fine.

Le broyat est tamisé, donnant ainsi une poudre très fine, dont le diamètre des particules est de 125µm.

II. Extraction des composés phénoliques

Mode opératoire

L'extraction est réalisée selon le protocole de **Turkmen *et al.*, (2006)**. Le solvant utilisé pour l'extraction des polyphénols des différentes plantes est l'acétone aqueux (80%,v/v)

- Mélanger 4g de poudre avec 40ml de solvant d'extraction ;
- Agiter pendant une heure à l'abri de la lumière ;
- Centrifuger à 3500rpm pendant 10 minutes ;
- Récupérer le culot ;
- Répéter la procédure d'extraction une fois, comme ci-dessus ;
- Les deux surnageants ont été combinés et le solvant est évaporé.

- l'extrait sec obtenu est pesé.

III. Dosage des composés phénoliques

III.1. Dosage des polyphénols totaux

Principe

Le réactif de Folin-Ciocalteu est constitué d'un complexe phosphotungstate ($H_3PW_{12}O_{40}$) et phosphomolybdate ($H_3PMO_{12}O_{40}$), qui est réduit lors de l'oxydation des phénols en un mélange bleu d'oxydes de tungstène et de molybdène dans des conditions alcalines (**Ribéreau-Gayon, 1968**).

Ces derniers présentent un maximum d'absorption à 765nm dont l'intensité est proportionnelle à la quantité de phénols présente dans l'échantillon (**George et al., 2005**).

Mode opératoire

La teneur en composés phénoliques des échantillons est déterminée suivant la méthode de **Negi, (2003)** :

- Mélanger 200µl d'extrait de chaque plante avec 1ml de réactif de Folin-Ciocalteu (dilué dix fois avec de l'eau distillée) ;
- Ajouter 800µl de carbonate de sodium (Na_2CO_3) (7,5%) ;
- Mesurer l'absorbance, après 30min à l'obscurité au spectrophotomètre UV-Visible à 765nm.

Expression des résultats

La concentration en composés phénoliques des extraits est déterminée en se référant à la courbe d'étalonnage obtenue en utilisant l'acide gallique préparé dans le même solvant. (Annexe 1). Les résultats sont exprimés en milligramme équivalent d'acide gallique par gramme d'extrait sec (mg EAG/g d'ES).

III.2. Dosage des flavonoïdes

Principe

Cette méthode est basée sur la propriété des flavonoïdes à former des complexes jaunâtres, par liaison de leurs atomes d'oxygène présents sur les carbones 4 et 5, avec des

métaux tels que l'aluminium sous forme de chlorure d'aluminium (Al Cl_3) (**Ribéreau- Gayon 1968**).

Mode opératoire

L'estimation quantitative des flavonoïdes des extraits de plantes est déterminée par la méthode de **Bahorun, (1998)**.

- Mélanger 1ml de chaque extrait avec 1 ml de chlorure d'aluminium (Al Cl_3) à 2%;
- Mesurer l'absorbance, après 10min à l'obscurité au spectrophotomètre UV-Visible à 430nm.

Expression des résultats

Les concentrations en flavonoïdes sont déduites à partir de la gamme d'étalonnage établie avec la quercétine, leur lecture est exprimée en milligramme équivalent de la quercétine par milligramme d'extrait sec (mg EQ/mg d'ES).

III.3. Dosage des tanins hydrolysables

Principe

Le principe de ce dosage est basé sur la réaction des esters galloylés avec l'iodate de potassium (KIO_3), ce qui conduit à un composé de couleur rouge absorbant à 550nm **Haslam, (1965)**.

Mode opératoire

- Chauffer au bain-marie 5ml de KIO_3 à 37°C pendant 7min ;
- Ajouter 1 ml de chaque extrait de plante ;
- chauffer au bain-marie à 30°C pendant 2min ;
- lecture au spectrophotomètre à 550nm.

Expression des résultats

Les concentrations des tanins sont déduites à partir de la gamme d'étalonnage établie avec l'acide tannique et sont exprimées en milligramme équivalent d'acide tannique par gramme d'extrait sec (Annexe1).

III.4. Dosage des tanins condensés

Principe

Le dosage a été réalisé par la méthode n-butanol/HCl de **Bate-smith, (1975)**. Le mélange n-butanol/HCl, une fois chauffé, scindent les liaisons C4-C8 qui liaient les monomères tanniques entre eux, libérant ainsi des anthocyanes.

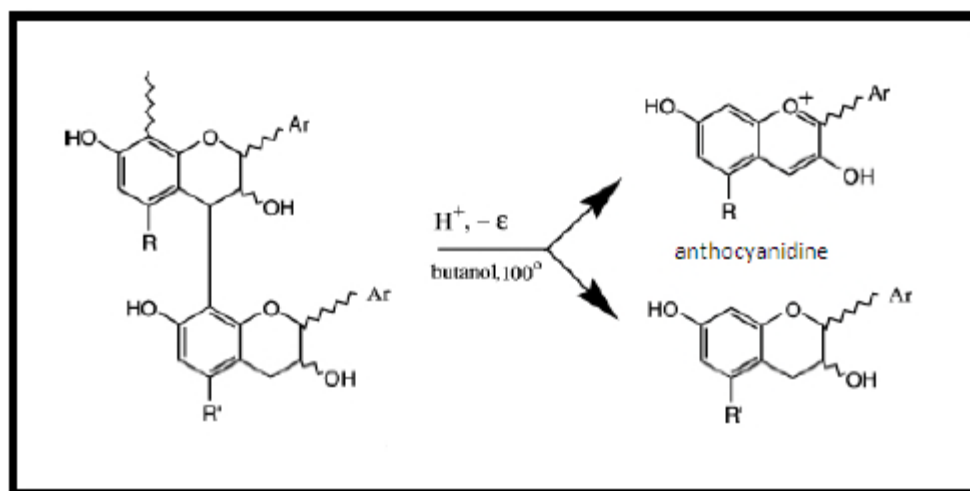


Figure 5 : principe de dosage des tanins par hydrolyse acide dans le butanol (**Schofield et al., 2001**)

Mode opératoire

- Mélanger 1ml d'extrait de plante avec 1.5ml de butanol et 50µl de réactif ferrique ;
- Agiter au vortex ;
- Mettre au bain-marie à 100°C pendant 1 heure ;
- Mesurer l'absorbance à 550nm.

Expression des résultats

Les tanins condensés sont exprimés en équivalent de leucocyanidine (EL) en se basant sur l'équation suivante :

$$\% \text{ tanins condensés} = (\text{Abs}_{550\text{nm}} \times 78,26 \times \text{facteur de dilution}) (\% \text{ matière sèche})$$

II.5. Evaluation de l'activité antioxydante

Dans le but d'évaluer l'activité antioxydante des extraits des plantes, deux tests ont été réalisés : le pouvoir réducteur et le pouvoir de piégeage du radical DPPH.

II.5.1. Le pouvoir réducteur**Principe**

Le pouvoir réducteur est l'aptitude des antioxydants, présents dans les extraits, à réduire le fer ferrique (Fe^{3+}) du complexe ferricyanure- Fe^{3+} en fer ferreux (Fe^{2+}) en présence d'un agent chromogène, le ferricyanure de potassium [$\text{K}_3 \text{Fe}(\text{CN})_6$] et en milieu acidifié par l'acide trichloroacétique (TCA). La forme réduite donne une couleur verte qui est proportionnelle au pouvoir réducteur de l'extrait (Odabasoglu *et al.*, 2004 ; Gulcil *et al.*, 2005).

Mode opératoire

- Mélanger 1ml d'extrait de plante avec 2,5ml de tampon phosphate (0,2M, pH 6,6), 2,5ml de ferricyanure de potassium [$\text{K}_3 \text{Fe}(\text{CN})_6$] à 1% ;
- Ajouter 2,5ml d'acide trichloroacétique (TCA) à 10% ;
- Incuber à 50°C pendant 20min ;
- Centrifuger à 1000g pendant 3min ;
- Mélanger 2,5ml du mélange incubé avec 2,5ml d'eau distillée et 0,5ml de chlorure ferrique (FeCl_3) à 0,1%.

L'aptitude à la l'absorbance est mesurée à 700nm. L'augmentation de l'absorbance du mélange réactionnel signifie l'augmentation du pouvoir réducteur.

Expression des résultats

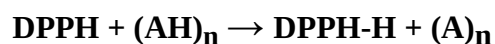
Les résultats sont exprimés selon la formule suivante :

$$\text{Pouvoir Réducteur} = \left(\frac{\text{Abs ech}}{\text{Abs blanc}} - 1 \right) \times 100$$

II.5.2. Le pouvoir de piégeage du DPPH

Principe

Le diphényl picryl-hydrasyl (DPPH), est un radical libre stable, violet en solution et présentant une absorbance caractéristique à 517nm. Cette couleur disparaît rapidement lorsque le DPPH est réduit en diphényl picryl-hydrazine par un composé à propriété anti-radicalaire, entraînant ainsi une décoloration (l'intensité de la coloration est inversement proportionnelle à la capacité des antioxydants présents dans le milieu à donner des protons) (Sanchez-Moreno, 2002). On peut résumer la réaction de la manière suivante :



Où $(\text{AH})_n$ représente un composé capable de céder un hydrogène au radical DPPH (violet) pour le transformer en diphényl picryl-hydrazine (jaune). Ceci permet de suivre la cinétique de décoloration à 517nm.

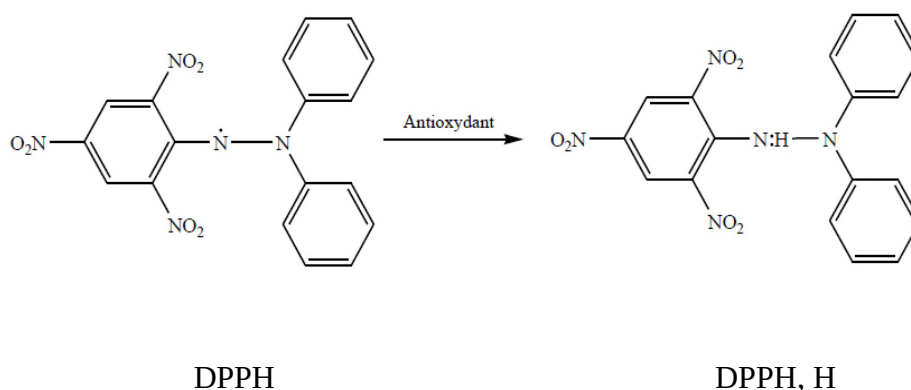


Figure 6: Réduction du radical DPPH (Hadbaoui, 2012).

Mode opératoire

Le test utilisant le radical DPPH est réalisé en suivant la méthode décrite par **AO et al., (2008)**.

- Mélanger 500µl d'extrait de plante dans l'éthanol puis ajouter 2ml de DPPH ;
- Mélanger au vortex ;
- Mettre à l'obscurité pendant 30min,
- Mesurer l'absorbance à 517nm.

Expression des résultats

Le pouvoir anti-radicalaire de l'extrait est exprimé en pourcentage d'inhibition du radical DPPH. D'où :

$$PI\% = [1 - (Abs_{ech}/Abs_t)] \times 100$$

- **Détermination des CI₅₀**

Elle est définie comme étant la quantité ou la concentration d'antioxydants nécessaire pour inhiber ou faire disparaître 50% de radicaux présents. Elle est obtenue à partir de l'équation de la courbe de l'activité antioxydante (%) en fonction de la concentration de l'antioxydant (**Sahin et al., 2004**).

IV. Evaluation de l'activité antibactérienne

Cette partie consiste à évaluer qualitativement et quantitativement le pouvoir antibactérien des extraits des plantes étudiées.

IV.1. Souches cibles

Afin d'évaluer l'activité antibactérienne des extraits, 2 souches bactériennes ont été testées, une souche de référence (*E. coli* ATCC 25922) et une souche isolée par le laboratoire d'analyse médicale Moualek de Bejaia (*E. coli* prélevassions pathologique).

IV.1.1. Purification de la souche *E. coli*

- **Culture**

La culture d'*Escherichia coli* a été réalisée sur le milieu Mueller Hinton coulé dans des boîtes de Petri. L'incubation a été réalisée à 37°C pendant 24h.

- **observation des souches**

Les caractères d'identification sont constitués de l'aspect des colonies crémeuses blanches d'*Escherichia coli* sur Mueller Hinton suivi d'un examen microscopique.

- **Examen microscopique**

Les caractères microscopiques à considérer sont l'aspect des cellules : la forme et le Gram. *Escherichia coli* est un coccobacille à Gram négatif.

- **Conservation des souches**

La conservation est effectuée sur le milieu Mueller Hinton coulé en boîte de Petri. Après incubation, les boîtes sont soigneusement fermées avec du para-film et conservées à 4°C.

IV.1.2. Coloration de Gram**Principe**

La coloration de Gram est un critère utilisée pour étudier la classification des bactéries. Le processus permet de séparer la plupart des bactéries en 2 groupes par rapport à la proportion de peptidoglycane contenue dans les membranes :

- Les bactéries à Gram positif qui sont riches en peptidoglycane et pauvres en lipides.
- Les bactéries à Gram négatif qui sont pauvres en peptidoglycane et riches en lipides.

Mode opératoire

- Etaler une portion d'une colonie sur une lame porte-objet ;
- Fixer la préparation à la flamme, laisser refroidir la lame ;

- Colorer avec le violet de gentiane, laisser agir 30s à 1min puis rincer à l'eau distillée ;
- Déposer quelques gouttes du lugol sur le frottis, laisser agir 30s à 1min puis rincer à l'eau distillée ;
- Décolorer à l'alcool, verser jusqu'à ce que le violet de gentiane ne s'écoule plus du frottis puis rincer abondamment à l'eau distillée ;
- Recolorer à la fuchsine, laisser agir 30s à 1min puis rincer à l'eau distillée ;
- Sécher la lame et observer à l'objectif 100 en déposant sur la lame une goutte d'huile à immersion. (Annexe III)

IV.1.3. Standardisation des inoculas bactériens

- Prélever 2 à 3 colonies identiques à partir des colonies des 2 souches isolées et les introduire dans 9ml du milieu Mueller Hinton stérile ;
- bien agiter au vortex ;
- incubé à 37°C pendant 18h à 24h ;
- lecture de l'absorbance de la concentration de la suspension bactérienne à 625nm qui doit être comprises entre 10^7 à 10^8 germes/ml.
- l'inoculum doit être utilisé dans les 15min qui suivent sa préparation.

IV.1.4. Evaluation qualitative de l'activité antibactérienne

La méthode utilisée pour cette analyse est celle de la diffusion sur milieu gélosé qui permet de déterminer la sensibilité des germes aux extraits végétaux étudiés (**Bagamboula et al., 2004 et Gutierrez et al., 2009**).

Mode opératoire

Cette méthode consiste à déposer des disques stériles en celluloses de 6mm de diamètre, sur la surface d'une gélose préalablement coulée dans une boîte de Petri et ensemencée avec le microorganisme à tester puis imprégné de 20ul d'extrait. Incuber à 37°C pendant 24h.

Expression des résultats

La lecture des résultats se fait par la mesure du diamètre (en mm) de la zone claire indemne de colonies autour du disque absorbant, appelée : Halo ou zone d'inhibition.

IV.1.5. Evaluation quantitative de l'activité antibactérienne

Cette étude est réalisée dans le but de déterminer les concentrations minimales inhibitrices (CMI) et les concentrations minimales bactéricides (CMB) des souches les plus sensibles aux échantillons testés.

IV.1.5.1. Détermination de la concentration minimale inhibitrice

Les CMI ont été déterminées par la méthode de micro-dilution en milieu liquide, dans des plaques de microtitration de 96 puits.

Principe

Cette technique permet de définir la plus faible concentration qui inhibera la croissance microbienne.

Mode opératoire

Dans chaque ligne de la microplaque, déposer 100µl du bouillon Mueller-Hinton dans les 12puits à l'exception du N°1 qui sert au contrôle de la croissance et à la stérilité du milieu. Ensuite on dépose 50ul d'extrait à des concentrations décroissantes dans chaque cupule de la même ligne puis on ajoute 20µl de la suspension microbienne dans chaque ligne de la microplaque. Incuber la microplaque à 37 °C pendant 24h (**Eliopoulos, 2005**)

Expression des résultats

Pour lire les plaques, on observe le fond des cupules. La CMI est représentée par la plus faible concentration qui ne montre aucune croissance visible (absence de trouble).

IV.1.5.2. Détermination de la concentration minimale bactéricide**Principe**

Cette partie consiste à déterminer la plus faible concentration de l'extrait où aucune croissance microbienne n'est visible.

Mode opératoire

Après repérage des concentrations où aucune croissance bactérienne n'est présente lors de la détermination de la CMI, on utilise ces concentrations pour déterminer la CMB.

On prélève avec une anse de platine une goutte de la concentration ne montrant aucune croissance bactérienne qu'on dépose sur la gélose sans l'étaler puis on incube à 37°C pendant 24h.

Expression des résultats

La lecture se fait à l'œil nu, la faible concentration pour laquelle aucune croissance n'est visible est considérée comme la CMB.

V. Analyse statistique

Une étude statistique est réalisée pour la comparaison des résultats et la mise en évidence des différences significatives entre les échantillons, et pour chaque paramètre en appliquant une analyse de la variance (ANOVA) suivie du test LSD (la plus petite différence significative) à l'aide d'un logiciel STATISTICA 5.5. Le degré de signification des résultats est pris à la probabilité $p \leq 0,05$.

Résultats et discussion

I. Rendement d'extraction en polyphénols

Les rendements d'extraction des polyphénols des différentes plantes sont exprimés en pourcentage (%) de masse d'extrait par rapport à la masse de la poudre de la plante. Les valeurs sont regroupées dans le tableau VIII.

Tableau VIII: Rendement d'extraction des polyphénols des différentes plantes.

Plantes	Rendement %
<i>Petroselinum crispum</i>	21%
<i>Ciannamomum cassia</i>	21%
<i>Calluna vulgaris</i>	16%
<i>Dittrichia viscosa</i>	17%
<i>Artemisia herba-alba</i>	9%
<i>Pistacia lentiscus</i>	11%
<i>Asplenium adiantum-nigrum</i>	14%
<i>Paronychia argentea</i>	16%
<i>Asplenium trichomanes</i>	27%
<i>Adiantum capillus-veneris</i>	7%
<i>Parietaria officinalis</i>	16%

Le calcul de rendement d'extraction des extraits de ces plantes révèle un grand écart entre les plantes. En effet, les résultats présentés dans le tableau VIII, montre que le rendement d'extrait acétonique d'*Asplenium trichomanes* est le plus élevé (27%) par rapport aux autres extraits, alors qu'*Adiantum capillus-veneris* a le plus faible rendement avec 7% d'extrait.

Selon **Boukri , (2014)** le rendement d'extraction de *Cinnamomum cassia* est de 24.95%, le résultat trouvé est relativement proche de ce dernier (21%) .

Benaliliche, (2016) a rapporté dans son étude que les rendements des extraits de *Cinnamomum zeylanicum* diffèrent selon le solvant d'extraction utilisé : Chloroformique avec 0.33%, Acétate d'éthyle (0 .40%) et enfin les 1-Butanol avec 2.46%.

La quantification des rendements des extraits de *Pistacia atlantica* et d'*Inula montana* est de 9.855 % ; 10.195 % respectivement (**Belyagoubi, 2012**).

La mesure d'extraction de la partie aérienne d'*Artimisia compestris* par trois solvants différents a donné les pourcentages suivants : Chloroforme 3.4 %, Acétate d'éthyle 2,26% et l'éthanol avec le plus faible rendement 0,48% (**Boudjouref, 2011**). Une autre étude comparative est réalisée par **Laib, (2015)** a montré que le rendement d'extraction d'*Artemisia herba alba* avec de l'eau chaude (77°C, 30 min) a présenté le pourcentage le plus élevé avec 28.4%, suivi par l'eau bouillante (21%) et enfin une faible valeur est obtenue par la méthode de macération (méthanol aqueux, 70 %) est de 13, 3%.

La différence de rendement entre les extraits est peut être due à la différence de la composition chimique qui diffère d'un extrait à l'autre. Il est important de souligner que la méthode utilisée (le choix des solvants), ainsi que les conditions dans lesquelles l'extraction est effectuée (à chaud ou à froid), affectent le contenu total en phénols et flavonoïdes, et par conséquent affecte les activités biologiques médiées par ces métabolites (**Lee et al., 2003**).

II. Dosage des extraits éthaloniques

II.1.Teneur en polyphénols

L'analyse quantitative des polyphénols est déterminée à partir de l'équation de la régression linéaire de la courbe d'étalonnage exprimée en mg d'acide gallique par g d'extrait sec. La figure N°7 résume les teneurs obtenus en phénols totaux des extraits étudiés.

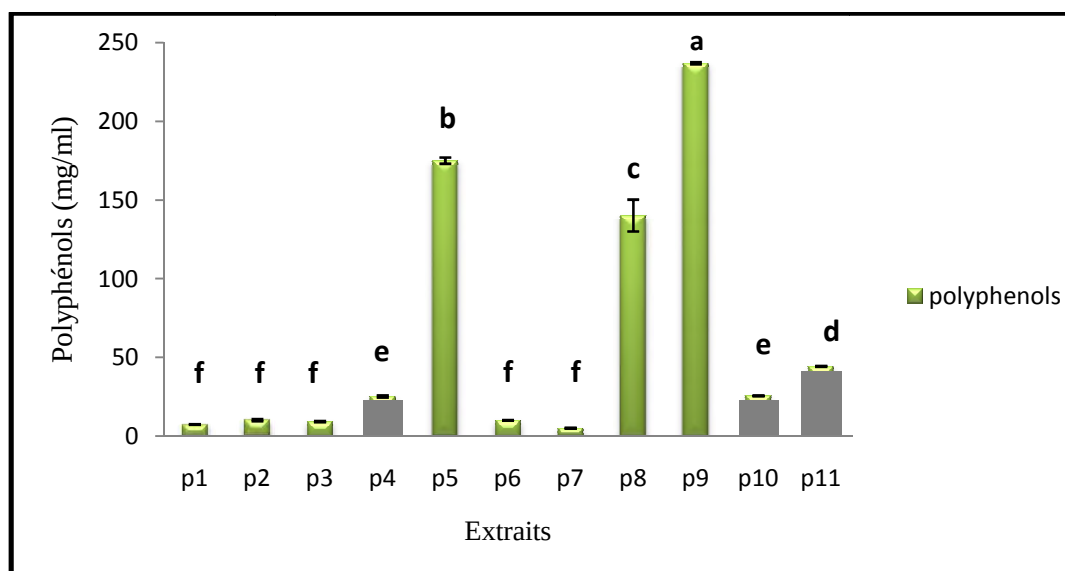


Figure N° 7 : Teneurs en composés phénoliques des plantes étudiées.

Les valeurs portant des lettres différentes sont différentes significativement ($p \leq 0,05$). les résultats sont classés par ordre croissant; $a > b > c > d > e > f$.

Les barres verticales représentent l'écart –type des trois valeurs trouvées dans la présente étude.

En présence des polyphénols, le complexe Folin-Ciocalteu change sa couleur du jaune au bleu, ce qui permet de mesurer l'intensité de la couleur à longueur d'onde de 765 nm (Huang *et al.*, 2005). Les polyphénols représentent l'un des groupes les plus importants des métabolites secondaires du fait qu'ils aient une faible toxicité et de nombreux avantages biologiques, notamment thérapeutiques, pharmaceutiques, cosmétologiques et alimentaires.

A la lumière des résultats obtenus (tableau VIII), l'analyse statistique des teneurs en composés phénoliques montre qu'il y a une différence significative ($p < 0,05$) entre les différents extraits, les teneurs élevées en polyphénols sont enregistrées par les 3 extraits de P5, P8, P9. Ceci pourrait s'expliquer par le fait qu'ils contiennent une plus grande diversité de produits bioactifs. Et ce contrairement aux extraits de P1, P2, P3, P6 et P7 qui ne présentent que des teneurs faibles approximativement proches de l'ordre de : 7.629 ; 10.300 ; 9.418 ; 10.292 ; 5,195mg EAG /g ES.

Selon Bilusic *et al.*, (2007), la *Cinnamomum cassia* ne renferme que 5.09 ± 0.03 mg EQ/g ES en polyphénols, ce qui est cohérent avec la faible valeur trouvée dans ce présent travail. Une autre espèce de la cannelle a été étudiée par Benalileche, (2016) (*Cinnamomum zeylanicum*), a montré après le dosage qu'il ya des polyphénols dans les 2 extraits d'acétate d'éthyle (300 μ g / ml) et une moindre quantité avec le 1- Butanol (28 μ g / ml).

Une valeur élevée (61,34 %) en phénols totaux a été signalée par **Arab et al., (2014)** de l'extrait phénolique des fruits de *Pistacia lentiscus*.

La richesse des feuilles de *Pistacia lentiscus* en polyphénols a été confirmée par **Atmani et al., 2009** avec 136.25 ± 18.9 mg EC/ g d'extrait.

Belyagoubi, (2012) a montré une concentration importante en polyphénols des extraits méthanoliques de deux autres espèces de *Pistacia* et d'*Inula* avec 285.9 mg EAG/g MS pour *Pistacia atlantica* et pour *Inula montana* est de 20.24 mg EAG/g MS.

D'autres travaux réalisés par **Goli et al, (2005)** ont montré que la quantité de polyphénols de *Pistacia vera* est de l'ordre de 34.7 mg EAA /g de plante.

Boudjelal, (2012) a également quantifié la teneur en polyphénols chez *Artemisia herba alba* est 25.34 ± 0.69 mg EAG/ml. De nombreuses études phytochimiques de cette espèce (**Pascual et al .,1984 ; Rauter et al., 1989 ; Joa et al .,1998 ; Akrouit et al., 2001**), ont révélé la présence de polyphénols, flavonoïdes, tanins, huiles essentielles; ce qui confère à cette plante de nombreuses propriétés biologiques.

La variabilité des teneurs en polyphénols chez ces espèces végétales est du probablement à la composition phénolique des extraits (**Hayouni et al., 2007**), aux facteurs génotypiques (**El-Waziry, 2007**), des conditions biotiques (espèce, organe et l'étape physiologique) et abiotiques (facteurs édaphiques) (**Ksouri et al., 2008**), la nature du sol et le type du microclimat (**Atmani et al., 2009**) et aussi des étages bioclimatiques où poussent ces plantes. Il a été prouvé que les teneurs des phénols totaux et des flavonoïdes sont élevées lorsque le milieu de vie de la plante n'est pas adéquat, dans ce cas la plante favorise la synthèse des métabolites secondaires afin de s'adapter et survivre (**Tim, 2005**).

II.2. Teneur en flavonoïdes

Une courbe d'étalonnage est élaborée avec la solution standard de quercétine, permet d'évaluer la teneur totale en flavonoïdes, les résultats sont exprimés en mg équivalent de quercétine (EQ) par g d'extrait sec (ES) (Annexe I). Les résultats sont regroupés dans la figure N°8.

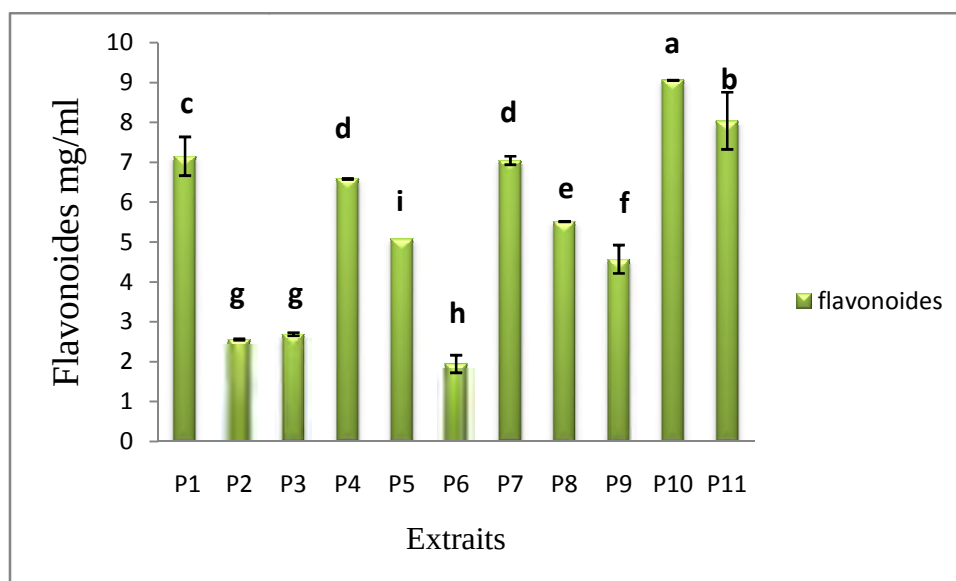


Figure N°8 : Teneurs en flavonoïdes des extraits de plantes étudiées.

Les valeurs portant des lettres différentes sont différentes significativement ($p \leq 0,05$). les résultats sont classés par ordre croissant; $a > b > c > d > e > f > g > i > h$.

Les barres verticales représentent l'écart –type des trois valeurs trouvées dans la présente étude.

Les flavonoïdes représentent la sous classe la plus répandue des polyphénols. Qui sont dotées des propriétés importantes et différentes (antioxydante, antimicrobienne, anti-inflammatoire...). La biosynthèse des différents groupes de flavonoïdes implique un ensemble complexe de réactions comprenant des hydroxylations, méthylations, oxydations, réductions et glycosilations)... (Sarmi et al., 2006). En effet, de nombreuses études ultérieures ont prouvé que les flavonoïdes étaient capables d'inhiber différents types de microorganismes : bactéries, levures, moisissures, protozoaires et même les virus. Les flavonoïdes sont capables d'inhiber la croissance de différents types de bactéries : *Staphylococcus aureus* (Babayi et al., 2004), *Escherichia coli* (Ulanowska et al., 2006), *Enterococcus faecalis*, *Enterobacters*, *Proteus mirabilis* ... etc (Okigbo et al., 2005).

Les résultats des analyses quantitatives par spectrophotomètre UV-visible des extraits de plantes illustrés dans la figure N°8, présentent une différence significative ($p \leq 0.05$) à l'exception de (P2, P3) et (P4, P7) avec des concentrations proches. On estime que la majorité des extraits étudiés présentent des flavonoïdes, la comparaison des valeurs en flavonoïdes des différentes plantes, fait constater que la plus riche en ces derniers flavonoïdes c'est *adiantum capillus-veneris* (9,057mg EQ / g ES).

Selon **Boukri (2014)**, la concentration de *Ciannamomum cassia* en flavonoïdes est relativement nulle (4,45 mg EQ/g ES). Cette même constatation est signalée par **Bilusic et al., (2007)**.

Belyagoubi (2012) a rapporté dans son étude que la quantité des flavonoïdes dans les extraits méthanoliques de *Pistacia atlantica* est de 12.44 mg EC/g MS et d'*Inula montana* avec 6.523 mg EC/g de la matière sèche. Une faible concentration en flavonoides a été signalée par **Atmani et al., (2009)** pour *Pistacia lentiscus* (12.441mg/ g). Alors qu'une teneur de l'ordre de 5.49 µg équivalent de quercétine /mg d'extrait a été citée par **Topçu et al., (2007)**.

Djeridane et al., (2007), ont rapporté une teneur en flavonoïdes d'extrait méthanolique de 80 % (v/v) d'*Artemisia campestris*. Est estimée à 5 mg ER/g Poids sec. Cependant, **Akrout et al., (2001)** ont estimé cette valeur à 56,31 mg ER/g d'extrait sec après l'extraction à l'éthanol à 50 %.

II.3. Teneur en des tanins condensés

Les résultats des analyses quantitatives en tanins condensés des extraits des plantes étudiées sont illustrés dans la figure N°9.

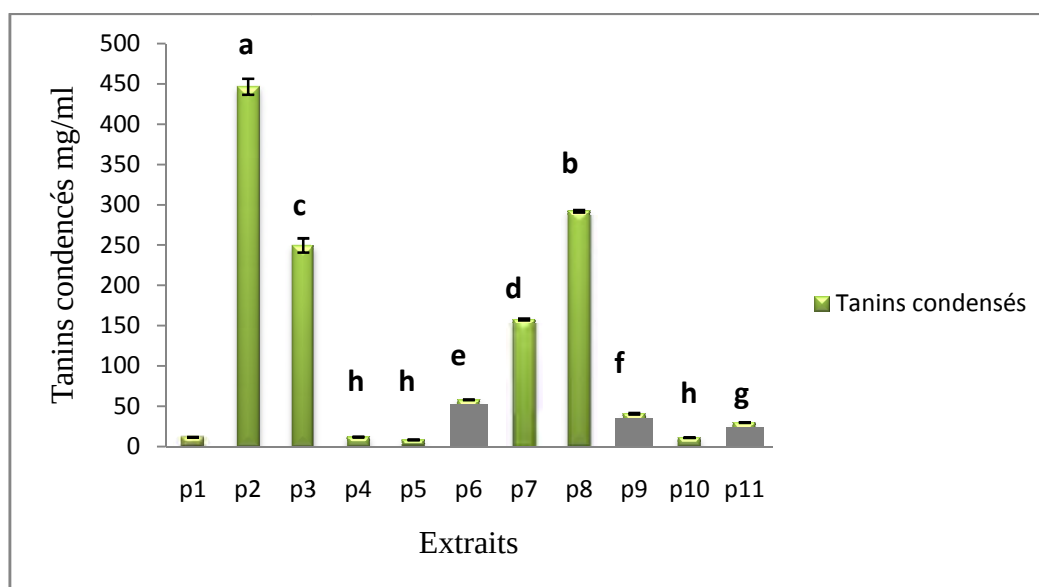


Figure N°9 : Teneurs en tanins condensés des extraits de plantes étudiées.

Les valeurs portant des lettres différentes sont différentes significativement ($p \leq 0,05$). les résultats sont classés par ordre croissant; $a > b > c > d > e > f > g > h$.

Les barre verticales représentent l'écart –type des trois valeurs trouvées dans la présente étude.

Après les flavonoïdes, l'intérêt des chercheurs a porté sur les tanins qui sont représentés par deux types : les hydrolysables et les condensés. De même que les flavonoïdes, les tannins sont considérés d'un point de vue thérapeutique comme des polyphénols très puissants ; notamment les tanins condensés. Du fait qu'ils soient formés par polymérisation des molécules flavoniques, ces derniers ont acquis la majorité de leurs activités biologiques. Bien que les tannins condensés soient très avantageux, ils demeurent donc peu utilisés dans les productions médicamenteuses et alimentaires (**Akroum, 2011**).

Les extraits des plantes (P1, P4, P5, P10 et P11) possèdent des teneurs faibles en tanins condensés de l'ordre (11.74 ; 11.95 ; 8.35 ; 10.96 et 29.89 mg équivalent d'acide tannique (EAT) par g d'extrait sec (ES) respectivement, alors que P2 marque une valeur la plus importante de 946,29 mg EAG / g ES (cette teneur élevée peut être expliqué par l'intensité de la couleur de l'extrait lui même qui est déjà de couleur marron). D'après l'analyse statistique les extraits des plantes renferment des taux significativement variables ($p \leq 0,05$), à l'exception de P10 ; P5, P4 et P1.

Selon **Boukri, (2014)**, *Ciannamomum cassia* marque une forte présence en tanins.

Une faible concentration en tanins a été signalée par **Atmani et al., (2009)** de *Pistacia lentiscu* avec 3.066 mg/ g E.

La comparaison de nos résultats avec toute la documentation consultée n'a malheureusement pas pu être réalisée du fait d'absence de quantification des tanins de plantes dans la présente étude.

II.4.Teneur en tannins hydrolysables

L'estimation de la teneur en tanins hydrolysables en mg d'acide tannique par g d'extrait sec contenu dans les extraits étudiés est exprimée par la courbe d'étalonnage de standard d'acide tannique (mg EAT par g d'extrait sec) (Annexe I). Les résultats sont illustrés dans la figure N°10.

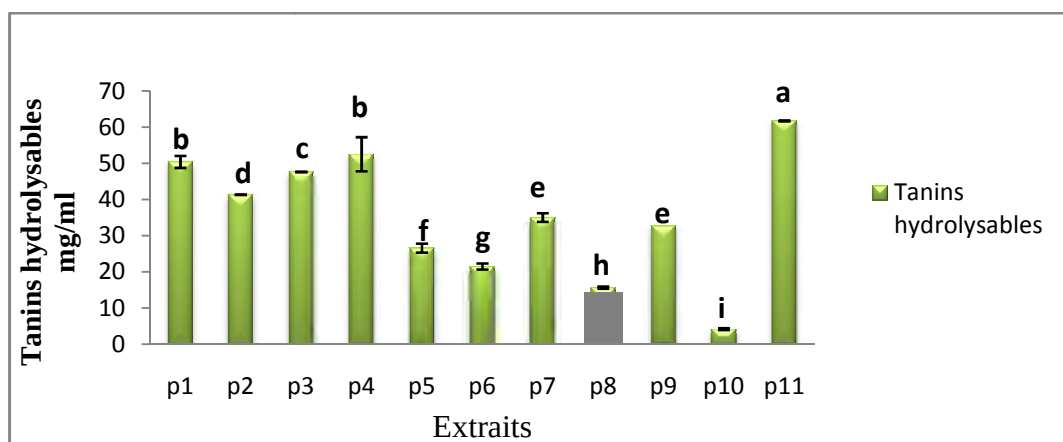


Figure N° 10 : Tanins hydrolysables des extraits de plantes étudiés.

Les valeurs portant des lettres différentes sont différentes significativement ($p \leq 0,05$). les résultats sont classés par ordre croissant; $a > b > c > d > e > f > g > h > i$;

Les barre verticales représentent l'écart –type des trois valeurs trouvées dans la présente étude.

Les polyphénols regroupent un vaste ensemble de substances chimiques comprenant au moins un noyau aromatique, et un ou plusieurs groupes hydroxyles (**Bamforth., 2000**). Ils peuvent aller de molécules simples, à des composés hautement polymérisés, de plus de 30000 Dalton, comme les tannins (**Hagerman et al., 1998**).

D'après la figure N°12, les extraits des plantes ont montré une différence significative ($p \leq 0.05$). Notre étude révèle l'existence de tanins hydrolysables dans tous les extraits des plantes à l'exception de P10 avec la plus faible teneur en tanins hydrolysables de 15.7 mg EAT/ g ES.

Atmani et al., (2009), ont mentionné que la concentration en tanins hydrolysables de *Pistacia lentiscus* est importante (909.4 ± 42.61 mg EAT/ g E). **Nouioua (2012)**, a montré que les pistachiers (*Pistacia terebinthus* L., *Pistacia lentiscus* L.) produisent de nombreux gallos tannins.

II.5. Le pouvoir réducteur

Le pouvoir réducteur est l'aptitude d'une substance à transférer un électron ou à céder un atome d'hydrogène. Ces valeurs ont été calculées en se référant à la courbe d'étalonnage obtenue en utilisant l'acide gallique comme standard (Annexe I), les résultats sont exprimés, par la CI_{50} . Une moindre valeur de celle ci indique un meilleur pouvoir réducteur.

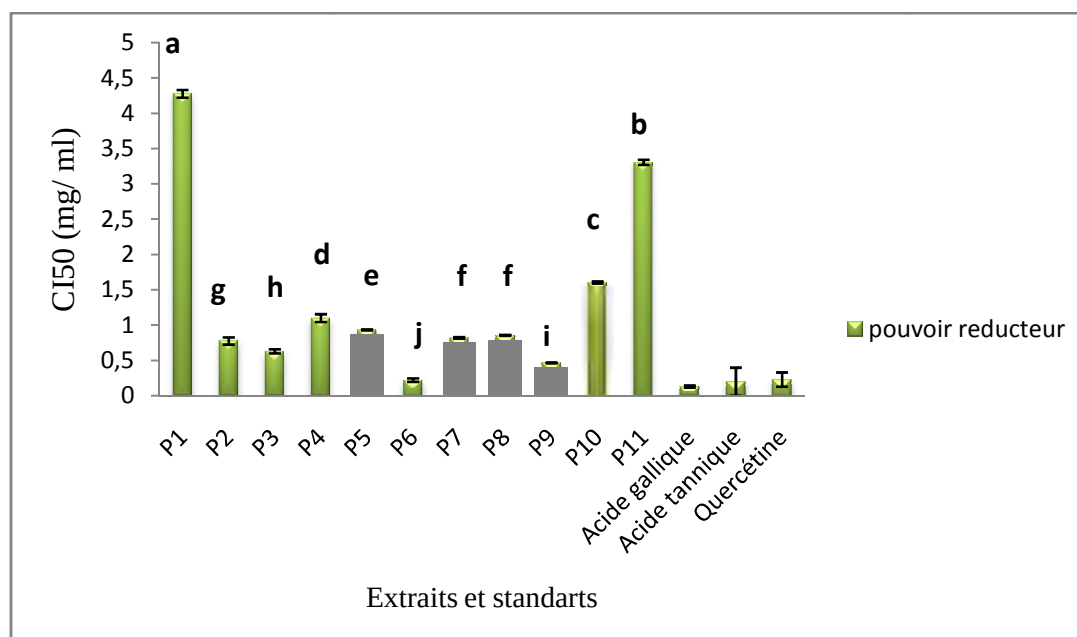


Figure N°11: Les valeurs de la concentration inhibitrice (CI₅₀) d'extraits des plantes étudiées et des trois standards.

Les valeurs portant des lettres différentes sont différentes significativement ($p \leq 0,05$). les résultats sont classés par ordre croissant; $a > b > c > d > e > f > g > h > i > j$.

Les barre verticales représentent l'écart –type des trois valeurs trouvées dans la présente étude.

Les valeurs obtenues dans la figure N° 11 montre qu'il ya une différence significative ($p \leq 0,05$) entre les résultats obtenus. Le meilleur pouvoir réducteur est enregistré par les trois standards étudiés : acide gallique, acide tannique et la quercétine avec les valeurs de CI₅₀ : 0.13 ; 0.2 et 0.23 (mg / ml) respectivement. Cela indique que l'acide gallique a le meilleur pouvoir réducteur.

La plus faible valeur de la concentration minimale inhibitrice est celle de P6 (0.22 mg/ml et P9 (0.4 mg / ml suivi par la P3 avec des valeurs de 0.63 mg/ml et en très faible activité de 4.28 mg / ml a été enregistrée par P1. L'ordre croissant d'efficacité est le suivant : P6 > P9 > P3 > P2 > (P7 et P8) > P5 > P4 > P10 > P11 et en fin P1. En comparant ces dernières à celle des standards étudiés, tous les extraits acétoniques ont un moindre pouvoir réducteur, à l'exception de l'extrait de la P6 avec 0,22 mg / ml du pouvoir réducteur qui est presque égale à celui de la quercétine (0,23 mg / ml).

Il a été rapporté par **Belyagoubi, (2012)** que la CI_{50} de *Pistacia atlantica* est obtenu avec une concentration de 0.140 ± 0.010 CI_{50} mg / ml et d'*Inula montana* 0.635 ± 0.004 mg / ml.

II.6. Le pouvoir de piégeage du radical DPPH

L'évaluation de l'activité antioxydante sur le radical DPPH est exprimée en pourcentage d'inhibition. Ce dernier est exprimé ensuite par la valeur de la CI_{50} , sachant que la CI_{50} est la concentration d'extrait nécessaire pour l'obtention de 50% de la forme réduite du radical DPPH.

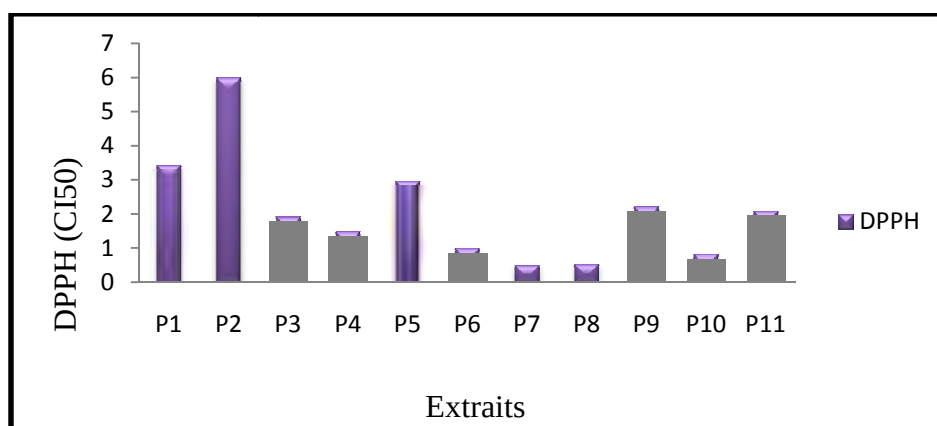


Figure N° 12 : Le pourcentage d'inhibition exprimé par la CI_{50} .

Les résultats obtenus par ce test montrent des différences entre les extraits des onze plantes. En effet, les extraits de P7 et P8 présentent une valeur de l' CI_{50} de $0.0006 \mu\text{g} / \text{ml}$. Ce pouvoir antioxydant est fort probablement dû aux composés phénoliques de la classe des tannins (hydrolysables et/ou condensés) présents dans l'écorce de *Ciannamomum cassia*, et qui sont connus comme substances antioxydantes ayant la capacité de piéger les espèces radicalaires. Contrairement à ce qui est marqué par la P7 ($0.49 \mu\text{g} / \text{ml}$) et cela dépend peut être de sa pauvreté en polyphénols (**Figure N°9**)

Ouis, (2015), a rapporté dans son étude que la concentration inhibitrice (IC_{50}) des feuilles de *Petroselinum crispum* est de l'ordre de $1.1994 \mu\text{g} / \text{ml}$. Ce qui n'est pas cohérent avec la valeur moyenne trouvée.

Selon **Belyagoubi, (2012)**, *Pistacia atlantica* possède la meilleure capacité antioxydante totale de l'ordre de $45.516 \text{ mg EAA/g MS}$, et une activité réductrice d'*Inula*

montana (18.995mg/g). *Pistacia lentiscus* a un pouvoir de piégeage du DPPH qui représente 0.39 mg/ml, correspond à 0.05 mg / mL d'acide ascorbique (**Hamiani et al., (2016)**).

L'activité anti-radicalaire d'extrait méthanolique d'*Artemisia herba alba* est de 0.56 ± 0.2 mg/ml d'extrait selon **Boudjelal, (2012)**. Cette valeur est comparable à celle obtenue dans ce présent travail avec 1 mg/ml d'extrait. D'autres travaux réalisés par **Hamiani et al., (2016)** sur deux plantes de la même famille : *Asplenium adiantum-nigrum* et *Asplenium trichomanes* ont montré une activité antioxydante de $0,88 \pm 0,06$ mg/ml et $0,59 \pm 0,05$ mg/ml respectivement.

Peu de travaux ont été publiées sur l'activité antiradicalaire des extraits des plantes suivantes : *Paronychia arentea*, *Adiantum capillus-veneris* et *Parietaria officinalis*, ce qui a empêché l'interprétation et la comparaison de nos résultats à d'autres auteurs.

III. Evaluation de l'activité antibactérienne

III.1. Evaluation qualitative de l'activité antibactérienne

L'évaluation de l'activité antibactérienne des différents extraits testés sur les 2 souches bactériennes cibles (*E. coli* ATCC 25922 et *E. coli* clinique) a été effectuée en mesurant le diamètre des zones d'inhibition.

A cet effet, l'échelle de mesure de l'activité antibactérienne de **Ponce *et al.*, 2003** répartissant les diamètres des zones d'inhibition en 4 classes a été utilisée pour évaluer l'effet inhibiteur de nos extraits.

- Extrêmement sensible : le diamètre de zone d'inhibition > 20mm ;
- Très sensible : le diamètre de la zone inhibition est compris entre 15mm et 19mm ;
- Sensible : le diamètre de la zone d'inhibition est comprise entre 9mm et 14mm ;
- Résistante : le diamètre de la zone d'inhibition est < 8mm.

III.1.1. Activité antibactérienne des extraits

Les résultats de l'activité antibactérienne des extraits des plantes, des antibiotiques (pénicilline et vancomycine) et des standards (acide gallique et acide tannique) testés à l'égard des deux souches bactériennes cibles, sont regroupés dans le tableau IX et des figures 13,14 et 15.

Tableau IX : Diamètre de zones d'inhibition en mm des extraits de plantes, des antibiotiques et des standards.

Extrait	Souche bactérienne	
	<i>E.coli</i> ATCC 25922	<i>E.coli</i> clinique
<i>Petroselinum crispum</i>	10	12
<i>Ciannamomum cassia</i>	10	10
<i>Calluna vulgaris</i>	10	10
<i>Dittrichia viscosa</i>	12	10
<i>Artemisia herba-alba</i>	10	10
<i>Pistacia lentisicus</i>	10	10
<i>Asplenuim adiantum-nigrum</i>	Ø	Ø

<i>Paronychia argentea</i>	10	11
<i>Asplenium trichomanes</i>	13	12
<i>Adiantum capillus-veneris</i>	12	13
<i>Parietaria officinalis</i>	18	20
Antibiotiques		
Pénicilline	25	24
Vancomycine	13	14
Standards		
Acide gallique	Ø	Ø
Acide tannique	15	14

Ø : absence de zone d'inhibition

D'après le tableau IX et selon l'échelle citée par **Ponce et al, (2003)**, les résultats obtenus peuvent s'interpréter comme suit :

La majorité des extraits des plantes ce sont avérés actifs contre les 2 souches bactériennes cibles, à l'exception de l'extrait d'*Asplenium adiantum-nigrum* pour la quelle les souches n'ont montré aucune sensibilité.

Parmi tous les extraits étudiés, l'extrait P11 est le seul qui a montré une activité modérément inhibitrice. Tandis que les autres extraits manifestent une faible activité vis-à-vis des souches testées.

Selon le comité de l'antibiogramme de la société française de microbiologie (2017), les 2 souches bactériennes cibles paraissent sensibles aux 2 antibiotiques testés. En notant que la plus grande zone d'inhibition est obtenue par la pénicilline avec un diamètre de 25mm pour *E.coli* ATCC 25922 et 24mm pour *E. coli* clinique (**Anonyme**).

En utilisant des standards phénoliques, avec les mêmes concentrations que les extraits, vis-à-vis des 2 souches, l'acide tannique s'est révélé le plus actif avec des diamètres des zones

d'inhibition allant respectivement de 15 et 14mm, tandis que l'acide gallique n'a montré aucune activité bactérienne.

Merghache et Boucherit-Atmani en 2010, ont étudié l'effet antibactérien des extraits hydro-méthanoliques de l'écorce de cannelle de chine, et ont trouvé un diamètre d'inhibition de 9mm pour *E. coli*. **Kamni et al., (2015)**, ont aussi trouvé que l'extrait de *Cinnamomum cassia* présente une activité antibactérienne moyenne sur les différentes espèces bactériennes à Gram négatif dont *E. coli*, avec des diamètres qui varient de 6 à 12mm.

L'effet antibactérien d'extrait méthanolique d'*Artemisia herba-alba*, a donné un diamètre de 10.43 ± 2.41 mm pour *E. coli* (**Lehout et Laib, 2015**).

Ben Sassi et al., (2007), ont étudié l'activité antibactérienne des extraits de la partie aérienne de 23 plantes médicinales dont *Artemisia campestris*, ils ont trouvé que seul l'extrait acétonique exerce un effet inhibiteur parmi les trois extraits testés (acétone, hexane et méthanol).

L'activité antibactérienne de l'extrait méthanolique des feuilles d'*Artemisia campestris* a été testée sur plusieurs souches dont *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, les résultats obtenus dans l'étude réalisée par **Naili et al., (2010)**, ont montré que cet extrait possède un effet inhibiteur sur toutes les bactéries.

Bensegueni et al., (2001), ont conclu que les extraits hydro-alcooliques et chloroformiques de *Dittrichia viscosa* n'exercent aucune action sur la croissance d'*E. coli*.

Les travaux réalisés par **Benhammou et al., (2008)**, sur le pouvoir antimicrobien de l'extrait éthanolique du pistachier de l'Atlas sur *E. coli*, ont montré un diamètre d'inhibition de 9.5mm.

L'effet antibactérien de l'extrait de *Petroselinum crispum* sur *E. coli* étudié par **Ouis, (2015)**, a montré un diamètre d'inhibition de 11.7mm.

L'étude réalisée par **Seyyednejad et al., (2008)**, sur l'activité antibactérienne des extraits éthanoliques de *Petroselinum crispum* à différentes concentrations a donné des diamètres de zones d'inhibition qui varient de 9 à 12mm sur *E. coli*.

L'évaluation de l'activité antimicrobienne de différents extraits de *Pistacia atlantica* a montré une forte activité antimicrobienne vis-à-vis des souches fongiques et bactériennes testées dont *E. coli* avec un diamètre des zones d'inhibition variant selon la nature du solvant allant de 14 à 19mm (**Djenidi, 2012**).

L'extrait méthanolique de *Rosmarinus officinalis* vis à vis d'*E. coli* a donné une zone d'inhibition importante de 21mm (**Benikhlef, 2015**).

L'étude antibactérienne des extraits méthanoliques d'*Asplenium richomanes*, a montré que la croissance d'*E. coli* a été inhibée, avec une zone d'inhibition supérieure à 10mm (**Deliu et al., 2013**).

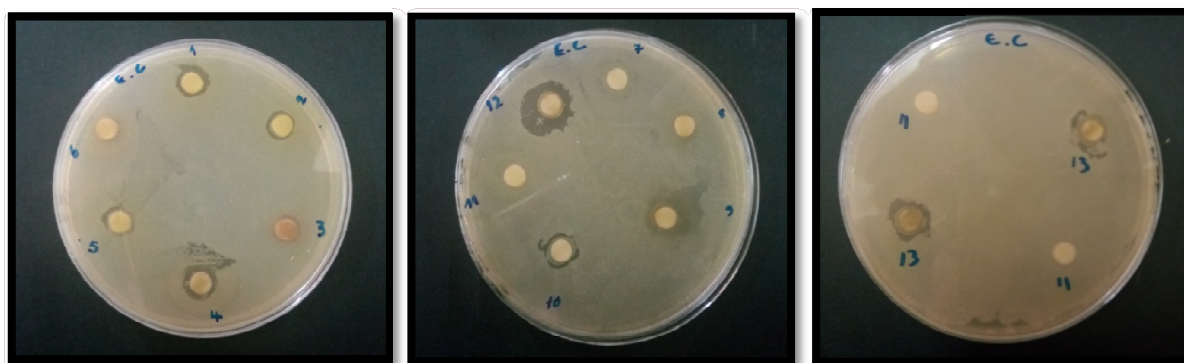
L'activité antibactérienne de l'extrait éthanolique brut d'*Asplenium nidus* a été étudiée contre *E. coli*. Il a été constaté que l'extrait avait une faible activité antibactérienne par l'apparition d'une zone d'inhibition de 8mm (**Nath et al., 2003**). Ils ont démontré également un effet inhibiteur de l'extrait méthanolique d'*Adiantum capillus-veneris* sur *E. coli*. Ce dernier a enregistré une activité antibactérienne avec une zone d'inhibition de 7mm (**Nath et al., 2003**).

Les extraits acétoniques et méthanoliques des espèces d'*Adiantum* ont montré une activité antibactérienne contre *E. coli* à des valeurs de $9.1 \pm 0.67\text{mm}$ et $12.3 \pm 0.38\text{mm}$ respectivement (**Johnson et al., 2017**).

Des activités antibactériennes ont été menées par **Dragana et al., 2014**, sur les extraits aqueux, éthanolique et d'acétate éthylique des feuilles et des fleurs de *Calluna vulgaris*, cette étude a démontré que les extraits de cette plante ont une activité antibactérienne contre *E. coli*.

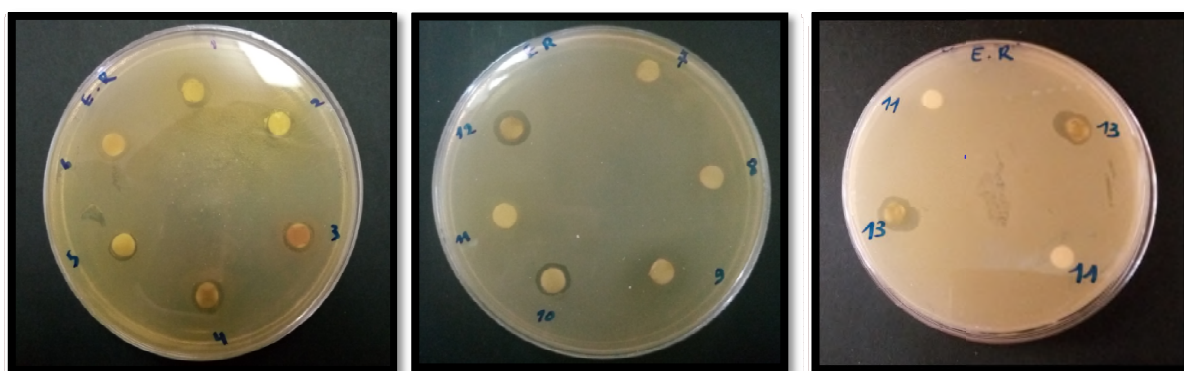
D'après **Taguri et al., (2004)**, la sensibilité des bactéries aux polyphénols dépend de l'espèce bactérienne et de la structure des composés phénoliques. Plusieurs auteurs ont observé une augmentation de l'activité antibactérienne des composés phénoliques avec l'augmentation des groupements hydroxyles portés par ces molécules.

Plusieurs facteurs peuvent être à l'origine de la différence entre nos résultats et ceux obtenus dans les études antérieures tels que le type de solvant, la concentration des extraits, la composition phytochimique des plantes, la concentration de l'inoculum ainsi que les souches testées.



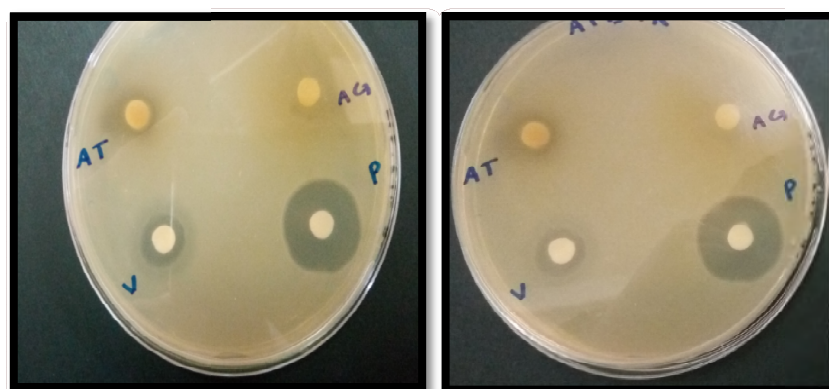
Ec : *E.coli* ; 1 : P4; 2 : P5 ; 3 : P2; 4 : P6; 5 : P8; 6 : P3 ; 7 et 11 : eau physiologique ; 8 : P7; 9 : P9; 10 : P1 ; 12 : P11; 13 : P10.

Figure 13 : Zones d'inhibition des extraits des plantes testés sur *E.coli* clinique.



E.R : *E.coli* de référence; 1 : P4; 2 : P5 ; 3 : P2; 4 : P6; 5 : P8; 6 : P3 ; 7 et 11 : eau physiologique; 8 : P7; 9 : P9; 10 : P1 ; 12 : P11; 13 : P10.

Figure 14: Zones d'inhibition des extraits des plantes testées sur *E.coli* ATCC 25922.



E.coli clinique

E.coli ATCC 25922

AT : Acide tannique ; AG : Acide gallique ; P : Pénicilline ; V : Vancomycine.

Figure 15: Zones d'inhibition des antibiotiques et des standards testés sur *E.coli* clinique et *E.coli* ATCC 25922.

III.2. Etude quantitative de l'activité antibactérienne

Les résultats trouvés précédemment dans l'étude qualitative de l'activité antibactérienne des extraits des plantes, seront confirmés par la détermination des concentrations minimales inhibitrices (CMI) et bactéricides (CMB). Ces concentrations permettent de déterminer l'activité antibactérienne des extraits : bactériostatique ou bactéricide. Les résultats trouvés sont illustrés dans le tableau X.

Tableau X: Valeurs des CMI et des CMB (mg/ml) pour les différents extraits testés

Souches Extraits	<i>E.coli</i> ATCC 25922		<i>E.coli</i> clinique	
	CMI (mg/ml)	CMB (mg/ml)	CMI (mg/ml)	CMB (mg/ml)
P1	0.16	>1	0.16	>1
P2	0.08	≥1	0.08	≥1
P3	0.08	≥1	0.08	≥1
P4	0.16	>1	0.08	≥1
P5	0.08	≥1	0.08	≥1
P6	0.08	≥1	0.08	≥1
P7	0.08	≥1	0.08	≥1
P8	0.08	≥1	0.08	≥1
P9	0.08	≥1	0.08	≥1
P10	0.08	≥1	0.16	≥1
Antibiotiques				
Pénicilline	0.01	≥1	0.01	≥1
Vancomycine	0.02	≥1	0.02	≥1
Standard				
Acide tannique	0.02	≥1	0.02	≥1

On constate d'après le tableau X, que les concentrations minimales inhibitrices sont de 0.08mg/ml pour la majorité de nos extraits et cela pour les 2 souches testées.

On note que l'extrait P1 est le moins actif, avec une valeur de CMI qui est de l'ordre de 0.16mg/ml.

On remarque également qu'il n'y a pas de différence entre *E. coli* clinique et *E. coli* ATCC 25922, les 2 souches ont montré des résultats similaires pour tous les extraits.

En ce qui concerne les antibiotiques et le standard on constate une légère hétérogénéité des valeurs de la CMI par rapport à celles des 10 extraits.

La pénicilline présente une CMI de l'ordre de 0.01 mg/ml suivie par la vancomycine et l'acide tannique avec la même CMI (0.02mg/ml).

Selon la classification de **Carbomelle et al., (1987)**, si :

- Le rapport CMB/CMI = 1 ou 2 : l'extrait est doté d'un pouvoir bactéricide.
- Le rapport CMB/CMI = 4 à 16 : l'extrait est doté d'un pouvoir bactériostatique.

D'après nos résultats et selon cette classification, le rapport CMB/CMI de tous nos extraits est supérieur et/ou égale à 4 ce qui leur confère un pouvoir bactériostatique.

Conclusion

Les plantes médicinales constituent une source de nouvelles molécules à activité antibactérienne économique accessibles pour faire face à l'apparition de phénomène de résistance des germes aux antibiotiques. A ce propos, nous nous sommes intéressées à l'étude des propriétés chimiques, antioxydantes et microbiologiques de quelques plantes de la flore Algérienne.

L'extraction des polyphénols totaux par l'acétone aqueux a permis d'obtenir des rendements variables. Le plus fort rendement a été obtenu par *Asplenium trichomanes* avec un pourcentage de 27%, suivi de *Petroselinum crispum* et *Ciannamomum cassia* avec un rendement égale de 21%. *Artemisia herba-alba* a donné le plus faible rendement (9%).

Le dosage des composés phénoliques des extraits acétoniques des différentes plantes a révélé une teneur considérable en polyphénols totaux chez *Asplenium trichomanes* ($236,99 \pm 0.68$ mg EAG/gES) et la plus faible teneur est obtenue par *Asplenium adiantum-nigrum* ($5,20 \pm 0.27$ mg EAG/gES). Le dosage des flavonoïdes a montré que la majorité des extraits sont riches en flavonoïdes, la teneur la plus élevée a été obtenue par *Adiantum capillus-veneris* ($9,05 \pm 0,007$ mg EQ/g ES) alors qu'elle a enregistré la plus faible teneur en tanins hydrolysables ($4,27 \pm 0.25$ mg EAT/gES) par rapport aux autres extraits étudiés. Des teneurs plus ou moins faibles en tanins condensés des différents extraits étudiés ont été observés, à l'exception de *Ciannamomum cassia* ($446,29 \pm 9,85$ mg/gES).

L'activité antioxydante des extraits a été évaluée par 2 méthodes, le pouvoir réducteur et la méthode de piégeage de radical libre DPPH. Les résultats ont montré que la plupart des extraits étudiés possèdent une importante activité antioxydante. Pour le premier test les résultats ont montré que les extraits de *Petroselinum crispum* et *Parietaria officinalis* présentent la plus faible activité réductrice. Pour le test de réduction du radical libre DPPH, l'activité anti-radicalaire est très élevée dans l'extrait d'*Asplenium adiantum-nigrum* comparant aux autres extraits étudiés, par contre la plus faible activité est celle de *Ciannamomum cassia*.

L'activité antibactérienne a été déterminée sur 2 souches bactériennes, selon la méthode de diffusion, les 2 souches testées présentent une sensibilité vis-à-vis de la majorité

des extraits étudiés sauf pour l'extrait d'*Asplenium adiantum-nigrum* pour lequel les deux souches ont manifesté une résistance.

La détermination des CMI et des CMB par micro-dilution a montré que nos extraits ont tous un effet bactériostatique vis-à-vis des 2 souches bactériennes cibles

Il ressort de la présente étude que la majorité des plantes étudiées peuvent être utilisées comme une source naturelle d'agents antioxydants et antibactériens.

Dans cette étude nous avons utilisé des extraits non purifiés, ce qui ne nous renseigne pas sur les composés actifs responsables des activités antioxydantes et antibactériennes. Il serait donc nécessaire de:

- Purifier et procéder à la séparation de ces composés phénoliques afin de les tester séparément et identifier ceux qui sont actifs;
- Tester d'autres méthodes d'extraction et leurs influences sur la composition chimique et les activités biologiques.
- Tester l'activité antibactérienne des différents extraits sur d'autres souches bactériennes.
- Etudier d'autres activités biologiques des extraits de ces plantes.

Annexes

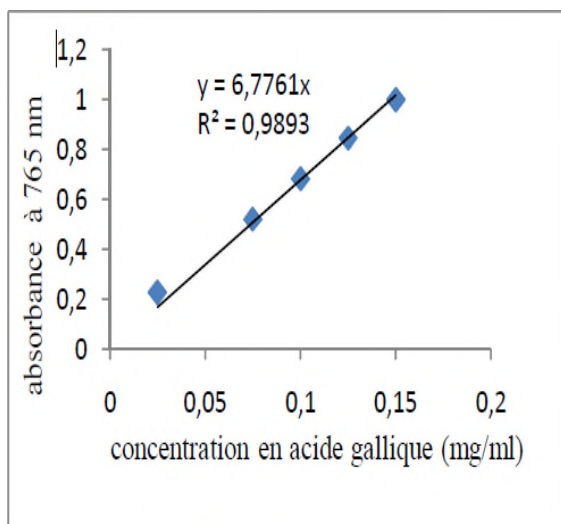


Figure n°1: Courbe d'étalonnage des polyphénols

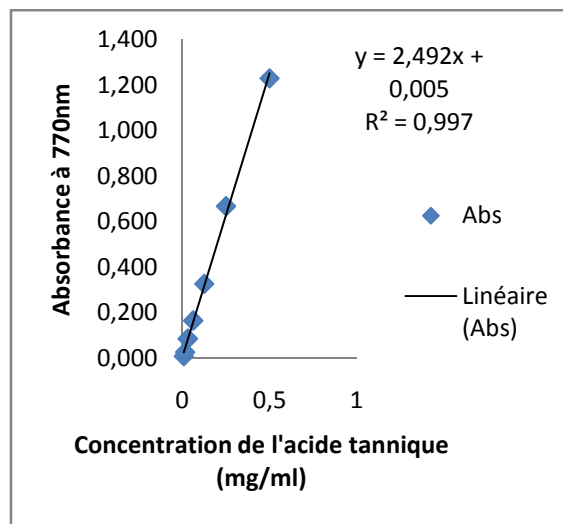


Figure n°2 : Courbe d'étalonnage du pouvoir

réducteur

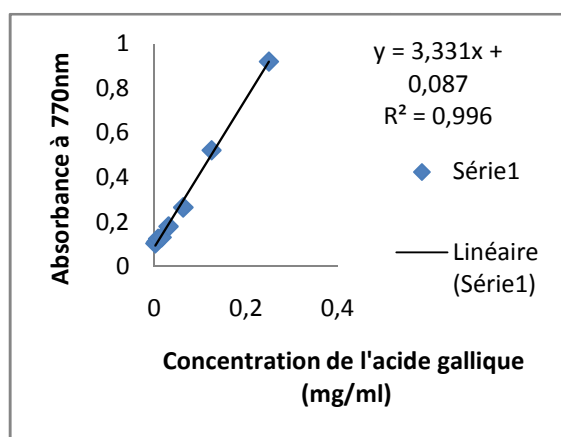


Figure n°3: Courbe d'étalonnage du pouvoir

réducteur.

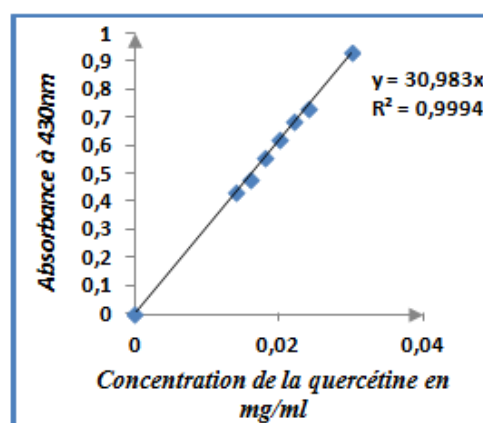


Figure n°4: Courbe d'étalonnage des flavonoïdes.

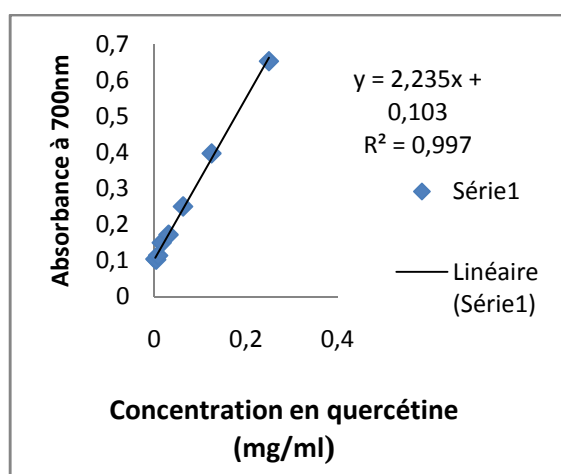


Figure n°5 : Courbe d'étalonnage du pouvoir réducteur.

Tableau I : Classification botanique de *Petroselinum crispum* (Croquist, 1981 ; APG II, 2003).

Plante Classification	<i>Petroselinum crispum</i>
Règne	Plantae
Sous-règne	Tracheobionata
Division	Magnoliophyta
Classe	Magnoliopsida
Sous- classe	Rosidae
Ordre	Apiales
Famille	Apiaceae
Genre	Petroselinum

Tableau II : Classification botanique de *Ciannamomum cassia* (J.Presl, 1825)

Plante Classification	<i>Ciannamomum cassia</i>
Règne	Plantae
Sous-règne	Tracheobionata
Division	Magnoliophyta
Classe	Magnoliopsida
Sous- classe	Magnoliidae
Ordre	Laurales
Famille	Lauraceae
Genre	Cinnamomum

Tableau III : Classification botanique de *Calluna vulgaris* ((L.) Hull, 1808).

Plante Classification	<i>Calluna vulgaris</i>
Règne	Plantae
Sous-règne	Viridaeplantae
Division	Magnoliophyta
Classe	Magnoliopsida
Sous- classe	Diléniidées
Ordre	Ericales
Famille	Ericaceae
Genre	Calluna

Tableau IV : Classification botanique de *Dittrichia viscosa* (Greuter, 1973).

Plante Classification	<i>Dittrichia viscosa</i>
Règne	Plantae
Sous-règne	Tracheobionta
Division	Magnoliophyta
Classe	Magnoliopsida
Sous- classe	Asteridae
Ordre	Asterales
Famille	Asteraceae
Genre	Dittrichia

Tableau V : Classification botanique d'*Artemisia herba-alba* (APG III, 2009).

Plante Classification	<i>Artemisia herba-alba</i>
Règne	Plantae
Sous-règne	Spermatophyta
Division	Magnoliophyta
Classe	Magnoliopsida
Sous- classe	Asteridae
Ordre	Asterales
Famille	Asteraceae
Genre	Artemisia

Tableau VI : Classification botanique de *Pistacia lentisicus* (L., 1753)

Plante Classification	<i>Pistacia lentisicus</i>
Règne	Plantae
Sous-règne	Tracheobionta
Division	Magnoliophyta
Classe	Magnoliopsida
Sous- classe	Rosidae
Ordre	Sapindales
Famille	Anacardiaceae
Genre	Pistacia

Tableau VII : Classification botanique d'*Asplenuim adiantum-nigrum* (L., 1735)

Plante Classification	<i>Asplenuim adiantum-nigrum</i>
Règne	Plantae
Sous-règne	Tracheobionta
Division	Magnoliophyta
Classe	Filicopsida
Sous- classe	Polypodiidées
Ordre	Polypodiales
Famille	Aspleniaceae
Genre	Asplenium

Tableau VIII : Classification botanique de *Paronychia argentea* (Lam., 1779)

Plante Classification	<i>Paronychia argentea</i>
Règne	Plantae
Sous-règne	Viridaeplantae
Division	Magnoliophyta
Classe	Magnoliopsida
Sous- classe	Magnoliidae
Ordre	Caryophyllales
Famille	Caryophyllaceae
Genre	Paronychia

Tableau IX : Classification botanique d'*Asplenium trichomanes* (L., 1753).

Plante Classification	<i>Asplenium trichomanes</i>
Règne	Plantae
Sous-règne	Tracheobionta
Division	Pteridophyte
Classe	Filicopsida
Sous- classe	Polypodiidées
Ordre	Polypodiales
Famille	Aspleniaceae
Genre	Asplenium

Tableau X : Classification botanique d'*Adiantum capillus-veneris* (L., 1753).

Plante Classification	<i>Adiantum capillus-veneris</i>
Règne	Plantae
Sous-règne	Tracheobionta
Division	Pteridophyte
Classe	Filicopsida
Sous- classe	Polypodiidées
Ordre	Polypodiales
Famille	Aspleniaceae
Genre	Adiantum

Tableau XI : Classification botanique de *Parietaria officinalis* (APG III, 2009)

Plante Classification	<i>Adiantum capillus-veneris</i>
Règne	Plantae
Sous-règne	Tracheobionta
Division	Magnoliophyta
Classe	Magnoliopsida
Sous- classe	Hamamelidae
Ordre	Urticales
Famille	Urticaceae
Genre	Parietaria

Références bibliographiques

A

Akroum Souâd. (2011). Etude Analytique et Biologique des Flavonoïdes Naturel.
Thèse de Doctorat en Sciences : Université Mentouri de Constantine.

Akrout A., Chemli R.C., Chrief., and Hammami M. (2001). Analysis of the
essential oil of *Artemisia campestris* L. *J. Flavour Fragr.* **16**: 337–339.

Alvarez, C., Pangon, B., Allouch, P. Y., & Ghnassia, J. C. (1992). Infections
urinaires: principaux aspects épidémiologiques, bactériologiques et cliniques. *Feuillets
Biol*, 23(189), 15-24.

Ao, C., Li, A., Elzaawely, A. A., Xuan, T. D., & Tawata, S. (2008). Evaluation of
antioxidant and antibacterial activities of *Ficus microcarpa* L. fil. extract. *Food control*,
19(10), 940-948.

Arab. K; O Bouchenak; K. Yahiaoui. (2014). Phytochemical study and évaluation
of the antimicrobial and antioxidant activity of essential oils and phenolic compounds of
Pistacia lentiscus L.

**Atmani D, Chaher N, Berboucha M, Ayouni K, Lounis H, Boudaoud H,
Debbache N., (2009).** Antioxidant capacity and phenol content of selected Algerian
medicinal plants. *Food Chemistry* 112; 303–309.

B

Babayi H, Kolo I, Okogum JI., (2004). The antimicrobial activities of methanolic
extracts of *Eucalyptus camaldulensis* and *Terminalia catappa* against some pathogenic
microorganisms. *Biochemistri*, 16 (2): 102-5.

Bagamboula, C., Uyttendaele, M., & Debevere, J. (2004). Inhibitory effect of thyme
and basil essential oils, carvacrol, thymol, estragol, linalool and p-cymene towards *Shigella
sonnei* and *S. flexneri*. *Food microbiology*, 21(1), 33-42.

Bahorun, T. (1998). *Substances naturelles actives: la flore mauricienne, une source
d’approvisionnement potentielle.* Paper presented at the Second Annual Meeting of
Agricultural Scientists.

Bamforth CW., (2000). Perceptions of beer foam. *J. Inst. Brew.*, 106: 229-38.

Bate-Smith, E. C. (1975). Phytochemistry of proanthocyanidins. *Phytochemistry*,
14(4), 1107-1113.

Belkhiri, Farida (2009). Activité antimicrobienne et antioxydante des extraits du
Tamus communis L. et *Carthamus caeruleus* L. Mémoire de Magister en Microbiologie
Appliquée : Université Farhat Abbès, Sétif.

Belyagoubi Nabila, (2012). Activité antioxydante des extraits des composés phénoliques de dix plantes médicinales de l'Ouest et du Sud-Ouest Algérien. Mémoire de Master en Biologie Cellulaire et Moléculaire : Université Abou Bekr Belkaid Tlemcen.

Benaliliche M, Benaliliche Y. (2016). Essais bio-guidés du percolât de *Ciannamomum zeylanicum*. Mémoire de Master en Biochimie moléculaire et santé : Université des Frères Mentouri Constantine.

Ben Sassi A., Harzallah-Skhiri F., and Aouni1 M. (2007). Investigation of some medicinal plants from Tunisia for antimicrobial activities. *J. Pharmaco. Bio.* **45 (5):** 421–428.

Benhammou, N., & Bekkara, F. A. (2008). Activité antibactérienne de l'huile essentielle de *Pistacia lentiscus* L. de deux stations de la région de Tlemcen (Algérie). Laboratory of Natural Products, Department of Biology, Faculty of Science, University Abou Bekr Belkaid, LP 119, Imama, Tlemcen (Algeria).

Benikhlef, A. (2015). *Comparaison entre les huiles essentielles et leurs effets antibactériens sur Rosmarinus officinalis de la région de Bechar et Ouargla* (Doctoral dissertation).

Bensegueni, Touati. L. (2001). Etude in vitro de l'effet antibactérien et antifongique d'*Inula viscosa*, *Asphodelus microcarpus*, *Aloe vera* et *juniperus microcarpus*. Mémoire de Magister en Médecine vétérinaire : Université Constantine (Algérie).

Bilusik vundac; Maataoui ; B. S., Hmyene, A., Hillali. (2007). Activités anti-radicalaires d'extraits de jus de fruits du figuier de barbarie (*Opuntia ficus indica*). Lebanese Science Journal. 7: 3-8.

BITTON, A.(2009). La cystite chez la femme: un fléau toujours d'actualité. www.andrologue.com.

Bouakaz, I., (2006). Etude phytochimique de la plante *Genista Microcephala*. Mémoire de magister, Batna

Boudjelal A., Henchiri C., Siracusa L., Sari M. and Ruberto G. (2012). Compositional analysis and in vivo antidiabetic Activity of Wild Algerian *Marrubium vulgare* l'infusion. *Fitoterapia* **83:** 286–292. **26.** Çitoğlu G. S. and Aksit F. (2002). Occurrence.

Boudjouref Mourad. (2011). Etude de l'activité antioxydante et antimicrobienne d'extraits d'*Artemisia campestris* L. Mémoire de Magister en Biochimie : Université Ferhat Abbas, Setif.

Boukri noura el houda. (2014). Contribution à l'étude phytochimique des extraits bruts des épices contenus dans le mélange Ras-el-hanout. Mémoire de Master Académique en biochimie Appliquée : Université Kasdi Merbah Ouregla.

Brama, S. O. (2002). Activité antibactérienne d'extraits d'Euphorbia hirta (Linn), une plante utilisée traditionnellement dans le traitement des infections urinaires. UNIVERSITE DE OUAGADOUGOU.

Bruneton, J. (1993). Pharmacognosie et phytochimie des plantes médicinales, 2ème Ed. Lavoisier, Paris.

Bruyère, F. (2006). Utilisation de la canneberge dans les infections urinaires récidivantes. *Médecine et maladies infectieuses*, 36(7), 358-363.

C

Carbonnelle, B., Denis, F., Marmonier, A., Pinon, G., & Vague, R. Bactériologie médicale: Techniques usuelles. 1987. *SIMEP, Paris Google Scholar*.

Caron, F., Galperine, T., Dumarcet, N., Azria, R., Bingen, E., Botto, H., ... & Lecompte, T. D. (2008). Diagnostic et antibiothérapie des infections urinaires bactériennes communautaires chez l'adulte. *Médecine et maladies infectieuses*, 38, 203-52.

Caron, F. (2010). Prise en charge des infections urinaires communautaires de l'adulte: ce qui a changé. À propos des recommandations 2008 de l'Agence française de sécurité sanitaire des produits de santé (Afssaps). *La Presse Médicale*, 39(1), 42-48.

Collin, S., & Crouzet, J. (2011). *Polyphénols et procédés: Transformation des polyphénols au travers des procédés appliqués à l'agro-alimentaire*: Lavoisier.

Cowan, M. M. (1999). Plant products as antimicrobial agents. *Clinical microbiology reviews*, 12(4), 564-582.

D

Deliu, I., Bejan, C., Vişoiu, E., & Soare, L. C. (2013). THE ANTIMICROBIAL ACTIVITY OF SOME EXTRACTS OF FERN GAMETOPHYTES. *EDITORIAL BOARD*, 10

Delporte, G., Mascolo, N., Izzo, A. A., et al., (1999). *Life. Scien.*, 65(4), 337-53.

De Pascual J.T., Gonzalez M.S., Muriel M.R and Bellid I.S. (1984). Phenolic derivatives from *Artemisia campestris Subsp Glutinosa*. *Phytochemistry*. 23 (8): 1819-1821.

Di Carlo, G., Mascolo, N., Izzo, A. A., & Capasso, F. (1999). Flavonoids: old and new aspects of a class of natural therapeutic drugs. *Life sciences*, 65(4), 337-353.

DJENIDI, H. (2012). *Etude du pistachier de l'Atlas (Pistacia atlantica Desf.): essais de germination, extraction des polyphénols et activité antimicrobienne*(Doctoral dissertation, Université Mohamed Khider-Biskra).

Djeridane A ., Yousfi M ., Najemi B ., Vidal N ., Lesgards JF ., and Stocker P . (2007). Screening of some Algerian medicinal plants for the phenolic Compounds and their antioxidant activity .*Eur. Food Res. Technol.*224: 801-809.

Dragana, V. M., Petković, M. R., Rodić-Grabovac, B. B., Stefanović, O. D., Vasić, S. M., & Čomić, L. R. (2014). In vitro activity of heather [Calluna vulgaris (L.) Hull] extracts on selected urinary tract pathogens. *Bosnian journal of basic medical sciences*, 14(4), 234.

Duhamel, M. (2013). Les infections urinaires chez la femme: conseils à l'Officine.Thèse de doctorat : URF de médecine et de pharmacie de Rouen.

Dykes, L., & Rooney, L. W. (2006). Sorghum and millet phenols and antioxidants. *Journal of Cereal Science*, 44(3), 236-251.

E

Eliopoulos, G. M.Pillai, S. K., Moellering, R. C. (2005). Antimicrobial combinations. *Antibiotics in laboratory medicine*, 5, 365-440.

El-Waziry, A.M. (2007). Nutritive value assessment of ensiling or mixing Acacia and Atriplex using in vitro gas production technique. *Res. J. Agric. Biol. Sci.* 3(6): 605-614.

Erlund, I. (2004). Review of the flavonoids quercetin, hesperetin, and naringenin. Dietary sources, bioactivities, bioavailability, and epidemiology.*Nutrition research*, 24(10), 851-874.

F

Falleh H., Ksouri R., Chaieb K., Karray-Bouraoui N., Trabelsi N., Boulaaba M. and Abdelly C. (2008). Phenolic composition of *Cynara cardunculus* L. organs, and their biological activities .*C. R. Biologies*. 331: 372-379.

Ferradji, A. (2011). *Activités antioxydante et anti-inflammatoire des extraits alcooliques et aqueux des feuilles et des baies Pistacia lentiscus* (Doctoral dissertation, Université Ferhat Abbas de Sétif 1).

Franks N.P. and Lieb W.R. (1986). Partitioning of long-chain alcohols into lipid bilayers:Implications for mechanism of general anesthesia *Proces of National Academy.* (83): 5116-5120.

G

Georgé, S., Brat, P., Alter, P., Amiot, J.M. (2005). Rapid determination of polyphénols and vitamin C in plant-derived products. *J of Agricultural and Food Chemistry*. 53:1370-1373.

Goli, A.H., Barzegar, M., Sahari, M.A., 2005. Antioxidant activity and total phenolic compounds of pistachio (*Pistacia vera*) hull extracts. *Food Chem*, 92 : 521–525.

Gutierrez, J., Barry-Ryan, C., & Bourke, P. (2009). Antimicrobial activity of plant essential oils using food model media: efficacy, synergistic potential and interactions with food components. *Food microbiology*, 26(2), 142-150.

H

Hadbaoui, Z. (2012). Evaluation de l'activité antioxydante des fractions lipidiques, protéiques et phénoliques du sorgho et de miel local. Thèse de Doctorat : Université de Kasdi Merbah OUARGLA-ALGERIE.

Hagerman AE, Riedl KM, Jones GA, Sovik KN, Ritchard NT, Hartzfeld PW, Richel TL. (1998). High molecular weight plant polyphenolics (tannins) as biological antioxidants. *J. Agric. Food Chem.*, 46: 1887-92.

Hamiani Abdelkader, Kambouche Nabila, Bellahouil salima. (2016). Chemical composition and antioxydant potential of *Pistacia lentiscus* L essential oil from orans (Algeria).

Harborne J.B. and Williams C.A. 2000. Advances in flavonoids research since 1992. *Phytochemistry*, 55: 481–504.

Haslam, E. (1965). Vegetable tannins—Lessons of a phytochemical lifetime. *Phytochemistry*, 68(22), 2713-2721.

Haslam, E., Lilley, T. H. (1988). Naturel astringency in foodstuffs: a molecular interpretation. *Crit Rev Food Sci Nutr*. 27(1): 1-40.

Havsteen, B.H. (2002). The biochemistry and medical significance of the flavonoids. *Pharmacol. Therapeut.* p96, 67– 202.

Hayouni, E., Abedrabba, M., Bouix, M., Hamdi, M. (2007). The effects of solvent and extraction method on the phenolic contents and biological activities in vitro of Tunisian *Quecus coccifera* L. and *Juniperus phoenicea* L. fruit extracts, *Food Chem*. 105: 1126-1134.

Herbert, R.B. 1989. The Biosynthesis of secondary metabolites. 2^{ème} edition Chapman and Halle p 2, 11-115.

Huang D., OuB. and Prior R.L. (2005). The chemistry behind antioxidant capacity assays. *J of Agr Food chem*. 53:1841-1856.

J

Joa O.M., Vasconcelos, Artur M.S.S and Jose A.S.C. (1998). Chromones and flavones from *Artemisia campestris* Subsp *Maritima*. *Phytochemistry*. **49 (5)**: 1421-1424.

Johnson M, Jeevas, Mahesh M and Janakiraman N, (2017). Antibacterial Potentials of *Adiantum* Species against the UTI Pathogens. *Journal of Microbiology & Experimentation* 4(1).

K

Kamni A., Senouci Bereksi M. 2015. Effet inhibiteur de certains extraits hydrométhanoliques et huiles essentielles de plantes médicinales sur des espèces bactériennes résistantes aux antibiotiques. Mémoire de Master en biologie (Sciences des aliments). Université de Tlemcen.

Karou D., Dicko M. H., Simpore J. and Traore A.S. (2005). Antioxidant and antibacterial activities of polyphenols from ethnomedicinal plants of Burkina Faso. *African journal of biotechnology*. **(4)**: 823-828.

L

Lakhal H, Ghorab H, Chibani S, et al(2003). Chemical composition and biological activités of the essential oils of *salvia officinalis* from Batna (Alger). *Schol Res Library* 5: 310-4.

Laib M., Lehout R., (2015). Comparaison de trois méthodes d'extraction des composés phénoliques et des flavonoïdes à partir de la plante médicinale : *Artemisia herba alba* Asso. Mémoire de Master en Biochimie moléculaire et santé : Université des frères Mentouri Constantine.

Lee K. W., Kim Y. J., Lee H. J. and Lee C. Y. (2003). Cocoa Has More Phenolic Phytochemicals and a Higher Antioxidant Capacity than Teas and Red Wine. *J. Agric. Food Chem.* **51**: 7292-7295.

Léga, I., Sourabié, T., Nikiéma, J., Nacoulma, O., & Guissou, I. (2010). Etude in vitro de l'activité antibactérienne d'extraits d'une plante de la pharmacopée burkinabé: cas d'Argemone mexicana L.(Papaveraceae). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 4(6).

Lehout, R., Liab, M.(2015). Comparaison de trois méthodes d'extraction des composés phénoliques et des flavonoïdes à partir de la plante médicinale : *Artemisia herba alba* Asso. Mémoire de Master en Biochimie moléculaire et santé : Université des frères Mentouri Constantine.

Loubaki, B., Ouattara, A., Ouattara, C., Traore, R. O., & Traore, A. (1999). 'Activités antimicrobiennes des extraits aqueux totaux de *Detarium microcarpum* [Cesalpinaceae (Guill et Perr)] sur huit espèces bactériennes impliquées dans certaines maladies infectieuses au Burkina Faso '. *Sciences et Médecine, Rév. Cames-Série A*, 1, 66-73.

M

Macheix, J. J., Fleuriet, A., & Jay-Allemand, C. (2005). *Les composés phénoliques des végétaux: un exemple de métabolites secondaires d'importance économique*. PPUR Presses polytechniques.

Mason T.L. and Wasserman B.P. (1987). Inactivation of red beet betaglucan synthase by native and oxidized phenolic compounds. *Phytochemistry*. (26): 2197-2202.

Merghache D., Boucherit-Atmani Z. 2010. Evaluation de l'activité antifongique et antibactérienne de la cannelle de Chine (*Cinnamomum cassia*). Thèse de Magister en Biologie (Biochimie appliquée). Université de Tlemcen

Maurice N. L'herboristerie d'antan à la phytothérapie moléculaire du XXI^e siècle. Ed. Lavoisier, Paris, 1997, p. 12-14

Mehansho, H. L. G. B. D. M. C., Butler, L. G., & Carlson, D. M. (1987). Dietary tannins and salivary proline-rich proteins: interactions, induction, and defense mechanisms. *Annual review of nutrition*, 7(1), 423-440.

Meyer A., Deiana J. et Leclerc H. (1994). Cours de microbiologie générale. Ed. Doin. Paris, p.365.

Mighri H., Hajlaoui H., Akrouit A., Najjaa H and Neffati M. (2010). Antimicrobial and antioxidant activities of *Artemisia herba-alba* essential oil cultivated in Tunisian arid zone. *C. R. Chimie*, 13, pp 380–386.

Moulin, B. Peraldi, M.N.(2016).Néphrologie (7^{ème} édition): infection urinaire de l'adulte, 21,329-349.

N

Naili M.B., Alghazeer O.A., Saleh N.A., Al-Najjar A.Y. (2010). Evaluation of antibacterial and antioxidant activities of *Artemisia campestris* (Astraceae) and *Ziziphus lotus* (Rhamnaceae). *Arab. J. Chem.* 3: 79–84.

Nath, K., Bhattacharya, M. K., Sen, A., & Kar, S. (2013). Antibacterial Activity of Frond Extract of *Asplenium Nidus* L., A Threatened Ethno-Medicinal Fern of North East India.

Nath, K., Bhattacharya, M. K., & Kar, S. (2016). Antibacterial activity of some ethno-botanically important ferns of Southern Assam, India. *TAIWANIA*, 61(3), 260-268.

Negi, P., Jayaprakasha, G., & Jena, B. (2003). Antioxidant and antimutagenic activities of pomegranate peel extracts. *Food Chemistry*, 80(3), 393-397.

Nouioua Wafa. (2012). Biodiversité et ressources phytogenetiques d'un écosystème forestier « *Paeonia mascula* (L.) Mill». Mémoire de Magister en Biodiversité et Gestion des Ecosystèmes : Université Ferhat Abbas, Sétif.

O

Odabasoglu F., Aslan A., Cakir A., Suleyman H., Karagaz Y., Malicim. and Bayir Y.(2004). Comparaison of antioxidant activity and phenolic content of three lichen species. *Phytotherapy Research*. (18): 38-941.

Okigbo RN, Mbajinka CS, Njoku CO (2005). Antimicrobial potentials of (UDA) *Xylopi aethopica* and *Occinum gratissimum* L. some pathogenous of man. *Int. J. Mol. Med. Adv. Sci.*, 1 (4): 392-7.

Oszmianski, J., Wojdylo, A., Lamer-Zarawaska, E., Swiader, K. (2007). Antioxidant tannins from rosaceae plant roots. *Food Chemistry*.100: 579-583.

Ouis Nawel. (2015). Etude chimique et biologique des huiles essentielles de la coriandre, fenouil et du persil. (Thèse de doctorat, Oran 1)

P

Plante, P. Soulie, M. (2006). Urologie DCE II. Les infections urinaires : 9p.

Ponce, A. G., Fritz, R., Del Valle, C., & Roura, S. I. (2003). Antimicrobial activity of essential oils on the native microflora of organic Swiss chard. *LWT-Food Science and Technology*, 36(7), 679-684.

R

Raj Narayana K., Sripal R.M. and Chaluvadi M. R. (2001). Bioflavonoids: Classification, pharmacological, biochemical effects and therapeutic potential. *Indian Journal of Pharmacology*. (33): 2-16.

Rané, A., & Dasgupta, R. (Eds.). (2013). *Urinary Tract Infection*. Springer London.

Rauter A.P., Branco I., TostaoZ., Pais M.S., Gonzalez A.G et Bermejo J.B. (1989). Flavonoids from *Artemisia campestris Subsp Maritima*. *Phytochemistry*. 28 (8): 2173-2175.

Ribéreau-Gayon, P., & Gautheret, R. J. (1968). *Les composés phénoliques des végétaux*: Dunod Paris.

S

Santo-Buelga,C., Scalbert, A. (2000). Proantocyanidins and tanninlike compounds-nature, occurrence dietary intake and effects on nutrition and health. *Journal of the science of food and agriculture*, 80, 1094-1117.

Sánchez-Moreno, C. (2002). Review: Methods used to evaluate the free radical scavenging activity in foods and biological systems. *Revista de Agarquímica y Tecnología de Alimentos*, 8(3), 121-137.

Sarmi M.P., et Cheymer V. (2006). Les polyphénols en agroalimentaire. *Ed Lavoisier*.P 2 -10.

Schofield, P., Mbugua D.M., Pell A.N. Analyse of condensed tannis: a review, *Animal Feed Science and Technology*, 2001, 91, 21-40.

Sahin, F., Güllüce, M., Daferera, D., Sökmen, A., Sökmen, M., Polissiou, M., ... & Özer, H. (2004). Biological activities of the essential oils and methanol extract of *Origanum vulgare* ssp. *vulgare* in the Eastern Anatolia region of Turkey. *Food control*, 15(7), 549-557.

Seyyednejad, S. M., Maleki, S., Damabi, N. M., & Motamedi, H. (2008).Antibacterial activity of *Prunus mahaleb* and Parsley (*Petroselinum crispum*) against some pathogen. *Asian J Biol Sci*, 1, 51-5.

T

Taguri, T., Tanaka, T., & Kouno, I. (2004). Antimicrobial activity of 10 different plant polyphenols against bacteria causing food-borne disease. *Biological and Pharmaceutical Bulletin*, 27(12), 1965-1969.

Tim T. P. C., et Lamb A. J. (2005). Antimicrobial activity of flavonoids. *International journal of antimicrobial agents*, 26: 343-356.

Topçu, G., Ay, M., Bilici, A., Sarıkurkcu, C., Ozturk, M., Ulubelen, A. (2007). A new flavone from antioxidant extracts of *Pistacia terebinthus*. *Food Chem*, 103: 816–822.

Turkmen, N., Sari, F., & Velioglu, Y. S. (2006). Effects of extraction solvents on concentration and antioxidant activity of black and black mate tea polyphenols determined by ferrous tartrate and Folin–Ciocalteu methods. *Food Chemistry*, 99(4), 835-841.

U

Ulanowska, K., Majchrzyk, A., Moskot, M., Jakóbkiewicz-Banecka, J., & Węgrzyn, G. (2007). Assessment of antibacterial effects of flavonoids by estimation of generation times in liquid bacterial cultures. *Biologia*, 62(2), 132-135.

Ulanowska K, Traczyk A, Konopa G, Węgrzym G. (2006). Differential antibacterial activity of genistein arising from global inhibition of DND, RNA and protein synthesis in some bacterial strains. *Arch. Microbiol.* 184 (5): 271-8.

Urquiaga, I., & LEIGHTON, F. (2000). Plant polyphenol antioxidants and oxidative stress. *Biological research*, 33(2), 55-64.

W

Weber, P., Dib, C., Durand, C., & Moniot-Ville, N. (2005). Évaluation de la sensibilité à la lévofloxacine des souches isolées d'infections urinaires basses communautaires. *Pathologie Biologie*, 53(2), 125-128

Y

Yakhlef, G., Laroui, S., Hambaba, L., Aberkane, M.-C., & Ayachi, A. (2011). Évaluation de l'activité antimicrobienne de *Thymus vulgaris* et de *Laurus nobilis*, plantes utilisées en médecine traditionnelle. *Phytothérapie*, 9(4), 209.

Résumé

La présente étude porte sur la mesure de l'activité antioxydante et de l'activité antibactérienne de 11 plantes médicinales qui sont utilisées traditionnellement en Algérie, contre 2 souches bactériennes résistantes responsables des infections urinaires, afin de sélectionner la plante la plus intéressante. Les résultats obtenus révèlent la présence de principes actifs antibactériens dans chacune des plantes.

L'extraction des polyphénols totaux par le solvant acétonique a montré que le rendement le plus élevé a été obtenu par *Asplenium trichomanes* (27%).

Les extraits des différentes plantes ont montré des teneurs plus ou moins variables en composés phénoliques (polyphénols, flavonoïdes, tanins hydrolysables et tanins condensés).

L'activité antioxydante des extraits étudiés a été évaluée par deux méthodes ; le pouvoir réducteur et le piégeage du radical libre DPPH.

L'activité antibactérienne des extraits étudiés a été évaluée par différentes valeurs (CMI, CMB). À l'exception d'*Asplenium adiantum-nigrum* tous les extraits ont montré une activité bactériostatique contre les 2 souches d'*E. coli*.

Mots clés : Plantes médicinales, infections urinaires, composés phénoliques, activité antioxydante, activité antibactérienne.

Abstract

The aim of this work is to study the antioxidant and the antibacterial activities of 11 medicinal plants used traditionally in Algeria, against 2 resistant bacterial strains, responsible for the urinary infections, in order to select the most interesting plant. The results obtained reveal the presence of antibacterial component in each plant.

The extraction of total phenolics by acetone solvent showed that the highest yield was obtained by *Asplenium trichomanes* (27%).

The extracts of different plants showed variable contents of phenolic compounds (polyphenols, flavonoïds, tannins hydrolysable and condensed tannins).

The antioxidant activity of the studied extracts was evaluated by two methods; the reducing power and the DPPH scavenging activity ability. Their antibacterial activity was evaluated by the MIC and MBC methods. Except for *Asplenium adiantum-nigrum* all the extracts showed a bacteriostatic activity against the 2 stocks of *E. coli*.

Key words: Medicinal plants, urinary infections, *E. coli*, phenolic compounds, antioxidant activity, antibacterial activity.