

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE DES SCIENCES ET DE LA TECHNOLOGIE
HOUARI BOUMEDIENE
FACULTE DES SCIENCES BIOLOGIQUES



MEMOIRE

Présenté pour l'obtention du **DIPLOME DE MAGISTER**

En : **SCIENCES DE LA NATURE**

Spécialité : **Microbiologie de l'environnement**

Par : **TAKHI Djalila**

THEME

**Mise En Evidence Des Activités Antimicrobiennes De Substances Extraites De
Plantes Spontanées De La Région De Laghouat**

Soutenu publiquement le **13/07/2009** devant le jury composé de :

Mr H. HACENE	Professeur FSB/USTHB	Président
Mr M. OUINTEN	Maître De Conférences FSI/UATL	Directeur de thèse
Mr Y. KACI	Maître De Conférences FSB/ USTHB	Examineur
Mme F. NATECHE	Maître De Conférences FSB/USTHB	Examinatrice
Mme Z. HACHAICHI	Maître De Conférences FSB/USTHB	Examinatrice

Résumé

Dans le cadre de ce travail, nous avons évalué le potentiel antibactérien, et antifongique de métabolites secondaires d'origine végétale : composés phénoliques, huiles essentielles et alcaloïdes extraits de huit espèces végétales spontanées, collectées dans la région de Laghouat. Les plantes investiguées sont : la Stramoine, la Coloquinte, le Cléome, le Harmel, le Ricin, le Laurier-rose, le Pistachier d'atlas et le Pistachier lentisque.

Les dosages des composés phénoliques et des alcaloïdes ont été réalisés par Spectrophotométrie UV-Visible. L'analyse qualitative et quantitative des huiles essentielles a été effectuée par CG/SM.

Les huiles essentielles du Pistachier d'atlas et du Pistachier lentisque ont présenté une activité inhibitrice contre *Escherichia coli* ATTC 25922, *Staphylococcus aureus* ATTC 43300 MRSA+ et *Pseudomonas aeruginosa* ATTC 27853 ; ainsi que contre *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis* et *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici*.

L'huile essentielle du Pistachier lentisque a présenté une CMI égale à 0,25% (v/v) sur les bactéries. L'extrait alcaloïdique du Ricin s'est révélé actif contre *E. coli* ATTC 25922, avec une CMI égale à 0,02 mg/ml.

Mots Clé : plante, composés phénoliques, huile essentielles, alcaloïdes, activité antibactérienne, activité antifongique

Remerciements

Je remercie DIEU, le Miséricordieux de m'avoir donnée Foi, volonté, et courage pour atteindre mon objectif.

Je remercie mon directeur de thèse, D^r Mohammed Ouinten, d'avoir accepté de diriger ce travail, et de m'avoir toujours soutenue.

Mille et un mercis au D^r Mohamed Yousofi, chef d'équipe de chimie organique appliquée au laboratoire des sciences fondamentales, Université de Laghouat, pour m'avoir orientée et conseillée tout le long de ce travail.

Mes remerciements aux honorables membres du jury : D^r Hacène, D^r Kaci, D^r Natèche, et D^r Hachaichi, pour avoir accepté d'examiner ce travail.

Je remercie M. Ahmed Boutemdjet, chef du Département de Biologie, Université de Laghouat, pour m'avoir accordée l'accès aux laboratoires du Département.

Un grand merci au responsable des laboratoires du Département de Biologie : M. Hadjoudja Mustapha, et aux ingénieurs des laboratoires : M. Mohamed Chetatha, M^{elle} Leila Maidi, M^{elle} Reguia Mahfoudi, M^{me} Fatiha Bourenane-El Houiti et M^{elle} Khadidja Benarous, d'avoir mis à mon entière disposition le matériel nécessaire à la réalisation de ce travail.

Mes remerciements les plus sincères au D^r Omar Djeridane et à M. Nadir Gourine pour m'avoir aidée durant la phase pratique de mon travail.

Mes profonds remerciements s'adressent à M. Boubrima Youcef, Mme Fermelli-Bendaoud Zohra, M. Guenane Hamid, M. Saridi Abdelkader, D^r Boubekeur Saidat et M^{lle} Houyou Zohra, pour leur soutien précieux et aide inestimable.

Je remercie M. Yacine Goudjel, enseignant au Département de Biologie, Université de Laghouat, pour m'avoir orientée et conseillée.

Mon entière gratitude à mes amies et collègues M^{elle} Nariman Addou, M^{elle} Lila Madour, M^{elle} Yamina Hadj-Rabia et M^{me} Samia Yala, pour leur aide précieuse.

Mes remerciements à tous les enseignants qui m'ont accompagnée tout le long de mon parcours scolaire.

Je remercie M^{me} Louanchi, Laboratoire de Phytopathologie, de l'INA, el Harrach ; M^{me} Kellou, Laboratoire de Mycologie, Institut Pasteur de Dely Brahim, et M. Belahcène Miloud, Université de Mostaghanem, pour leur aide inestimable.

Mes remerciements au D^r Abdelaziz Meddah, chef service du laboratoire de l'hôpital Benadjila Ahmida, Laghouat, et M. Lakhdar Magtouf, chef service du laboratoire vétérinaire régional, Laghouat.

Je remercie tous ceux qui ont contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce travail.

Dédicaces

À mes chers parents qui m'ont toujours soutenue... merci d'avoir fait de moi ce que je suis.

À mes chers frères et sœurs... merci de m'avoir supportée en dépit de tout.

À ma cousine, chérie, Zahra... merci d'avoir été toujours là.

À mes chères amies : Mebarqa, Fatiha, Khadidja et Hadjer... sans votre soutien je n'y serai jamais arrivée... Que Dieu vous bénisse.

À tous ceux qui ont cru en moi...

À la mémoire de ma collègue Ouali Manel.

Tables Des Matières

Introduction	1
Rappels Bibliographiques	
A. Les microorganismes : utilité et effets néfastes	5
B. Métabolisme secondaire végétal	6
C. Potentiel antimicrobien des métabolites secondaires d'origine végétale	11
D. Des plantes d'intérêt largement distribuées dans la région de Laghouat	
1. Le Cléome <i>Cleome arabica</i>	12
2. La Coloquinte <i>Citrullus colocynthis</i>	12
3. La Stramoine <i>Datura stramonium</i>	13
4. Le Harmel <i>Peganum harmala</i>	15
5. Pistachier d'atlas <i>Pistacia atlatica</i>	15
6. Pistachier lentisque <i>Pistacia lentiscus</i>	17
7. Le Ricin <i>Ricinus communis</i>	18
8. Le Laurier-rose <i>Nerium oleander</i>	18
Matériel et Méthodes	
I. Matériel Biologique	
1. Matériel végétal	21
2. Souches microbiennes.....	22
3. Identification des microorganismes.....	24
II. Méthodes expérimentales	
A. Extractions chimiques	
1. Les composés phénoliques	25
2. Les huiles essentielles	27
3. Les Alcaloïdes	28
B. Evaluation des activités antimicrobiennes	
1. Tests préliminaires d'activité par la méthode de diffusion.....	30
2. Détermination de la CMI par la méthode de dilution en milieu liquide.....	31
Résultats et Discussion	
I. Analyses quantitatives des extrais végétaux	
a. Quantification des phénols totaux.....	33

b. Les huiles essentielles.....	34
c. Quantification des alcaloïdes.....	39
II. Tests d'activités	
1. Tests préliminaires d'activité antimicrobienne	40
a) Résultats des tests d'activité sur <i>E. coli</i> ATTC 25922	41
b) Résultats des tests d'activité antimicrobienne sur <i>S. aureus</i> ATTC 43300	47
c) Résultats des tests activité sur <i>P. aeruginosa</i> ATTC 27853	52
d) Résultats des tests d'activité sur <i>Aspergillus fumigatus</i>	58
e) Résultats des tests d'activité sur <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>lycopersici</i> (<i>Fol</i>)	63
f) Résultats des tests d'activité sur <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>albedinis</i> (<i>Foa</i>)	68
2. Détermination de la Concentration minimale inhibitrice	73
a. Détermination de la CMI de l'huile essentielle du Pistachier lentisque testée sur <i>E. coli</i> ATTC 25922.....	74
b. Détermination de la CMI pour l'huile essentielle du Pistachier lentisque testée sur <i>S. aureus</i> ATTC 43300.....	75
c. Détermination de la CMI pour l'huile essentielle du Pistachier lentisque testée sur <i>P. aeruginosa</i> ATTC 27853.....	75
d. Détermination de la CMI de l'huile essentielle du Pistachier lentisque sur <i>F.oxysporum</i> f .sp. <i>lycopersici</i> (<i>Fol</i>).....	77
e. Détermination de la CMI de l'huile essentielle du Pistachier lentisque sur <i>F.oxysporum</i> f .sp. <i>albedinis</i> (<i>Foa</i>).....	77
f. Détermination de la CMI de l'extrait alcaloïdique de Ricin sur la souche d' <i>E. coli</i> ATTC 25922.....	79
g. Détermination de la CMI e l'extrait alcaloïdique de stramoine sur <i>F.oxysporum</i> f .sp. <i>albedinis</i> et sur <i>A. fumigatus</i>	79
Conclusion et perspectives.....	80
Références bibliographiques.....	83
Annexe.....	90

Liste Des Tableaux

Tableau 1: Teneur en phénols totaux des plantes investiguées.....	34
Tableau 2: Les teneurs des pistachiers en huiles essentielles.....	35
Tableau 3 : Composés majoritaires de l’huile essentielle du Pistachier d’atlas.....	35
Tableau 4 : Composés majoritaires de l’huile essentielle du Pistachier lentisque.....	36
Tableau 5: Teneur des extraits végétaux en alcaloïdes totaux.....	39
Tableau 6: Concentrations des dilutions des composés phénoliques.....	40
Tableau 7: Concentrations des dilutions des huiles essentielles.....	41
Tableau 8: Concentrations des dilutions des extraits d’alcaloïdes.....	41
Tableau 9 : Diamètres en millimètres des zones d’inhibition des phases organiques des composés phénoliques testés sur <i>E. coli</i>	42
Tableau 10: Diamètres en millimètre des zones d’inhibition des huiles essentielles testées sur <i>E. coli</i>	43
Tableau 11: Diamètres en millimètres des zones d’inhibition des alcaloïdes testés sur <i>E. coli</i>	46
Tableau 12: Diamètres en millimètre des zones d’inhibition obtenues avec les phases organiques des composés phénoliques testées sur <i>S. aureus</i>	48
Tableau 13: Diamètres en millimètre des zones d’inhibition obtenues avec les dilutions des huiles essentielles testées sur <i>S. aureus</i>	50
Tableau 14: Diamètres en millimètres des zones d’inhibition engendrées par les alcaloïdes testés sur <i>S. aureus</i>	51
Tableau 15: Diamètres en millimètre des zones d’inhibition engendrées par les phases organiques des composés phénoliques sur <i>P. aeruginosa</i>	53
Tableau 16: Diamètre en millimètres des zones d’inhibition des dilutions des huiles essentielles testées sur <i>P. aeruginosa</i>	55
Tableau 17: Diamètres en millimètres des zones d’inhibition des alcaloïdes testés sur <i>P. aeruginosa</i>	57
Tableau 18 : Diamètres en millimètre des zones d’inhibition des phases organiques des composés phénoliques testées sur <i>A. fumigatus</i>	59
Tableau 19 : Diamètres en millimètre des zones d’inhibition des dilutions des huiles essentielles testées sur <i>A. fumigatus</i>	60
Tableau 20: Diamètres en millimètre des zones d’inhibition des alcaloïdes testés sur <i>A. fumigatus</i>	62

Tableau 21 : Diamètres en millimètre des zones d'inhibition des phases organiques des composés phénoliques testées sur <i>Fol</i>	64
Tableau 22 : Diamètres en millimètres des dilutions des huiles essentielles testées sur <i>Fol</i>	65
Tableau 23 : Diamètres en millimètres des zones d'inhibition engendrées par les extraits alcaloïdiques testés sur <i>Fol</i>	67
Tableau 24 : Diamètres en millimètres des zones d'inhibition des dilutions des huiles essentielles testées sur <i>Foa</i>	69
Tableau 25 : Diamètres en millimètre des zones d'inhibition des dilutions d'alcaloïdes testées sur <i>Foa</i>	72
Tableau 26 : Concentrations des dilutions de l'huile essentielle du Pistachier lentisque...	74
Tableau 27 : Concentration des dilutions des extraits alcaloïdiques.....	74
Tableau 28 : Récapitulatif des caractéristiques des échantillons des plantes collectées	92
Tableau 29 : Composés chimiques de l'huile essentielle du Pistachier d'atlas	93
Tableau 30 : Composés chimiques de l'huile essentielle du Pistachier lentisque	95
Tableau 31 : Tableau récapitulatif des diamètres, en millimètres, des zones d'inhibition engendrées par les extraits phénoliques alcooliques testés.....	99
Tableau 32 : Tableau récapitulatif des diamètres, en millimètres, des zones d'inhibition engendrées par les huiles essentielles du Pistachier d'atlas et du Pistachier lentisque.....	100
Tableau 33 : Tableau récapitulatif des diamètres, en millimètres, des zones d'inhibition produites par les extraits alcaloïdiques.....	101

Liste Des Figures

Figure 1: Structure des unités isopentane et isoprène.....	7
Figure 2: Structure de la β - Pinène.....	7
Figure 3: Structure de la morphine et la codéine, deux alcaloïdes isolés du pavot d'opium <i>Papaver somniferum</i>	8
Figure 4: Structure du phénol	9
Figure 5 : Structure de la Quercétine	10
Figure 6: Le Cléome <i>Cleome arabica</i>	14
Figure 7: La Coloquinte <i>Citrullus colocynthis</i>	14
Figure 8: La Stramoine <i>Datura stramonium</i>	14
Figure 9: Le Harmel <i>Peganum harmala</i>	16
Figure 10: Photo illustrant le pied du Pistachier d'atlas <i>Pistacia atlantica</i>	16
Figure 11: Pistachier lentisque <i>Pistacia lentiscus</i>	16
Figure 12: Le Ricin <i>Ricinus communis</i>	19
Figure 13: Le Laurier-rose <i>Nerium oleander</i>	19
Figure 14 : Courbe d'étalonnage de l'acide gallique	27
Figure 15: Histogrammes illustrant les concentrations des différents extraits en composés phénoliques totaux.....	33
Figure 16: Profils chromatographiques des huiles essentielles obtenus par CG/SM.....	38
Figure 17 : Histogrammes représentant les teneurs des extraits végétaux en alcaloïdes totaux.....	39
Figure 18 : Résultat du test des dilutions de la phase aqueuse de la Coloquinte testées sur <i>E. coli</i>	44
Figure 19: Zones d'inhibition obtenues sr <i>E. coli</i> avec les huiles essentielles.....	44
Figure 20: Zones d'inhibition obtenues sur <i>S. aureus</i> avec les huiles essentielles.....	49
Figure 21: Zones d'inhibition obtenues sur <i>P. aeruginosa</i> avec les huiles essentielles...	56
Figure 22: Zones d'inhibition obtenues sur <i>A. fumigatus</i> avec l'extrait alcaloïdique de Stramoine.....	66
Figure 23: Zones d'inhibition obtenues sur <i>Fusarium oxysporum</i> f.sp. <i>lycopersici</i> avec les huiles essentielles.....	66
Figure 24: Zones d'inhibition obtenues avec les dilutions de l'huile essentielle du Pistachier lentisque sur <i>Fusarium oxysporum</i> f.sp. <i>albedinis</i>	71

Figure 25: Zones d'inhibition obtenues avec les dilutions de l'extrait alcaloïdique de Stramoine sur <i>Fusarium oxysporum</i> f.sp. <i>albedinis</i>	71
Figure 26: Résultats du test de CMI de l'huile essentielle du pistachier lentisque sur <i>E. coli</i>	76
Figure 27: Résultats du test de CMI de l'huile essentielle du pistachier lentisque sur la souche de <i>S. aureus</i> testée.....	76
Figure 28 : Résultats du test de CMI de l'huile essentielle du pistachier lentisque testée sur <i>P. aeruginosa</i>	78
Figure 29: Résultats de la CMI de l'huile essentielle du pistachier lentisque testée sur <i>F.oxysporum</i> f. sp. <i>albedinis</i>	78
Figure 30 : Résultats de la méthode de dilution pour l'extrait alcaloïdique de Ricin testé sur la souche d' <i>E. coli</i>	79

Introduction

A travers l'histoire, l'homme a appris à cueillir, puis collecter et enfin semer pour parvenir à ses besoins nutritifs. Ainsi il a, peu à peu, appris à utiliser des ressources naturelles à son profit. Durant le vingtième siècle, en explorant les milieux naturels, l'homme a fait d'énormes découvertes qui lui ont permis d'utiliser un nombre considérable de ressources.

La phytothérapie, ou l'utilisation des plantes à des fins médicinales, est l'une des pratiques les plus anciennes dans le monde. On en distingue deux types : une pratique traditionnelle basée sur des données empiriques, considérée ainsi comme médecine folklorique; et une approche fondée sur des études scientifiques, ayant pour objectif d'extraire et d'étudier les principes actifs issus des plantes.

Les substances toxiques organiques, d'origine végétale, ont une composition chimique variée (tanins, flavonoïdes, coumarines, alcaloïdes, terpénoïdes, lactones...etc.).

Par ailleurs, un nombre important de microorganismes présente un pouvoir pathogène sur l'Homme, les animaux ou les végétaux. Les dégâts causés par cette activité microbienne engendrent des pertes socioéconomiques et humaines considérables.

De nombreux travaux de recherche consacrés aux substances extraites à partir de plantes ont démontré leur activité antimicrobienne. Ainsi, a été prouvée l'effet antibactérien pour des huiles essentielles extraites de certaines espèces de thym (Cosentino *et al.*, 1999 ; Dorman et Deans, 2000 ; Oussalah *et al.*, 2006)

Dans d'autres études, il a été établi qu'un nombre important d'huiles essentielles extraites de plantes, telles que le laurier, la sauge et le romarin, présentent une inhibition de la croissance de bactéries (*Staphylococcus aureus*, *Klebsiella pneumoniae*, *Enterococcus faecalis*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus epidermidis* ...etc.) et de champignons (*Candida albicans*, *Aspergillus niger* et *Fusarium sp.*) (Biondi *et al.*, 1993 ; Baratta *et al.*, 1998 ; Hammer *et al.*, 1999 ; Celiktaş *et al.*, 2005).

La région de Laghouat est à caractéristiques présahariennes. Elle offre, grâce à sa situation géographique et son climat, une richesse floristique considérable. Certaines de ces espèces végétales sont connues pour leurs vertus aromatique et/ou médicinale (Baba Aïssa, 1999 ; Beloued, 2001).

Dans ce travail nous nous sommes proposés de tester l'activité antimicrobienne d'extraits de plantes spontanées, à distribution large dans la région de Laghouat (Algérie), sur des agents pathogènes de l'Homme, d'animaux et de végétaux.

Nous avons choisi d'entamer le manuscrit par une partie consacrée aux généralités concernant la nature chimique des substances étudiées, l'utilité de ces substances dans la lutte antimicrobienne et l'intérêt thérapeutique de quelques plantes spontanées de la région de Laghouat.

La partie pratique de cette étude a été partagée en deux volets :

- Dans un premier temps, nous avons procédé aux extractions chimiques et à la quantification des métabolites secondaires (composés phénoliques, alcaloïdes et huiles essentielles) à partir des plantes étudiées ;
- Dans le volet suivant, nous avons testé l'activité antimicrobienne des extraits végétaux bruts sur des microorganismes pathogènes. Les tests d'activités ont été réalisés par deux méthodes : la méthode de diffusion, et la méthode de dilution sur milieu liquide.

A l'issu de ce travail, nous sommes parvenus à valoriser le potentiel antimicrobien des extraits végétaux étudiés.

Rappels
Bibliographiques

A. Les microorganismes : utilité et effets néfastes

Les microorganismes, ces êtres vivants dont l'observation nous est impossible à l'œil nu, sont généralement victimes d'une mauvaise réputation. Ils suscitent souvent la crainte, en raison de la diversité des maladies qu'ils peuvent causer chez les êtres humains.

En réalité, la grande majorité de ces organismes microscopiques, coexistent avec nous sans présenter la moindre menace. De plus, sans eux, il nous serait impossible de vivre sur cette planète. En effet, les microorganismes assurent plusieurs tâches, vitales, nécessaires à la vie sur terre (Hogg, 2005). Ils contribuent de façon importante à l'équilibre de l'écosystème et à la survie des autres formes de vie.

Se trouvant en associations complexes avec les éléments biotiques et abiotiques de l'environnement, les microorganismes se sont adaptés à des habitats et des niches écologiques très spécifiques (Talaro et Talaro, 2002).

Les microorganismes occupent plusieurs niveaux de structure de communauté : des producteurs, des consommateurs et des décomposeurs (Hogg, 2005). L'action des microorganismes décomposeurs, ou minéralisateurs, est principalement responsable du maintien et du recyclage d'éléments d'importance biologique, tel que le carbone, l'azote, le phosphore, ou encore le soufre (Talaro et Talaro, 2002 ; Hogg, 2005).

Le sol compte une grande variété de microorganismes, notamment des bactéries et des champignons saprophytes. Ces derniers se développent sur les organismes morts en dégradant les macromolécules complexes (cellulose, lignine ...etc.) (Talaro et Talaro, 2002). L'action de ces microorganismes saprophytes permet la formation de l'humus, élément stimulant la croissance des plantes (Hogg, 2005)

Les microorganismes jouent également un rôle important dans le domaine biotechnologique où ils sont exploités dans des processus de fermentation (Talaro et Talaro, 2002) s'impliquant principalement dans :

- ✓ Les productions agroalimentaires (produits laitiers, boissons alcooliques, saumures...etc.) (Thomas, 2004 ; Hogg, 2005);
- ✓ Les productions industrielles, faisant appel au génie génétique, à des fins médicales (enzymes, hormones, médicaments, vaccins et vitamines) (Talaro et Talaro, 2002).

Les microorganismes sont utiles dans divers domaines. En agriculture, ils sont utilisés comme pesticides microbiens, en guise de lutte biologique. Ils servent également dans le traitement des eaux usées, la fixation de l'azote atmosphérique, le compostage, ainsi que dans les industries minières, pour l'extraction des métaux et la désulfuration du charbon (Hogg, 2005).

Toutefois, les microorganismes pathogènes pouvant affecter Homme, animaux ou encore plantes, engendrent des pertes socio-économiques considérables. Ceci constitue l'inconvénient majeur de cette catégorie d'organismes.

Une des stratégies adoptées pour le traitement des maladies provoquées par les microorganismes est la chimiothérapie antimicrobienne (Talaro et Talaro, 2002). Celle-ci fait appel à des agents antimicrobiens dont la toxicité est dirigée spécifiquement contre l'agent pathogène (Hogg, 2005).

Les antibiotiques, des agents antimicrobiens naturels synthétisés par des microorganismes (bactéries et champignons), sont des outils très utiles en thérapeutique dans le traitement des maladies infectieuses.

La réponse des microorganismes à la menace d'extinction se traduit par la mise en place de mécanismes génétiques et biochimiques conduisant à la résistance à chaque agent antimicrobien utilisé (Davies et Webb *in* Schaechter, 2003).

Ainsi, le besoin de nouvelles molécules à activité antimicrobienne se fait ressentir et de nouvelles sources d'agents antimicrobiens commencent à être investiguées, spécialement à partir de plantes, connues pour leurs vertus médicinales depuis l'antiquité (Cowan, 1999). La plus grande catégorie de substances végétales présentant une activité antimicrobienne est issue du métabolisme secondaire végétal.

B. Métabolisme secondaire végétal

Une des originalités majeures des plantes est leur grande capacité, presque illimitée, à synthétiser un vaste assortiment de composés aromatiques (Cowan, 1999). La plupart de ces substances, nommées métabolites secondaires, ne semblent pas présenter des fonctions métaboliques directes (Croteau *et al.*, 2000 ; Heldt et Heldt, 2005).

La détermination des propriétés biologiques d'un grand nombre de ces substances a suscité l'intérêt des chercheurs dans ce domaine, notamment dans la recherche de nouveaux médicaments, antibiotiques, insecticides et herbicides (Croteau *et al.*, 2000).

En se basant sur leurs origines biosynthétiques, les métabolites secondaires peuvent être partagés en trois principaux groupes : les terpénoïdes, les alcaloïdes et les composés phénoliques.

1. Les huiles essentielles

Les odeurs et les parfums générés par les plantes sont véhiculés par ce qu'on appelle *quinta essentia*, ou la fraction d'huile essentielle (Cowan, 1999).

Les huiles essentielles sont des métabolites secondaires riches en composés résultant de la polymérisation d'unités de cinq atomes de carbone, basées sur un squelette Isopentane (Croteau *et al.*, 2000). Ces monomères de C₅ sont généralement appelés unités isoprène (figure 1) (Heldt et Heldt, 2005).

Ces métabolites secondaires sont appelés terpènes (Cowan, 1999). Ils sont connus également sous le nom d'Isoprénoïdes, ou encore terpénoïdes (Croteau *et al.*, 2000).

Les huiles essentielles sont constituées essentiellement de monoterpènes et de sesquiterpènes (Lovkova *et al.*, 2001 ; Croteau *et al.*, 2000).

Les monoterpènes sont des composés constitués de dix atomes de carbones, résultant de la fusion de deux unités isoprènes (Croteau *et al.*, 2000). Les sesquiterpènes, quant à eux, dérivent de trois unités isoprène ; ils contiennent 15 atomes de carbones (Cowan, 1999).



Figure 1: Structure des unités Isopentane et Isoprène (Croteau *et al.*, 2000)

La figure 2 illustre la structure β -Pinène. Ce composé est un exemple de monoterpènes retrouvé souvent dans les huiles essentielles (Croteau *et al.*, 2000).

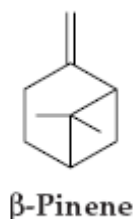


Figure 2 : Structure de la β - Pinène (Croteau *et al.*, 2000)

2. Les alcaloïdes

L'analyse des constituants de l'opium, médicament utilisé comme analgésique, a conduit à l'identification de la morphine. L'isolement de cette substance en 1806, par le pharmacien allemand Friedrich Sertürner, a initié l'étude des alcaloïdes (Croteau *et al.*, 2000 ; Heldt et Heldt, 2005).

Quelques 5500 alcaloïdes sont connus à ce jour, faisant de cette famille la plus grande classe de métabolites secondaires chez les plantes (Makkar *et al.*, 2007).

D'un point de vue biologique, un alcaloïde est tout composé chimique, hétérocyclique, biologiquement actif, contenant un ou plusieurs atomes d'azote. Ces substances peuvent être dotées d'activités pharmacologiques et peuvent présenter un intérêt médical (Aniszewski, 1994 *in* Aniszewski, 2007). Les alcaloïdes présentent également, dans la majorité des cas, un caractère basique (Heldt et Heldt, 2005).

Les structures de la morphine et de la codéine, deux représentants de cette famille de métabolites, sont présentées dans la figure 3.

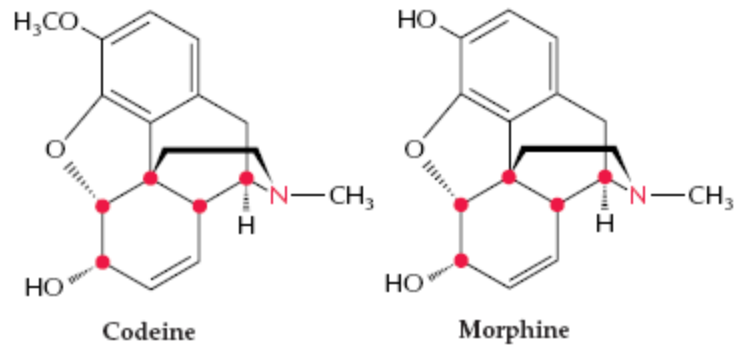


Figure 3: Structure de la morphine et la codéine, deux alcaloïdes isolés du pavot d’opium *Papaver somniferum* (Croteau *et al.*, 2000)

Sur le plan structural, les alcaloïdes peuvent être subdivisés en :

- Les Piperidines ;
- Les Indolizidines
- Les Quinolizidines ;
- Les Pyrrolizidines ;
- Les Izidines ;
- Les Pyrrolidines :
- Les Tropanes ;
- Les Imidazoles ;
- Les Quinazolines ;
- Les Acridones ;
- Les Pyridines ;
- Les Pyridines Sesquiterpene ;
- Les Alcaloïdes Phényles et Phénylpropyles ;
- Les Indoles ;
- Les Manzamines (Aniszewski, 2007).

3. Les composés phénoliques

Les plantes comprennent un grand assortiment de dérivés phénoliques qui leurs sont propres. Ces substances, variées, assurent des fonctions importantes :

- ✓ Antibiotiques ;
- ✓ Pesticides naturels ;
- ✓ Des substances signales pour l'établissement de la symbiose avec les *Rhizobia* ;
- ✓ Des agents protecteurs contre les rayons UV ;
- ✓ Des substances isolantes rendant les parois cellulaires imperméables aux gaz, et à l'eau (Heldt et Heldt, 2005).

Ces composés confèrent également :

- ✓ Les critères caractéristiques et différentiels des bois et des écorces,
- ✓ Les couleurs des fleurs ;
- ✓ Les arômes et les odeurs des plantes (Croteau *et al.*, 2000).

Les composés phénoliques sont des substances comprenant un ou plusieurs groupements hydroxyles, attachés à un cycle aromatique, le benzène (Cowan, 1999 ; Croteau *et al.*, 2000 ; Vermerris et Nicholson, 2006).

Le Phénol constitue la structure de base de ce groupe de composés (figure 4). En raison de la présence du cycle aromatique, l'hydrogène du groupement hydroxyle de ces composés est labile ; ce qui leur confère un caractère acide faible (Vermerris et Nicholson, 2006).

Les polyphénols sont les composés comprenant plus d'un groupement hydroxyle, attaché à un ou plusieurs cycles benzéniques (Vermerris et Nicholson, 2006).

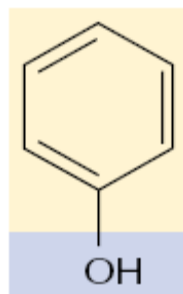


Figure 4: Structure du phénol (Croteau *et al.*, 2000)

La figure 5 illustre la structure de la Quercétine, un composé appartenant à la famille des composés phénolique.

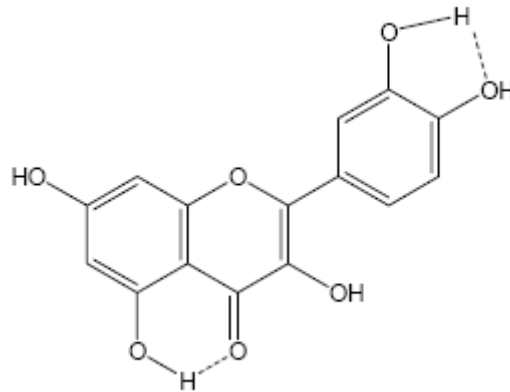


Figure 5 : Structure de la Quercétine (Vermerris et Nicholson, 2006)

Les composés phénoliques peuvent être classés, selon leur structures, en :

- Phénols simples;
- Acides phénoliques et aldéhydes;
- Les Acétophénonnes et Acides Phénylacétiques ;
- Les Acides Cinnamiques;
- Les Coumarines ;
- Les Flavonoïdes ;
- Les Biflavonyls;
- Les Benzophénones, les Xanthonnes et les Stilbènes ;
- Les Benzoquinones, les Anthraquinones et les Naphthaquinones ;
- Les Lignanes
- Les Lignines ;
- Les Tannins ;
- Les Phlobaphènes (Vermerris et Nicholson, 2006) ;

C. Potentiel antimicrobien des métabolites secondaires d'origine végétale

Les métabolites secondaires, d'origine végétale, offrent un grand nombre d'activités biologiques, notamment antimicrobiennes. Ces substances ont fait l'objet de beaucoup de travaux et de recherches.

1) Activité antimicrobienne des huiles essentielles

Les huiles essentielles ont longtemps intéressé l'homme en raison des différentes propriétés qu'elles offrent (odeur agréable, arôme et propriétés préservatives) (Wallace, 2004). Elles sont utilisées dans plusieurs domaines dont l'aromathérapie (Buchbauer, 2000 *in* Lahlou, 2004).

Hammer *et al.* (1999) ont étudié le potentiel antimicrobien de 52 huiles essentielles. Trois huiles présentaient un pouvoir inhibiteur sur tous les microorganismes testés. Six autres n'ont présenté aucune activité.

De la même façon Faleiro *et al.* (2003) ont investigué le pouvoir antimicrobien (antibactérien et antifongique) des huiles essentielles isolées d'espèces endémiques de Thym au Portugal. Ces huiles présentaient des activités positives.

2) Activité antimicrobienne des alcaloïdes

Bien que toxiques, les alcaloïdes offrent un nombre considérable de vertus thérapeutiques, particulièrement antimicrobienne. Cette classe de métabolites secondaires fait l'objet de beaucoup de recherches dans ce domaine :

Navarro et Delgado (1999) ont révélé une activité antimicrobienne de deux alcaloïdes, isolés de *Bocconia arborea*, sur des bactéries Gram positif, et Gram négatif, ainsi que sur *Candida albicans*.

Tanaka *et al.* (2006) ont également mis en évidence une activité antibactérienne contre des bactéries Gram positif, avec des alcaloïdes indoles isolés d'*Aspidosperma ramiflorum*.

3) Activité antimicrobienne des composés phénoliques

Les composés phénoliques jouent des rôles importants dans la plante (Heldt et Heldt, 2005). Ces substances constituent une excellente source de molécules à potentiel antimicrobien. La catéchol et le pyrogallol, par exemple, présentent une activité antimicrobienne avérée (Cowan, 1999).

Beaucoup d'études ont eu pour but l'évaluation de l'activité antimicrobienne des composés phénoliques :

Karou *et al.* (2005) ont tenté d'évaluer l'activité antibactérienne de polyphénols isolés de quatre plantes médicinales de Burkina Faso. Les bactéries sur lesquelles ont porté les tests présentaient des susceptibilités différentes vis-à-vis des substances testées.

Winkelhausen *et al.* (2005) ont évalué l'activité antifongique des composés phénoliques retrouvés dans un sous produit de l'olive. Ces composés offraient une activité inhibitrice significative contre les souches fongiques soumises aux tests.

Les études citées ci-dessus reflètent l'intérêt grandissant que la communauté scientifique accorde au potentiel antimicrobien des métabolites secondaires d'origine végétale. Ces recherches nous ont incitées à réaliser une étude ayant pour objectif la mise en évidence d'éventuelles activités antimicrobiennes de métabolites secondaires isolés de plantes spontanées de la région de Laghouat.

D. Des plantes d'intérêt largement distribuées dans la région de Laghouat

La région de Laghouat comprend un grand nombre de plantes spontanées utilisées en médecine populaire, dont font partie les plantes citées ci-dessous.

1. Le Cléome

a. Description botanique

Le Cléome (*Cleome arabica*), illustré dans la figure 6, est une espèce appartenant à la famille des *Capparidacées* (Beniston, 1984). C'est une espèce saharienne commune dans tout le Sahara, y compris dans le Hoggar et le Tassili (Baba Aissa ; 1999).

Le Cléome est une plante herbacée, annuelle, glanduleuse, visqueuse, à odeur fétide, d'aspect général vert- grisâtre. Cette plante est haute de 30 à 60 cm (Beniston, 1984). Les fleurs sont jaunes bordés de brun pourpre. Les fruits, quant à eux, sont des capsules oblongues d'environ 2 cm de long (Baba Aissa, 1999).

b. Intérêt ethnopharmacologique et Produits élaborés

Le Cléome est utilisé en médecine traditionnelle comme analgésique des douleurs névralgiques et rhumatismales. Cette plante est utilisée également comme diurétique (Beniston, 1984; Baba Aissa, 1999).

2. La Coloquinte

a. Description botanique

La Coloquinte (*Citrullus colocynthis*) appartient à la famille des *Cucurbitacées*. C'est une espèce originaire des régions assez chaudes d'Afrique du Nord, et d'Asie Mineure (Burnie *et al.*, 1999).

La Coloquinte (figure 7) est une plante herbacée, généralement rampante, à fleurs jaune-pâle ou verdâtres (Baba Aissa, 1999). Les fruits sont globuleux, rayés jaune et vert, de 8 cm de diamètre. Ils renferment un purgatif sévère qui pourrait être fatal en cas d'abus (Burnie *et al.*, 1999).

b. Intérêt ethnopharmacologique et Produits élaborés

Cette plante présente des propriétés émétique, purgative et tonique du cuir chevelu (Baba Aissa, 1999). C'est une espèce connue pour renfermer des substances, très toxiques, de nature alcaloïdique, comme la bryonine. Ces substances sont irritantes et ont une action purgative drastique (Jean-Blain, 1973).

3. La Stramoine

a. Description botanique

La Stramoine (*Datura stramonium*), appelée également : pomme épineuse, datura, ou encore herbe- aux- sorcières, est une espèce appartenant à la famille des *Solanacées* (Schauenberg et Paris, 1977 ; Baba Aissa, 1999). Le datura est cosmopolite et assez commun jusqu'à la lisière du Sahara (Beniston, 1984).

La Stramoine, illustrée dans la figure 8, est une plante annuelle, rameuse, pouvant dépasser 1m de hauteur (Beniston, 1984). Les feuilles sont très grandes, de contour ovale-aigu, et de couleur vert-sombre (Baba Aissa, 1999). Ses fleurs sont en forme de trompette, grandes de 8 cm et de couleur blanche (Burnie *et al.*, 1999). Le fruit est une grosse capsule, ovoïde, couverte d'épines épaisses refermant des graines noires (Baba Aissa, 1999).

b. Intérêt ethnopharmacologique et Produits élaborés

La Stramoine est une plante très toxique. Tous les organes sont vénéneux, particulièrement les graines (Beniston, 1984). A une certaine dose, elle agit sur le système nerveux, en provoquant des hallucinations, et une surexcitation, pouvant conduire à la mort, suite à une paralysie (Baba Aissa, 1999).

Cette plante présente des propriétés analgésique, antinévralgique, antispasmodique, narcotique et sédative (Baba Aissa, 1999).

La Stramoine a été également utilisée en ophtalmologie (Beniston, 1984). La teinture de cette plante est utilisée dans le traitement de la toux spasmodique, la laryngite chronique et l'asthme (Schauenberg et Paris, 1977).

Cette espèce renferme des alcaloïdes : de l'hyoscyamine, de l'atropine et de la scopolamine (Jean- Balain, 1973 ; Schauenberg et Paris, 1977). Elle contient également des composés phénoliques (flavonoïdes, tannins, coumarines...etc.) (Baba Aissa, 1999).



Figure 6: Photos illustrant le Cléome *Cleome arabica*
a. Les fleurs ; b. Tiges du Cléome



Figure 7: Photos représentant la Coloquinte *Citrullus colocynthis*
a. Les fleurs ; b. Tiges rampantes de la Coloquinte



Figure 8: Photos illustrant la Stramoine *Datura stramonium* :
a. La fleur ; b. Le pied de Stramoine

4. Le Harmel

a. Description botanique

Le Harmel (*Peganum harmala*), appartient à la famille des *Zygophyllacées* (Aniszewski, 2007). Cette espèce est retrouvée dans les zones méditerranéennes, et dans l'Asie occidentale (Beniston, 1984).

Le Harmel est une plante vivace, à tiges très feuillées (figure 9). Cette plante peut atteindre 80 cm de hauteur (Beniston, 1984). Les feuilles sont profondément divisées en lanières aigues. Les fleurs sont blanches, en forme d'étoiles.

Les fruits sont en forme de capsules, plus ou moins globuleuses, contenant plusieurs graines brun-foncé (Baba Aissa, 1999).

b. Intérêt ethnopharmacologique et Produits élaborés

Le Harmel est très reconnu en médecine populaire au Maghreb et en Orient. On lui attribue les propriétés : antalgique (dans le traitement des douleurs rhumatismales), aphrodisiaque et euphorique (Beniston, 1984).

Cette plante renferme des alcaloïdes : harmane et harmine (Aniszewski, 2007). L'harmine a été employée pour alléger les tremblements de la maladie de Parkinson. Cependant, vue la toxicité de la plante, son usage doit être sur avis d'un praticien (Baba Aissa, 1999).

5. Le Pistachier d'atlas

a. Description botanique

Le Pistachier d'atlas ou *Pistacia atlantica* (figure 10) est, aussi, appelé Pistachier Betoum, ou, encore, faux pistachier (Baba Aissa, 1999). Cette espèce appartient à la famille des *Anacardiacees* (Schönfelder et Schönfelder, 1989).

Les *Pistacia* sont des espèces très répandues dans le bassin Méditerranéen et dans le Moyen Orient (Ben Douissa *et al.*, 2005 in Ghalem et Mohamed, 2009).

Le Betoum est une espèce nord-africaine, endémique, relativement commune dans toute l'Algérie, mais moins retrouvée dans le Sahara (Baba Aissa, 1999).

Le Pistachier d'atlas est un arbuste de 3 à 5 m, à rameaux rougeâtres et à odeur résineuse (Baba Aissa, 1999). Les feuilles sont composées de 5 à 11 folioles allongées et à pétiole velu (Schönfelder et Schönfelder, 1989). Les fruits sont globuleux, petits, rouge-brun, et renferment une graine verte (Baba Aissa, 1999).

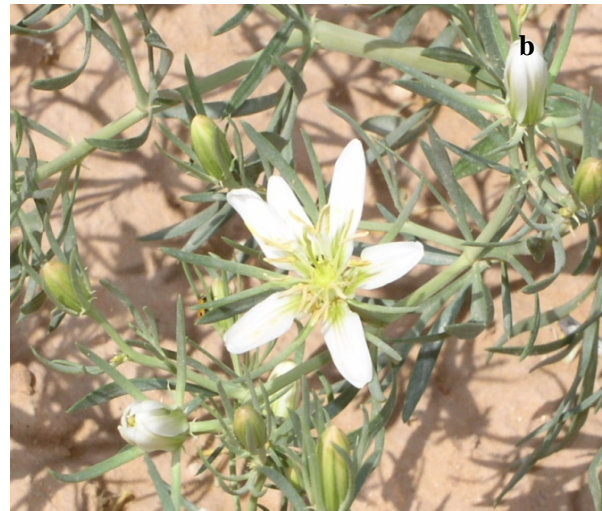


Figure 9: Le Harmel *Peganum harmala* en photos:
a. Tiges ; **b.** La fleur du Harmel



Figure 10 : Photo illustrant le pied du Pistachier d'atlas *Pistacia atlantica*
a. Le pied du Pistachier d'atlas ; **b.** les feuilles



Figure 11: Photos représentant le Pistachier lentisque *Pistacia lentiscus*
a. les feuilles et fruits ; **b.** le pied du Pistachier lentisque

b. Intérêt ethnopharmacologique et Produits élaborés

Le Pistachier d'atlas est considéré comme un puissant astringent en raison de sa teneur élevée en tannins. Son écorce exsude une oléorésine très odorante (Baba Aissa, 1999). Cette espèce produit également une huile essentielle (Barrero *et al.*, 2005).

Une activité hypoglycémique a été mise en évidence dans cette plante ; effet probablement due à son aptitude à inhiber l'enzyme α -amylase (Hamdan et Afifi, 2004 *in* Benhammou *et al.*, 2008).

Cette plante a été également utilisée dans le traitement de l'ulcère peptique (Delazar *et al.*, 2004 *in* Benhammou *et al.*, 2008).

6. Le Pistachier lentisque

a. Description botanique

Le Pistachier lentisque (*Pistacia lentiscus*) ou arbre au mastic, appartient à la famille des *Anacardiacees* (Baba Aissa, 1999).

Le lentisque (figure 11) est un arbuste ou arbrisseau à feuilles persistantes (Iauk *et al.*, 1996 *in* Benhammou *et al.*, 2008). Les feuilles sont composées de 2 à 5 paires de folioles vert foncé, elliptiques et glabres. Les inflorescences sont en grappes courtes, denses et rougeâtres. Les fleurs de cette espèce sont apétales, et les fruits sont globuleux, petits, rouge puis noir à maturité (Baba Aissa, 1999).

b. Intérêt ethnopharmacologique et Produits élaborés

Le Pistachier lentisque est apprécié pour ses vertus médicinales, depuis la Grèce antique (Palevitch et Yaniv, 2000 *in* Benhammou *et al.*, 2008).

En Algérie, le lentisque a servi comme vulnéraire (les feuilles sont mâchées et appliquées sur les blessures). Ses fruits ont été employés contre les irritations et les ulcères de l'estomac. La partie aérienne de cette plante a été traditionnellement utilisée comme stimulant. Le Pistachier lentisque présente des propriétés antiseptique, astringente, expectorante, détersive, diurétique, hémostatique, stimulante et vulnéraire (Baba Aissa, 1999).

Le Pistachier lentisque est une espèce productrice d'huiles essentielles. Elle a fait l'objet de plusieurs études (Benhammou *et al.*, 2008 ; Duru *et al.*, 2002)

7. Le Ricin

a. Description botanique

Le Ricin (*Ricinus communis*) appartient à la famille des *Euphorbiacées* (Baba Aissa, 1999). Cette espèce est répartie dans tout le nord-est de l'Afrique (Burnie *et al.*, 1999).

Les feuilles du Ricin sont palmées (figure 12.a.). Ses inflorescences sont en forme de panicules dressées (figure 12.b). Les fleurs femelles sont d'un rouge vif, et les fleurs mâles à étamines jaunes. Les pétales sont non apparents (Schönfelder et Schönfelder, 1989).

b. Intérêt ethnopharmacologique et Produits élaborés

Les graines du Ricin renferment des substances organiques à base de glycérine, des acides gras, des protéines (telle que la Ricine), et des alcaloïdes (comme la Ricinine) (Baba Aissa, 1999). Elles produisent une huile à propriétés lubrifiantes. Cette huile est utilisée en médecine, à des fins purgatives, et en cosmétologie (Schönfelder et Schönfelder, 1989).

Les autres parties de la plante renferment des tanins, des saponines, des stérols, des glucosides, des triterpènes, de la riboflavine et de l'acide nicotinique (Baba Aissa, 1999).

8. Le Laurier-rose

a. Description botanique

Le Laurier-rose (*Nerium oleander*), appartient à la famille des *Apocynacées*. Cette espèce est retrouvée dans les lits d'oueds et les lieux humides (Beniston, 1984). Le Laurier-rose est originaire d'Afrique du Nord et d'Asie du Sud-Ouest (Burnie *et al.*, 1999).

Le Laurier-rose (figure 13) est un arbuste, à tiges feuillées, nombreuses et dressées. La taille de la plante, entière, varie de 1,8 à 3,5m de hauteur. Les feuilles sont coriaces, persistantes, de forme longuement lancéolée, et à nervure centrale fortement marquée. Les fleurs sont grandes, de 4 à 5 cm de diamètre, d'un rose plus ou moins vif. Les fruits sont capsulaires et longs (Beniston, 1984).

b. Intérêt ethnopharmacologique et Produits élaborés

Le Laurier-rose est une plante toxique dont l'écorce et les feuilles contiennent une substance irritante. On utilise les propriétés calmantes de cette substance en médecine populaire, particulièrement pour soigner des maladies cardiaques (Beniston, 1984).

Cette plante est très toxique ; toutes ses parties sont amères (Burnie *et al.*, 1999).



Figure 12: Le Ricin *Ricinus communis*
a. Les feuilles ; **b.** Les inflorescences



Figure 13 : le Laurier-rose *Nerium oleander*
a. Le pied ; **b.** Les feuilles et les fleurs

*Matériels et
Méthodes*

I. Matériel Biologique

1. Matériel végétal

Les plantes que nous avons sélectionnées pour ce travail sont : le Cléome (*Cleome arabica*), la Coloquinte (*Citrullus colocynthis*), la Stramoine (*Datura stramonium*), le Ricin (*Ricinus communis*), le Laurier rose (*Nerium oleander*), le Harmel (*Peganum harmala*), le Pistacher d'atlas (*Pistacia atlantica*) et le Pistachier lentisque (*Pistacia lentiscus*).

Ces plantes ont été sélectionnées sur la base de leur potentiel en métabolites secondaires, leurs vertus médicinales, ainsi que leur toxicité.

a. Collecte du matériel végétal

La collecte des plantes a porté essentiellement sur la partie aérienne : tiges et feuilles.

➤ Echantillon de Cléome

Nous avons fait la collecte de l'échantillon de Cléome, utilisé dans cette étude, au nord de la commune de Laghouat (coordonnées : 33°49'28.58''N ; 2°51'09.31''E).

La collecte a été faite pendant le mois d'Avril, 2007.

➤ Echantillon de Coloquinte

Le matériel utilisé a été prélevé dans la commune de Sidi Makhlouf, dans le nord de la Wilaya de Laghouat (coordonnées : 34°07'40.44''N ; 3°00'58.68''E).

La collecte a été faite au mois de Mai, 2007.

➤ Echantillon de Stramoine

Nous avons fait la collecte de l'échantillon de Stramoine au mois de Juin 2007 dans les alentours de l'université Telidji Ammar (coordonnées : 33°48'01.84''N ; 2°51'13.96''E).

➤ Echantillon de Harmel

L'échantillon de Harmel a été collecté durant le mois d'Avril 2007, dans la commune de Kheng, Wilaya de Laghouat (coordonnées: 33°45'53.98''N ; 2°48'45.18''E).

➤ Echantillon du Pistachier d'atlas

Les échantillons du Pistachier d'atlas ont été prélevés dans la commune de Kheng, willaya de Laghouat (coordonnées : 33°45'53.98''N ; 2°48'45.18''E), durant le mois d'Avril 2007.

➤ Echantillons du Pistachier lentisque

Nous avons fait la collecte des échantillons de cette plante dans la région de Berouaguia, willaya de Médéa (coordonnées : 36°07'47.82''N ; 2°51'00.21'' E). L'échantillonnage a été effectué en deux périodes : juin 2007 et décembre 2008.

➤ **Echantillon du Laurier-rose**

La collecte de l'échantillon du Laurier-rose a été faite durant le mois de Mai, 2007 dans l'Oued M'zi, Laghouat (coordonnées: 33°50'29,67''N ; 2°52'27,43''E).

➤ **Echantillon du Ricin**

L'échantillon de Ricin a été collecté dans le barrage de Beni Isguen, Wilaya de Ghardaïa (coordonnées : 32°27'40.31'' N ; 3°40'45.30'' E). La collecte a été faite durant le mois de Juin, 2007.

b. Traitement des échantillons

Une fois les parties aériennes des plantes collectées, nous avons récupéré et séché les feuilles. Nous avons effectué le séchage à l'étuve à une température de 30 °C. Seules les feuilles de la Coloquinte et du Pistachier lentisque ont été séchées à l'air libre.

2. Souches microbiennes

Nous avons choisi deux catégories de microorganismes pour les tests d'activités antimicrobiennes : des souches pathogènes pour l'Homme et les animaux, d'une part, et, d'autre part, des souches phytopathogènes.

Les souches pathogènes pour l'Homme et les animaux sont :

- *Escherichia coli* ATTC 25922 ;
- *Pseudomonas aeruginosa* ATTC 27853 ;
- *Staphylococcus aureus* ATTC 43300 MRSA +.
- *Aspergillus fumigatus*.

Les isolats phytopathogènes sont :

- *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis* ;
- *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici*.

➤ ***Escherichia coli* ATTC 25922**

Cette espèce appartient à la famille des *Enterobacteriaceae*. C'est un coccobacille, Gram négatif et mobile (ciliature peritriche) (Kayser *et al.*, 2005). C'est une bactérie aérobie anaérobie facultative, catalase positif et oxydase négatif (Irving *et al.*, 2005). Elle fermente le glucose et le lactose avec production de gaz. C'est une bactérie indicatrice de contamination fécale des eaux potables et des aliments (Kayser *et al.*, 2005).

Nous avons choisi de tester nos extraits sur *E. coli* parce qu'elle est l'agent pathogène le plus fréquemment impliqué dans les infections humaines, d'origine bactérienne (Kayser *et al.*, 2005).

➤ ***Pseudomonas aeruginosa* ATTC 27853**

L'espèce appartient à la famille des *Pseudomonadaceae* (Kayser *et al.*, 2005). *Pseudomonas aeruginosa* est un bacille, Gram négatif, mobile grâce à un flagelle polaire (ciliature monotriche). C'est une bactérie aérobie stricte, oxydase positif (Irving *et al.*, 2005). *P. aeruginosa* peut produire deux pigments : la pyocyanine, de couleur bleue verdâtre, et la fluorescéine, de couleur jaune verdâtre (Kayser *et al.*, 2005).

Nous avons sélectionné *P. aeruginosa* pour cette étude en raison de la résistance naturelle qu'elle présente à plusieurs antibiotiques (Kayser *et al.*, 2005).

➤ ***Staphylococcus aureus* ATTC 43300 MRSA +**

L'espèce appartient à la famille des *Staphylococcaceae*. *Staphylococcus aureus* est un Cocci, Gram positif, immobile, anaérobie facultative, non exigeante. Cette espèce est la plus importante du point de vue médecine humaine. C'est une bactérie productrice de l'enzyme coagulase, et d'un ensemble de toxines responsables des symptômes cliniques observés lors des infections invasives, des toxicoses et des formes mixtes causées par cette espèce (Kayser *et al.*, 2005).

Les souches de *Staphylococcus aureus*, résistantes à la Méthicilline (oxacilline), sont des hôtes du milieu hospitalier. Elles peuvent causer des épidémies d'infection, notamment post opératoires (Irving *et al.*, 2005). Le potentiel toxique de cette souche nous a incités à l'utiliser dans nos tests.

➤ ***Aspergillus fumigatus***

Les *Aspergillus* sont des champignons filamenteux appartenant à la classe des Ascomycètes (Kavanagh, 2005). Ce sont des champignons ubiquitaires, retrouvés abondamment sur les pourritures de plantes (Kayser *et al.*, 2005).

Les *Aspergillus* sont reconnus, en observation microscopique, par leurs hyphes septés dont la largeur est de 3 à 4 µm. Les ramifications des filaments sont en forme de Y (Kayser *et al.*, 2005). Les conidiophores produisent des conidies de 2 à 3 µm de diamètre (Kavanagh, 2005).

D'un point de vue médical, l'espèce la plus importante est *Aspergillus fumigatus*. C'est l'agent le plus fréquent des Aspergilloses humaines générées par l'inhalation de ses spores (Hardy, 2002 ; Kavanagh, 2005). Le pouvoir pathogène de cette espèce fongique en fait un excellent candidat pour cette étude.

Cette souche nous a été fournie par le laboratoire de Mycologie, de l'Institut Pasteur Dely Brahim.

➤ ***Fusarium oxysporum***

Les *Fusarium* sont des champignons telluriques, necrotrophiques, et phytopathogènes, causant de sérieuses maladies à travers le monde. L'espèce *Fusarium oxysporum* provoque principalement des flétrissements vasculaires aux plantes infectées (Agrios, 2005).

L'espèce *Fusarium oxysporum* est classée dans le groupe des Deutéromycètes puisqu'aucune forme sexée n'a été observée parmi ses représentants.

Snyder et Hansen (1940) ont proposé de classer les souches pathogènes de l'espèce *Fusarium oxysporum* en formes spécialisées. Cette espèce comprendrait plus de 120 formes spéciales, selon l'hôte infecté (Agrios, 2005).

Fusarium oxysporum f. sp. *lycopersici* est la forme spéciale affectant la tomate. Cette forme n'a absolument aucun effet sur d'autres plantes (Agrios, 2005). La forme spéciale de cette espèce parasitant le palmier dattier est *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis*.

Les isolats de *Fusarium* : *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis* et *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* nous ont été fournis par le laboratoire de phytopathologie, de l'Institut National d'Agronomie, El Harrach.

3. Identification sommaire des microorganismes

Afin d'identifier les souches bactériennes et fongiques sur lesquelles a porté l'étude, nous avons effectués quelques tests.

○ Identification des souches bactériennes

Pour pouvoir ré-identifier les bactéries, nous avons réalisé la coloration de Gram, et des mini- galeries biochimiques :

- Le métabolisme glucidique sur le milieu TSI ;
- Présence de l'enzyme Uréase et production d'indole ;
- Utilisation du citrate comme source de carbone, sur le milieu citrate de Simmons ;
- Dégradation du mannitol.

○ Identification des souches fongiques

Nous avons pu ré-identifier les champignons en nous basant sur les critères suivants :

- Aspect du thalle, en culture sur milieu solide (PDA ou Sabouraud) ;
- Structure mycélienne en observation microscopique.

II. Méthodes expérimentales

A. Extractions chimiques

1. Les composés phénoliques

a. Extraction

Nous avons suivi la méthode adaptée proposée par Djeridane *et al.* (2006) pour l'extraction des composés phénoliques totaux :

Nous avons finement broyé les feuilles sèches des plantes (préparée dans la partie Traitement des échantillons; page 22) et soumis 5 g de chaque poudre à une macération dans 100 ml d'un mélange hydro-alcoolique (méthanol/eau) (80/20, v/v). La macération a duré 48h, à température ambiante et à l'abri de la lumière.

Une fois le temps de macération écoulé, nous avons procédé à la filtration de l'extrait hydro-alcoolique brut. Par la suite, nous avons soumis le filtrat obtenu à une évaporation sous vide, à une température de 40 °C et à une vitesse de 150 tours/min. A la fin de cette étape, un volume de 20 ml de solution est obtenu.

Dans une étape de dépigmentation, nous avons réalisé un lavage dans une ampoule à décanter, de la phase aqueuse résultant de l'évaporation, en utilisant 20 ml de *n*-hexane. Pour aboutir à l'épuisement total de la phase aqueuse en pigments, nous avons répété cette opération trois à cinq fois, selon l'échantillon végétal.

Afin de récupérer les composés phénoliques, la phase aqueuse, résultant du lavage, est soumise à une extraction liquide-liquide avec l'acétate d'éthyle : 20 ml de la phase aqueuse sont additionnés à 20 ml d'acétate d'éthyle. Nous avons procédé à une agitation, dans une ampoule à décanter pendant 15 à 20 secondes. Après décantation, nous avons récupéré l'acétate d'éthyle (contenant les composés phénoliques). Cette étape est répétée trois fois, afin de récupérer le maximum de phénols totaux.

Pour éliminer l'eau pouvant se trouver dans la phase organique, nous y avons ajouté quelques grammes de sulfate de sodium anhydre (Na_2SO_4). Cette phase est filtrée, afin d'éliminer les cristaux de Na_2SO_4 , formés avec l'eau.

La phase organique est évaporée, à sec, sous vide, à une température de 40 °C et à une vitesse de 150 tours/min. En une dernière étape, le résidu sec, après l'avoir pesé, est solubilisé dans 10 ml de méthanol. Les phases aqueuse et organique, ainsi obtenues, sont conservées à basse température (6°C) jusqu'à la date de réalisation des tests d'activité.

b. Dosage des phénols totaux

Dans le but d'évaluer les concentrations des extraits végétaux en composés phénoliques totaux, nous avons suivi la méthode adaptée de Singleton *et al.* (1999 in Karou *et al.*, 2005).

i. Réactifs

Les réactifs utilisés pour le dosage sont :

- Le réactif de Folin- Ciocalteu, 10 fois dilué ;
- Une solution aqueuse de carbonate de sodium Na_2CO_3 à 20% (m/v).

ii. Principe

Le réactif de Folin-Ciocalteu est un mélange d'acide phosphotungestique $\text{H}_3\text{PW}_{12}\text{O}_{40}$ et d'acide phosphomolybdique $\text{H}_3\text{PMo}_{12}\text{O}_{40}$. Ces composés sont réduits lors de l'oxydation des polyphénols donnant des oxydes de Tungstène (W_8O_{23}) et de Molybdène (Mo_8O_{23}) de couleur bleue (Ribéreau-Gayon, 1968 in Boizot et charpentier, 2006). Ceci permet d'estimer la concentration en composés phénoliques par Spectrophotométrie Visible à une longueur d'ondes $\lambda = 760 \text{ nm}$.

iii. Courbe d'étalonnage de l'acide gallique

Nous avons choisi l'acide gallique comme phénol étalon. Nous avons pu obtenir une courbe d'étalonnage standard à partir de concentrations massiques d'acide gallique allant de 0,1 à 0,5 g/l.

Nous avons introduit 100 μl de chaque solution dans un tube à essai à l'aide d'une micropipette, suivi de 500 μl du réactif de Folin-Ciocalteu et 2 ml de carbonate de sodium. Les solutions ainsi préparées sont secouées et incubées pendant 30 minutes à température ambiante et à l'abri de la lumière.

L'absorbance de chaque solution a été mesurée à 760 nm, contre un blanc, à l'aide d'un spectrophotomètre de type SHIMADZU UV-1601.

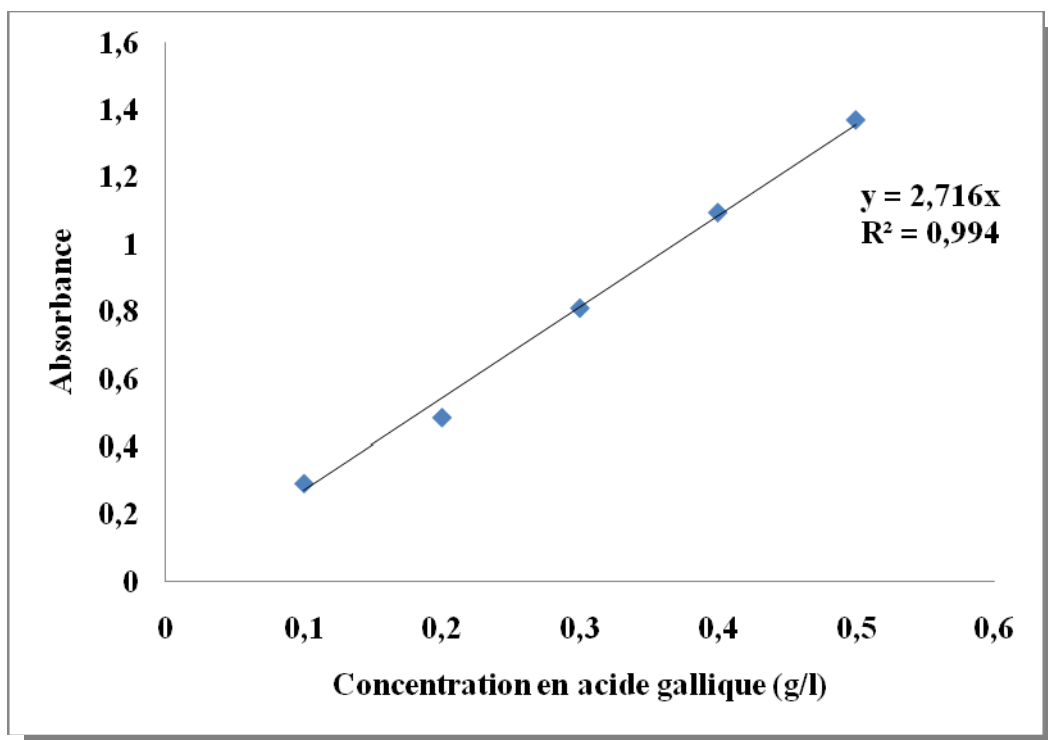


Figure 14 : Courbe d'étalonnage de l'acide gallique

2. Les huiles essentielles

En se basant sur des les connaissances ethno-pharmacologiques concernant les plantes étudiées, (partie bibliographique page 12), nous avons retenu, pour les essais d'huiles essentielles, le Pistachier d'atlas et le Pistachier lentisque.

a. Extraction

Nous avons soumis environ 300g de feuilles sèches émietées, du Pistachier d'atlas et du Pistachier lentisque à une hydrodistillation, dans un appareil de type Clevenger. L'extraction des huiles essentielles a duré 8 heures.

Le matériel végétal est chauffé dans deux à trois fois son poids en eau (Buchbauer, 2000 in Lahlou, 2004). La vapeur d'eau formée lors de l'ébullition entraîne l'huile essentielle volatile vers le réfrigérant où l'ensemble se condense. L'eau aromatique et l'huile essentielle ainsi formées sont récupérées à la sortie du dispositif.

b. Analyse chromatographique

L'analyse qualitative et quantitative des huiles essentielles a été réalisée par Chromatographie en Phase Gazeuse couplée à la Spectrométrie de Masse (GC/SM), dans un appareil de type GC/CMSD 5973 AGILENT 6890, équipé d'une colonne capillaire HP5MS (30m x 0,25mm, épaisseur du film égale à 0,25µm), et d'un détecteur EI Quadripôle à 70 eV. Le gaz vecteur est l'Hélium, avec un débit de

1ml/min. Les températures de l'injecteur et de la ligne de transfert de la SM ont été réglées à 250 et 220°C, respectivement.

La température de la colonne a été maintenue initialement à 6°C pendant 2 min, puis augmentée, progressivement, à raison de 2°C/min, et maintenue pendant 2 min à 125 °C.

Enfin, la température a été augmentée à 220°C à raison de 5 °C/min, et maintenue pendant 2 min. Les échantillons d'huile dilués (1/100 v/v, dans de l'heptane), de volume 1µl ont été injectés manuellement. L'identification des composés a été basée sur le spectre de masse, en comparaison avec les données de la bibliothèque de l'ordinateur du système GC-SM (AGILENT).

L'échantillon du Pistachier lentisque soumis à l'analyse a été collecté durant Juin 2007.

3. Les Alcaloïdes

L'extraction des alcaloïdes a porté sur toutes les plantes à l'exception des deux Pistachiers, d'atlas et lentisque, qui en sont exempts.

a. Extraction

La méthodologie que nous avons suivie pour extraire les alcaloïdes est une triple extraction liquide-liquide proposée par Ross et Rain (1977 *in* Harborne, 1998 modifiée).

Nous avons soumis 5 g de chaque poudre des feuilles sèches à une macération dans 50ml d'éthanol à froid, et à l'abri de la lumière, pendant 22 heures. Une fois le temps de macération écoulé, la solution brute est filtrée. Le filtrat que nous avons récupéré est évaporé à pression réduite à une température de 40 °C et une vitesse de 150 tours/min. Par la suite, nous avons repris le résidu sec d'évaporation dans 100 ml de chloroforme.

50 ml d'une solution aqueuse d'acide chlorhydrique (à 5% ; pH 3) sont ajoutés en suite. Plusieurs lavages de cette phase au chloroforme sont effectués jusqu'à ce qu'elle soit exempte de pigments.

Après l'étape de dépigmentation, nous avons procédé à une alcalinisation de la phase aqueuse en ajoutant 50 ml de NH₄OH à 25%, et à pH 9.

Nous avons effectué, ensuite, un second lavage de la phase aqueuse avec un même volume de chloroforme (100 ml). Les alcaloïdes se retrouvent dans la phase chloroformique.

Le chloroforme est évaporé, sous vide, à une température de 40 °C et une vitesse de 150 tours/min.

Enfin, nous avons repris le résidu sec d'évaporation (après l'avoir pesé) dans 5 ml ou 1à ml d'éthanol. La solution alcoolique ainsi obtenue est conservée à basse température jusqu'à la date des tests d'activité.

b. Dosage des alcaloïdes totaux

Dans le but d'effectuer l'analyse quantitative des alcaloïdes totaux, nous avons suivi la méthode proposée par Singh *et al.* (2004) (modifiée).

i. Réactif

Les réactifs utilisés pour la réalisation du dosage sont :

- FeCl_3 à 0,2% dans de l'acide chlorhydrique 0,5 M ;
- 1-10 O-Phénanthroline ($\text{C}_{12}\text{H}_8\text{N}_2 \text{H}_2\text{O}$) à 0,2% dans de l'éthanol.

ii. Principe

Dans un milieu acide, les ions ferriques Fe^{3+} sont réduits en Fe^{2+} par les alcaloïdes (agents réducteurs). L'agent complexant, la Phénanthroline, forme un complexe stable avec le Fe^{2+} , produisant ainsi une coloration rouge. L'absorbance de cette coloration est mesurée par spectrophotométrie UV-Visible à une longueur d'onde $\lambda = 510 \text{ nm}$ contre un blanc.

iii. Procédure expérimentale

Nous avons choisi comme étalon, dans cette méthode, la caféine. Les concentrations des extraits végétaux ont été déterminées par comparaison à l'absorbance d'une solution de caféine de 5 g/l.

Nous avons introduit 1 ml de la solution de caféine ou, de l'extrait à investiguer dans une fiole jaugée de 10 ml. Nous y avons rajouté 2 ml de la solution alcoolique de Phénanthroline, suivis de 0,5 ml de FeCl_3 . L'ensemble est complété à 10 ml avec de l'éthanol.

Dans cette expérience nous avons préparé deux blancs :

- Un blanc incolore sans FeCl_3 ;
- Un blanc coloré, contenant le même volume en FeCl_3 que la solution à tester.

Les solutions sont incubées dans un bain marie à $70 \pm 2^\circ\text{C}$ pendant 1 heure.

Une fois le temps d'incubation écoulé, nous avons mesuré les densités optiques à 510 nm dans l'ordre suivant :

- Le blanc incolore ;
- Le blanc coloré ;
- La solution de caféine ;
- Les extraits végétaux.

B. Evaluation des activités antimicrobiennes

Nous avons réalisé les tests de détection et d'évaluation de l'activité antimicrobienne des extraits végétaux en deux parties :

- Dans une première étape, par la méthode de diffusion, nous avons réalisé des tests préliminaires dans le but de détecter l'activité antimicrobienne.
- Dans la deuxième étape, par la méthode de dilution en milieu liquide, nous avons procédé à la détermination des concentrations minimales inhibitrices (CMI), pour les extraits actifs.

1. Tests préliminaires d'activité par la méthode de diffusion

Dans les tests préliminaires d'activité antimicrobienne, nous avons adopté la méthode de diffusion standardisée par le rapport de l'OMS (1977 *in* Rios *et al.*, 1988).

Pour rajeunir les cultures bactériennes, avant de passer aux tests, nous avons incubé les bactéries dans un bouillon nutritif pendant 24 h à 37 °C, comme proposé par et Hammer *et al.*, (1999) et Faleiro *et al.*, (2003). Les champignons ont été incubés sur PDA, pendant 5 à 7 jours, à 25 °C.

Les tests d'activité

Pour ces tests, nous avons cultivé les bactéries sur le milieu Mueller-Hinton et les champignons sur milieu PDA, en boîtes de Pétri de 90 cm de diamètre.

Pour les inoculations, nous avons préparé des dilutions :

- 10^8 cellules/ml correspondant au standard 0,5 McFarland (Karou *et al.*, 2005) ;
- 10^6 spores/ml (Suhr et Nielsen, 2003).

Pour l'ensemencement, nous avons utilisé des écouvillons stériles. Une fois les milieux gélosés ensemencés, nous avons déposé des disques stériles de papier filtre de 6 mm de diamètre (Whatman n° 6) (Durmaz *et al.*, 2006). Nous avons imbibé chaque disque d'un volume fixe de 20 µl de l'extrait végétal ; l'opération étant répétée pour chaque solution.

Les disques contenant les différentes dilutions de chaque extrait sont déposés à distances égales sur la surface de la gélose. Nous avons utilisé comme témoin négatif un disque imprégné de solvant sans l'extrait.

Pour permettre une bonne diffusion des extraits, les boîtes de Pétri sont déposées sur la paillasse pendant 20 à 30 minutes avant l'incubation (Durmaz *et al.*, 2006).

Les cultures ont été incubées à 37°C pendant 24 h, pour les bactéries, et à 25 °C, pendant 48 h, pour les champignons (Belhattab *et al.*, 2004). Nous avons répété le même test 3 fois.

A la fin de l'incubation, nous avons noté l'activité des extraits, en mesurant les zones d'inhibition en millimètres.

2. Détermination de la CMI par la méthode de dilution en milieu liquide

Après avoir effectué les tests préliminaires d'activité, par la méthode de diffusion, nous avons procédé à la détermination des CMI des extraits, révélés actifs, selon la méthode de la dilution en milieu liquide (Amhis *et al.*, 2001).

Seules les dilutions actives présentant des concentrations inférieures ou égales à 1 mg/ml ont été testées.

Pour réaliser les dilutions des extraits testés dans cette partie du travail, nous avons suivi une progression géométrique de raison 2.

Pratiquement, nous avons cultivé les bactéries sur bouillon nutritif, et les champignons sur le milieu GYP (voir annexes). Des volumes constants de milieu de culture liquide (5 ml) ont été répartis dans des tubes à essai.

Par la suite, nous avons inoculé chaque tube avec 1 ml de suspension bactérienne ou fongique (10^8 cellules/ml pour les bactéries et 10^6 spores/ml pour les champignons).

Ensuite, nous avons ajouté dans les tubes les solutions, à concentrations croissantes, à tester ; le volume injecté dans chaque tube étant de 500 μ l. Un tube servant de témoin négatif est ensemencé sans extrait.

Les tubes à essai, ainsi préparés, sont incubés (pendant 24h à 37°C pour les bactéries et 48h à 25°C pour les champignons). Pendant la période d'incubation, nous avons soumis les tubes à une agitation manuelle toutes les heures.

Une fois l'incubation terminée, les résultats sont notés à l'œil nu. Ainsi, nous avons déterminé la CMI (la concentration la plus faible présentant une inhibition de la croissance en comparaison avec le témoin négatif).

*Résultats et
Discussion*

I. Analyses quantitatives des extraits végétaux

Après avoir procédé aux extractions des composés phénoliques, des huiles essentielles et des alcaloïdes, nous avons réalisé les quantifications de chacune de ces substances.

a. Quantification des phénols totaux

Nous avons utilisé l'équation de la courbe d'étalonnage de l'acide gallique (page 27) pour calculer les concentrations en phénols totaux des extraits bruts végétaux. Ces résultats ont été présentés en équivalent d'acide gallique.

Les teneurs en composés phénoliques des différents extraits sont représentées dans le tableau 1, et illustrées dans la figure 15.

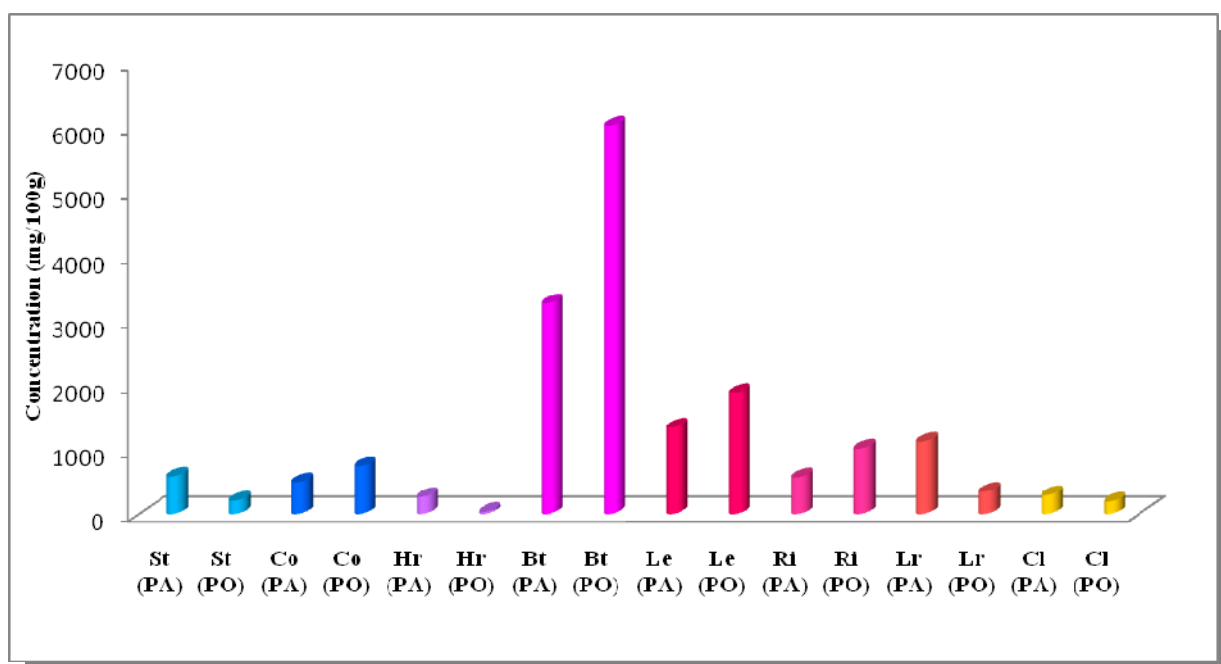


Figure 15 : Histogrammes illustrant les concentrations des différents extraits en composés phénoliques totaux

St : Stramoine ; **Co** : Coloquinte ; **Hr** : Harmel ; **Bt** : Pistachier d'atlas ; **Le** : Lentisque ; **Ri** : Ricin ; **Lr** : Laurier-rose ; **Cl** : Cléome ; **PA** : Phase aqueuse ; **PO** : Phase organique

L'analyse quantitative révèle que les phases organique et aqueuse du Pistachier d'atlas présentent des concentrations égales à : 6039,80 mg/100g ; 3273,60 mg/100g, respectivement ; les phases organique et aqueuse du Pistachier lentisque présentent les teneurs suivantes : 1884,80 mg/100g et 1344,00 mg/100g, respectivement. Nous avons quantifié dans la phase organique, du Ricin, et la phase aqueuse, du Laurier-rose, les concentrations suivantes : 1016,40 mg/100g et 1122,70 mg/100g, respectivement.

Les phases aqueuses, de la Stramoine et du Ricin, présentent des rendements de 579,2 mg/100g et 567,0 mg/100g, respectivement. Quant à la phase organique, de la Coloquinte, nous avons quantifié 735,2 mg/100g.

Dans les phases aqueuses du Cléome, de la Coloquinte et du Harmel nous avons quantifié 292,0 mg/100g, 491,2 mg/100g et 264,2 mg/100g, respectivement, et 345,0mg/100g et 206,25 mg/100g, dans les phases organiques du Laurier-rose et de la Stramoine ; ces dernières présentant des teneurs relativement faibles en phénols totaux.

C'est dans les phases organiques du Harmel et du Cléome que nous avons révélé les teneurs les plus faibles en composés phénoliques (34,8 mg/100g et 191,2 mg/100g, respectivement).

Tableau 1 : Teneur en phénols totaux des plantes investiguées

Extrait végétal		Teneur en Phénols totaux (mg/ 100g)
Stramoine	Phase aqueuse	579,20
	Phase organique	206,25
Coloquinte	Phase aqueuse	491,20
	Phase organique	735,20
Harmel	Phase aqueuse	264,20
	Phase organique	34,80
Pistachier lentisque	Phase aqueuse	1344,00
	Phase organique	1884,80
Pistachier d'atlas	Phase aqueuse	3273,60
	Phase organique	6039,80
Ricin	Phase aqueuse	567,00
	Phase organique	1016,40
Laurier- rose	Phase aqueuse	1122,70
	Phase organique	345,00
Cléome	Phase aqueuse	292,00
	Phase organique	191,20

b. Les huiles essentielles

Les rendements en huiles essentielles, exprimées en ml par 100 g de matière sèche, sont présentés dans le tableau 2.

Les teneurs en huiles essentielles dans les feuilles du Pistachier d'atlas et celles du Pistachier lentisque sont, respectivement, de 0,13 et 0,17%. Les rendements des deux plantes sont proches.

Ces résultats nous permettent de constater que les espèces soumises à cette étude sont pauvres en huiles essentielles, par rapport à d'autres espèces :

Par exemple, le rendement de la menthe pouliot *Mentha pulegium* (collectée en Bulgarie), en huile essentielle, est de 1,54% (Stoyanova *et al.*, 2005). Et, selon Porte et Godoy (2007), le rendement en huile essentielle du Thym commun, *Thymus vulgaris* (collecté au Brésil) est de 1,1%.

Tableau 2 : Les teneurs des Pistachiers en huiles essentielles

Plante	Teneurs (v/m) % de matière sèche
Pistachier d'atlas	0,13
Pistachier lentisque	0,17

➤ **Analyse qualitative et quantitative des huiles essentielles**

La figure 16 illustre les profils chromatographiques résultant de la chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (CG/SM) des huiles essentielles.

Ces chromatogrammes révèlent, dans les huiles essentielles des deux espèces de pistachier, plus de 100 composés dont la majorité a été identifiée par la bibliothèque du spectromètre de masse. Les tableaux 3 et 4 illustrent les composés majoritaires des huiles essentielles extraits du Pistachier d'atlas, et du Pistachier lentisque, respectivement.

Tableau 3 : Composés majoritaires de l'huile essentielle du Pistachier d'atlas

Pic	Tr (Min)	Nom Du Composé	Pourcentage
9	8,70	<i>Para</i> -Cymène	2,72
17	15,29	Terpinène-4-Ol	12,58
51	29,61	δ -Cadinène (Armoise Maroc)	3,53
60	31,58	<i>Cis</i> -3-Hexenyl Benzoate	4,38
61	31,77	(+) Spathulenol	4,58
62	31,98	Viridiflorol Globulol	4,69
63	32,21	Viridiflorol	2,00
64	32,31	4(1H)-Pteridinone	2,33
68	33,07	Fonenol	2,26
74	34,15	<i>T</i> -Muurolol	2,72
77	34,68	<i>T</i> -Muurolol	5,22

Ainsi, les composés majoritaires de l'huile essentielle du Pistachier d'atlas, cités par ordre décroissant, en pourcentage sont : Terpinène-4-ol (12,58%), *T*-Muurolol (5,22%), Viridiflorol (4,69%), Spathulenol (4,58%), *Cis*-3-Hexenyl Benzoate (4,38%), et δ -Cadinène (3,53%).

Dans une étude menée par Barrero *et al.* (2005), portant sur l'huile essentielle des feuilles du Pistachier d'atlas collectées dans la région de Marrakech, au Maroc, la CG/SM a révélé que les composés majoritaires de cette huile étaient : Terpinène-4-ol (21,7%) et l'Elemol (20,0%).

Bien qu'issues de la même espèce, les différences de composition chimique entre cette huile et la notre serait due à la nature du sol, du pied duquel a été prélevé l'échantillon (pied mâle ou femelle), du climat et de la saison de collecte des échantillons. Les protocoles expérimentaux suivis pour les extractions des huiles et l'analyse pourraient également influencer cette composition.

Par ailleurs, l'étude menée par Gourine *et al.* (2009), a révélé que les composés majoritaires de l'huile essentielle issue des feuilles du Pistachier d'atlas, collectées durant le mois d'août, étaient : β -Pinène (19,08 %), α -Terpineol (12,82 %), Bicyclogermacrène (8,15 %) et Spathulenol (9,45 %). Bien que cette étude ait porté sur des échantillons prélevés dans la même aire géographique que celle de nos collectes, nous remarquons la différence de composition des deux huiles. Ceci serait dû à la saison de collecte et aux conditions expérimentales, d'extraction et d'analyse.

Dans l'huile essentielle du Pistachier lentisque, les composés majoritaires, exprimés en ordre décroissant en pourcentage, sont : β -Caryophyllène (17,09%), Myrcène (7,05%), δ -Cadinene (6,91%), *T*-Muurolol (6,71%), α -Terpineol (4,91%) et α -Humulene (4,04%).

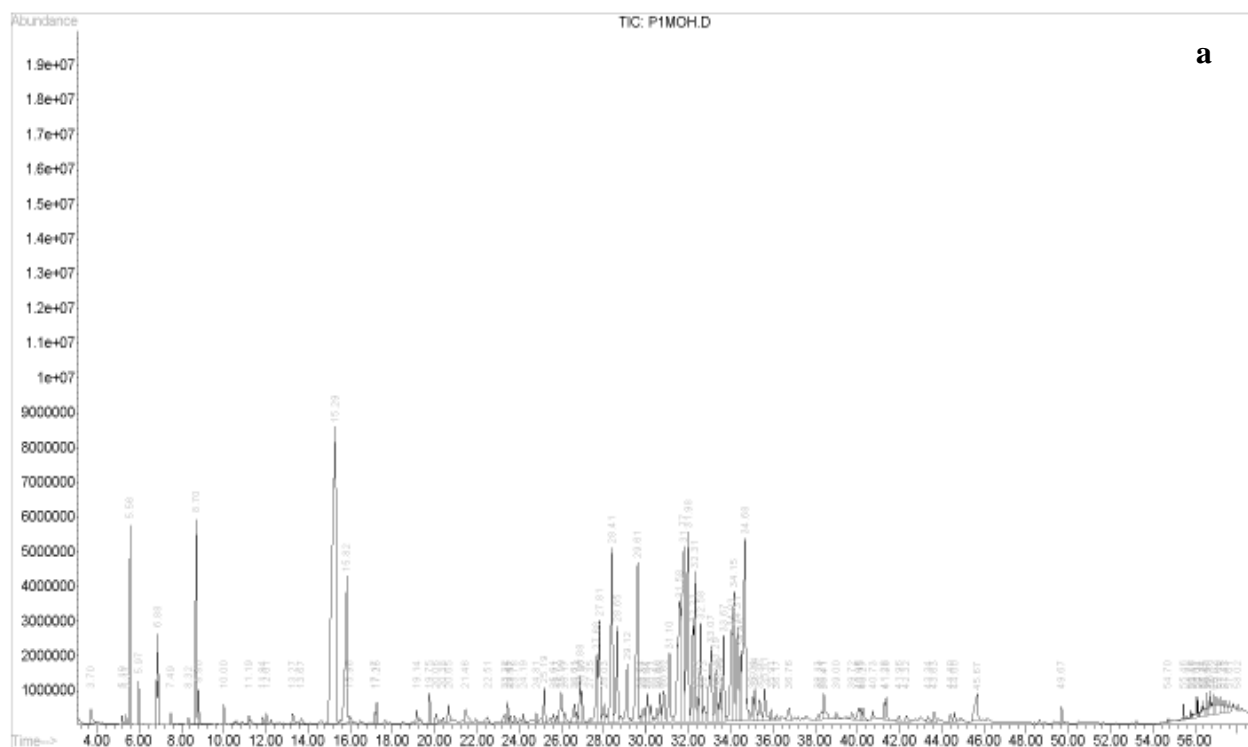
Tableau 4 : Composés majoritaires de l'huile essentielle du Pistachier lentisque

PIC	Tr (min)	Nom du composé	Pourcentage
5	7,65	Myrcène	7,05
36	25,65	β Caryophyllène	17,09
41	26,79	α Humulène	4,04
45	27,82	α Amorphe	2,82
50	28,75	α Muurolene	2,44
53	29,77	δ Cadinene (Armoise Maroc)	6,91
61	31,78	(+) Spathulenol Caryophyllène Oxide	3,33
62	31,86	Caryophyllène Oxide	2,03
73	34,10	δ Cadinene	2,61
74	34,26	<i>T</i> -Muurolol	3,60
76	34,81	<i>T</i> -Muurolol	6,71

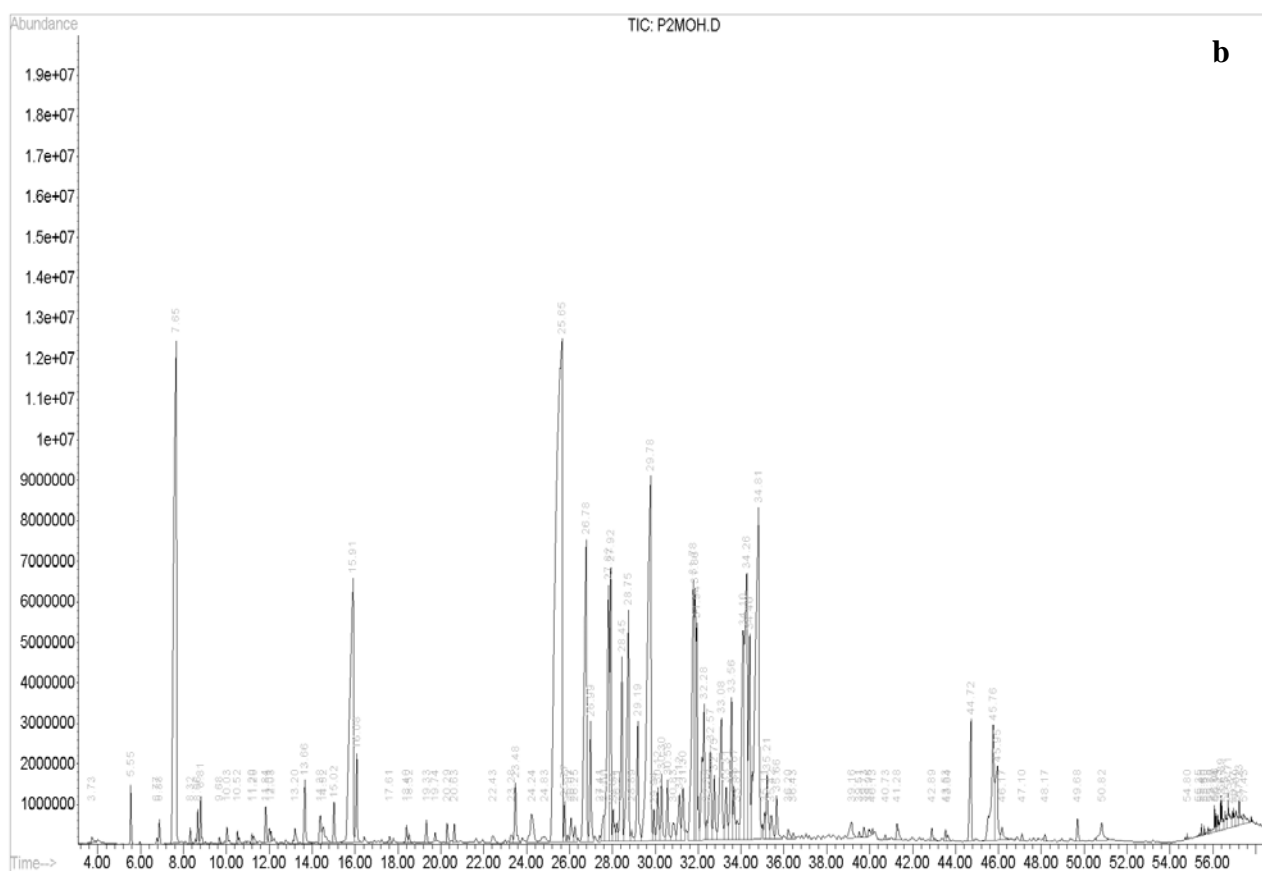
Une étude réalisée par Kırçak *et al.* (2004) sur l'huile essentielle des feuilles du Pistachier lentisque, collectées en Turquie, a révélé que les composés majoritaires de cette huile étaient : Terpinène-4-ol (29,2%), β -Caryophyllène (29,2%), et *p*-Cymène (7,1%).

Ces différences de la composition de ces huiles essentielles et celles de nos échantillons serait, probablement, due à des différences des conditions environnementales desquels sont issus nos échantillons respectifs, des saisons de collecte ainsi que des protocoles expérimentaux.

Une telle différence a été notée dans la composition chimique ont été notées avec l'huile essentielle du Pistachier lentisque, extraite et étudiée par Benyoussef *et al.* (2005). Les échantillons étudiés ont été collectés à 700 Km à l'Est de la ville d'Alger. Les composés majoritaires mis en évidence dans cette huile sont : Terpinène-4-ol (17,3-34,7%), α -Terpineol (10,4-11,0%) et δ -Germacrène (8,4-15,8%). Les différences de composition notées par rapport à nos résultats seraient dues également aux caractéristiques de l'échantillon (physiologie de l'arbre, aire géographique et climat) et aux protocoles expérimentaux suivis lors des extractions et de l'analyse.



a



b

Figure 16 : Profils chromatographiques des huiles essentielles obtenus par CG/SM :
a. Chromatogramme de l'huile essentielle du Pistachier d'atlas ;
b. Chromatogramme de l'huile essentielle du Pistachier lentisque

c. Quantification des alcaloïdes

Nous avons calculé la teneur en alcaloïdes totaux de chaque extrait à partir de son absorbance, en UV-Visible, comparée à l'absorbance d'une solution de caféine de concentration initiale connue (5 g/l).

Les concentrations en milligrammes par 100 g de matière sèche, en équivalent de caféine, sont présentées dans le tableau 5, et illustrées dans la figure 17.

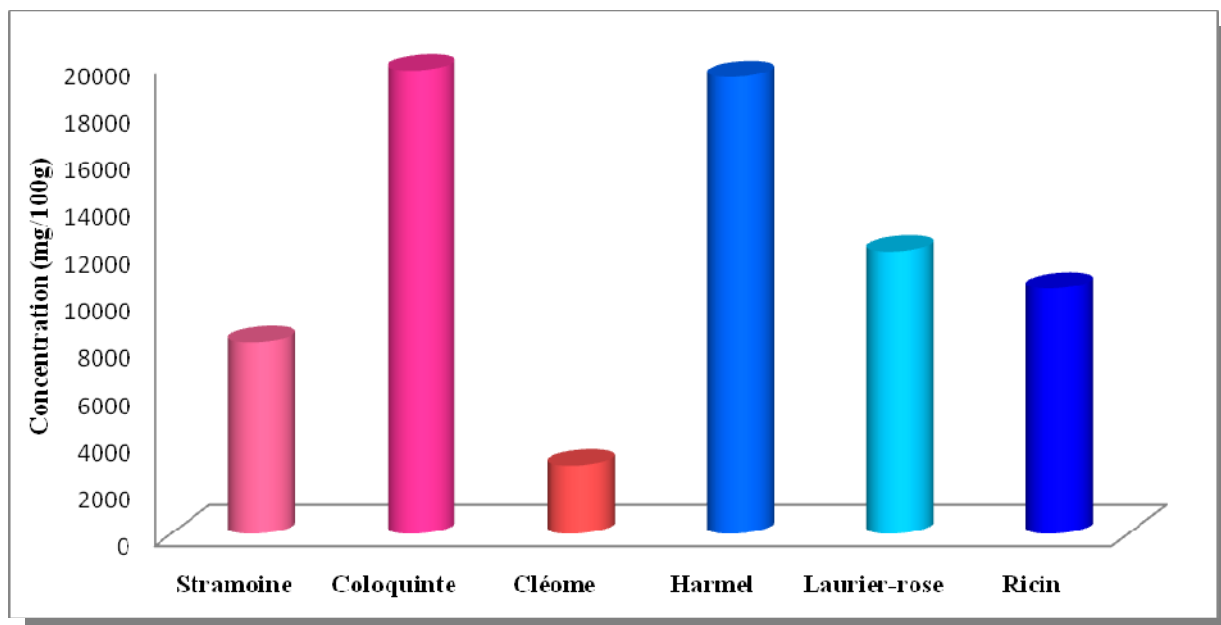


Figure 17 : Histogrammes représentant les teneurs des extraits végétaux en alcaloïdes totaux

Comme illustré dans le tableau ci-dessous, le dosage des alcaloïdes totaux a révélé que les extraits de Coloquinte et de Harmel présentent les teneurs les plus élevées en alcaloïdes ; des concentrations avoisinant les 20 g/100g.

Tableau 5 : Teneur des extraits végétaux en alcaloïdes totaux

Plante	Rendement (g/100g de matière végétale sèche)
Stramoine	8,140
Coloquinte	19,680
Cléome	2,900
Harmel	19,400
Laurier-rose	11,990
Ricin	10,410

Les extraits de Laurier-rose et de Ricin présentent des teneurs moins élevées : 11,990 g/100g et 10,410 g/100g, respectivement. L'extrait de Stramoine renferme une concentration relativement élevée, égale à 8,140 g/100g. La plus faible teneur, en alcaloïdes, a été révélée chez le Cléome (2,900 g/100g).

La méthode d'analyse quantitative que nous avons adoptée (Spectrophotométrie UV- Visible) est une méthode peu sensible, où il pourrait y avoir des interférences de détection. Ceci pourrait expliquer les valeurs élevées enregistrées dans les tests de quantification des composés phénoliques et des alcaloïdes.

II. Tests d'activités

1. Tests préliminaires d'activité antimicrobienne

✓ Test préliminaire d'activité et concentrations des substances utilisées

Après l'extraction, nous avons obtenu des concentrations de substances (composés phénoliques, huiles essentielles et alcaloïdes) élevées. Pour pouvoir les utiliser, nous avons procédé à des dilutions.

Les concentrations des dilutions de chaque extrait sont représentées dans les tableaux 6, 7 et 8.

Tableau 6 : Concentrations des dilutions des composés phénoliques

Plante source de l'extrait	Concentration initiale (mg/ml)	Solvant	Concentration dans les dilutions (mg/ml)		
			D1 (1/10)	D2 (1/100)	
Phase s organiques	Stramoine	10,31	Méthanol	1,03	0,10
	Coloquinte	36,76		3,68	0,36
	Cléome ²	9,60		9,60	0,96
	Laurier-rose	17,25		1,73	0,17
	Ricin	50,82		5,08	0,51
	Harmel ²	1,74		1,74	0,17
	Pistachier d'atlas ¹	301,99		3,01	0,30
	Pistachier lentisque ¹	94,24		0,94	0,09
Phases aqueuses	Stramoine	28,96	Eau distillée stérile	2,90	0,29
	Coloquinte	24,58		2,46	0,25
	Cléome	14,60		1,46	0,15
	Laurier-rose	56,133		5,61	0,56
	Ricin	28,35		2,84	0,28
	Harmel	13,21		1,32	0,13
	Pistachier d'atlas ¹	163,68		1,64	0,16
	Pistachier lentisque ¹	67,20		0,67	0,06

1. D1 = 1/100 ; D2= 1/1000

2. D1 correspond à l'extrait brut

Tableau 7 : Concentrations des dilutions des huiles essentielles

Plante source de l'huile essentielle	Solvant	Concentration des dilutions en pourcentage (v/v)	
		D1	D2
Pistachier d'atlas	Ethanol	2,5	1
Pistachier lentisque		2,5	1

Tableau 8 : Concentrations des dilutions en alcaloïdes

Plante source des alcaloïdes	Concentration initiale en solution (mg/ml)	Solvant	Concentration dans les dilutions (mg/ml)		
			D1 (1/100)	D1 (1/1000)	D1 (1/10000)
Stramoine	407,0	Ethanol	4,07	0,41	0,04
Cléome	145,0		1,45	0,15	0,02
Coloquinte	984,0		9,84	0,98	0,10
Ricin	520,5		5,21	0,52	0,05
Harmel	970,0		9,70	0,97	0,10
Laurier-rose	599,5		5,99	0,60	0,06

✓ **Tests préliminaires réalisés**

Après la période d'incubation, nécessaire pour la croissance microbienne, nous avons procédé à la notation des résultats de l'activité antimicrobienne de chacune des substances testées.

Les résultats de la méthode de diffusion, exprimés en diamètre des zones d'inhibition de chaque extrait, sont représentés dans les tableaux 9-25.

a) Résultats des tests d'activité sur *E. coli* ATTC 25922

i. Activités des phases organiques des phénols totaux sur *E. coli* ATTC 25922

Les diamètres des zones d'inhibition obtenus avec les dilutions des phases organiques des composés phénoliques, testées sur la souche d'*E. coli* étudiée sont représentés dans le tableau 9.

Nous n'avons constaté aucune activité avec la majorité des phases organiques testées. Cependant, nous avons, noté quelques fois, des zones d'inhibition produites par le solvant dans les témoins négatifs (méthanol seul). Nous pensons qu'il s'agit d'un effet antagoniste du solvant dans lequel est diluée la phase et non celui de la phase elle-même.

En utilisant l'extrait brut (D1) de la phase organique de Harmel, nous avons noté une zone d'inhibition dans certains tests et non dans les autres. Par ailleurs, le diamètre de la zone d'inhibition obtenue avec le solvant seul (méthanol) dans un des tests était supérieur à celui du traitement (phase organique du Harmel), et l'inverse dans un autre test.

Ainsi, vue la non reproductibilité de ce résultat, nous n'avons pas jugé utile de passer à la détermination de la CMI.

Tableau 9 : Diamètres en millimètres des zones d'inhibition des phases organiques des composés phénoliques testés sur *E. coli* ATTC 25922

Plante source de la phase organique	Solution testée	Diamètre de la zone d'inhibition		
		Test 1	Test 2	Test 3
Stramoine	Méthanol seul	-	-	-
	D1 (1/10)	-	-	-
	D2 (1/100)	-	-	-
Coloquinte	Méthanol seul	9	-	-
	D1 (1/10)	-	-	-
	D2 (1/100)	-	-	-
Ricin	Méthanol seul	-	11	-
	D1 (1/10)	-	-	-
	D2 (1/100)	-	-	-
Laurier-rose	Méthanol seul	-	-	9
	D1 (1/10)	-	-	-
	D2 (1/100)	-	-	-
Pistachier d'atlas	Méthanol seul	-	-	-
	D1 (1/100)	-	-	-
	D2 (1/1000)	-	-	-
Pistachier lentisque	Méthanol seul	-	-	-
	D1 (1/100)	-	-	-
	D2 (1/1000)	-	-	-
Cléome	Méthanol seul	-	-	-
	D1 (extrait brut)	-	-	-
	D2 (1/10)	-	-	-
Harmel	Méthanol seul	-	10	-
	D1 (extrait brut)	-	8	9
	D2 (1/10)	-	8	-

(-) : absence de zone d'inhibition

Ces résultats nous ont permis, finalement, de conclure que les composés phénoliques contenus dans les phases organiques extraites des plantes investiguées, ne présentent aucun potentiel antibactérien contre la souche testée d'*E. coli*.

ii. Activité des phases aqueuses sur *E. coli* ATTC 25922

Lors des tests d'activité des phases aqueuses sur *E. coli* ATTC 25922, nous n'avons noté aucune zone d'inhibition.

La figure 18 illustre le résultat du test des dilutions de la phase aqueuse de la Coloquinte sur *E. coli*.

iii. Activités des huiles essentielles sur *E. coli* ATTC 25922

Les diamètres des zones d'inhibition des huiles essentielles extraites des deux Pistachiers sont présentés dans le tableau 10.

La figure 19 illustre les zones d'inhibition obtenues avec les dilutions de l'huile essentielle extraite du Pistachier d'atlas et du Pistachier lentisque.

Tableau 10 : Diamètres, en millimètre, des zones d'inhibition des huiles essentielles testées sur *E. coli* ATTC 25922

Plante source de l'huile essentielle	Solution testée	Diamètre de la zone d'inhibition		
		Test1	Test 2	Test3
Pistachier d'atlas	Ethanol seul	14	18	16
	D1	17	19	17
	D2	14	14	18
Pistachier lentisque	Ethanol seul	13	-	10
	D1	15	7	13
	D2	12	10	9

D1 : 2,5% ; D2 :1% ; (-) : absence de zone d'inhibition

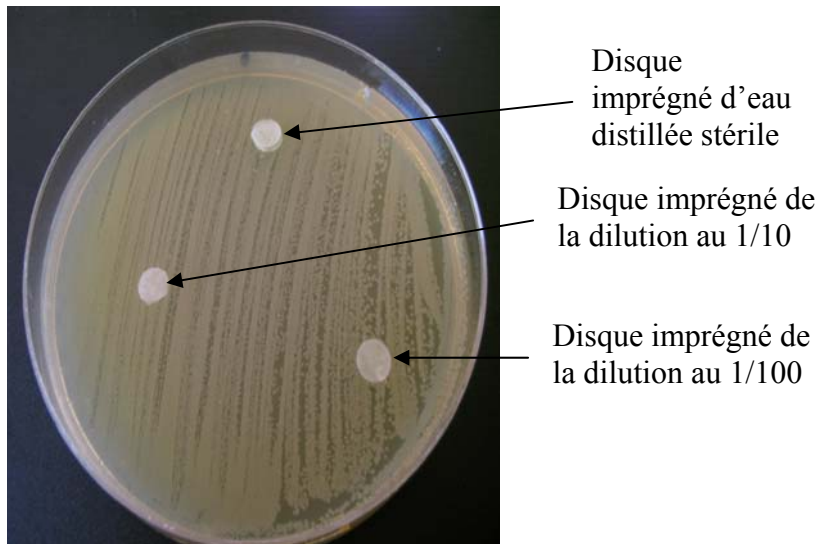


Figure 18 : Résultat du test des dilutions de la phase aqueuse de la Coloquinte sur *E. coli*

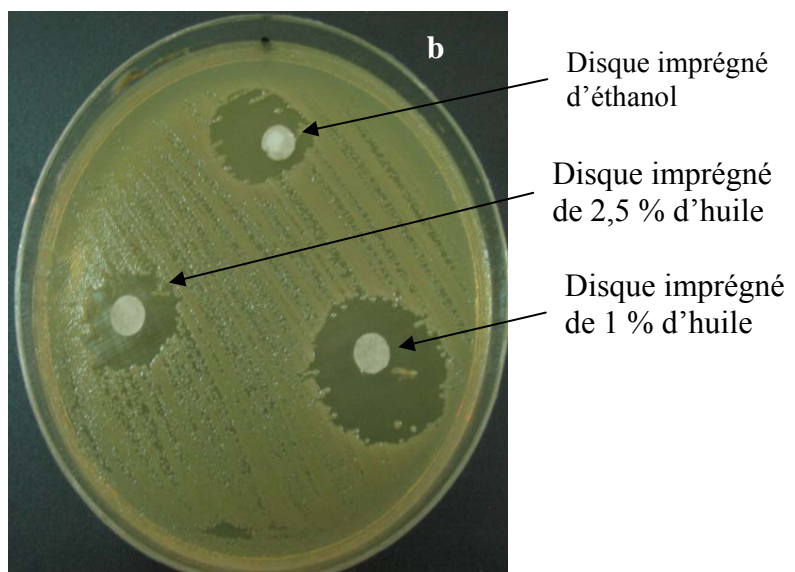
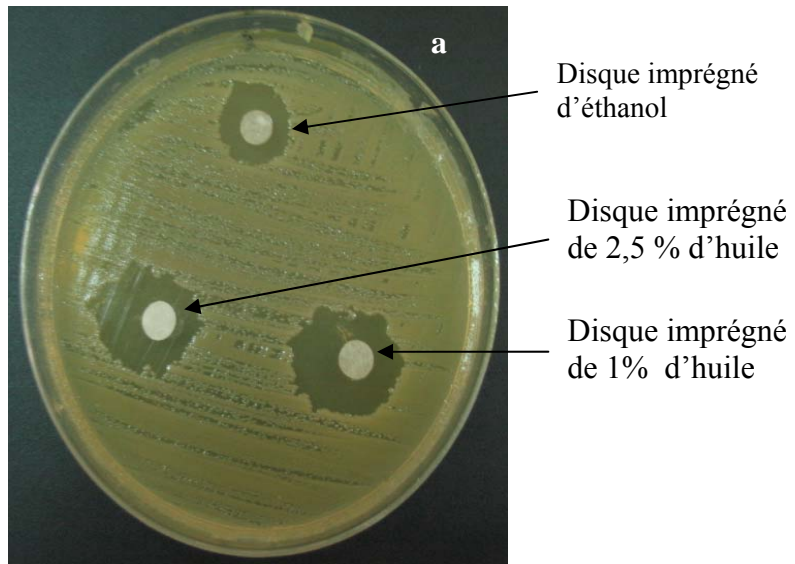


Figure 19 : Zones d'inhibition obtenues sur *E. coli* : **a.** avec l'huile essentielle du Pistachier d'atlas ; **b.** avec l'huile essentielle du Pistachier lentisque

Lors des tests des dilutions de l'huile essentielle extraite du Pistachier d'atlas, nous avons observé des zones d'inhibition sur la souche d'*E. coli* testée. Ces résultats étaient reproductibles dans les trois tests réalisés. Ces zones d'inhibition ont présenté des diamètres supérieurs à ceux obtenus avec le solvant. De ce fait, nous avons déduit que cette huile présente une activité antibactérienne, contre *E. coli*, et avons jugé utile de déterminer La CMI.

Dans les trois tests d'activité de l'huile essentielle du Pistachier lentisque, nous avons pu observer des zones d'inhibition. Dans ce cas, nous avons noté que les diamètres de ces zones étaient supérieurs à ceux obtenus avec le solvant ; ce qui laisse supposer la présence d'un effet antibactérien contre *E. coli*. Nous avons, ainsi, procédé à la détermination de la CMI.

iv. Activités des alcaloïdes sur *E. coli* ATTC 25922

Le tableau 11 présente les diamètres des zones d'inhibition obtenus en testant les alcaloïdes extraits sur *E. coli*.

Les dilutions de l'extrait de Stramoine n'ont donné de zone d'inhibition que dans un seul test. Cependant, nous avons noté que le diamètre de la zone d'inhibition du solvant était supérieur à ceux des dilutions. Ceci nous laisse penser que l'activité enregistrée, dans ce cas, serait probablement due à l'action inhibitrice du solvant. Nous en avons donc conclu que l'extrait de Stramoine ne présenterait aucune activité contre *E. coli*.

En diluant la solution d'alcaloïdes extraite à partir du Cléome, au 1/100, nous avons révélé une zone d'inhibition dans deux des trois tests réalisés. Par ailleurs, avec des dilutions au 1/1000 et 1/10000, nous n'en avons révélé que dans un seul test. Vue l'hétérogénéité des résultats obtenus, nous avons décidé de ne pas procéder à la détermination de la CMI.

Dans deux des trois tests d'activité antimicrobienne réalisés avec les dilutions de l'extrait alcaloïdique de la Coloquinte, nous n'avons obtenu aucune zone d'inhibitions ; ni avec le solvant seul ni avec les dilutions d'alcaloïdes.

Dans le troisième essai, nous avons noté la présence d'une zone d'inhibition avec le solvant seul et avec les dilutions au 1/1000 et 1/10000. De plus, nous avons noté que les diamètres des zones d'inhibition mises en évidence n'étaient que légèrement supérieurs à celui révélé avec du solvant seul. Ces résultats étant insuffisants, nous n'avons pas réalisé la détermination la CMI.

Dans les tests réalisés avec la solution d'alcaloïdes extraits à partir du Harmel, nous avons révélé des zones d'inhibition pour les dilutions D1 (1/100) et D2 (1/1000) dans deux tests différents, parmi les trois réalisés. Pour le troisième essai, aucune zone d'inhibition n'a été mise en évidence. Notons que dans les trois essais réalisés, le témoin a toujours révélé une zone d'inhibition. Avec la dilution D3 (1/10000), nous avons obtenu une zone d'inhibition dans deux cas. Comparé à celui obtenu avec le témoin, le diamètre de cette zone était une fois supérieur et l'autre fois inférieur. Ces

résultats suggèrent que l'activité, notée dans ce cas, serait due à un effet inhibiteur du solvant. Nous avons conclu que cet extrait ne présentait aucune activité contre *E. coli*.

Tableau 11 : Diamètres, en millimètres, des zones d'inhibition des alcaloïdes testés sur *E. coli* ATTC 25922

Plante source des alcaloïdes	Solution testée	Diamètres de la zone d'inhibition		
		Test 1	Test 2	Test 3
Stramoine	Ethanol seul	-	-	15
	D1	-	-	14
	D2	-	-	15
	D3	-	-	12
Cléome	Ethanol seul	8	10	-
	D1	10	10	-
	D2	12	-	-
	D3	-	9	-
Coloquinte	Ethanol seul	-	12	-
	D1	-	-	-
	D2	-	13	-
	D3	-	14	-
Harmel	Ethanol seul	10	11	14
	D1	-	12	-
	D2	-	-	3
	D3	-	13	12
Laurier-rose	Ethanol seul	-	-	10
	D1	-	-	-
	D2	-	-	12
	D3	-	-	10
Ricin	Ethanol seul	13	-	-
	D1	8	7	-
	D2	14	13	11
	D3	12	-	15

D1 : 1/100 ; D2 : 1/1000 ; D3 : 1/10000 ; (-) : absence de zone d'inhibition

Parmi les trois essais réalisés avec la solution d'alcaloïdes extraite à partir du Laurier rose, les dilutions au 1/1000 et au 1/10000 n'ont révélé de zones d'inhibition que dans un seul test ; les diamètres de ces zones étant peu ou pas différents de celui obtenu avec du solvant. Vu la non reproductibilité de ces résultats, nous n'avons pas déterminé de CMI.

Seule la dilution D3 (1/10000) de l'extrait alcaloïdique du Ricin a engendré des zones d'inhibition dans les trois tests, avec des diamètres supérieurs à celui obtenu avec le témoin négatif (éthanol seul).

Etant donné que cette dilution présente une concentration inférieure au seuil fixé (1mg/ml), nous avons considéré que cet extrait pourrait présenter une activité antibactérienne contre *E. coli*. Nous avons donc jugé intéressant de passer à la détermination de la CMI.

b) Résultats des tests d'activité antimicrobienne sur *S. aureus* ATTC 43300

i. Activité des phases organiques des composés phénoliques sur *S. aureus* ATTC 43300

Les diamètres des zones d'inhibition des phases organiques, des composés phénoliques, testées sur *S. aureus* sont rapportés dans le tableau 12.

Nous n'avons noté aucune activité inhibitrice avec les dilutions des phases organique extraites de la Stramoine, de la Coloquinte, du Pistachier d'atlas, du Cléome et du Harmel, sur la souche de *S. aureus* testée.

Le test de l'activité antimicrobienne de la phase organique, extraite à partir du Ricin, nous a permis d'obtenir des zones d'inhibition avec la dilution au 1/100, dans deux essais sur trois. Cependant, dans les deux cas, les zones obtenues avec cette dilution présentaient des diamètres inférieurs à ceux obtenus avec du solvant seul ; ceci serait dû à l'activité inhibitrice du méthanol. Nous en avons donc conclu que cet extrait phénolique ne présentait aucune activité antibactérienne contre la souche de *S. aureus* testée.

La dilution D2 (1/100), de la phase organique du Laurier-rose, a engendré une zone d'inhibition dans un test sur trois. Les autres dilutions n'en ont pas donné. Ce résultat étant non reproductible, nous l'avons négligé et nous avons donc jugé non intéressant de passer à la détermination de la CMI.

La dilution D1 (1/100) de la phase organique du Pistachier lentisque a donné des zones d'inhibition dans deux tests ; la dilution D2 (1/1000) dans un seul. Les diamètres de ces zones étaient dans tous les cas supérieurs à ceux obtenus avec du solvant. A cause de la non-reproductibilité de ces résultats, nous avons jugé inutile de déterminer la CMI.

Les tests d'activité antimicrobienne réalisés avec les dilutions de la phase organique des composés phénoliques extraits à partir du Harmel n'ont révélé aucune zone d'inhibition. Ces résultats nous ont permis de déduire que cet extrait ne présentait aucune activité contre la souche de *S. aureus* testée.

Tableau 12 : Diamètres en millimètre des zones d'inhibition obtenues des phases organiques des composés phénoliques testées sur la souche de *S. aureus*

Plante source de la phase organique	Solution testée	Diamètre de la zone d'inhibition		
		Test 1	Test 2	Test 3
Stramoine	Méthanol seul	-	-	-
	D1 (1/10)	-	-	-
	D2 (1/100)	-	-	-
Coloquinte	Méthanol seul	-	-	-
	D1 (1/10)	-	-	-
	D2 (1/100)	-	-	-
Ricin	Méthanol seul	10	9	10
	D1 (1/10)	-	-	-
	D2 (1/100)	11	10	-
Laurier-rose	Méthanol seul	-	-	-
	D1 (1/10)	-	-	-
	D2 (1/100)	-	13	-
Pistachier d'atlas	Méthanol seul	9	-	-
	D1 (1/100)	-	-	-
	D2 (1/1000)	-	-	-
Pistachier lentisque	Méthanol seul	-	-	-
	D1 (1/100)	-	10	9
	D2 (1/1000)	-	-	9
Cléome	Méthanol seul	-	-	-
	D1 (extrait brut)	-	-	-
	D2 (1/10)	-	-	-
Harmel	Méthanol seul	-	9	-
	D1 (extrait brut)	-	-	-
	D2 (1/10)	-	-	-

(-) : absence de zone d'inhibition

ii. Activités des phases aqueuses des composés phénoliques sur *S. aureus* ATTC 43300

L'ensemble des tests réalisés avec les phases aqueuses, des phénols totaux, extraites à partir des huit plantes, n'a révélé aucune activité antibactérienne contre *S. aureus* ATTC 43300.

iii. Activité des huiles essentielles sur *S. aureus* ATTC 43300

Les huiles essentielles extraites à partir des Pistachiers, d'atlas et lentisque, ont été testées sur la souche de *S. aureus* étudiée. Les résultats des trois tests réalisés sont rapportés dans le tableau 13.

La figure 20 illustre les résultats des tests d'activité des dilutions de l'huile essentielle du Pistachier d'atlas, et du Pistachier lentisque réalisées sur *S. aureus*.

Nous avons noté des zones d'inhibitions avec les deux dilutions des huiles essentielles du Pistachier d'atlas (2,5% et 1%), et ce dans les trois tests. Les diamètres de ces zones sont, dans les trois cas, supérieurs à ceux obtenus avec le solvant. Nous en avons donc déduit que cette huile présente une activité antibactérienne contre cette souche de *S. aureus* ; nous avons donc procédé à la détermination de la CMI.

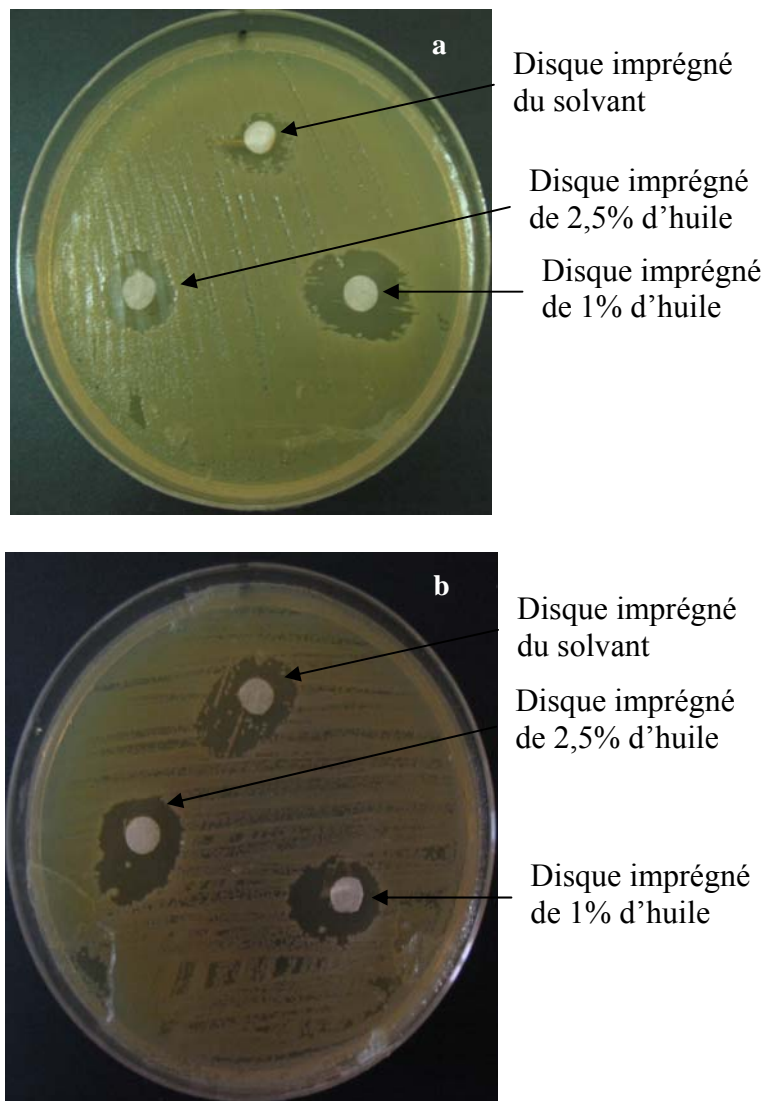


Figure 20 : Zones d'inhibition obtenues sur *S. aureus* :
a. avec l'huile essentielle du pistachier d'atlas ; **b.** avec l'huile essentielle du Pistachier lentisque

La dilution D2 (1%) de l'huile essentielle du Pistachier lentisque a donné dans deux tests des zones d'inhibition, avec des diamètres largement supérieurs à ceux obtenus avec du solvant. Dans un test, le diamètre de la zone d'inhibition était égal à celui du solvant. Nous avons jugé ces résultats intéressants, nous avons alors déterminé la CMI de cette huile.

Tableau 13: Diamètres en millimètre des zones d'inhibition obtenues avec les dilutions des huiles essentielles testées sur *S. aureus* ATTC 43300

Plante source de l'huile essentielle	Solution testée	Diamètre de la zone d'inhibition		
		Test1	Test 2	Test3
Pistachier d'atlas	Ethanol seul	12	13	10
	D1	14	15	13
	D2	14	14	15
Pistachier lentisque	Ethanol seul	13	-	11
	D1	15	-	15
	D2	20	14	11

D1 : 2,5% ; D2 : 1% ; (-) : absence de zone d'inhibition

Des résultats, d'activité inhibitrice de l'huile essentielle du Pistachier d'atlas, similaires ont été obtenus sur *E. coli* et *S. aureus* par Ghalem et Mohamed (2009) ; l'huile essentielle testée par ces auteurs était extraite de la résine du Pistachier d'atlas.

iv. Activité des alcaloïdes sur *S. aureus* ATTC 43300

Le tableau 14 résume les diamètres des zones d'inhibition obtenues avec les alcaloïdes testés sur la souche de *S. aureus*.

Les dilutions de l'extrait alcaloïdique de Stramoine n'ont donné des zones d'inhibition que dans un test sur trois. Les diamètres de ces zones sont légèrement supérieurs à celui donné par le solvant. Ces résultats étant non reproductibles, donc insuffisant, nous en avons déduit qu'il n'était non intéressant de passer à la détermination de la CMI.

Nous avons obtenu une zone d'inhibition, avec la dilution D1 (1/100) de l'extrait alcaloïdique de Cléome, dans un seul test, avec un diamètre inférieur à celui du solvant.

Les dilutions D2 (1/1000) et D3 (1/10000) ont donné des zones d'inhibition dans deux tests ; toujours, avec des diamètres largement inférieurs à ceux du solvant. Ceci nous laisse penser que l'activité inhibitrice, notée dans ces cas, serait due à l'action de l'éthanol. Ces résultats nous permettent de déduire que l'extrait de Cléome ne présente aucune activité antibactérienne contre la souche *S. aureus* ATTC 43300.

Aucune zone d'inhibition n'a été observée avec la dilution au 1/100 de l'extrait alcaloïdique de Coloquinte testée sur *S. aureus*. Pour la dilution au 1/10000, nous en

avons obtenues deux et une seule pour la dilution au 1/1000. Les diamètres de ces zones étaient supérieurs à ceux donnés par le solvant. Ces résultats sont disparates et non reproductibles. Il n'était, donc, pas intéressant de passer à la détermination de la CMI pour cet extrait.

Tableau 14 : Diamètres en millimètres des zones d'inhibition engendrées par les d'alcaloïdes testés sur *S. aureus*

Plante source des alcaloïdes	Solution testée	Diamètre de la zone d'inhibition.		
		Test 1	Test 2	Test 3
Stramoine	Ethanol seul	10	11	-
	D1	11	-	-
	D2	10	-	-
	D3	11	-	-
Cléome	Ethanol seul	14	18	12
	D1	-	12	-
	D2	-	11	9
	D3	10	-	10
Coloquinte	Ethanol seul	9	-	-
	D1	-	-	-
	D2	-	10	-
	D3	11	12	-
Harmel	Ethanol seul	12	11	-
	D1	10	10	-
	D2	12	12	-
	D3	13	13	-
Ricin	Ethanol seul	8	-	-
	D1	12	10	-
	D2	-	10	-
	D3	10	10	-
Laurier-rose	Ethanol seul	-	13	11
	D1	-	11	10
	D2	-	-	10
	D3	10	10	12

D1 : 1/100 ; D2 : 1/1000 ; D3 : 1/10000 ; (-) : absence de zone d'inhibition

Les dilutions D2 (1/1000) et D3 (1/10000) de l'extrait du Harmel ont donné des zones d'inhibition dans deux tests, avec des diamètres supérieurs à ceux du témoin négatif. La dilution D1 (1/100) a donné des zones d'inhibition dans deux tests, avec des diamètres inférieurs à ceux du solvant. Ces résultats bien qu'homogènes, ils sont

non reproductibles, nous en avons jugé qu'il n'était pas intéressant de passer à la détermination de la CMI pour cet extrait sur cette souche de *S. aureus*.

Les dilutions D1 (1/100) et D3 (1/10000) de l'extrait alcaloïdique du Ricin ont engendré des zones d'inhibition, dans deux tests réalisés sur *S. aureus*. La dilution D2 (1/1000) en a produit dans un seul test. Les diamètres mesurés étaient supérieurs à ceux obtenus avec de l'éthanol seul. Cependant, notons que ces résultats sont non reproductibles. Nous avons donc choisi de ne pas procéder à la détermination de la CMI.

La dilution D1 (1/100) de l'extrait du Laurier-rose a produit des zones d'inhibition dans deux tests avec des diamètres inférieurs à ceux du solvant. La dilution D2 (1/1000) a donné une zone d'inhibition dans un seul test, avec un diamètre également inférieur à celui engendré par le solvant. La dilution D3 (1/10000) a donné des zones dans trois tests avec des diamètres supérieurs à ceux du solvant, dans deux cas. Ces résultats sont non reproductibles et assez hétérogènes, donc nous avons opté pour ne pas passer à la détermination de la CMI.

c) Résultats des tests d'activité sur *P. aeruginosa* ATTC 27853

i. Activité des phases organiques des composés phénoliques sur *P. aeruginosa* ATTC 27853

Les diamètres des zones d'inhibition obtenus dans les tests d'activité antibactérienne contre la souche étudiée de *P. aeruginosa* sont présentés dans le tableau 15.

Les dilutions de la phase organique de la Stramoine ont donné des zones d'inhibition dans deux tests, avec des diamètres largement supérieurs à ceux obtenus avec du méthanol seul. Ces résultats sont non reproductibles ; par conséquent, nous n'avons pas déterminé la CMI pour cet extrait.

La dilution D1 (1/10) de la phase organique de la Coloquinte a donné des zones d'inhibition dans les trois tests, avec des diamètres supérieurs à ceux du solvant. Cependant, cette dilution présente une concentration égale à 9,84 mg/ml, donc supérieure au seuil de concentration que nous avons fixé (1mg/ml). La dilution D2 (1/100) a donné des zones d'inhibition dans deux tests avec des diamètres supérieurs à ceux du solvant. Ces résultats, bien qu'intéressant, sont insuffisants pour passer à la détermination de la CMI.

La dilution au 1/10 de la phase organique du Ricin a donné des zones d'inhibition dans les trois tests. Cette dilution présente une concentration égale à 5,082 mg/ml, donc supérieure au seuil de concentration (1 mg/ml). Nous avons donc jugé inutile de procéder à la détermination de la CMI.

La dilution D1 (1/10) de la phase organique du Laurier-rose a donné des zones d'inhibition dans les trois tests ; avec des diamètres supérieurs à ceux du solvant. Toutefois, cette dilution présente une concentration égale à 1,7 mg/ml ; donc supérieure au seuil de concentration choisi pour le passage à la détermination de la CMI. La dilution au 1/100 de cet extrait a donné des zones d'inhibition dans deux cas avec des diamètres supérieurs à ceux du solvant. Ces résultats bien que témoignant d'une certaine activité inhibitrice, ils sont insuffisants pour procéder à la détermination de la CMI.

Tableau 15 : Diamètres en millimètre des zones d'inhibition engendrées par les phases organiques des composés phénoliques sur *P. aeruginosa*

Plante source de la phase organique	Solution testée	Diamètre de la zone d'inhibition		
		Test 1	Test 2	Test 3
Stramoine	Méthanol seul	-	-	-
	D1 (1/10)	-	10	11
	D2 (1/100)	-	11	9
Coloquinte	Méthanol seul	-	-	-
	D1 (1/10)	14	10	11
	D2 (1/100)	9	9	-
Ricin	Méthanol seul	-	-	-
	D1 (1/10)	8	10	9
	D2 (1/100)	-	-	-
Laurier-rose	Méthanol	-	8	-
	D1 (1/10)	12	10	9
	D2 (1/100)	11	10	-
Pistachier d'atlas	Méthanol seul	13	10	14
	D1 (1/100)	12	12	12
	D2 (1/1000)	9	11	12
Pistachier lentisque	Méthanol seul	-	-	-
	D1 (1/100)	-	-	-
	D2 (1/1000)	-	-	11
Cléome	Méthanol seul	15	-	-
	D1 (extrait brut)	-	-	-
	D2 (1/10)	10	-	-
Harmel	Méthanol seul	12	-	-
	D1 (extrait brut)	14	-	11
	D2 (1/10)	-	-	-

(-) : absence de zone d'inhibition

Les dilutions (1/100 et 1/1000) de la phase organique du Pistachier d'atlas ont donné des zones d'inhibition dans les trois tests. Les diamètres de ces zones étaient inférieurs à ceux obtenus avec du solvant ; ce qui nous permet de déduire que l'activité inhibitrice observée dans ces cas serait due à l'action antagoniste du solvant, pas celle des dilutions. Nous en déduisons que la phase organique du Pistachier d'atlas, bien que riche en composés phénolique, ne présente aucune activité antibactérienne contre *P. aeruginosa*.

Avec la dilution D2 (1/1000), de la phase organique du Pistachier lentisque, un seul test a permis d'obtenir une zone d'inhibition ; avec la dilution D1 (1/100), aucune. Ce résultat nous a permis de choisir de ne pas procéder à la détermination de la CMI.

La dilution D2 (1/10) de la phase organique du Cléome a donné une seule zone d'inhibition dont le diamètre est largement inférieur à celui du solvant. L'extrait brut quant à lui n'en a donné aucune. Ceci nous laisse penser que l'activité inhibitrice observée dans ce cas était due à l'action antagoniste du solvant, non celle de la dilution. Nous en avons conclu donc que la phase organique du Cléome ne présentait aucune activité antibactérienne contre la souche étudiée de *P. aeruginosa*.

Dans les tests d'activité antimicrobienne, réalisés avec l'extrait phénolique alcoolique brut du Harmel, nous avons obtenu des zones d'inhibition dans deux essais. Les diamètres de ces zones étaient supérieurs à ceux engendrés par le solvant ; La dilution D2 (1/10) n'a donné aucune zone d'inhibition. Ces résultats sont non reproductibles, donc insuffisant pour passer à l'étape de la détermination de la CMI.

ii. Activité des phases aqueuses des composés phénoliques sur *P. aeruginosa* ATTC 27853

Aucune zone d'inhibition n'a été observée lors des tests d'activité des extraits phénoliques aqueux des plantes investiguées. Nous avons, ainsi, conclu que ces extraits ne présentaient aucune activité inhibitrice sur *P. aeruginosa* ATTC 27853.

iii. Activités des huiles essentielles sur *P. aeruginosa* ATTC 27853

Les diamètres des zones d'inhibition obtenues dans les tests d'activité antibactérienne des dilutions des huiles essentielles extraites des deux Pistachiers, d'atlas et lentisque, sont présentés dans le tableau 16. La figure 21 illustre ces résultats.

Nous avons noté des zones d'inhibition dans les trois tests avec la dilution D1 (2,5%) de l'huile essentielle du Pistachier d'atlas. Les diamètres de ces zones étaient supérieurs à ceux obtenus avec du solvant. La dilution D2 (1%) en a donné dans deux tests. Les diamètres de ces zones étaient supérieurs ou égaux à ceux du solvant. Ces résultats, homogènes et reproductibles, nous permettent de déduire que cette huile pourrait présenter une activité inhibitrice sur *P. aeruginosa* ; donc il était intéressant de passer à la détermination de la CMI.

Avec la dilution D1 (2,5%) de l'huile essentielle du Pistachier lentisque, nous avons obtenu des zones d'inhibition, dans les trois tests. Les diamètres de ces zones étaient largement supérieurs à ceux obtenus avec de l'éthanol seul, dans deux cas, et inférieur dans un troisième. Les mêmes observations ont été notées pour la dilution D2 (1%). Nous avons jugé ces résultats intéressants, alors nous avons déterminé la CMI pour cette huile.

Tableau 16 : Diamètre en millimètres des zones d'inhibition des dilutions des huiles essentielles testées sur *P. aeruginosa*

Plante source de l'huile essentielle	Solution testée	Diamètre de la zone d'inhibition		
		Test1	Test 2	Test3
Pistachier d'atlas	Ethanol seul	12	-	-
	D1	14	11	13
	D2	12	-	11
Pistachier lentisque	Ethanol seul	13	-	11
	D1	12	13	14
	D2	10	9	14

D1 : 2,5% ; D2 :1% ; (-) : absence de zone d'inhibition

iv. Activité antibactérienne des alcaloïdes testés sur *P. aeruginosa* ATTC 27853

Les diamètres des zones d'inhibition obtenus dans les tests des alcaloïdes sur *P. aeruginosa* sont présentés dans le tableau 17.

Avec les dilutions D1 (1/100) et D2 (1/1000) de l'extrait alcaloïdique de la Stramoine, nous avons obtenu des zones d'inhibition dans un seul test. La dilution D3 (1/10000) n'en a donné aucune. Ces zones présentaient des diamètres supérieurs à celui du solvant.

Les dilutions au 1/100 et au 1/1000 de l'extrait de Cléome ont engendré, chacune, des zones d'inhibition dans un seul test. Avec la dilution D3 (1/10000), nous en avons obtenus, dans deux tests sur trois. Nous avons noté que ces zones présentaient des diamètres supérieurs à ceux du solvant.

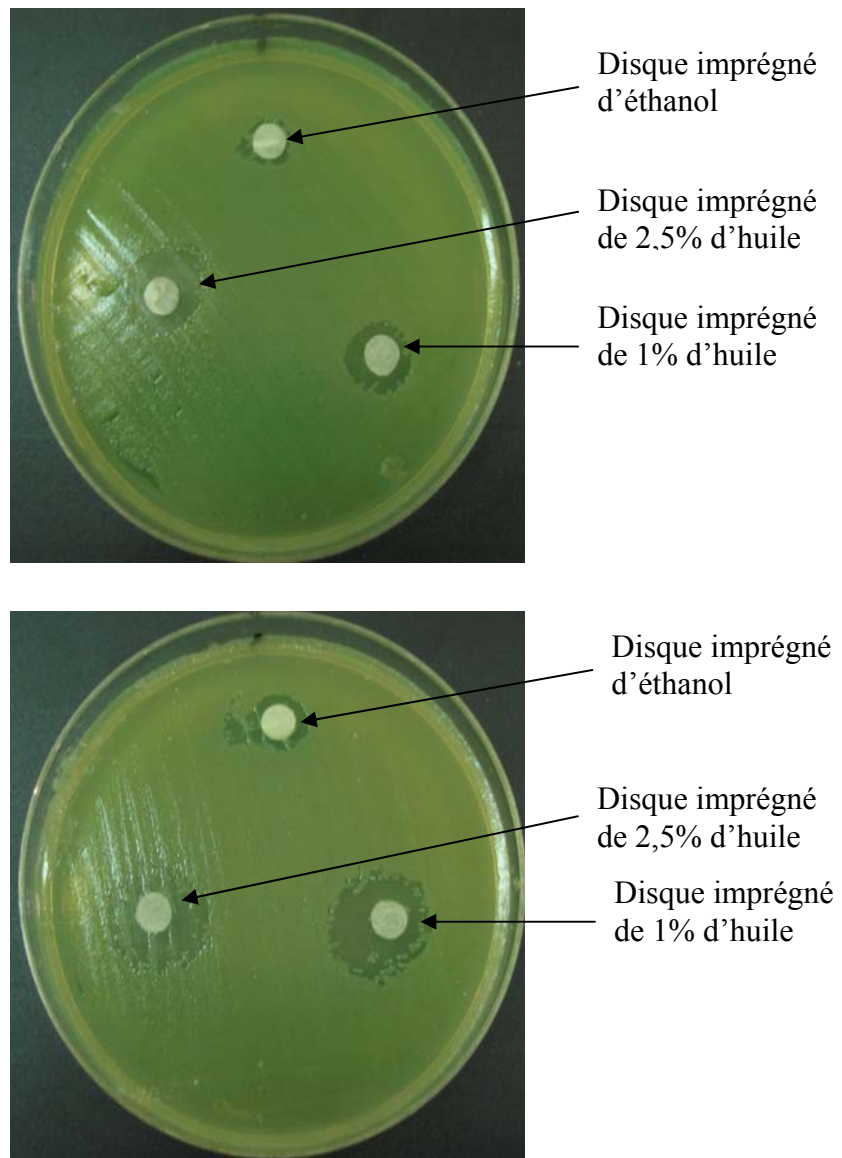


Figure 21 : Zones d'inhibition obtenues sur *P. aeruginosa* :
a. avec l'huile essentielle du Pistachier d'atlas ; **b.** avec l'huile essentielle du Pistachier lentisque

Les dilutions D1 (1/100) et D2 (1/1000) de l'extrait de Coloquinte ont donné des zones d'inhibition dans deux tests sur trois. Dans un cas, les diamètres de ces zones, étaient inférieurs à ceux du solvant et, dans l'autre cas, supérieurs. La dilution au 1/10000 de cet extrait a donné dans un test, sur les trois réalisés, une zone d'inhibition, avec un diamètre supérieur à celui du solvant.

Les tests antimicrobiens des dilutions de l'extrait de Harmel n'ont permis d'obtenir aucune zone d'inhibition. Par conséquent, nous en déduisons que l'extrait alcaloïdique de cette plante ne présente aucune activité inhibitrice contre *P. aeruginosa*.

Tableau 17 : Diamètres en millimètres des zones d'inhibition des alcaloïdes testés sur *P. aeruginosa*

Plante source des alcaloïdes	Solution testée	Diamètre de la zone d'inhibition		
		Test 1	Test 2	Test 3
Stramoine	Ethanol seul	-	-	11
	D1	-	-	19
	D2	-	-	14
	D3	-	-	-
Cléome	Ethanol seul	14	-	12
	D1	-	12	-
	D2	-	-	14
	D3	11	-	14
Coloquinte	Ethanol seul	-	-	13
	D1	-	12	12
	D2	14	-	13
	D3	13	-	-
Harmel	Ethanol seul	11	-	-
	D1	-	-	-
	D2	-	-	-
	D3	-	-	-
Ricin	Ethanol seul	-	-	-
	D1	17	-	-
	D2	-	-	-
	D3	-	-	-
Laurier-rose	Ethanol seul	-	-	-
	D1	-	12	-
	D2	-	-	14
	D3	-	-	14

D1 : 1/100 ; D2 : 1/1000 ; D3 : 1/10000 ; (-) : absence de zone d'inhibition

Seule la dilution D1 (1/100), de l'extrait de Ricin, a permis d'obtenir une zone d'inhibition contre *P. aeruginosa*. Cependant, nous n'avons noté ce résultat que dans un seul test.

Nous avons noté que les dilutions de l'extrait du Laurier-rose donnaient des zones d'inhibition, chacune, dans un test sur trois ; avec des diamètres supérieurs à ceux du solvant.

Etant donné que les résultats pour les extraits alcaloïdiques de la Stramoine, du Cléome, de la Coloquinte, du Ricin, et du Laurier-rose, sont hétérogènes et non reproductibles, nous avons jugé inutile de procéder à la détermination de la CMI.

Karou *et al.* (2006), ont étudié l'effet inhibiteur des alcaloïdes extraits d'un arbrisseau spontané collecté au Burkina Faso, sur des bactéries Gram positif et des bactéries Gram négatif. Ces auteurs ont révélé, contrairement à notre étude, une activité positive contre des souches de *Staphylococcus aureus* et un faible effet inhibiteur contre des souches d'*E. coli*.

Hufford *et al.* (1974) ont testé deux alcaloïdes extraits du Tulipier de Virginie *Liriodendron tulipifera*, sur un groupe de microorganismes. Ces composés présentaient, contrairement aux nôtres, une certaine activité antimicrobienne sur *Staphylococcus aureus* et *Aspergillus flavus*.

Ces différences d'activité résulteraient de la diversité de la composition chimique des alcaloïdes testés, puisqu'ils sont issus d'espèces végétales différentes.

d) Résultats des tests d'activité sur *Aspergillus fumigatus*

i. Activités des phases organiques des composés phénoliques sur *A. fumigatus*

Le tableau 18 rapporte les diamètres des zones d'inhibition engendrées par les extraits phénoliques alcooliques testés sur *Aspergillus fumigatus*.

Dans les tests de l'extrait phénolique alcoolique de la Coloquinte, nous avons noté que la dilution au 1/10 (3,68 mg/ml), supérieure au seuil de concentration fixé, a engendré une zone d'inhibition, dans un test sur trois. Cette zone présentait un diamètre supérieur à celui obtenu avec du solvant. Les autres dilutions n'en ont pas donnée. Etant non reproductibles et non intéressants, ces résultats ne nous permettent pas de procéder à la détermination de la CMI.

Nous avons observé, dans un seul essai sur trois, une zone d'inhibition avec la dilution au 1/100 de l'extrait phénolique alcoolique du Pistachier d'atlas. Cette zone était de diamètre supérieur à celui obtenu avec du méthanol seul. Le même résultat a été noté avec l'extrait brut du Harmel.

La dilution au 1/1000 de la phase organique du Pistachier d'atlas, ainsi que la dilution au 1/10 de l'extrait de Harmel, n'ont pas produit de zones d'inhibition.

Etant non reproductible, ces résultats ont été jugés négligeables, et la détermination de la CMI inutile pour ces deux extraits.

Dans les tests d'activité antimicrobienne des extraits phénoliques alcooliques de la Stramoine, du Ricin, du Laurier-rose, et du Pistachier lentisque, nous n'avons noté aucune activité inhibitrice. Nous avons conclu que ces extraits ne présentent aucune activité antifongique contre *A. fumigatus*.

Tableau 18 : Diamètres en millimètre des zones d'inhibition des phases organiques des composés phénoliques testées sur *A. fumigatus*

Plante source de la phase organique	Solution testée	Diamètre de la zone d'inhibition		
		Test 1	Test 2	Test 3
Stramoine	Méthanol seul	-	-	-
	D1 (1/10)	-	-	-
	D2 (1/100)	-	-	-
Coloquinte	Méthanol seul	-	-	8
	D1 (1/10)	-	-	13
	D2 (1/100)	-	-	-
Ricin	Méthanol seul	-	-	10
	D1 (1/10)	-	-	-
	D2 (1/100)	-	-	-
Laurier-rose	Méthanol seul	-	-	-
	D1 (1/10)	-	-	-
	D2 (1/100)	-	-	-
Pistachier d'atlas	Méthanol	-	-	-
	D1 (1/100)	-	-	10
	D2 (1/1000)	-	-	-
Pistachier lentisque	Méthanol seul	-	-	-
	D1 (1/100)	-	-	-
	D2 (1/1000)	-	-	-
Cléome	Méthanol seul	-	-	-
	D1 (extrait brut)	-	-	-
	D2 (1/10)	-	-	-
Harmel	Méthanol seul	-	-	-
	D1 (extrait brut)	10	-	-
	D2 (1/10)	-	-	-

ii. Activités des phases aqueuses des composés phénoliques

Aucune activité inhibitrice n'a été notée avec les phases aqueuses des composés phénoliques dans les trois essais. Nous en avons donc conclu que les extraits phénoliques aqueux des plantes de cette étude ne présentent pas d'activité antifongique contre *A. fumigatus*.

iii. Activités des huiles essentielles testées sur *A. fumigatus*

Le tableau 19 résume les résultats obtenus dans les tests, des dilutions des huiles essentielles, sur *A. fumigatus*.

Nous avons observé une seule zone d'inhibition, produite avec la dilution D1 (2,5%) de l'huile essentielle du Pistachier d'atlas. Ce résultat, a été estimé insuffisant pour procéder à l'étape de la détermination de la CMI.

Les dilutions D1 (2,5%) et D2 (1%) de l'huile essentielle du Pistachier lentisque ont donné des zones d'inhibition, dans deux tests sur trois. Les diamètres de ces zones étaient supérieurs à ceux obtenus avec du solvant. Vue la non reproductibilité des résultats, nous n'avons pas déterminé la CMI.

Contrairement aux huiles essentielles du Pistachier d'atlas et du Pistachier lentisque, investiguées dans ce travail, beaucoup d'huiles essentielles extraites de différentes espèces végétales ont démontré leur effet inhibiteur avéré contre *Aspergillus fumigatus* :

Tableau 19 : Diamètres en millimètre des zones d'inhibition des dilutions des huiles essentielles testées sur *A. fumigatus*

Plante source de l'huile essentielle	Solution testée	Diamètre de la zone d'inhibition		
		Test1	Test 2	Test3
Pistachier d'atlas	Ethanol seul	-	-	-
	D1	10	-	-
	D2	-	-	-
Pistachier lentisque	Ethanol seul	-	-	-
	D1	12	12	-
	D2	12	10	-

D1 : 2,5% ; D2 : 1% ; (-) : absence de zone d'inhibition

Inouye *et al.* (2000), ont étudié l'activité inhibitrice de sept huiles essentielles sur la croissance apicale des hyphes d'*A. fumigatus*, par contact avec la vapeur dans une cuve scellée. Ces auteurs ont révélé une activité fongistatique avec les huiles essentielles du Citron, de la Lavande et du Théier. Une activité fongicide a été détectée avec les huiles extraites du Lemon-grass et de la Perilla. L'activité des huiles essentielles extraites du Thym et de l'écorce du Cinnamome variait selon les concentrations utilisées.

Les différences d'activité des huiles de cette étude et les notre seraient, principalement, dues aux compositions chimiques des huiles essentielles testées, aux conditions opératoires relatives aux extractions des huiles, et aux méthodes suivies pour la détection de l'activité.

D'autres chercheurs ont révélé une activité antifongique avec des huiles essentielles sur des espèces différentes d'*Aspergillus*. Ce fut le cas pour Shin (2003). Il a révélé une activité inhibitrice importante avec les huiles essentielles extraites de *Styrax tonkinensis*, *Lavandula angustifolia*, *Melaleuca alternifolia*, *Pelargonium graveolens* et *Rosmarinus officinalis* sur *A. niger* et *A. flavus*.

Les résultats obtenus par cet auteur, différeraient des nôtres, en premier lieu, en raison des souches fongiques soumises à l'étude ; ensuite, aux diversités des compositions chimiques des huiles testées.

iv. Activité des extraits alcaloïdiques testés sur *A. fumigatus*

Le tableau 20 résume les résultats des tests d'activité antifongique des alcaloïdes, extraits des six plantes étudiées, sur *A. fumigatus*.

Dans le test d'activité antifongique de l'extrait alcaloïdique de Stramoine, dilués au 1/10000, nous avons noté des zones d'inhibition dans les trois essais. Les diamètres de ces zones étaient supérieurs à ceux obtenus avec le solvant. Les autres dilutions n'en ont pas produit.

En constatant la présence d'une activité inhibitrice de l'extrait contre *A. fumigatus*, nous avons procédé à la détermination de la CMI. Ce résultat est illustré dans la figure 22.

Avec les dilutions au 1/1000 et au 1/10000 de l'extrait alcaloïdique du Cléome nous avons obtenu une zone d'inhibition dans un test sur trois. Dans le cas de la dilution 1/100, nous avons noté des zones d'inhibition dans deux essais.

Les diamètres des zones d'inhibition obtenues avec ces extraits sont supérieurs à ceux notés lors du test avec du solvant.

Dans le cas des dilutions de l'extrait alcaloïdique de la Coloquinte, nous avons observé une zone d'inhibition avec la dilution au 1/10000, dans un test sur trois. Les autres dilutions n'en ont pas donné.

En testant l'activité antifongique des dilutions de l'extrait alcaloïdique du Harmel, aux 1/100, 1/1000 et 1/10000, nous avons noté une zone d'inhibition dans un essai sur trois, pour la dilution au 1/100.

Avec la dilution au 1/100, de l'extrait alcaloïdique du Ricin, nous avons noté des zones d'inhibition dans deux essais ; ces diamètres sont supérieurs à ceux obtenus avec du solvant (éthanol seul).

Dans le test de la dilution au 1/10000 de cet extrait, nous avons noté des zones d'inhibition dans deux essais sur trois ; avec des diamètres inférieur ou égal à ceux obtenus avec le solvant. Aucune zone d'inhibition n'a été observée pour la dilution au 1/1000.

Tableau 20 : Diamètres en millimètre des zones d'inhibition des alcaloïdes testés sur *A. fumigatus*

Plante source des alcaloïdes	Solution testée	Diamètre de la zone d'inhibition		
		Test 1	Test 2	Test 3
Stramoine	Ethanol seul	-	8	-
	D1	-	-	-
	D2	-	-	-
	D3	13	8	9
Cléome	Ethanol seul	-	-	-
	D1	-	10	14
	D2	-	-	11
	D3	-	-	10
Coloquinte	Ethanol seul	9	9	-
	D1	-	-	-
	D2	-	-	-
	D3	14	-	-
Harmel	Ethanol seul	8	-	-
	D1	11	-	-
	D2	-	-	-
	D3	-	-	-
Ricin	Ethanol seul	10	9	8
	D1	-	10	9
	D2	-	-	-
	D3	8	-	8
Laurier-rose	Ethanol seul	-	14	14
	D1	12	-	12
	D2	-	-	-
	D3	-	14	14

D1 : 1/100 ; D2 : 1/1000 ; D3 : 1/10000 ; (-) : absence de zone d'inhibition

Dans deux des trois tests réalisés, avec la dilution au 1/10000 de l'extrait alcaloïdique du Laurier-rose, nous avons obtenu des zones d'inhibition. Ces dernières étaient de diamètres égaux à ceux obtenus avec du solvant.

Avec la dilution, au 1/100, nous avons, également, noté la présence de zones d'inhibition, dans deux tests sur trois ; l'un de diamètre inférieur et l'autre supérieur à ceux obtenus avec le témoin négatif (éthanol seul). La dilution au 1/1000 n'en a produit aucune.

Vu la disparité des résultats obtenus avec les extraits alcaloïdiques issus du Cléome, de la Coloquinte, du Harmel, du Ricin, et du Laurier-rose, nous avons jugé inutile de procéder à la détermination de la CMI.

e) Résultats des tests d'activité sur *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* (Fol)

i. Activité des phases organiques des composés phénoliques testées sur Fol

Aucune activité inhibitrice antifongique n'a été notée, contre *Fol*, avec les dilutions de l'extrait phénolique alcoolique de la Stramoine.

Le tableau 21 résume les résultats de l'ensemble de ces tests d'activité antifongique.

Lors des tests d'activité des dilutions de la phase organique de la Coloquinte, nous n'avons noté de zones d'inhibition qu'avec la dilution au 1/10. Les diamètres de ces zones étaient, dans les deux tests, supérieurs à ceux engendrés par le solvant.

Dans les tests des dilutions de la phase organique du Ricin, nous n'avons obtenu de zones d'inhibition que dans un seul essai, avec des diamètres supérieurs à celui engendré par le témoin négatif (méthanol seul).

Avec la dilution au 1/100 de la phase organique du Laurier-rose, nous avons obtenu une seule zone d'inhibition. Le diamètre de cette zone était légèrement supérieur à celui engendré par le solvant.

En testant la dilution de cet extrait au 1/10, les zones d'inhibition obtenues étaient de diamètre supérieur à celui du solvant dans un cas, et inférieur dans l'autre.

Avec la phase organique du Pistachier d'atlas, diluée au 1/100 (D1), nous avons obtenu une zone d'inhibition dans un seul test ; avec un diamètre supérieur à celui noté avec du méthanol seul.

La dilution au 1/1000 (D2) a engendré des zones d'inhibition dans deux essais. Les diamètres de ces zones étaient supérieurs à ceux obtenus avec le solvant.

Avec la dilution au 1/100 de la phase organique, du Pistachier lentisque, nous n'avons noté qu'une seule zone d'inhibition, de diamètre supérieur à celui obtenu avec le solvant.

Nous avons observé des zones d'inhibition avec la dilution au 1/1000 dans deux essais sur trois ; les diamètres de ces zones étant supérieurs à ceux du solvant.

Dans les tests d'activité des dilutions de la phase organique du Cléome, nous avons constaté que seul l'extrait brut produisait un effet inhibiteur ; ce dernier se traduisant par des zones d'inhibition dans deux essais sur trois. Les diamètres de ces zones étaient supérieurs à ceux obtenus avec du méthanol (solvant).

Lors des tests de la phase organique extraite du Harmel, nous avons noté une activité inhibitrice avec l'extrait brut, seulement. Cet effet était reproductible dans les trois essais avec des zones d'inhibition de diamètres largement supérieurs à ceux notés pour le témoin négatif (le solvant). Toutefois, la concentration de l'extrait brut, de 1,74 g/l, est supérieure au seuil de concentration fixé. Ainsi, nous avons jugé inutile de procéder à la détermination de la CMI.

Tableau 21 : Diamètres en millimètre des zones d'inhibition des phases organiques des composés phénoliques testées sur *Fol*

Plante source de la phase organique	Solution testée	Diamètre de la zone d'inhibition		
		Test 1	Test 2	Test 3
Stramoine	Méthanol seul	-	-	-
	D1 (1/10)	-	-	-
	D2 (1/100)	-	-	-
Coloquinte	Méthanol seul	-	-	9
	D1 (1/10)	-	16	15
	D2 (1/100)	-	-	-
Ricin	Méthanol seul	-	-	-
	D1 (1/10)	10	-	-
	D2 (1/100)	9	-	-
Laurier-rose	Méthanol seul	-	11	-
	D1 (1/10)	-	10	10
	D2 (1/100)	-	11	-
Pistachier d'atlas	Méthanol seul	10	-	-
	D1 (1/100)	-	11	-
	D2 (1/1000)	13	11	-
Pistachier lentisque	Méthanol seul	-	7	-
	D1 (1/100)	-	-	11
	D2 (1/1000)	11	9	-
Cléome	Méthanol seul	-	-	9
	D1 (extrait brut)	15	-	13
	D2 (1/10)	-	-	-
Harmel	Méthanol seul	-	-	-
	D1 (extrait brut)	18	16	13
	D2 (1/10)	-	-	-

(-) : absence de zone d'inhibition

Vu l'hétérogénéité des résultats obtenus avec les extraits phénoliques alcooliques de la Stramoine, du Ricin, du Cléome, du Laurier-rose, de la Coloquinte,

et des deux Pistachiers, nous avons jugé inutile de procéder à la détermination des CMI de ces extraits.

ii. Activités des phases aqueuses des composés phénoliques sur *Fol*

Nous avons procédé aux tests d'activité antimicrobienne de tous les extraits phénoliques aqueux sur la souche de *Fol* testée. Nous n'avons noté aucune activité antifongique avec ces phases, sur ce champignon.

iii. Activité des huiles essentielles sur *Fol*

Le tableau 22 résume les diamètres des zones d'inhibition obtenues avec les huiles essentielles du Pistachier d'atlas et du Pistachier lentisque testées sur *Fol*. Ces résultats sont illustrés dans la figure 23.

Nous avons observé une activité inhibitrice avec les dilutions D1 (2,5%) et D2 (1%) de l'huile essentielle du Pistachier d'atlas. Cet effet antifongique s'est traduit par des zones d'inhibition dans les trois tests, avec des diamètres supérieurs à ceux obtenus avec le témoin négatif (le solvant seul).

Tableau 22 : Diamètres en millimètres des dilutions des huiles essentielles testées sur *Fol*

Plante source de l'huile essentielle	Solution testée	Diamètre de la zone d'inhibition		
		Test1	Test 2	Test3
Pistachier d'atlas	Ethanol seul	13	12	-
	D1	17	17	17
	D2	20	20	13
Pistachier lentisque	Ethanol seul	-	10	13
	D1	20	18	13
	D2	15	16	13

D1 : 2,5% ; D2 :1% ; (-) : absence de zone d'inhibition

Dans les tests réalisés avec l'huile essentielle extraite du Pistachier lentisque, nous avons noté des zones d'inhibitions avec les dilutions D1 (2,5%) et D2 (1%), dans les trois essais. Les diamètres de ces zones étaient supérieurs ou égaux à ceux obtenus avec le solvant (tableau 23).

Vu la reproductibilité des résultats obtenus avec les huiles extraites de ces deux espèces de Pistachier, d'atlas et lentisque, nous avons jugé utile et intéressant de procéder à la détermination des CMI.

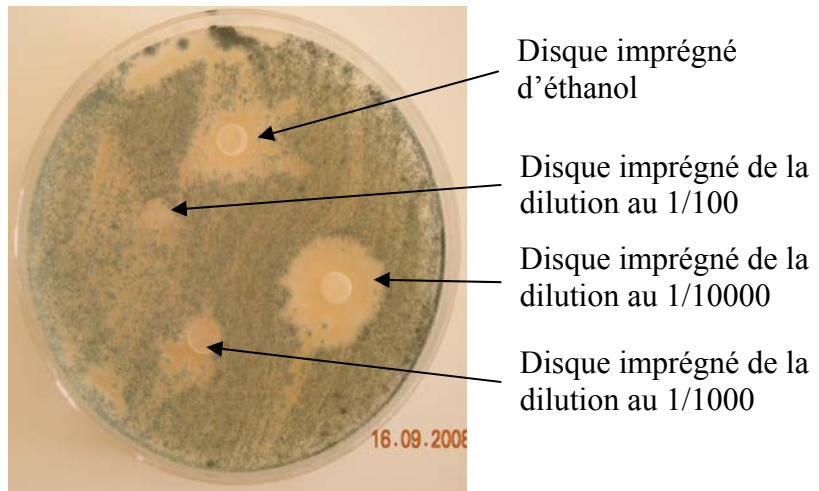


Figure 22 : Zones d'inhibition obtenues sur *A. fumigatus* avec l'extrait alcaloïdique de Stramoine

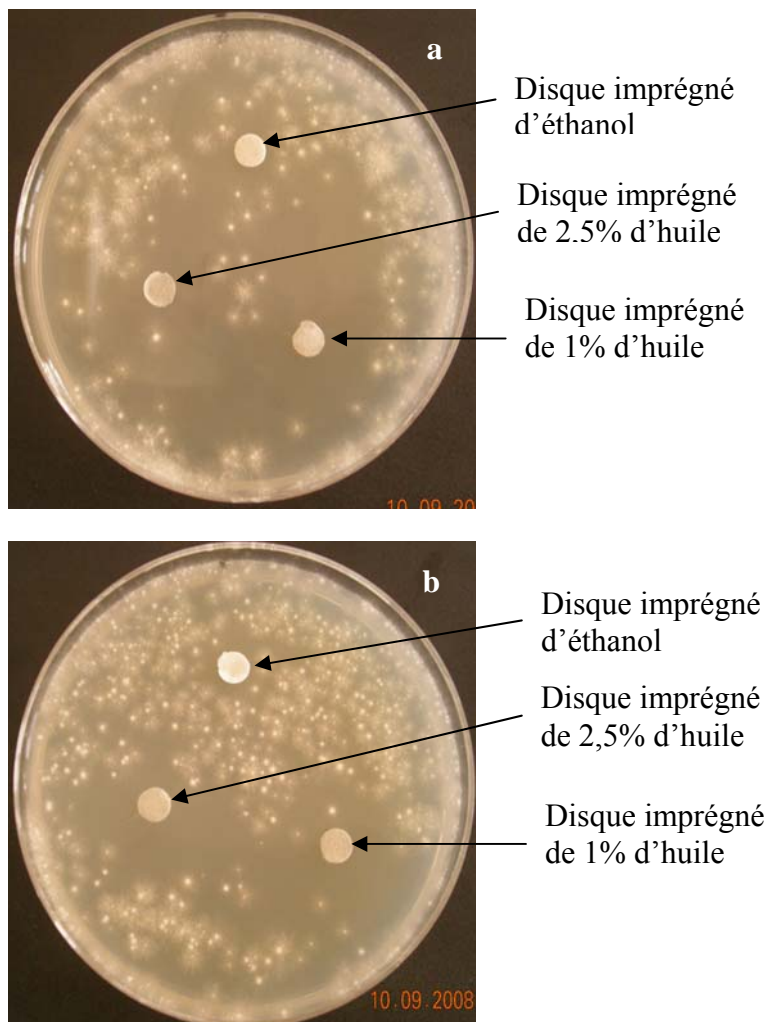


Figure 23 : Zones d'inhibition obtenues sur *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici*:
a. avec l'huile essentielle du pistachier d'atlas ; **b.** avec l'huile essentielle du Pistachier lentisque.

iv. Activité des alcaloïdes sur *Fol*

Les diamètres des zones d'inhibition des alcaloïdes testés sur *Fol* sont présentés dans le tableau 23.

Nous n'avons noté aucune activité antifongique avec les extraits de Stramoine et de Cléome sur *Fol*.

Tableau 23 : Diamètres en millimètres des zones d'inhibition engendrées par les extraits alcaloïdiques testés sur *Fol*

Plante source des alcaloïdes	Solution testée	Diamètre de la zone d'inhibition		
		Test 1	Test 2	Test 3
Stramoine	Ethanol seul	-	11	-
	D1	-	-	-
	D2	-	-	-
	D3	-	-	-
Cléome	Ethanol seul	-	-	-
	D1	-	-	-
	D2	-	-	-
	D3	-	-	-
Coloquinte	Ethanol seul	11	-	9
	D1	12	-	9
	D2	-	-	-
	D3	10	-	-
Harmel	Ethanol seul	-	-	-
	D1	-	-	-
	D2	-	10	-
	D3	-	9	-
Ricin	Ethanol seul	-	-	-
	D1	-	14	-
	D2	-	-	-
	D3	-	-	-
Laurier-rose	Ethanol seul	-	8	10
	D1	13	-	-
	D2	9	-	-
	D3	9	-	-

D1 : 1/100 ; D2 : 1/1000 ; D3 : 1/10000 ; (-) : absence de zone d'inhibition

En testant l'activité inhibitrice de l'extrait alcaloïdique de la Coloquinte sur *Fol*, nous avons noté des zones d'inhibition, avec la dilution au 1/100, dans deux tests sur trois. Les diamètres de ces zones étaient supérieurs ou égal à ceux obtenus avec du solvant (tableau 23).

Avec la dilution de cet extrait, au 1/10000, nous avons obtenu une zone d'inhibition dans un seul essai, avec un diamètre inférieur à celui du solvant (éthanol seul).

Lors des tests d'activité des dilutions de l'extrait alcaloïdique du Harmel, nous n'avons observé des zones d'inhibition qu'avec les dilutions au 1/1000 et au 1/10000. Ce résultat a été obtenu dans un essai sur trois. Les diamètres mesurés de ces zones étaient supérieurs à celui noté pour le témoin négatif (le solvant).

Nous avons noté une activité inhibitrice de l'extrait alcaloïdique du Ricin, seulement, avec la dilution au 1/100 et dans un essai sur trois, avec un diamètre supérieur à celui du témoin négatif.

Dans les tests d'activité de l'extrait alcaloïdique du Laurier-rose, nous avons obtenu des zones d'inhibition avec les trois dilutions (1/100, 1/1000 et 1/10000) dans un test sur trois (tableau 23). Les zones d'inhibition, ainsi obtenues, étaient de diamètres supérieurs à ceux engendrés par le solvant.

Etant donné l'hétérogénéité et la non reproductibilité des résultats, des tests de diffusion obtenus avec les extraits alcaloïdiques de la Coloquinte, du Ricin, du Laurier-rose et du Harmel, nous n'avons pas procédé à la détermination des CMI.

f) Résultats des tests d'activité sur *Fusarium oxysporum f. sp. albedinis* (*Foa*)

i. Activité des phases organiques des composés phénoliques sur *Foa*

Nous n'avons noté aucune activité inhibitrice avec les phases organiques des composés phénoliques extraits des plantes investiguées sur *Foa* ; ce qui nous a permis de conclure à une absence d'activité antifongique de ces extraits.

ii. Activité des phases aqueuses des composés phénoliques sur *Foa*

Comme pour les phases organiques, nous n'avons observé aucune activité inhibitrice avec les phases aqueuses des composés phénoliques testées sur *Foa*.

Ainsi, nous n'avons détecté aucune activité antibactérienne ou antifongique avec les composés phénoliques extraits des plantes investiguées. Cependant, des références bibliographiques rapportent une certaine activité antimicrobienne de ces métabolites :

Benhammou *et al.* (2008), ont étudié l'effet antimicrobien des composés phénoliques extraits des feuilles du Pistachier d'atlas et du Pistachier lentisque collectés dans la région de Tlemcen. Comme dans notre étude, ces auteurs n'ont détecté aucune activité antibactérienne contre *E. coli* 5044172. Aucune activité antifongique n'a été notée contre *Aspergillus flavus* 994294 et *Fusarium sp.* Cependant, une activité inhibitrice importante a été révélée contre *Staphylococcus*

aureus ATTC 601, et une activité modérée contre *Pseudomonas aeruginosa* 22212004.

Selon l'étude menée par Pereira *et al.* (2007), l'extrait phénolique aqueux des feuilles de l'olivier *Olea europaea* L. Cv. *Cobrançosa*, présentait, contrairement aux nôtres, une activité antibactérienne prononcée contre *Staphylococcus aureus* ESA 7, *Escherichia coli* CECT 101 et *Pseudomonas aeruginosa* CECT 108. Ces auteurs ont révélé, également, une forte activité antifongique contre *Candida albicans* CECT 1394 et *Cryptococcus neoformans* ESA 3.

Nous suggérons que les différences dans les résultats enregistrées entre ces études et la notre pourraient être dues à plusieurs facteurs:

- ✓ Les compositions chimiques des extraits testés ;
- ✓ Le protocole expérimental suivi pour les extractions ;
- ✓ Les conditions expérimentales des tests d'activité ;
- ✓ Les plantes investiguées n'appartiennent pas aux mêmes aires géographiques (différences de climats, de sol...etc.) ce qui influe significativement sur la nature chimique des extraits ;
- ✓ La saison de la collecte des échantillons étudiés ;
- ✓ Les souches soumises aux études.

iii. Activité des huiles essentielles sur *Foa*

Le tableau 24 résume les diamètres des zones d'inhibitions obtenues en testant l'activité antifongique des dilutions des huiles essentielles, extraites des deux espèces de Pistachier étudiées, sur *Foa*.

Tableau 24 : Diamètres des zones d'inhibition des dilutions des huiles essentielles testées sur *Foa*

Plante source de l'huile essentielle	Solution testée	Diamètre de la zone d'inhibition		
		Test1	Test 2	Test3
Pistachier d'atlas	Ethanol seul	-	8	9
	D1	-	17	17
	D2	-	-	14
Pistachier lentisque	Ethanol seul	-	9	9
	D1	13	20	17
	D2	12	13	9

D1 : 2,5% ; D2 : 1% ; (-) : absence de zone d'inhibition

Dans les tests d'activité antifongique de l'huile essentielle, extraite du Pistachier d'atlas, sur *Foa*, nous avons obtenu, avec la dilution D1 (2,5%), des zones d'inhibition dans deux essais sur trois. Les diamètres des zones observées étaient largement supérieurs à ceux obtenus avec le solvant (éthanol seul).

Avec la dilution D2 (1%), nous avons obtenu une seule zone d'inhibition ; de diamètre supérieur à celui du solvant.

Ces résultats, bien qu'intéressants et témoignant d'une certaine activité inhibitrice, ne sont pas suffisants pour procéder à la détermination de la CMI.

Nous avons noté, dans le test d'activité antifongique, de l'huile essentielle du Pistachier lentisque, des zones d'inhibition pour les deux dilutions (2,5% et 1%) et dans les trois essais (figure 24). Les diamètres de ces zones étaient supérieurs à ceux obtenus avec le témoin négatif (le solvant). En constatant cette activité inhibitrice nous avons alors, procédé à la détermination de la CMI.

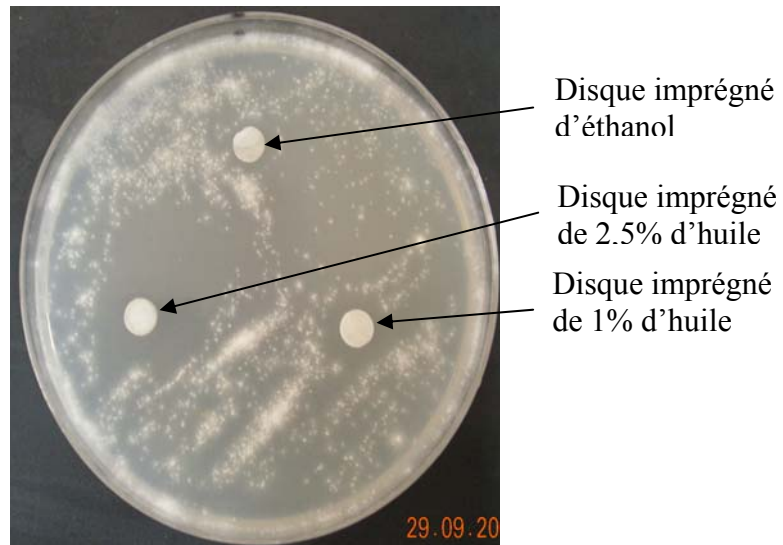


Figure 24 : Zones d'inhibition obtenues avec les dilutions de l'huile essentielle du Pistachier lentisque sur *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis*

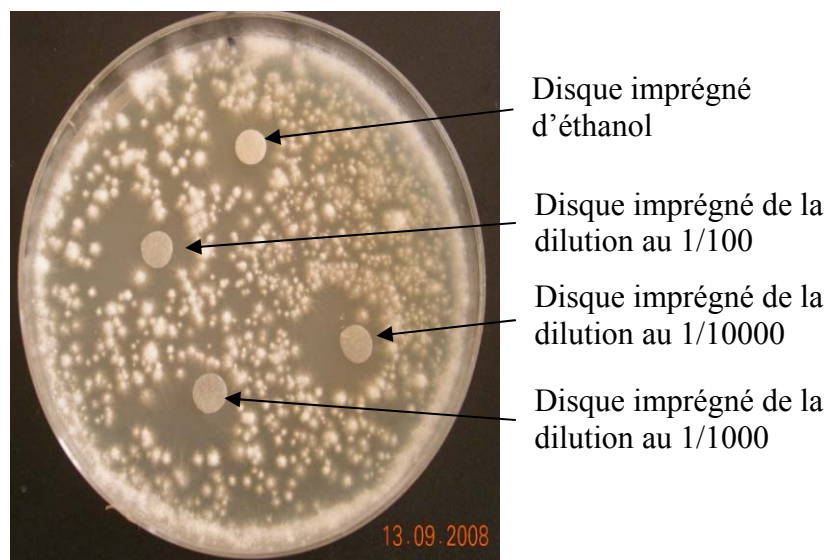


Figure 25 : Zones d'inhibition obtenues avec les dilutions de l'extrait alcaloïdique de Stramoine sur *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis*

iv. Activité des alcaloïdes sur *Foa*

Les résultats des tests d'activité antifongique, des solutions alcaloïdiques, sur *Foa* sont présentés dans le tableau 25.

Avec les dilutions au 1/100 et au 1/10000, de l'extrait alcaloïdique de Stramoine, nous avons obtenu des zones d'inhibition dans deux tests sur trois, avec des diamètres supérieurs à ceux notés pour le témoin (l'éthanol).

Nous avons également observé que la dilution de cet extrait, au 1/1000, engendrait des zones d'inhibition dans les trois essais, avec des diamètres supérieurs à ceux obtenus avec du solvant. Le résultat de ce test est illustré dans la figure 25.

Vu que la quantité d'alcaloïdes contenue dans la dilution au 1/1000 est inférieure à celle du seuil de concentration (1mg/ml), nous avons jugé utile de procéder à la détermination de la CMI.

Tableau 25: Diamètres en millimètre des zones d'inhibition des dilutions d'alcaloïdes testées sur *Foa*

Plante source des alcaloïdes	Solution testée	Diamètre de la zone d'inhibition		
		Test 1	Test 2	Test 3
Stramoine	Ethanol seul	9	10	10
	D1	-	11	10
	D2	10	12	11
	D3	11	-	11
Cléome	Ethanol seul	-	-	-
	D1	-	-	-
	D2	-	-	-
	D3	-	-	-
Coloquinte	Ethanol seul	-	-	-
	D1	-	-	-
	D2	-	-	-
	D3	-	-	-
Harmel	Ethanol seul	8	-	-
	D1	-	10	-
	D2	9	-	-
	D3	12	-	-
Ricin	Ethanol seul	-	-	-
	D1	-	-	-
	D2	-	-	-
	D3	-	-	-
Laurier-rose	Ethanol seul	9	9	-
	D1	8	10	-
	D2	-	-	-
	D3	9	-	-

D1 : 1/100 ; D2 : 1/1000 ; D3 : 1/10000 ; (-) : absence de zone d'inhibition

Nous n'avons observé aucune zone d'inhibition avec les extraits alcaloïdiques du Cléome, de la Coloquinte et du Ricin sur les cultures de *Foa*. Nous en avons conclu, que ces extraits étaient inactifs contre cette souche fongique.

Lors des tests d'activité de l'extrait alcaloïdique du Harmel, nous avons noté des zones d'inhibition avec les trois dilutions (au 1/100, au 1/1000 et au 1/10000),

dans un essai sur trois et pour chacune. Les diamètres mesurés étaient supérieurs à ceux obtenus avec du solvant.

Nous avons noté des zones d'inhibition avec la dilution au 1/100 de l'extrait alcaloïdique du Laurier-rose, dans deux essais sur trois. Les diamètres mesurés étaient supérieurs à ceux obtenus avec du solvant dans un cas, et inférieur dans l'autre.

Avec la dilution au 1/10000, nous avons obtenu une zone d'inhibition dans un cas, avec un diamètre légèrement supérieur à celui du solvant.

Les résultats obtenus avec les extraits alcaloïdiques du Harmel et du Laurier-rose étaient hétérogènes, nous avons donc jugé inutile de procéder à la détermination de la CMI.

Une étude similaire a été menée par Singh *et al.* (2000), où l'activité antifongique de Venenatine, un alcaloïde indole isolé d'*Alstonia venenata*, a été évaluée. Ce composé a été testé sur dix souches fongiques dont *Fusarium udum* et *Aspergillus flavus*. Ces deux champignons étaient particulièrement sensibles à cette substance qui inhibait de façon importante la germination des spores.

De la même façon, Sarma *et al.* (1999), ont tenté d'évaluer l'inhibition de la germination des spores de quelques champignons phytopathogènes et saprophytes, par l'Iodide de Berbérine, un alcaloïde isolé de *Fumaria indica*. Cet alcaloïde a significativement ralenti la germination des spores de la plupart des champignons testés dont *Fusarium udum*.

Bien que les souches et les composés étudiés diffèrent des nôtres, les alcaloïdes étudiés dans ces travaux, contrairement à la majorité des extrais de cette étude, se sont révélés actifs de façon significative.

2. Détermination de la Concentration minimale inhibitrice

Après avoir réalisé les tests préliminaires d'activité par la méthode de diffusion, nous avons retenu les cas où il y avait une réponse positive, pour l'étape suivante où nous avons procédé à la détermination de la CMI (concentration minimale inhibitrice), par la méthode de dilution.

Rappelons que seules les dilutions présentant une activité inhibitrice reproductible dans les trois essais, avec des concentrations inférieures au seuil de concentration fixé (1mg/ml), ont été retenues pour cette étape.

Ainsi, la détermination de la CMI a porté sur :

- ✓ Les dilutions des huiles essentielles du Pistachier lentisque sur *E. coli* ATTC 25922, *S. aureus* ATTC 43300 MRSA +, *P. aeruginosa* ATTC 27853, *F. oxysporum* f.sp. *lycopersici* et *F. oxysporum* f.sp. *albedinis*.
- ✓ La dilution au 1/1000 de l'extrait alcaloïdique de Ricin sur la souche d' *E coli*. testée ;
- ✓ La dilution au 1/1000 de l'extrait alcaloïdique de la stramoine sur *Foa.* et *A. fumigatus*.

Notons que pour l'essai concernant la détermination de la CMI, de l'huile essentielle extraite à partir du Pistachier d'atlas, à défaut d'huile essentielle, le test n'a pas pu être réalisé.

Les quantités d'huile extraite à partir de la collecte d'avril 2007 étaient insuffisantes pour entamer le test de CMI, et les échantillons collectés entre octobre et décembre ne nous ont pas fourni d'huile.

Les tableaux 26 et 27 résument les concentrations des solutions utilisées dans cette partie du travail. Pour réaliser ces dilutions, nous avons suivi une progression géométrique de raison 2.

Tableau 26 : Concentrations des dilutions de l'huile essentielle du Pistachier lentisque

Plante source de l'huile essentielle	Concentration en pourcentage (v/v)				
	D5	D4	D3	D2	D1
Pistachier lentisque	0,25	0,5	1	2	4

Tableau 27 : Concentration des dilutions des extraits alcaloïdiques

Plante source des alcaloïdes	Concentration (mg/ml)					
	D6	D5	D4	D3	D2	D1
Stramoine	0,02	0,04	0,08	0,16	0,32	0,64
Ricin	0,02	0,04	0,08	0,16	0,32	0,64

Après les périodes d'incubation, nous avons observé à l'œil nu et noté les résultats. La concentration de la dilution pour laquelle aucune croissance n'a été notée, correspond à la concentration minimale inhibitrice pour l'extrait testé.

a. Détermination de la CMI de l'huile essentielle du Pistachier lentisque testée sur *E. coli* ATTC 25922

Les résultats des tests de CMI de l'huile essentielle, extraite du Pistachier lentisque, testée sur la souche d'*E. coli* sont illustrés par la figure 26.

Aucun trouble, correspondant à une croissance, n'a été observé avec les concentrations des dilutions de l'huile testée. Nous en avons déduit une concentration minimale inhibitrice de l'huile essentielle du Pistachier lentisque sur la souche d'*E. coli* testée correspondant à 0,25% (v/v).

Notons qu'avec des volumes de solution injectée (dilution) inférieur à 500µl (100 et 200µl), nous n'avons détecté aucun effet inhibiteur ; alors que, pour aboutir à l'activité inhibitrice observée dans les tests préliminaires, nous avons dû augmenter la dose injectée en la multipliant par 5.

b. Détermination de la CMI pour l'huile essentielle du Pistachier lentisque testée sur *S. aureus* ATTC 43300

La figure 27 illustre les résultats des tests des dilutions de l'huile essentielle du Pistachier lentisque sur *S. aureus* ATTC 43300.

Nous avons constaté, dans ce test, qu'avec un volume de solution injectée de 500 µl, toutes les concentrations de dilution de cette huile essentielle avaient donné une inhibition de la croissance. Comme pour le test sur *E. coli*, des volumes inférieurs ne produisaient pas cet effet inhibiteur ; par rapport aux tests préliminaires, le volume d'huile essentielle testée a été multiplié cinq fois.

Ainsi, nous avons déterminé une concentration minimale inhibitrice de l'huile essentielle du Pistachier lentisque, sur la souche testée de *S. aureus*, de 0,25% (v/v).

Hayder *et al.* (2005) ont testé l'effet inhibiteur de l'huile essentielle du Pistachier lentisque sur quatre bactéries, dont *S. aureus*. Ces auteurs ont obtenu des résultats comparables à ceux de cette étude : une forte activité inhibitrice contre cette bactérie.

c. Détermination de la CMI pour l'huile essentielle du Pistachier lentisque testée sur *P. aeruginosa* ATTC 27853

L'inhibition de la croissance obtenue dans le test de la détermination de la CMI de l'huile essentielle du Pistachier lentisque sur *P. aeruginosa* ATTC 27853 est illustrée dans la figure 28.

En incorporant 500 µl de solution, volume augmenté cinq fois par rapport à celui utilisé dans les tests préliminaires, nous avons pu obtenir une activité inhibitrice avec toutes les concentrations. Ainsi, comparés au tube témoin, aucune croissance n'a été notée dans les tubes contenant les dilutions de l'huile essentielle.

Ces résultats nous ont permis de déduire une concentration minimale inhibitrice de cette huile sur la souche de *P. aeruginosa* testée égale à 0,25% (v/v).

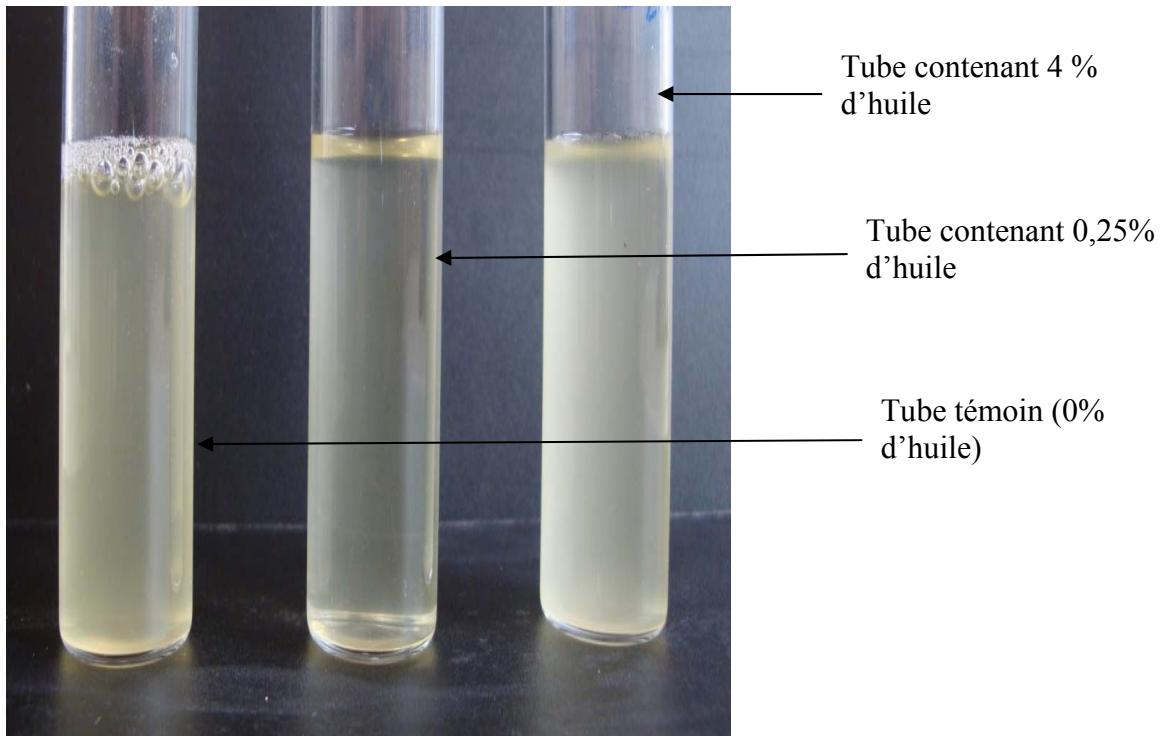


Figure 26 : Résultats du test de CMI de l'huile essentielle du pistachier lentisque sur *E. coli* ATCC 25922

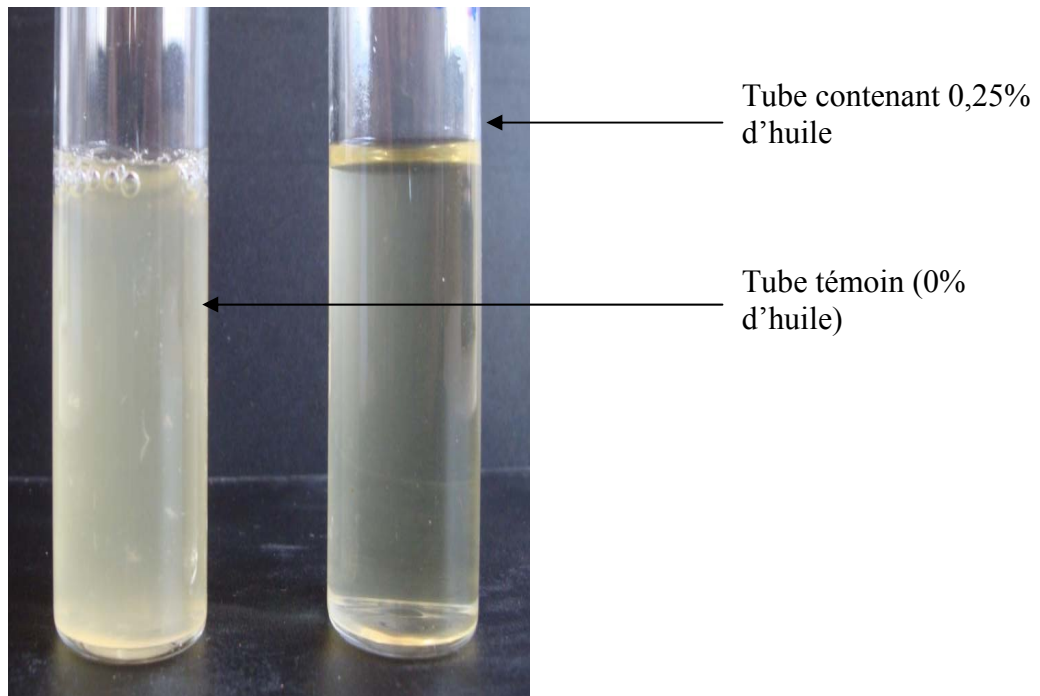


Figure 27 : Résultats du test de CMI de l'huile essentielle du pistachier lentisque sur la souche de *S. aureus* testée

d. Détermination de la CMI de l'huile essentielle du Pistachier lentisque sur *F.oxysporum* f. sp. *lycopersici* (Fol)

L'activité inhibitrice de l'huile essentielle du Pistachier lentisque, observée dans les tests préliminaires d'activité sur *Fol*, n'a pu être reproduite dans les tests de CMI.

Par ailleurs, nous avons pu noter une très légère croissance, presque nulle, dans le tube contenant une concentration égale à 0,25% en huile essentielle et une croissance plus importante avec les dilutions 0,5% et 1%. Dans les tubes contenant les dilutions 2% et 4% une croissance assez importante a été observée, en comparaison avec le témoin négatif (le tube sans huile essentielle).

Ces résultats, irréguliers, pourraient être expliqués par la présence d'un éventuel seuil de concentration au dessus duquel cette substance perdrait son activité. Ainsi, il y aurait ralentissement de la croissance microbienne ; comme constaté pour l'Iodide de Berbérine, qui ralentissait la germination des spores de *Fusarium udum* (Sarma *et al.*, 1999).

e. Détermination de la CMI de l'huile essentielle du Pistachier lentisque sur *F.oxysporum* f .sp. *albedinis* (Foa)

La figure 29 représente les résultats de la CMI de l'huile essentielle du Pistachier lentisque testée sur *F.oxysporum* f .sp. *albedinis*.

Nous avons noté une inhibition de la croissance de *Foa* avec les dilutions D5 (0,25%) et D4 (0,5%) de l'huile essentielle du Pistachier lentisque. Un léger effet inhibiteur a été observé avec les concentrations en huile égales à 1%, 2% et 4%

Ces résultats nous laissent suspecter une éventuelle dégradation de l'huile essentielle ou l'existence d'un intervalle de concentrations où cette substance serait active.

Duru *et al.* (2002) ont testé l'activité antifongique de l'huile essentielle du Pistachier lentisque, collecté en Turquie, sur quatre souches fongiques dont *Fusarium sambucinum*. Ces auteurs ont noté, contrairement aux résultats que nous avons obtenu sur nos souches de *Fusarium oxysporum*, que cette huile favorisait la croissance de ce champignon.

Barra *et al.* (2007), ont également testé l'effet inhibiteur de l'huile essentielle du Pistachier lentisque, collecté dans une région de l'Italie, contre *Fusarium oxysporum*. Ces auteurs n'ont noté aucune activité inhibitrice contre ce champignon. La différence entre les résultats de notre travail, et ceux de ces auteurs serait due, en premier lieu, à la différence des souches testées, ensuite à la nature de l'huile, étant extraite de la même espèce, mais appartenant à une région différente du monde.

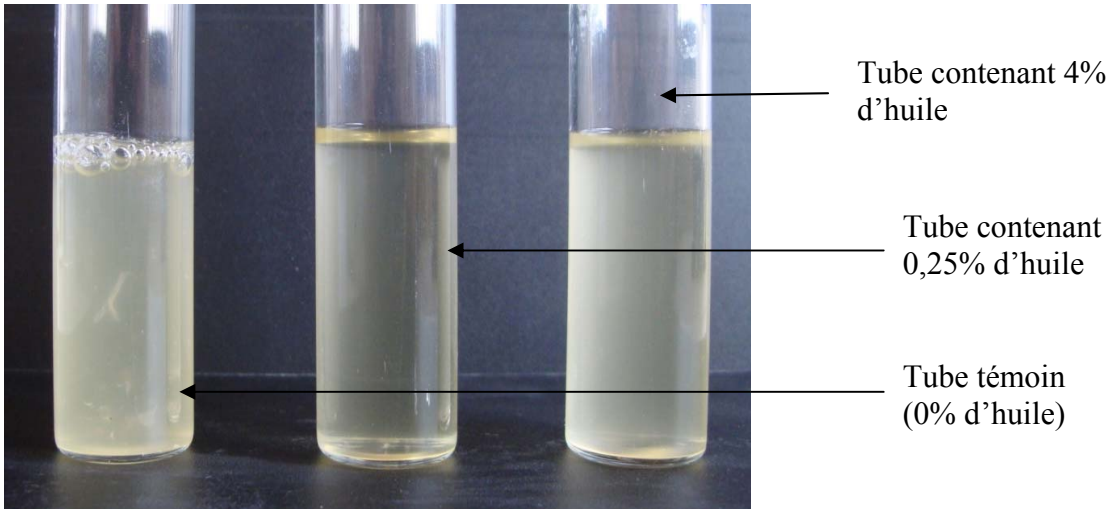


Figure 28 : Résultats du test de CMI de l'huile essentielle du Pistachier lentisque testée sur *P. aeruginosa* ATTC 27853

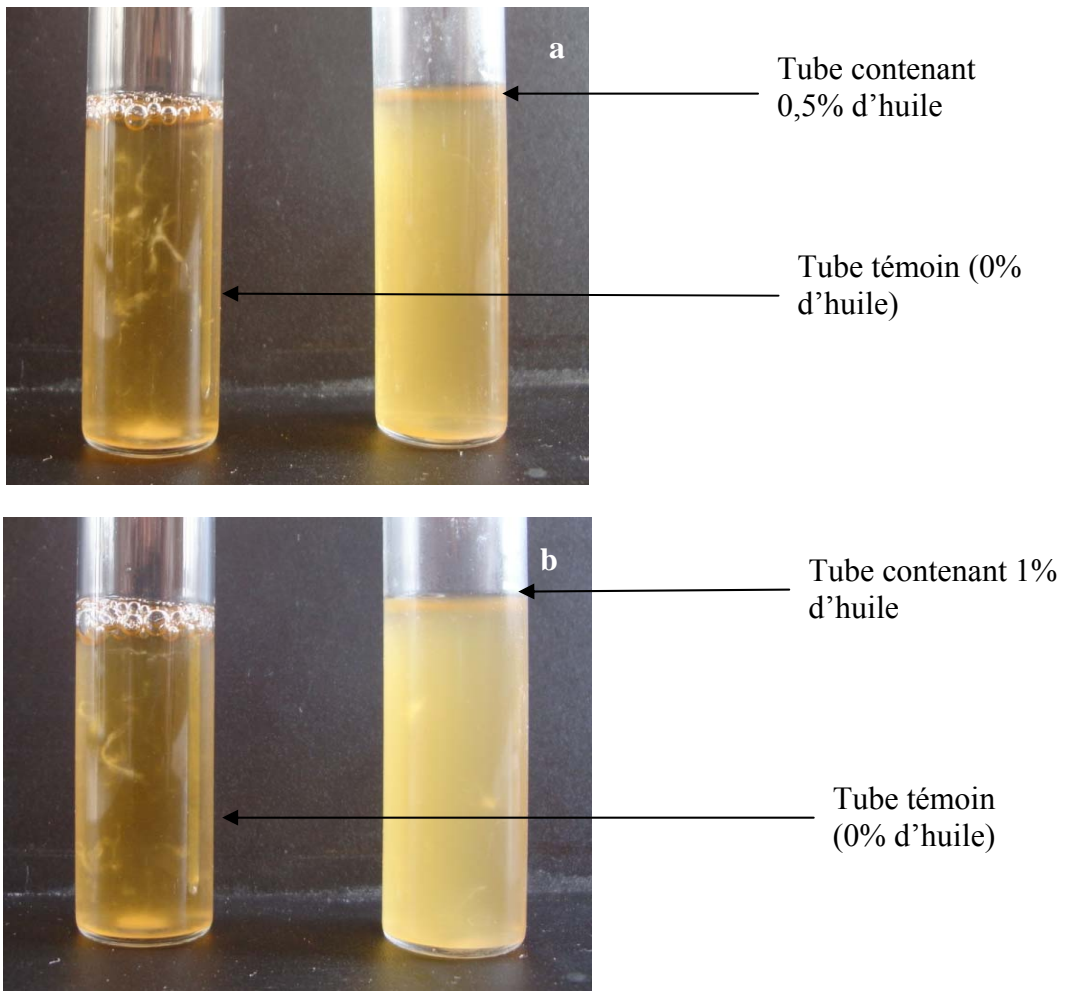


Figure 29 : Résultats de la CMI de l'huile essentielle du Pistachier lentisque testée sur *F. oxysporum* f. sp. *albedinis* :

- a. Inhibition de la croissance avec la dilution D4 (0,5%) ;
- b. Légère croissance avec la dilution D3 (1%)

f. Détermination de la CMI de l'extrait alcaloïdique de Ricin sur la souche

d'E. coli ATTC 25922

Les résultats de la méthode de dilution de l'extrait alcaloïdique du Ricin testé sur la souche *d'E. coli* sont illustrés dans la figure 30.

Nous n'avons noté aucune croissance bactérienne dans les tubes contenant les différentes dilutions de l'extrait de ricin. Ces résultats nous ont permis de déduire une concentration minimale inhibitrice de cet extrait testé sur de *E. coli*, égale à 0,02 mg/ml. Notons que le volume de solution injecté permettant d'obtenir ces résultats est égal à 500 μ l.

g. Détermination de la CMI e l'extrait alcaloïdique de stramoine sur *F.oxysporum* f .sp. *albedinis* et sur *A. fumigatus*

L'effet inhibiteur des dilutions de l'extrait alcaloïdique de la Stramoine, noté sur *F oxysporum* f .sp. *albedinis* et sur *A. fumigatus*, lors des tests de diffusion n'a pas pu être reproduit par la méthode de dilution. Ces résultats laissent supposer que cet extrait aurait perdu son activité inhibitrice ; dégradation probablement due à la conservation prolongée de l'extrait alcaloïdique.

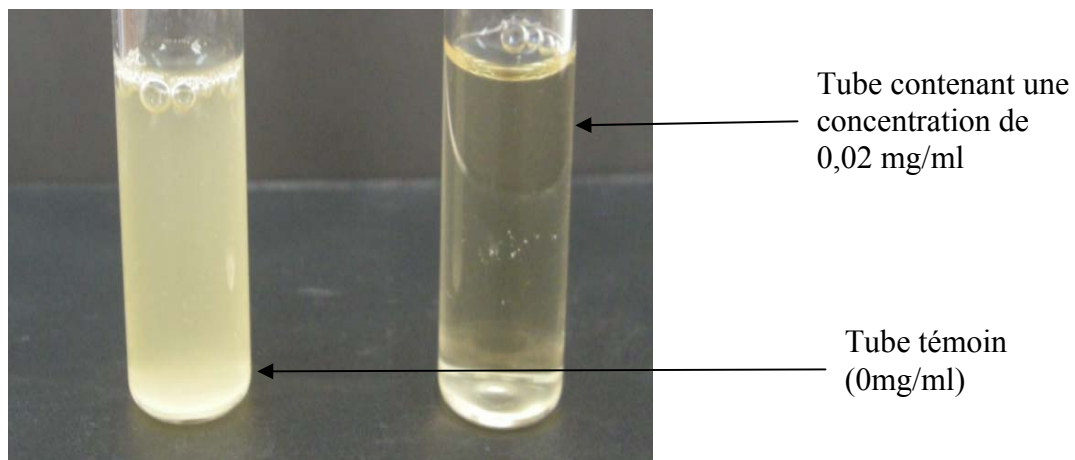


Figure 30 : Résultats de la méthode de dilution pour l'extrait alcaloïdique de Ricin testé sur la souche *d'E. coli* ATTC 25922

*Conclusions et
Perspectives*

Les résultats des tests d'activité des composés phénoliques nous permettent d'établir que ces métabolites, extraits des plantes investiguées, ne présentent aucune activité antibactérienne contre *E. coli* ATTC 25922, *S. aureus* ATTC 43300 MRSA+ et *P. aeruginosa* ATTC 27853.

Nous avons également constaté que ces composés ne présentaient aucune activité antifongique contre *Aspergillus fumigatus*, *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* et *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis*.

Une activité antibactérienne de l'huile essentielle du Pistachier lentisque a été mise en évidence contre *E. coli* ATTC 25922, *S. aureus* ATTC 43300 MRSA+ et *P. aeruginosa* ATTC 27853 ; la concentration minimale inhibitrice de cette huile sur ces bactéries est égale à 0,25% (v/v).

Les résultats des tests de diffusion et de dilution de l'huile essentielle du Pistachier lentisque sur *F. oxysporum* f. sp. *albedinis*, suggèrent que cette huile présente une certaine activité antifongique contre ce champignon. Cette activité inhibitrice serait exprimée à certaines concentrations en huiles dont les valeurs seraient inférieures ou égales à 0,5% (v/v).

L'effet inhibiteur total de l'huile essentielle du Pistachier lentisque sur *F. oxysporum* f.sp. *lycopersici* noté lors des tests de diffusion n'a pas pu être reproduit avec la méthode de dilution ; nous avons observé une croissance moins importante de ce champignon avec les concentrations égales à 0,25%, 0,5% et 1% (v/v).

Sur la base des résultats d'activité des alcaloïdes, nous avons constaté que les extraits des plantes étudiées n'offraient de potentiels ni antibactérien, contre *S. aureus* ATTC 43300 MRSA+ et *P. aeruginosa* ATTC 27853, ni antifongique contre *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici*.

Les extraits alcaloïdiques du Cléome, de la Coloquinte, de Harmel, du Ricin, et du Laurier-rose n'ont présenté aucun effet antifongique sur *A. fumigatus* et *F. oxysporum* f. sp. *albedinis*. Seul l'extrait de Stramoine s'est révélé actif, contre ces champignons, par la méthode de diffusion. Toutefois, la concentration minimale inhibitrice de cet extrait n'a pas pu être déterminée, fait, probablement, dû à une perte d'activité, suite à une conservation prolongée.

Aucune activité antibactérienne n'a été notée sur *E. coli* ATTC 25922 avec les extraits alcaloïdiques du Cléome, de la Coloquinte, du Harmel, de la Stramoine, et du Laurier-rose. L'extrait de Ricin, quant à lui, présente une activité inhibitrice contre cette bactérie, avec une concentration minimale inhibitrice égale à 0,02 mg/ml.

A défaut d'huile essentielle du Pistachier d'atlas, la concentration minimale inhibitrice n'a pu être déterminée pour cette huile révélée active contre *E. coli* ATTC 25922, *S. aureus* ATTC 43300 MRSA+ et *P. aeruginosa* ATTC 27853, et contre *F. oxysporum* f.sp. *lycopersici*.

Il serait intéressant de reprendre cette étude sur un échantillon de plante plus élargi dans le temps et dans l'espace afin de :

- ✓ Confirmer la reproductibilité des activités positives observées dans ce travail ;
- ✓ Analyser la stabilité de la toxicité, dans le temps ;
- ✓ Déterminer les concentrations minimales bactéricide et fongicide ;
- ✓ Approfondir l'étude de l'activité observée sur des souches de *Fusarium oxysporum* ;
- ✓ Quantifier les composés des substances étudiées en fonction de l'état physiologique de la plante ;
- ✓ Caractériser la ou les molécules responsables de l'activité observée avec les extraits étudiés et étudier leurs modes d'action moléculaire.
- ✓ Etudier une éventuelle activité synergique, des composés actifs, avec d'autres agents antimicrobiens.

Par ailleurs, il serait important d'élargir la collection de microorganismes étudiés (plus de souches pour une même espèce, plus d'espèces fongiques et bactériennes...etc.).

Références
Bibliographiques

1. **Agrios, G. N., 2005.** Plant Pathology. 5^{ème} Edition. Elsevier. 922 Pp.
2. **Amhis, W., Benslimane, A, Tiouit, D., et Naim, M., 2001.** Tests de Sensibilité Utiles au Traitement Antibiotique. Médecine du Maghreb 2001 N°91.
3. **Aniszewski, T., 2007.** Alkaloids, Secrets of Life. Alkaloid Chemistry, Biological Significance, Applications and Ecological Role. Première Edition 2007, Elsevier. 313 Pp.
4. **Baba Aissa, F., 1999.** Encyclopédie des Plantes Utiles. Flore d'Algérie et du Maghreb, Substance Végétales d'Afrique et d'Occident. Edition : Librairie Moderne.
5. **Baratta, M. T., Dorman' H. J. D., Deans, S. G., Figueiredo, A. C., Barroso, J. G., et Ruberto, G. 1998.** Antimicrobial and Antioxidant Properties of Some Commercial Essential Oils. Flavour and Fragrance Journal. Vol. 13 (4), Pp 235 – 244.
6. **Barra, A., Coroneo, V., Dessi, S., Cabras, P., et Angioni, A., 2007.** Characterization of The Volatile Constituents in The Essential Oil of *Pistacia Lentiscus* L. from Different Origins and its Antifungal and Antioxidant Activity. J. Agric. Food Chem., 55 (17), Pp. 7093–7098.
7. **Barrero, AF., Herrador, M M., Arteaga, J F., et Akssira, M., 2005.** Chemical Composition of the Essential Oils of *Pistacia Atlantica* Desf. Journal of Essential Oil Research: JEOR , Jan/Feb 2005.
8. **Belhattab, R., Larous, L., Kalantzakis, G., Boskou, D., et Exarchou, V., 2004.** Antifungal Properties of *Origanum Glandulosum* Desf. Extracts. Food, Agriculture & Environment Vol.2 (1), Pp. 69-73.
9. **Beloued, A., 2001.** Plantes Médicinales d'Algérie. Office des Publications Universitaires. 277 Pp.
10. **Benhammou, N., Atik Bekkara, F., et Panovska, T. K., 2008.** Antioxidant and Antimicrobial Activities of The *Pistacia Lentiscus* And *Pistacia Atlantica* Extracts. African Journal of Pharmacy and Pharmacology. Vol. 2 (2), Pp. 022-028.
11. **Beniston, N., T., et Beniston, W., S., 1984.** Fleurs d'Algérie. Edition Entreprise National du Livre, Alger. 359 Pp.
12. **Benyoussef, E., Charchari, S., Nacer-Bey, N., et Yahiaoui, N., 2005.** The Essential Oil of *Pistacia Lentiscus* L. from Algeria. Journal of Essential Oil Research: JEOR, Nov/Dec 2005.

13. **Boizot, N., et Charpentier Buchbauer, J., 2006.** Méthode Rapide D'évaluation du Contenu en Composés Phénoliques des Organes d'un Arbre Forestier. Le Milieu Vivant, Numéro Spécial 2006.
14. **Burnie G., Forrester S., Greig D., Guest S., Harmony M., Hobley, S., Jackson, G., Lavarack, P., Ledgett, M., Mcdonald, R., Macoboy, S., Molyneux, B., Moodie, D., Moore, J., Newman, D., North, T., Pienaar, K., Purdy, G., Ryan, S., Schien, G., et Silk, J., 1999.** Botanica, Encyclopédie de Botanique et d'Horticulture. Edition Könemann, 1020 Pp.
15. **Celiktas, O. Y., Kocabas, E.E. H., Bedir' E., Sukan, F. V., Ozek, T., et Baser, K.H.C., 2005.** Antimicrobial Activities of Methanol Extracts and Essential Oils of *Rosmarinus Officinalis*, Depending on Location and Seasonal Variations. Food Chemistry Vol. 100 (2), Pp. 553-559.
16. **Cosentino, S., Tuberoso, C.I.G., Pisano, B., Satta, M., Mascia, V., Arzedi, E., et Palmas, F., 1999.** *In-Vitro* Antimicrobial Activity and Chemical Composition of Sardinian *Thymus* Essential Oils. Letters in Applied Microbiology, 29, 130–135.
17. **Cowan, M. M., 1999.** Plant Products as Antimicrobial Agents. Clinical Microbiology Reviews, Pp. 564–582.
18. **Croteau, R., Kutchan, T. M., et Lewis, N. G., 2000.** Natural Products (Secondary Metabolites). Biochemistry & Molecular Biology of Plants, B. Buchanan, W. Gruissem, R. Jones, Eds. American Society of Plant Physiologists.
19. **Djeridane, O., Yousfi, M., Nadjmi B., Boutassouna, D., Stocker, P., et Vidal, N., 2006.** Antioxidant Activity of Some Algerian Medicinal Plants Extracts Containing Phenolic Compounds. Food Chemistry 97, Pp. 654-660.
20. **Dorman, H.J.D., et Deans, S.G., 2000.** Antimicrobial Agents from Plants: Antibacterial Activity of Plant Volatile Oils. Journal of Applied Microbiology, 88, Pp. 308–316.
21. **Durmaz, H., Sagun, E., Tarakci, Z., et Ozigokce, F., 2006.** Antibacterial Activities of *Allium Vineale*, *Chaerophyllum Macropodium* and *Prangos Ferulacea*. African Journal of Biotechnology Vol. 5 (19), Pp. 1795-1798.
22. **Duru, M. E., Cakir, A., Kordali, S., Zengin, H., Harmandar, M., Izumi, S., et Hirata, T., 2002.** Chemical Composition and Antifungal Properties of Essential Oils of Three *Pistacia* Species. Fitoterapia, Vol. 74 (1-2), Pp. 170-176.

- 23. Faleiro, M.L., Miguel, M.G., Ladeiro, F., Venâncio, F., Tavares, R., Brito, J.C., Figueiredo, A.C, Barroso, J.G., et Pedro, L.G., 2003.** Antimicrobial Activity of Essential Oils Isolated from Portuguese Endemic Species of *Thymus*. *Letters in Applied Microbiology*, 36, Pp. 35–40.
- 24. Ghalem, B., et Mohamed, B., 2009.** Bactericidal Activity of *Pistacia Atlantica*. *Desf* Mastic Gum against Certain Pathogens. *African Journal of Plant Science* Vol. 3 (1), Pp. 013-015.
- 25. Gourine, N., Yousfi, M., Nadjemi, B., et Bombarda, I., 2009.** Chemical Composition and Antioxidant Activity of Essential Oil of Leaves of *Pistacia Atlantica Desf.* from Algeria. *Asian Journal of Chemistry* Vol. 21, (2), Pp. 1249-125.
- 26. Hammer, K.A., Carson, C.F., et Riley, T.V, 1999.** Antimicrobial Activity of Essential Oils and Other Plant Extracts. *Journal of Applied Microbiology*, 86, Pp. 985–990.
- 27. Harborne, J. B., 1998.** *Phytochemical Methods: A Guide to Modern Techniques of Plant Analysis*. Troisième Edition Illustrée et Révisée. Springer.
- 28. Hardy, S.P., 2002.** *Human Microbiology*. Collection Life Lines. 261 Pp.
- 29. Hayder, N., Ben Ammar; R., Abdelwahed, A., Kilani, S., Mahmoud, A., Ben Chibani J., Mariotte, A., Ghedira, K., Dijoux-Franca, M., et Chekir-Ghedira, L.. 2005.** Antibacterial and Antimutagenic Activity of Extracts and Essential Oil from (Tunisian) *Pistacia Lentiscus*. *Toxicological & Environmental Chemistry*, Vol. 87 (4), Pp. 567–573.
- 30. Heldt, H.W., et Heldt, F., 2005.** *Plant Biochemistry*. Third Edition. Elsevier Academic Press. 630 Pp.
- 31. Hogg, S., 2005.** *Essential Microbiology*. Edition Wiley. 468 Pp.
- 32. Hufford, C. D., Funderburk, M. J., Morgan, J. M., et Robertson, L. W., 1974.** Two Antimicrobial Alkaloids from Heartwood of *Liriodendron Tulipifera* L. *Journal of Pharmaceutical Sciences*. Vol. 64 (5), Pp. 789 – 792
- 33. Inouye S., Tsuruoka T., Watanabe M., Takeo K., Akao M., Nishiyama Y., et Yamaguchi H., 2000.** Inhibitory Effect of Essential Oils on Apical Growth of *Aspergillus Fumigatus* by Vapour Contact. *Mycoses*, Vol. 43 (1-2), Pp. 17-23.
- 34. Irving, W., Ala'Aldeen, D., et Boswell, T., 2005.** *Medical Microbiology*. Collection Instant Notes. Taylor et Francis. 350 Pp.
- 35. Jean- Balain, C., 1973.** *Les Plantes Vénéneuses. Leur Toxicologie*. Edition : La Maison Rustique. 139 Pp.

- 36. Karou, D., Dicko, M. H., Simpo, J., et Traore, A. S., 2005.** Antioxidant and Antibacterial Activities of Polyphenols from Ethnomedicinal Plants of Burkina Faso. *African Journal of Biotechnology* Vol. 4 (8), Pp. 823-828.
- 37. Karou, D., Savadogo, A., Canini, A., Yameogo, S., Montesano, C., Simpo, J., Colizzi, V., et Traore, A. S., 2006.** Antibacterial Activity of Alkaloids from *Sida Acuta*. *African Journal of Biotechnology* Vol. 5 (2), Pp. 195-200.
- 38. Kavanagh, K., 2005.** Fungi, Biology and Application. Edition Wiley. 293 Pp.
- 39. Kayser, M.D. F. H., Bienz, K. A., Eckert, Ph.D. J., et Zinkernagel, M.D. M. R., 2005.** Medical Microbiology. Edition Thieme. 698 Pp.
- 40. Kivçak B., Akay S., Demirci, B., et Baser K., 2004.** Chemical Composition of Essential Oils From Leaves and Twigs of *Pistacia Lentiscus*, *Pistacia Lentiscus* Var. *Chia*, and *Pistacia Terebinthus* From Turkey. *Pharmaceutical Biology (Formerly International Journal of Pharmacognosy)*, Vol. 42 (4-5), Pp. 360-366 (7).
- 41. Lahlou, M., 2004.** Methods to Study the Phytochemistry and Bioactivity of Essential Oils. *Phytother. Res.* **18**, Pp. 435–448.
- 42. Lovkova, M.Ya., Buzuk, G.N., Sokolova, S. M., et Kliment'eva, N. I., 2001.** Chemical Features of Medicinal Plants (Review). *Applied Biochemistry and Microbiology*, Vol. 37, No. 3, 2001, Pp. 229–237. Traduit à partir de *Prikladnaya Biokhimiya I Mikrobiologiya*, Vol. 37, No. 3, Pp. 261–273.
- 43. Makkar, H.P.S., Siddhuraju, P., et Becker, K., 2007.** Plant Secondary Metabolites. *Methods in Molecular Biology* 393. Human Press. 130 Pp.
- 44. Navarro, V., et G., Delgado, 1999.** Two Antimicrobial Alkaloids from *Bocconia Arborea*. *Journal Of Ethnopharmacology* Vol. 66 (2), Pp. 223-226.
- 45. Pereira, A. P., Ferreira, I. C.F.R., Marcelino, F., Valentão, P., Andrade, P. B., Seabra, R., Estevinho, L., Bento, A., Et Pereira J. A., 2007.** Phenolic Compounds and Antimicrobial Activity of Olive (*Olea Europaea* L. Cv. Cobrançosa) Leaves. *Molecules*, 12, Pp. 1153-1162.
- 46. Porte A., et Godoy, R. L. O., 2007.** Chemical Composition of *Thymus Vulgaris* (L.) (Thyme) Essential Oil from the Rio De Janeiro State (Brazil). *J. Seb. Chem. Soc.* 73 (3), Pp. 307-310.
- 47. Rios, J.L., Recio, M. C., et Villar, A., 1988.** Screening Methods for Natural Products with Antimicrobial Activity: A Review for the Literature. *Journal of Ethnopharmacology*, 23, Pp. 127-149.

- 48. Sarma, B. K., Pandey, V. B., Mishra, G. D., et U. P. Singh, 1999.** Antifungal Activity of Berberine Iodide, a Constituent of *Fumaria Indica*. *Folia Microbiologica*, Vol. 44 (2), Pp. 164-166.
- 49. Schaechter, M., 2003.** The Desk Encyclopedia of Microbiology. Edition Elsevier. 1149 Pp.
- 50. Schauenberg, P. et Paris, F., 1977.** Guide Des Plantes Médicinales. Edition Delachaux et Niestlé S. A.
- 51. Schönfelder, I., et Schönfelder, P., 1989.** Guide de La Flore Méditerranéenne. Edition HATIER. 314 Pp.
- 52. Shin, S., 2003.** Anti- *Aspergillus* Activities of Plant Essential Oils and Their Combination Effects with Ketoconazole or Amphotericin B. *Archives of Pharmacal Research*. Vol. 26 (5), Pp 389-393.
- 53. Singh, D. K., Srivastava, B., et Sahu, A., 2004.** Spectrophotometric Determination of Rauwolfia: Estimation of Reserpine in Pharmaceuticals. *Analytical Sciences*. Vol. 20, Pp 571- 573.
- 54. Singh, U. P., Sarma, B. K., Mishra, P. K., et Ray, A. B., 2000.** Antifungal Activity of Venenatine, an Indole Alkaloid Isolated from *Alstonia Venenata*. *Folia Microbiologica*, Vol. 45, No. 2, Pp. 173-176.
- 55. Stocker, P., Yousfi, M., Djeridane, O., Perrier, J., et Amziani, R., 2004.** Effects of Flavonoids from Various Mediterranean Plants on Enzymatic Activity of Intestinal Caboxylesterase. *Biochimie* 86, Pp. 919-925.
- 56. Stocker, P., Yousfi, M., Salmi, C., Perrier, J., Brunel, JM., et Moulin, A., 2005.** Maakiain 3-O-(6'-O-Malonyl-B-D-Glucopyranoside) From *Oudneya Africana*, A Powerful Inhibitor Of Porcine Kidney Acylase I. *Biochimie* 87, 507-512.
- 57. Stoilova S., Gargova A., et Stoyanova L. Ho., 2005.** Antimicrobial and Antioxidant Activity of the Polyphenol Mangiferin. *Herba Polonica*. Vol. 51 (1/2).
- 58. Suhr K.I., et Nielsen P.V., 2003.** Antifungal Activity of Essential Oils Evaluated by Two Different Application Techniques against Rye Bread Spoilage Fungi. *Journal of Applied Microbiology*, Vol. 94, Pp. 665–674.
- 59. Talaro, K. P., et Talaro, A., 2002.** Foundations in Microbiology. Quatrième Edition. 834 Pp.
- 60. Tanaka J.C.A., Da Silva C.C., A.J.B. De Oliveira, Nakamura C. V., et Dias Filho B.P., 2006.** Antibacterial Activity of indole Alkaloids from *Aspidosperma Ramiflorum*. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, Vol. 39: Pp. 387-391.

- 61. Thomas, P., 2004.** Bacteria and Viruses. Edition Lucent Books. Collection the Lucent Library of Science and Technology. 110 Pp.
- 62. Vermerris W., et Nicholson R., 2006.** Phenolic Compound Biochemistry. Springer Edition. 267 Pp.
- 63. Wallace R. J., 2004.** Antimicrobial Properties of Plant Secondary Metabolites. Proceedings of the Nutrition Society, 63, Pp. 621–629.
- 64. Winkelhausen E., Pospiech R., et Laufenberg G., 2005.** Antifungal Activity of Phenolic Compounds Extracted from Dried Olive Pomace. Bulletin of the Chemists and Technologists of Macedonia, Vol. 24 (1), Pp. 41–46.

Annexes

Composition chimique des milieux de culture utilisés

1. Composition du Milieu Mueller-Hinton

- Peptone de viande : 20 g/l ;
- Peptone de caséine : 175 g/l ;
- Amidon : 15 g/l ;
- Agar-agar: 130 g/l ;
- Eau distillée : 1 l ;
- pH= 7,4 ± 02.

2. Composition du Milieu PDA (Potato Dextrose Agar)

- Pomme de Terre : 200g ;
- Glucose : 20g/l ;
- Agar-agar : 20g/l,
- Eau distillée : 1l.

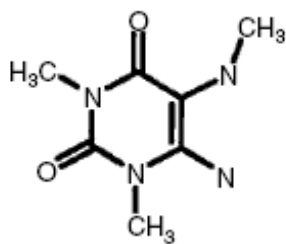
3. Composition du Milieu GYP

- Glucose : 20g/l ;
- Extrait de levure : 5g/l ;
- Peptone : 5 g/l ;
- Eau distillée : 1l.

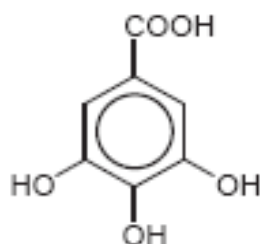
4. Composition du Bouillon Nutritif

- Extrait de viande : 5g/l ;
- Peptone pancréatique : 10g/l ;
- Chlorure de Sodium : 5g/l ;
- Eau distillée : 1l.

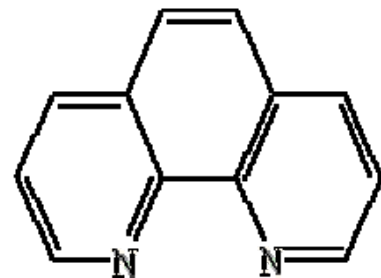
5. Quelques structures chimiques



La Caféine



L'acide gallique



L'O-Phénanthroline

Tableau 28 : Récapitulatif des caractéristiques des échantillons des plantes collectées

Nom commun de la plante	Nom scientifique	Nom arabe	Localisation de la collecte	Date	Partie utilisée	Traitement
Stramoine	<i>Datura stramonium</i>	هبالة	Dans la ville de Laghouat	Mai 2007	Feuilles	Séchage à l'étude à 30°C
Cléome	<i>Cleome arabica</i>	نتن	Nord de la ville de Laghouat	Avril 2007	Feuilles	Séchage à l'étude à 30°C
Coloquinte	<i>Citrullus colocynthis</i>	حدج/حنظل	Commune de Sidi Makhoulouf, Nord de la Wilaya de Laghouat	Mai 2007	Feuilles	Séchage à l'air libre
Pistachier d'atlas	<i>Pistacia atlantica</i>	بطمة	Commune de Khneg Laghouat	Avril 2007	Feuilles	Séchage à l'étude à 30°C
Pistachier lentisque	<i>Pistacia lentiscus</i>	ضرو	Berouaguia	Juin 2007 Décembre 2008	Feuilles	Séchage à l'air libre
Harmel	<i>Peganum harmal</i>	حرملة	Commune de Khneg, Laghouat	Avril 2007	Feuilles	Séchage à l'étude à 30°C
Ricin	<i>Ricinus communis</i>	خروع	Barrage de Beni Isguen, Ghardaïa	Juin 2007	Feuilles	Séchage à l'étude à 30°C
Laurier-rose	<i>Nerium oleander</i>	دفلة	Lit de l'Oued M'zi, Laghouat	Mai 2007	Feuilles	Séchage à l'étude à 30°C

Tableau 29 : Composés chimiques de l'huile essentielle du Pistachier d'atlas

Pic	Tr (min)	Nom Du Composé	Pourcentage
1	3,10	3-Hexen-1-Ol Cis-3-hexenol	0,25
2	5,19	Tricyclène	0,08
3	5,37	α -Thujene	0,09
4	5,56	α - Pinène	1,78
5	5,987	Camphène	0,38
6	6,88	β -Pinène	1,29
7	7,49	Myrcène	0,14
8	8,32	β -Terpinène	0,12
9	8,70	<i>Para</i> -Cymène	2,72
10	8,81	β -Phellandrene	0,36
11	10,00	γ -Terpinene	0,24
12	11,19	Terpinolène	0,05
13	11,84	Linalool L	0,10
14	12,02	Nonyl Aldéhyde	0,16
15	13,26	3,5-Diméthyl-Cyclopentane-12-Dion	0,23
16	13,67	Camphène Hydrate	0,14
17	15,29	Terpinèn-4-Ol	12,58
18	15,83	(-)-Alpha-Terpineol	3,40
19	15,97	Myrtenol	0,18
20	17,17	Ascaridole	0,18
21	17,25	Bornylene	0,29
22	19,14	3-Hydrazino-1 2 4-Triazine 2-Oxide	0,19
23	19,75	Bicyclo [2,2,1] Héptan-2-ol	0,39
24	20,06	3-Hexyne-2,5-Diol	0,20
25	20,38	Carvenone	0,09
26	20,65	(S)-2-Methylene-1-Cyclohexanol	0,28
27	21,46	1H-Imidazole	0,40
28	22,51	α -Terpinolène	0,17
29	23,32	(-)-Isoledène	0,26
30	23,45	α -Copaene	0,28
31	23,57	Aromadendrène	0,12
32	23,78	β Bourbonène	0,15
33	24,19	β Elemène	0,16
34	24,81	β -Maaliène	0,15
35	25,19	<i>Trans</i> (β)-Caryophylleène	0,55
36	25,61	Germacrène-D	0,21
37	25,77	Selina-3,7(1,1)-Diène	0,11
38	25,98	(+)-Aromadendrène	0,83
39	26,17	β -Selinène	0,20
40	26,61	Mélange de 1-Isopropyl-46-Dimethy	0,43
41	26,72	Alloaromadendrène	0,17
42	26,88	Aromadendrène	0,77
43	26,97	α - Gurjunène	0,53

44	27,35	(+)- Aromadendrène	0,08
45	27,68	, α -Amorphène	1,49
46	27,81	α -Amorphène	1,88
47	28,02	Allo-Aromadendrène	0,39
48	28,41	Ledène	3,66
49	28,65	, α -Muuroolène	1,63
50	29,12	, α -Amorphène	1,21
51	29,61	δ Cadinène (Armoise Maroc)	3,53
52	29,74	2-Oxo-1-Methyl-3-Isopropylpyrazine	0,09
53	29,87	(+)- β -Guaine	0,32
54	30,04	6,10,11,11-Tetramethyl-Tricyclo	0,66
55	30,21	Calacorène	0,28
56	30,49	(+)- β -Costol	0,30
57	30,65	Germacrène B (CAS)	0,45
58	30,82	Epiglobulol	0,74
59	31,10	β -Selinène	1,35
60	31,58	Cis-3-Hexenyl Benzoate	4,38
61	31,77	(+) Spathulenol	4,58
62	31,98	Viridiflorol Globulol	4,69
63	32,21	Viridiflorol	2,00
64	32,31	4(1H)-Pteridinone	2,33
65	32,43	4[(1 [°] R)-3 [°] (3 [°] -Hydroxy-1 [°] -Butenyl Ethanone	0,41
66	32,58	Rosifoliol	1,73
67	32,73	Junipène	0,35
68	33,07	Fonenol	2,26
69	33,29	3,4,5,6,7,8-Hexahydronaphtalen-1	0,92
70	33,37	α -Cadinène	0,22
71	33,49	Naphtalène	0,53
72	33,67	γ Eudesmol	1,55
73	34,03	Bicyclo[440] Dec-1-En 2-Isopropy	2,00
74	34,15	T-Muurolol	2,72
75	34,31	Torreyol	1,96
76	34,48	Calarène	1,41
77	34,68	T-Muurolol	5,22
78	35,04	Quinoline 2,7-Dimethyl	0,39
79	35,13	Spiro [1-Methylenecyclopropane	0,68
80	35,37	Diepi-Alpha-Cedreneperoxide	0,53
81	35,61	(3s,4r,5s,6r,7s)-Aristol-9-En-3-ol	0,67
82	35,91	Junipercamphor	0,18
83	36,17	6-Nitro-1,2,3,4-Tetrahydronaphtal	0,17
84	36,76	Isopathulenol	0,38
85	38,14	Junipène	0,11
86	38,31	Vulgarol B	0,22
87	38,41	Benzyl Benzoate	0,58
88	38,99	(+)- Aromadendrène	0,15

89	39,73	Aromadrenepoxide-(II)	0,19
90	40,06	4,8,8-Trimethyl-3-Oxa-Bicyclo	0,28
91	40,15	Furan2,2'-Methylenebis	0,19
92	40,27	Naphthalene	0,28
93	40,73	Isobarbatene Ketone	0,11
94	41,36	2-Pentadecanone	0,23
95	41,36	Isopathulenol	0,39
96	41,97	Bis Acide 1,2-Benzenedicarboxylic-	0,14
97	42,32	(+)-Epoxyisocyclogermacrenol	0,19
98	43,34	Caryophylla-3,8(13)-Dien-5-β	0,14
99	43,63	(EE)- Farnesylacetone	0,24
100	44,40	Fonenol	0,16
101	44,60	Pentane 1-Bromo	0,15
102	45,67	Acide Hexadecanoic	0,97
103	49,67	Phytol	0,30
104	54,70	Tetracosamethylcyclododecasinoxane	0,00
105	55,47	Tetracosamethylcyclododecasinoxane	0,13
106	55,78	1H-Purin-6-amine	1,10
107	55,86	Trisiloxane1,1,1,5,5,5-hexaméthyl	0,05
108	56,07	Eicosane	0,17
109	56,13	2,6-Dimethyl-3-4bis	0,11
110	56,34	1H-Purin-6-amine	0,30
111	56,51	Caryophylla-3,8 (13) dien 5	0,13
112	56,57	Hexasiloxane Tetradecamethyl	0,25
113	56,71	Eicosane	0,43
114	56,91	Tetracosamethylcyclododecasiloxane	0,30
115	57,08	Silicone Grease	0,43
116	57,24	Tetracosamethylcyclododecasiloxane	0,33
117	57,43	1,1,3,3,5,5,7,7,9,9,1,1,1,1,3,1,3,1,5 Silicone Grease	0,28
118	57,61	3,6-Dioxa2457-Tetrasilooctane	0,20
119	58,02	Tetracosamethylcyclododecasiloxane	0,07

Tableau 30 : Composés chimiques de l'huile essentielle du Pistachier lentisque

Pic	Tr (min)	Nom du composé	Pourcentage
1	3,73	<i>Cis</i> -3-Hexenol	0,03
2	5,55	α-Pinène	0,28
3	6,77	2H-Pyran 2-Ethyltetrahydro-26	0,04
4	6,87	2-β-Pinène	0,14
5	7,65	Myrcène	7,05
6	8,32	Isocineole	0,09
7	8,66	<i>Para</i> Cymène	0,18
8	8,81	DL- Limonène	0,25
9	9,68	1,3,7-Octatriene 37 Dimethyl	0,04
10	10,03	Isoamylbutyrate	0,09
11	10,52	Tricyclo Heptane	0,07

12	11,20	Terpinolène	0,06
13	11,28	Benzne 1-Methyl-4-(1Methylethen	0,07
14	11,28	Linalool	0,25
15	12,01	2-Methyl-6-Methylene-3,7-Octadiene	0,10
16	12,09	Butanoic Acid 3-Methyl	0,06
17	13,20	Terpinene 1-Ol Cyclobutane	0,16
18	13,66	Beta Terpineol	0,49
19	14,38	2-Octycyclopropene-1-Heptanol	0,26
20	14,52	β Terpineol	0,27
21	15,02	3-Cyclohexan-1-Ol 4-Methyl-1-Terpine-4-Ol	0,30
22	15,90	(-)- α – Terpineol	4,91
23	16,08	γ -Terpineol	0,63
24	17,62	Cis-3-Hexenyl α	0,05
25	18,40	Octanoic Acid 3-Methylbutyl Ester	0,12
26	18,52	Isoamyl Hexanoate	0,06
27	19,33	Vitispirane	0,17
28	19,74	(-)-Bornyl Acétate	0,05
29	20,29	2-Undecanone	0,14
30	20,63	(-)-Methyl Norcaryl Ketone	0,13
31	22,43	Naphthalène	0,12
32	23,28	Alpha Ylangene	0,10
33	23,48	Alpha Copaene	0,53
34	24,24	Beta Elemene	0,54
35	24,83	Alloaromadendrène	0,17
36	25,65	β Caryophyllène	17,09
37	25,77	Germacrène-D	0,25
38	25,92	(+)-Calarène ou (+)- β - Gurjune	0,05
39	36,07	Allo-Aromadendrène	0,25
40	26,26	Benzoic Acide Pentyl Ester	0,14
41	26,79	α Humulene	4,04
42	26,99	Alloaromadendrène	0,89
43	27,41	(+)-Aromadendrene	0,05
44	27,60	(+)- δ -Selinene	0,31
45	27,82	α Amorphene	2,82
46	27,92	Naphtalène 1,2,3,4,4a,5,6,8a-Octa	1,91
47	28,04	β Selinene	0,28
48	28,21	Bicyclo [4,4,0]Dec-1-En 2-Isopropy.....,	0,15
49	28,45	Ledene	1,71
50	28,75	α Muurolene	2,44
51	28,89	δ Cadinene	0,11
52	29,19	α Amorphene	1,10
53	29,77	δ Cadinene (Armoise Maroc)	6,91
54	29,94	Cadina-1,4-Diene	0,21
55	30,12	α Muurolene	0,45
56	30,30	1-Allenyl-2,3,5,6-Tetraethylbenzene	0,51

57	30,57	(-)-Caryophyllene Oxide	0,50
58	30,83	(-)- β -Selinene	0,27
59	31,13	Palustrol	0,52
60	31,30	α Caryophyllène Alcohol	0,54
61	31,78	(+) Spathulenol	3,33
62	31,86	Caryophyllène Oxide	2,03
63	31,94	Viridiflorol	1,48
64	32,28	Trans-16-Dimethylbicyclo(4,3,0)	1,80
65	32,39	Santalol	0,15
66	32,57	5-Methyl-7-Amino S-Triazolo (1,5-A)	1,06
67	32,57	Trans-3,4-Dimethyl-1-Cyclohexane...	0,60
68	33,08	Foneol	1,68
69	33,31	3,4,5,6,7,8-Hexahydronaphtalene-1	0,55
70	33,56	Naphtalene	1,35
71	33,67	(+)- δ -Selinene	0,48
72	33,81	Isocaryophyllene	0,26
73	34,10	δ Cadinene	2,61
74	34,26	<i>T</i> -Muurolol	3,60
75	34,40	δ -Cadinol	1,74
76	34,81	<i>T</i> -Muurolol	6,71
77	35,11	Quinoline 2,7-Dimethyl	0,20
78	35,21	Aromadendrène	0,60
79	35,42	Valencène	0,28
80	35,66	Dehydroaromadendrene	0,40
81	36,20	1S <i>Cis</i> -Calamenène	0,11
82	36,44	Alloaromadendrène	0,06
83	39,16	Tetradecanoic Acid	0,29
84	39,51	Chiloscyphone	0,04
85	39,72	Oplopenone	0,11
86	39,96	4-(4-Methoxyphenyl) Oxazole	0,08
87	40,13	Dihydro- β -Ionone	0,03
88	40,73	Golubolol	0,05
89	41,28	2-Pentadecanone 61014-triméthyl	0,18
90	42,89	(EE)-4-11-15-Trimethyl-3-Methylen	0,12
91	43,54	Cembrene	0,08
92	43,64	Nerolidol	0,06
93	44,72	Solanesol	1,07
94	45,76	(EE)-7,1,1,1,5-Trimethyl-3-Methylen	1,78
95	45,95	Acide Hexadecaioique	1,04
96	46,17	10-Methocy-Nb-Alpha-Methylcorynant	0,16
97	47,10	Geranyl Linalyl Ester	0,05
98	48,17	Farnesol 1	0,06
99	49,69	2-Hexadecen-1-ol	0,18
100	50,82	9,1,2-Octadecadinieoic Acid	0,34
101	54,80	Tricosane	0,02

102	55,35	<i>Trans</i> -Caryophyllène	0,02
103	55,46	Tetracosamethylcyclododecasoloxane	0,04
104	55,60	Tetracosane	0,02
105	55,78	1H-Purin-6-amin	0,02
106	55,87	Sesquisabinene Hydrate	0,03
107	56,07	Pentacosane	0,10
108	56,10	Hexasiloxane- tetraméthyl	0,05
109	56,24	(+)-Aromadendrène	0,10
110	56,39	Chola-5,2,2-Dien-3-ol	0,28
111	56,57	1H-Purin-6-amineo	0,15
112	56,71	Eicosane	0,26
113	56,97	Eicosane	0,18
114	57,08	1-(-(Z)-1-methylthio-1,3-butadièn	0,15
115	57,23	Eicosane	0,19
116	57,44	2-(2-Difluoroboroxy-1-Propenyl)	0,15

Tableau 31 : Tableau récapitulatif des diamètres, en millimètres, des zones d'inhibition engendrées par les extraits Phénoliques alcooliques testés

Plante source de la phase organique	Solution testée	<i>E. coli</i> ATTC 25922			<i>S. aureus</i> ATTC 43300			<i>P. aeruginosa</i> ATTC 27853			<i>A. fumigatus</i>			<i>Fol</i>		
		Test 1	Test 2	Test 3	Test 1	Test 2	Test 3	Test 1	Test 2	Test 3	Test 1	Test 2	Test 3	Test 1	Test 2	Test 3
Stramoine	S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	D1	-	-	-	-	-	-	-	10	11	-	-	-	-	-	-
	D2	-	-	-	-	-	-	-	11	9	-	-	-	-	-	-
Coloquinte	S	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8	-	-	9
	D1 (1/10)	-	-	-	-	-	-	14	10	11	-	-	13	-	16	15
	D2 (1/100)	-	-	-	-	-	-	9	9	-	-	-	-	-	-	-
Ricin	S	-	11	-	10	9	10	-	-	-	-	-	10	-	-	-
	D1 (1/10)	-	-	-	-	-	-	8	10	9	-	-	-	10	-	-
	D2 (1/100)	-	-	-	11	10	-	-	-	-	-	-	-	9	-	-
Laurier-rose	S	-	-	9	-	-	-	-	8	-	-	-	-	-	11	-
	D1 (1/10)	-	-	-	-	-	-	12	10	9	-	-	-	-	10	10
	D2 (1/100)	-	-	-	-	13	-	11	10	-	-	-	-	-	11	-
Pistachier d'atlas	S	-	-	-	9	-	-	13	10	14	-	-	-	10	-	-
	D1 (1/100)	-	-	-	-	-	-	12	12	12	-	-	10	-	11	-
	D2 (1/1000)	-	-	-	-	-	-	9	11	12	-	-	-	13	11	-
Pistachier lentisque	S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7	-
	D1 (1/100)	-	-	-	-	10	9	-	-	-	-	-	-	-	-	11
	D2 (1/1000)	-	-	-	-	-	9	-	-	11	-	-	-	11	9	-
Cléome	S	-	-	-	-	-	-	15	-	-	-	-	-	-	-	9
	D1 (extrait brut)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15	-	13
	D2 (1/10)	-	-	-	-	-	-	10	-	-	-	-	-	-	-	-
Harmel	S	-	10	-	-	9	-	12	-	-	-	-	-	-	-	-
	D1 (extrait brut)	-	8	9	-	-	-	14	-	11	10	-	-	18	16	13
	D2 (1/10)	-	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tableau 32: Tableau récapitulatif des diamètres, en millimètres, des zones d'inhibition engendrées par les huiles essentielles du Pistachier d'atlas et du Pistachier lentisque

Plante source de l'huile essentielle	Solution testée	<i>E. coli</i> ATTC 25922			<i>S. aureus</i> ATTC 43300			<i>P. aeruginosa</i> ATTC 27853			<i>A. fumigatus</i>			<i>Fol</i>			<i>Foa</i>		
		Test 1	Test 2	Test 3	Test 1	Test 2	Test 3	Test 1	Test 2	Test 3	Test 1	Test 2	Test 3	Test 1	Test 2	Test 3	Test 1	Test 2	Test 3
Pistachier d'atlas	S	14	18	16	12	13	10	12	-	-	-	-	-	13	12	-	-	8	9
	D1	17	19	17	14	15	13	14	11	13	10	-	-	17	17	17	-	17	17
	D2	14	14	18	14	14	15	12	-	11	-	-	-	20	20	13	-	-	14
Pistachier lentisque	S	13	-	10	13	-	11	13	-	11	-	-	-	-	10	13	-	9	9
	D1	15	7	13	15	-	15	12	13	14	12	12	-	20	18	13	13	20	17
	D2	12	10	9	20	14	11	10	9	14	12	10	-	15	16	13	12	13	9

S : Solvant ; D1 : 2,5% ; D2 :1% ;

Tableau 33 : Tableau récapitulatif des diamètres, en millimètres, des zones d'inhibition produites par les extraits alcaloïdiques

Plante source des alcaloïdes	Solution testée	<i>E. coli</i> ATTC 25922			<i>S. aureus</i> ATTC 43300			<i>P. aeruginosa</i> ATTC 27853			<i>A. fumigatus</i>			<i>Fol</i>			<i>Foa</i>		
		Test 1	Test 2	Test 3	Test 1	Test 2	Test 3	Test 1	Test 2	Test 3	Test 1	Test 2	Test 3	Test 1	Test 2	Test 3	Test 1	Test 2	Test 3
Stramoine	S	-	-	15	10	11	-	-	-	11	-	8	-	-	11	-	9	10	10
	D1	-	-	14	11	-	-	-	-	19	-	-	-	-	-	-	-	11	10
	D2	-	-	15	10	-	-	-	-	14	-	-	-	-	-	-	10	12	11
	D3	-	-	12	11	-	-	-	-	-	13	8	9	-	-	-	11	-	11
Cléome	S	8	10	-	14	18	12	14	-	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	D1	10	10	-	-	12	-	-	12	-	10	14	-	-	-	-	-	-	-
	D2	12	-	-	-	11	9	-	-	14	-	-	11	-	-	-	-	-	-
	D3	-	9	-	10	-	10	11	-	14	-	-	10	-	-	-	-	-	-
Coloquinte	S	-	12	-	9	-	-	-	-	13	9	9	-	11	-	9	-	-	-
	D1	-	-	-	-	-	-	-	12	12	-	-	-	12	-	9	-	-	-
	D2	-	13	-	-	10	-	14	-	13	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	D3	-	14	-	11	12	-	13	-	-	14	-	-	10	-	-	-	-	-
Harmel	S	10	11	14	12	11	-	11	-	-	8	-	-	-	-	-	8	-	-
	D1	-	12	-	10	10	-	-	-	-	11	-	-	-	-	-	-	10	-
	D2	-	-	3	12	12	-	-	-	-	-	-	-	-	10	-	9	-	-
	D3	-	13	12	13	13	-	-	-	-	-	-	-	-	9	-	12	-	-
Laurier-rose	S	-	-	10	-	13	11	-	-	-	-	14	14	-	8	10	9	9	-
	D1	-	-	-	-	11	10	-	12	-	12	-	12	13	-	-	8	10	-
	D2	-	-	12	-	-	10	-	-	14	-	-	-	9	-	-	-	-	-
	D3	-	-	10	10	10	12	-	-	14	-	14	14	9	-	-	9	-	-
Ricin	S	13	-	-	8	-	-	-	-	-	10	9	8	-	-	-	-	-	-
	D1	8	7	-	12	10	-	17	-	-	-	10	9	-	14	-	-	-	-
	D2	14	13	11	-	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	D3	12	-	15	10	10	-	-	-	-	8	-	8	-	-	-	-	-	-

D1 : 1/100 ; D2 : 1/1000 ; D3 : 1/10000

المخلص

قمنا في إطار هذا العمل بتقدير الفعالية المضادة للبكتيريا والفطريات للمركبات الفينولية، الزيوت العطرية و كذا القلويدات التي تم استخلاصها من ثماني نباتات محلية وهي :

Datura stramonium, Peganum harmala, Ricinus communis, Nerium oleander, Citrullus colocynthis, Cleome arabica, Pistacia atlantica, Pistacia lentiscus.

ثم قمنا بتحديد كمية المركبات الفينولية والقلويدية في هذه النباتات باستعمال تقنية الطيف الضوئي للأشعة فوق البنفسجية و المرئية (Spectrophotométrie UV-Visible). أما بالنسبة للزيوت العطرية , فقد تم تحليلها كيميا و نوعيا باستخدام الكروماتوغرافيا الطور الغازي المزوجة بمطيافية الكتلة (CG-MS).

من خلال النتائج المتحصل عليها، لاحظنا وجود فعالية مهمة للزيوت العطرية لنبات الضرو (*Pistacia lentiscus*) و نبات البطم (*Pistacia atlantica*) ضد البكتيريا (*P. aeruginosa, S. aureus, E. coli*) و ضد الفطرين :

(*Fusarium oxysporum f.sp. albedinis; F. oxysporum f. sp. Lycopersici*)

كما سجلنا تركيز مثبت ادنى لجميع البكتيريا بقيمة 0.25 % (ح/ح) بالنسبة للزيت العطري لنبات الضرو. اضافة الى ذلك فقد اظهر المستخلص القلويدي لنبات الخروع فعالية جد مهمة ضد *E. coli* بتركيز مثبت ادنى قيمته 0.02 مغ/مل.

الكلمات المفتاح : نبات, مركبات فينولية, زيوت عطرية , قلويدات , النشاط المضاد للبكتيريا , النشاط المضاد للفطريات

Abstract

In this study, we attempted to evaluate the antimicrobial and antifungal potential of plant secondary metabolites: phenolic compounds, essential oils and alkaloids. These metabolites were extracted from eight spontaneous plants collected in the area of Laghouat. The investigated plants are: *Datura stramonium, Peganum harmala, Ricinus communis, Nerium oleander, Citrullus colocynthis, Cleome arabica, Pistacia atlantica* and *Pistacia lentiscus*.

The phenolic compounds and alkaloid concentrations were evaluated by UV-Visible Spectrophotometry. Quantitative and qualitative analysis of the essential oils was performed by GS/MS.

The essential oils of *Pistacia atlantica* and *Pistacia lentiscus* demonstrated an inhibitory activity against *E. coli* ATTC 25922, *S. aureus* ATTC 43300 MRSA+, *P. aeruginosa* ATTC 27853 and against *Fusarium oxysporum f.sp. albedinis* et *F. oxysporum f. sp. lycopersici*.

The MIC of *Pistacia lentiscus* essential oil on bacteria was 0.25% (v/v). The alkaloidic extract of *Ricinus communis* was effective against *E. coli* ATTC 25922 and exhibited an MIC of 0.02 mg/ml.

Keywords: plant, phenolic compounds, essential oils, alkaloid, antibacterial activity, antifungal activity