



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Amar Thelidji- Laghouat



**FACULTE DES SCIENCES
DEPARTEMENT DE BIOLOGIE**

MEMOIRE DE MASTER

**DOMAINE : Sciences de la Nature et de la Vie
FILIERE : Sciences Biologiques
OPTION : Biochimie appliquée**

Thème

**Etude des activités antibactérienne et antioxydante
des huiles essentielles et des composés phénoliques
de *Thymus vulgaris* et *Thymus algeriensis***

Présenté par : BEN LAHBIB Nabila, MAIDI Saida, OUINTEN Maria

Jury de soutenance :

M. MESSAOUDI Omar	MCA	Président
Mme BENABED Khadidja Houda	MCB	Examinatrice
Mme BOUSSOUSSA Hadjer	MCA	Promotrice
Mme KHACHBA Ihsen	Prof.	Co-promotrice

Année universitaire 2021/2022

Remerciement

Nous remercions tout d'abord Allah le tout puissant de nous avoir donné la force, la patience, la santé et la volonté pour réaliser ce modeste travail.

Nous désirons exprimer notre profonde et vive reconnaissance à Doc. Boussoussa Hadjer, pour avoir accepté de diriger ce travail, comme nous la remercions pour ses encouragements, et pour nous avoir fait partager son expérience. Nous souhaitons aussi remercier Mme Guellouma Fatima pour son soutien et son aide, particulièrement lors de l'expérimentation.

Nous tenons à remercier profondément les membres de jury pour avoir accepté d'évaluer notre mémoire.

Nous remercions très sincèrement Pr. Yousfi Mohamed chef du Laboratoire des Sciences Fondamentales Université de Laghouat, pour son aide précieux et ses conseils qui nous ont facilité la réalisation de ce travail. Nos remerciements vont également M.Linani enseignant à l'université UASL et M.Ziane biologiste de santé publique au laboratoire Kaibob et à tous les membres du laboratoire du département de biologie de l'université de Laghouat et du laboratoire de l'hôpital Colonel Lotfi -240 lits Laghouat-.

Nous adressons aussi un grand remerciement à tous les enseignants du département de biologie, université Amar Thelidji –Laghouat ayant contribué à notre formation tout le long de notre parcours universitaire, sans oublier de remercier tous nos proches et amis (amies) ainsi que nos collègues d'études pour leur soutien et encouragements.

En dernier nous remercions tous ceux qui nous ont aidées, de près ou de loin, à la réalisation de ce modeste travail.

Merci à toutes et à tous.

Dédicace

Mes remerciements vont tout d'abord au bon DIEU pour la volonté et la patience qu'il m'a donné durant ces longues années d'étude afin que je puisse arriver à ce stade.

Je dédie ce modeste travail :

Aux personnes le plus chères au monde : Mon père Allal et Ma mère Khadija, qui sont la lumière de mes yeux, pour votre amour, votre affection votre soutien constant et sans qui je ne serais pas arrivée jusqu'ici.

Recevez ici ma profonde gratitude pour vos innombrables sacrifices.

À mes chers sœurs : Hanan, Zobida et Kaltoum.

À mes chers frères : Jamal et Dadi.

À Mon professeurs Mme BOUSSOUA et Mme GELLOUMA.

Pour son dévouement exemplaire et ses conseils constructifs, pour afin de les aider à remplir mon mémoire.

À Mes professeurs qui m'ont enseigné au long de mes études. Surtout Mlle BACHRI ACHOURA pour votre amour et soutien.

Je Dédie aussi de ce travail à mes amies que j'ai vécu avec elles des beaux moments au cours de mon cursus universitaire.

Ben lablib Nabila

Dédicace

Toutes les lettres ne sauront trouver les mots qu'il faut. Je dédie ce modeste travail

A mon très cher père, Vous avez toujours été mon école de patience. J'implore Dieu, tout puissant, de vous accorder une bonne santé, une longue vie et beaucoup de bonheur.

A ma très chère mère, Aucune dédicace très chère maman, ne pourrait exprimer la profondeur des sentiments que j'éprouve pour vous, vos sacrifices innombrables et votre dévouement firent pour moi un encouragement.

Vous avez guetté mes pas, et m'avez couvé de tendresse, ta prière et ta bénédiction m'ont été d'un grand secours pour mener à bien mes études. Vous m'avez aidé et soutenu pendant de nombreuses années avec à chaque fois une attention renouvelée. Puisse Dieu, tout puissant vous combler de santé, de bonheur et vous procurer une longue vie.

À la mémoire de mon frère Mohamed El-Mokhtar que dieu ait leur âme.

A mes chers frères : Maidi, Abderrahmane, Saleh, et Ibrahim.

Ces quelques lignes, ne sauraient traduire le profond amour que je te porte.

Votre bonté, vos encouragements tout au long de mes années d'étude, votre amour et votre affection, ont été pour moi l'exemple de persévérance.

Que ce travail soit une expression de mon estime envers vous, et que Dieu vous protège et vous accorde santé, succès et bonheur dans votre vie.

A mes chères sœurs : Soumaia, Halima, et Khadidja.

Aucune dédicace ne peut exprimer mon amour et ma gratitude d'être mes sœurs.

Je ne pourrais jamais imaginer la vie sans vous

Vous êtes les sœurs qui assure son rôle comme il faut, je n'oublierais jamais vos encouragements et votre soutien le long de mes années d'études. Je te souhaite beaucoup de succès, de prospérité et une vie pleine de joie et de bonheur.

Aux femmes de mes frères : Fatima, Amina et Khayra

A mes adorables neveux : Oussama, Malik, Islam, Abdelkader, Ahmed, Nidal et Joud.

A mes petites princesses : Ferdous, Nour El-yakin, Meryem, Layla et Amani.

A mes meilleurs amis

À tous ceux que j'aime

Maidi Saida

Dédicace

Les louanges sont à Allah seigneur des mondes, qui grâce à lui nous avons pu réaliser ce modeste travail que je dédie :

A mes très chers parents que Dieu les protège, pour leur innombrables sacrifices, et qui m'ont toujours encouragés et soutenue, et grâce a eux j'ai pu atteindre ce niveau d'études.

À mon oncle, Mohamed pour son aide précieuse et ses conseille durant mes cycles d'études.

A mes sœurs Nanna et Asma, ainsi qu'a toute ma grande famille.

A ma meilleure amie Mousselmal Sara.

A la fin je remercie tous les enseignants qui m'ont accompagné durant tout mon parcours d'étude.

Ouinten Maria

Résumé :

Les plantes médicinales constituent une source importante de molécules antimicrobiennes et antioxydantes. Le *Thymus* est considéré parmi les genres qui sont riches en huiles essentielles (HE) et composés phénoliques (CP). Le but de ce travail est d'étudier les activités antibactérienne et antioxydante des huiles essentielles et des composés phénoliques des deux espèces *Thymus vulgaris* et *Thymus algeriensis* de la famille des *Lamiaceae*.

L'extraction des HE a été réalisée par hydrodistillation (Clevenger), et l'extraction des CP par macération de la partie aérienne des deux plantes choisies. Les rendements obtenus de *T.vulgaris* et *T.algeriensis* en HE sont de 2.5 % et 3.5 % respectivement. Tandis que ceux en CP sont de 20.6 % et 17 % respectivement.

L'activité antibactérienne contre la *Staphylococcus aureus* et la *Pseudomonas aeruginosa*, ce fait par la technique de diffusion par disque et le test à microplaque 96 puits. Les résultats montrent une très bonne activité des HE des deux espèces contre *Staphylococcus aureus* par rapport aux CP, avec une CMI d'HE de *T.algeriensis* égale à 0,37 g/ml et 0,19 g/ml pour *T.vulgaris*. Par contre les HE et les CP des deux plantes ne présentent aucune activité contre la *Pseudomonas aeruginosa*. Le dosage des phénols totaux pour *T.vulgaris* et *T.algeriensis* ont produit des teneurs de $31,812 \pm 7,723$ g/l, et de $13,646 \pm 2,184$ g/l respectivement.

L'étude de l'activité antioxydante a été réalisée par le test de DPPH et le test de Phosphomolybdate. Le premier test a montré que les CP des deux plantes étudiées, *T.vulgaris* et *T.algeriensis*, ont une activité antioxydante importante. Les HE ont donné des CI_{50} de $2,961 \pm 0,075$ mg/ml et de $7,852 \pm 0,148$ mg/ml respectivement. D'autre part les CP ont produit des CI_{50} de $0,070 \pm 0,003$ mg/ml et de $0,120 \pm 0,009$ mg/ml respectivement. Le deuxième test a donné des valeurs faibles de VCEAC pour les deux plantes étudiées. Ces valeurs sont de 0,021 et 0,010 pour les HE et de 0,021 et 0,010 pour les CP, respectivement. Ceci signifie que le *T.vulgaris* et le *T.algeriensis* ont un faible pouvoir réducteur des HE et des CP.

Mots Clés : *Thymus vulgaris*, *Thymus algeriensis*, Activité antibactérienne, Activité antioxydante, Phosphomolybdate, CMI, DPPH, VCEAC, CI_{50} .

Abstract

Medicinal plants are an important source of antimicrobial and antioxidant molecules. The *Thymus* is considered among the genus that are rich in essential oils (EO) and phenolic compounds (PC). The objective of this work is to study the antibacterial and antioxidant activities of the essential oils and phenolic compounds of the two species of the *Lamiaceae* family *Thymus vulgaris* and *Thymus algeriensis*.

The extraction of EO was done by hydrodistillation (Clevenger), and the extraction of PC by maceration of aerial part of the two chosen plants. The obtained yields for *T.vulgaris* and *T.algeriensis* in EO are equal to 2.5 % and 3.5 % respectively, while those in PC are equal to 20.6 % and 17 % respectively.

The antibacterial activity against *Staphylococcus aureus* and *Pseudomonas aeruginosa* is done by the disc diffusion technique and the 96 well microplate test. The results show a very good activity of the EO of both of the species *T.algeriensis* and *T.vulgaris* against *Staphylococcus aureus* compared to PC. The values of CMI obtained for EO are equal to 0,37g/ml and 0,19g/ml respectively. On the other hand the EO and PC of both plants do not present any activity against *Pseudomonas aeruginosa*. The dosage of polyphenols for *T.vulgaris* and *T.algeriensis* produced contents of $31,812 \pm 7,723$ g/l, and $13,646 \pm 2,184$ g/l respectively.

The study of antioxidant activity was achieved by the DPPH test and the phosphomolybdenum test. The first test shows that the PC of both studied plants *T.vulgaris* and *T.algeriensis* have an important antioxidant activity. The EO gave IC₅₀ equal to $2,961 \pm 0,075$ mg/ml and $7,852 \pm 0,148$ mg/ml respectively. On the other hand the PC produced IC₅₀ equal to $0,070 \pm 0,003$ mg/ml and $0,120 \pm 0,009$ mg/ml respectively. The second test produced low values of VCEAC for both studied plants. These values are 0,021 and 0,010 for EO and 0,025 and 0,008 for CP respectively. This means that *T.vulgaris* and *T.algeriensis* have a low reducing power of EO and PC.

Keywords: *Thymus vulgaris*, *Thymus algeriensis*, antibacterial activity, antioxidant activity, phosphomolybdenum, CMI, DPPH, VCEAC, IC₅₀.

ملخص

النباتات الطبية هي مصدر مهم للجزيئات المضادة للميكروبات ومضادات الأكسدة. تعتبر الأنواع من جنس الزعتر من أغنى النباتات بالزيوت العطرية والمركبات الفينولية. الهدف من هذا العمل هو دراسة الأنشطة المضادة للبكتيريا *Thymus* (زعتر الجبل) و *Thymus vulgaris* ومضادات الأكسدة للزيوت العطرية والمركبات الفينولية لنوعي (جرتيل) من عائلة الشفويات. *algeriensis*.

تم استخلاص الزيوت الطيارة عن طريق التقطير المائي والمركبات الفينولية عن طريق النقع بالميثانول. إن مردودية الزيوت العطرية من *T. vulgaris* و *T. algeriensis* يساوي 2.5% و 3.5% على التوالي. في حين أن مردودية المركبات الفينولية يساوي 20.6% و 17% على التوالي.

تم تقييم النشاط المضاد للبكتيريا ضد *Staphylococcus aureus* و *Pseudomonas aeruginosa* بواسطة تقنية الانتشار على القرص واختبار التخفيف الدقيق. أظهرت النتائج نشاطاً جيداً جداً للزيوت العطرية للنوعين ضد بكتيريا *Staphylococcus aureus* عكس المركبات الفينولية، مع الحصول على قيم الحد الأدنى للتركيز للزيوت الطيارة بالنسبة للجرتيل 0,37 جم/ملتر و 0,19 جم/ملتر بالنسبة لزعتر الجبل. من ناحية أخرى، لا تظهر الزيوت الطيارة ولا المركبات الفينولية للنباتين أي نشاط ضد سلالة *Pseudomonas aeruginosa*. تظهر معايرة المركبات الفينولية أن محتويات *T. vulgaris* و *T. algeriensis* هي 7.723 ± 31.812 جم / لتر ، و 2.184 ± 13.646 جم / لتر على التوالي.

تم إجراء دراسة النشاط المضاد للأكسدة عن طريق: اختبار DPPH الذي أظهر أن المركبات الفينولية للنباتين زعتر الجبل والجرتيل، لها نشاط مضاد للأكسدة مهم مقارنة بالزيوت العطرية. الزيوت العطرية أعطت لنا قيم CI50 التالية $2,961 \pm 0,075$ ملغ/ملتر، $7,852 \pm 0,148$ ملغ/ملتر على التوالي. أما بالنسبة للمركبات الفينولية تحصلنا على قيم CI50 $0,070 \pm 0,003$ ملغ/ملتر، $0,120 \pm 0,009$ ملغ/ملتر على التوالي، أعطى اختبار فوسفوموليبيدات تقيماً منخفضة لـ VCEAC، حيث تتمثل هذه القيم في 0,021 و 0,010 للزيوت العطرية و 0,021 و 0,010 للمركبات الفينولية على التوالي، مما يعني أن الزيوت العطرية والمركبات الفينولية للنوعين المدروسين لديها قدرة تخفيض ضعيفة للزيوت العطرية والمركبات الفينولية.

الكلمات المفتاحية :

الزعتر الشائع (زعتر الجبل)، جرتيل، النشاط المضاد للبكتيريا، النشاط المضاد للأكسدة، فوسفوموليبيدات، DPPH، CMI, IC50, VCEAC.

Liste des abréviations

AMH	: Agar de Muller Hinton.
ATCC	: American Type Culture Collection.
CI₅₀	: Concentration inhibitrice.
CMB	: Concentration Minimale Bactéricide.
CMI	: Concentration Minimale Inhibitrice.
CP	: Composés phénoliques.
CPG-SM	: Chromatographie en phase gazeuse coupler a spectre de masse.
DMSO	: Diméthyl sulfoxyde.
DPPH	: 2,2-diphényl 1-picrylhydrazyle.
EAA	: Equivalent acide ascorbique
EAG	: Equivalent d'acide gallique.
Eaq	: Extrait aqueux.
EDCM	: Extrait dichlorométhane.
EEP	: Extrait éther de pétrole.
EMeOH	: Extrait méthanol.
FRAP	: Ferric reducing-antioxidant power
HD	: Hydrodistillation.
HE	: Huile essentielle.
HPLC	: Chromatographie Liquide à Haute Performance.
I%	: Pourcentage d'inhibition.
MH	: Mueller-Hinton.
NaCl	: Le chlorure de sodium.
R %	: Rendement en pourcentage.
RCP	: Rendement des composés phénoliques.
RHE	: Rendement des huiles essentielles.
<i>T.algeriensis</i>	: <i>Thymus algeriensis</i> .
<i>T.vulgaris</i>	: <i>Thymus vulgaris</i> .
TPT	: Teneur en phénols totaux.
TPTZ	: Tripyridyltriazine
UV-visible	: UltraViolet-Visible.
VCEAC	: Vitamine C Equivalente Antioxydante Capacity

Liste des figures

Figure 1 : <i>Thymus vulgaris</i> L.....	18
Figure 2 : <i>Thymus algeriensis</i>	20
Figure 3 : Le protocole de la macération (extraction des composées phénoliques).	22
Figure 4: La réaction de DPPH avec un antioxydant..	26
Figure 5: Cinétique d'extraction des huiles essentielles.....	31
Figure 6: Le rendement et la teneur en huiles essentielles des deux plantes étudiées « <i>Thymus vulgaris</i> et <i>Thymus algeriensis</i> ».....	32
Figure 7: Rendement des composés phénoliques de <i>Thymus vulgaris</i> et <i>Thymus algeriensis</i>	36
Figure 8: Méthode de diffusion par disque pour les extraits des <i>T.vulgaris</i> et <i>T. algeriensis</i> avec les souches étudiées.....	38
Figure 9: Résultat de test à micro plaque des extraits de <i>T.vulgaris</i> et <i>T.algeriensis</i> par rapport les souches étudiées.	40
Figure 10: Ré-isollement de <i>Staphylococcus aureus</i> avec huile essentielle de <i>T.vulgaris</i> et <i>T.algeriensis</i>	40
Figure 11: Courbe d'étalonnage de l'acide gallique.....	42
Figure 12: Les teneurs en phénols totaux de <i>Thymus vulgaris</i> et <i>Thymus algeriensis</i>	43
Figure 13: Les CI 50 de <i>Thymus vulgaris</i> et <i>Thymus algeriensis</i> avec le standard.	45
Figure 14: Les courbes des extraits de <i>T.vulgaris</i> et <i>T.algerinsis</i> avec le standard mesurés par le teste de DPPH.....	46
Figure 15: Les VCEAC de <i>Thymus vulgaris</i> et <i>Thymus algeriensis</i>	47
Figure 16: Les courbes des extraits de <i>T.vulgaris</i> et <i>T.algerinsis</i> avec le standard mesurés par le teste de Phosphomolybdate.	49

Liste des tableaux

Tableau 1: classification des composés phénoliques.	9
Tableau 2: classification des huiles essentielles.	12
Tableau 3: les teste utilisé pour la détermination de l'activité antioxydante.	17
Tableau 4: Classification botanique de <i>Thymus vulgaris</i>	19
Tableau 5: classification botanique de <i>Thymus algeriensis</i>	20
Tableau 6: Les souches bactériennes testées par les extraits de <i>T.vulgaris</i> et <i>T.algeriensis</i>	23
Tableau 7: Rendement des huiles essentielles des deux plantes étudiée (<i>Thymus vulgaris</i> et <i>Thymus algeriensis</i>).	31
Tableau 8: Rendements d'HE de <i>Thymus vulgaris</i> en Algérie et dans différente régions du monde.	33
Tableau 9: Rendements d'HE de <i>Thymus algeriensis</i> en Algérie et dans le Maroc.	34
Tableau 10: Teneurs et Caractéristiques Physiques des Huiles Essentielles Extraites des Plantes Médicinales de la Famille des <i>Lamiaceae</i>	35
Tableau 11: Couleur, aspect et rendement en composés phénoliques de <i>Thymus vulgaris</i> et <i>Thymus algeriensis</i>	36
Tableau 12: Rendement des composés phénoliques de <i>Thymus vulgaris</i> et <i>Thymus algeriensis</i> extrait par différents méthodes.	37
Tableau 13: L'activité antibactérienne causée par HE de <i>T.vulgaris</i> et <i>T.algeriensis</i> par la méthode de diffusion par disque.	38
Tableau 14: Les teneurs en phénols totaux de <i>T.vulgaris</i> et <i>T.algeriensis</i> exprimés en g/l et en mg EAG par gramme d'extrait sec.	42
Tableau 15: Comparaison des TPT de <i>T.algeriensis</i> récoltée dans des régions différentes.	44
Tableau 16: Les valeurs d'CI50 des extraits des composés phénoliques et des huiles essentielles mesurées par le teste de DPPH.	44
Tableau 17: Les valeurs de VCEAC des extraits des composés phénoliques et des huiles essentielles mesurées par le teste de phosphomolybdate.	47

Table de matière

Introduction.....	2
Recherche bibliographique	
1-Généralités sur les plantes médicinales et aromatiques	6
2-Les métabolites secondaires des plantes.....	6
2-1- Les alcaloïdes	7
2-2-Les composés phénoliques	7
2-3- Les huiles essentielles.....	11
3-Composition chimique de <i>Thymus vulgaris</i> et <i>Thymus algeriensis</i>	14
3-1-Composition chimique de <i>Thymus vulgaris</i>	14
3-2-Composition chimique de <i>Thymus algeriensis</i>	15
4-Utilisation de <i>Thymus vulgaris</i> et <i>Thymus algeriensis</i>	15
4-1-Utilisation de <i>Thymus vulgaris</i>	15
4-2-Utilisation de <i>Thymus algeriensis</i>	15
5- Méthode d'étude de l'activité antimicrobienne	16
6- Méthode d'étude de l'activité antioxydante.....	16
Matériels et méthodes	
1-Le matériel végétal.....	18
1-2-La plante <i>Thymus vulgaris</i> (زعتر الجبل)	18
1-3-La plante <i>Thymus algeriensis</i> (جرتيل).....	19
2-Extraction des huiles essentielles	21
2-1-Mode opératoire.....	21
2-2 Calcul du rendement en huile essentielle des deux plantes étudiées.....	21
2-3-Extraction par macération dans le méthanol.....	22
2-4 -Calcul du rendement.....	23
3-Etude de l'activité Antibactérienne	23
3-1-Les souches bactériennes.....	23
3-2-L'inoculum bactérien	23
3-3-Evaluation de l'activité antibactérienne	23
4-Dosage des phénols totaux.....	25
4-1-Principe.....	25
4-2-Protocole.....	26
5-Etude de l'activité antioxydante	26
5-1-Teste de DPPH.....	26

5-2-Teste phosphomolybdate	27
Résultats et discussions	
1-Cinétique d'extraction des huiles essentielles	31
1-2-Calcul du rendement des huiles essentielles pour les deux plantes étudiées	31
1-3- Rendement de l'extrait méthanolique	36
2-Activité antibactérienne	38
2-1-Méthode diffusion par disque	38
2-2-Méthode de microdilution	39
3-Dosage des phénols totaux	41
4-L'activité antioxydante	44
4-1-Teste de DPPH.....	44
4-2-Teste de Phosphomolybdate	46
Conclusion et perspective	46
Références bibliographiques	49
Annexe	59

Introduction

Introduction

Pendant des milliers d'années, les humains ont utilisé diverses ressources trouvées dans l'environnement pour traiter et guérir diverses maladies. **(Lee, 2004).**

L'organisation mondiale de la santé (OMS) a estimé qu'environ 80 % de la population des pays en voie de développement ont recourt à la médecine traditionnelle pour leur besoin de santé primaire.

Les médicaments à base de plantes sont encore largement utilisés et ont une importance considérable dans le commerce international. Plus de 120 composés végétaux sont utilisés en médecine moderne, dont près de 75% sont utilisés selon leurs usages traditionnels. Cela signifie que le nombre de médicaments dérivés de produits naturels dépasse ceux dérivés chimiquement. **(Abedini, 2014).**

Selon **Rollinger, 2004** les composés d'origine naturelle présentent l'avantage d'une très grande diversité de structures chimiques et ils possèdent un très large éventail d'activités biologiques.

Les propriétés antimicrobiennes des plantes aromatiques et médicinales sont connues depuis l'antiquité. Les scientifiques n'y ont prêté attention qu'au début du XXe siècle. **(Yano, 2006).**

L'attention s'est portée sur les herbes et les épices comme source d'antioxydants, qui peuvent être employés pour se protéger contre les effets du stress oxydant. **(Mata et al., 2007).**

Qu'il s'agit d'une perturbation dans la balance métabolique cellulaire durant laquelle la génération d'oxydants accable le système de défense antioxydant. Que ce soit par une augmentation de la production d'oxydants et/ou par une diminution de la défense antioxydant, le résultat est l'accumulation de radicaux libres causant des dommages oxydatif. **(Benaïcha, 2008).**

Le règne végétal représente une source importante d'une immense variété de molécules bioactives. **(Ferrari, 2002).**

Dans ce travail nous avons étudiée l'activité antibactérienne et l'activité antioxydante des huiles essentielles et composés phénoliques de deux plantes médicinales et aromatiques de la famille des Lamiacées : *Thymus vulgaris* et *Thymus algeriensis* "

Notre travail sera réparti en trois chapitres :

- Le premier est relatif à l'étude bibliographique : généralité sur les plantes médicinales et les métabolites secondaires.

- Le deuxième chapitre décrit le matériel et les méthodes utilisées dans les différentes manipulations.
- Le troisième présentera les résultats obtenus accompagnés de leur discussion.
- Une conclusion viendra clôturer notre étude.

Recherche bibliographique

1-Généralités sur les plantes médicinales et aromatiques

Les plantes médicinales sont utilisées depuis l'antiquité, pour soulager et guérir les maladies humaines. En effet, l'usage des remèdes à base de plantes utilisées par les pharmacopées traditionnelles pour le traitement des maladies de l'homme est très ancien, la grande majorité des populations rurales se soigne exclusivement avec des plantes médicinales **(Newman et Cragg, 2007)**

L'histoire des plantes aromatiques et médicinales est associée à l'évolution des civilisations. Dans toutes les régions du monde, L'histoire des peuples montre que ces plantes ont toujours occupé une place importante en médecine, dans la composition des parfums et dans les préparations culinaires. **(Amarti et al., 2011)**

Les activités biologiques des plantes aromatiques et médicinales sont connues depuis l'antiquité. Toutefois, il aura fallu attendre le début du 20^{ème} siècle pour que les scientifiques commencent à s'y intéresser. Ces propriétés sont dues essentiellement à la présence d'huile essentielle, des alcaloïdes et aux composés phénoliques contenus dans les plantes. **(Jdidi, 2015).**

2-Les métabolites secondaires des plantes

Les plantes possèdent des métabolites dits (secondaires) par opposition aux métabolites primaires qui sont les protéines, les glucides et les lipides. Ces composés interviennent dans les relations qu'entretient la plante avec les organismes vivants qu'ils entourent. **(Krief, 2003).**

Les métabolites secondaires sont plus spécifiques aux plantes, bactéries et champignons, mais aussi chez certains animaux. On les retrouve dans des compartiments particuliers et à des moments précis de la vie d'une plante. Les produits du métabolisme secondaire sont en très grand nombre, plus de 200.000 structures définies **(Hartmann, 2007)** et sont d'une variété structurale extraordinaire mais sont produits en faible quantité. Ces molécules marquent de manière originale, une espèce, une famille ou un genre de plante et permettent parfois d'établir une taxonomie chimique. Les composés phénoliques, les terpénoïdes, les stéroïdes et les alcaloïdes sont des exemples de métabolites secondaires; ils ont de nombreuses applications pharmaceutiques. **(Koné, 2009)**

Les métabolites secondaires prénylés, du point de vue pharmacologique sont généralement plus efficaces que leurs analogues. La prénylation, fixation d'une chaîne latérale (pentenyle, geranyle et farnesyle) à une molécule acceptante occupe une place importante dans la biosynthèse d'un spectre des métabolites secondaires aromatiques à

propriétés pharmacologiques reconnues à travers les différentes classes de ces composés. Ils constituent un groupe de produits naturels qu'il convient d'explorer pour des propriétés antioxydantes, antimicrobiennes, anti-inflammatoires et anticancéreuses. **(Koné, 2009).**

2-1- Les alcaloïdes

IL existe de nombreux produits naturels ayant des propriétés pharmacologiques s'intéressantes. Parmi ces produits, on retrouve principalement les alcaloïdes, Ce terme a été introduit en 1818 par Meissner ; Il rappelle le caractère alcalin de ces substances. **(Simon, 2014).**

Les alcaloïdes sont des substances naturelles et organiques provenant essentiellement des plantes et qui contiennent au moins un atome d'azote dans leur structure chimique, avec un degré variable de caractère basique. Depuis l'identification du premier alcaloïde - la morphine - à partir de l'opium en 1806, plus de dix mille alcaloïdes ont été isolés des plantes. **(Muniz, 2006).**

Les alcaloïdes existent rarement à l'état libre dans la plante. Le plus souvent, ils sont combinés aux tanins ou aux acides organiques (Acide acétique, citrique, malique...), ils sont classés selon leurs caractéristiques structurelles et biologiques:

- Les alcaloïdes qui sont dérivés d'acides aminés et qui contiennent un hétérocycle azoté sont dits alcaloïdes vrais. Par exemple, la cocaïne dérivée de la L-ornithine.
- Les alcaloïdes qui sont dérivés d'acides aminés, mais dont l'azote ne fait pas partie d'un hétérocycle sont dits proto-alcaloïdes. Par exemple, la mescaline (dérivée de la L-tyrosine).
- Les alcaloïdes qui ne sont pas dérivés d'acides aminés sont dits pseudo-alcaloïdes, comme l'éphédrine **(Simon., 2014).**

2-2-Les composés phénoliques

2-2-1-Définition

Les composés phénoliques sont des métabolites secondaires, d'un poids moléculaire élevé. Ils sont présents chez toutes les plantes dans divers organes tels que les racines, les tiges, les feuilles, les fleurs et les fruits, Leurs fonctions ne sont pas strictement indispensables à la vie du végétal, cependant ils participent à la défense des plantes contre les agressions d'environnement (rayonnement UV, microbes pathogènes, parasites) et ils englobent approximativement 10000 composés naturels identifiés. **(Achat, 2013)**

Ce sont des dérivés aromatiques hydroxylés non azotés dont la structure de base est caractérisée par la présence d'un ou plusieurs noyaux aromatiques auquel sont directement liés à un ou plusieurs groupements hydroxyle libres ou engagés dans une autre fonction (éther, ester). Les polyphénols sont synthétisés à partir des métabolites primaires via deux voies: La voie de l'acide shikimique qui conduit des carbohydrates aux acides aminés aromatiques (phénylalanine, tyrosine) dont la désamination conduit aux acides cinnamiques et à leurs dérivés. La voie de l'acétate qui synthétise des poly- β -cétoesters de longueur variable. Les polyphénols naturels regroupent un vaste ensemble de substances chimiques comprenant au moins un noyau aromatique, et un ou plusieurs groupes hydroxyles, en plus d'autres constituants. Ils peuvent aller de molécules simples, comme les acides phénoliques, à des composés hautement polymérisés, de plus de 3000 Dalton, comme les tannins. **(Baghiani et Belkhiri, 2018)**

Les principales sources alimentaires des polyphénols sont les fruits et légumes, les boissons (vin rouge, thé, café, jus de fruits), les céréales, les graines oléagineuses et les légumes secs. Les fruits et légumes contribuent environ pour moitié à notre apport en polyphénols, les boissons telles que jus de fruits et surtout café, thé ou vin apportant le reste. **(Benhammou, 2011)**

2-2-2- Classification

Les composés phénoliques peuvent être classés de plusieurs façons, la première est celle qui a été utilisée par Swain et Bate-Smith (1962), ils ont regroupé les phénols en "courants" et "moins courants". La seconde a été décrite par Ribéreau-Gayon (1972) qui a regroupé les phénols en trois familles comme suit :

1. Phénols largement distribués - omniprésents dans toutes les plantes, ou d'une présence importante dans une plante spécifique.
2. Phénols moins répandus – nombre limité de composés connus.
3. Constituants phénoliques présents sous forme de polymères.

La troisième a été introduite par Harborne et Simmonds (1964) qui ont classé ces composés en groupes basé sur le nombre de carbones dans la molécule. Dans notre recherche nous nous sommes intéressés à cette troisième classification qui est détaillée dans le tableau 1. **(Vermerris et Nicholson, 2007)**

Tableau 1: classification des composés phénoliques. (Vermerris et Nicholson, 2007).

Structure	Classe
C6	Phénols simples.
C6 - C1	Acides phénoliques et composés apparentés.
C6 - C2	Acétophénonnes et acides phénylacétiques.
C6 - C3	Acides cinnamiques, cinnamylaldehydes, cinnamyl alcools.
C6 - C3	Coumarines, isocoumarines, et chromones.
C15	Chalcones, aurones, dihydrochalcones.
C15	Flavanes.
C15	Flavones.
C15	Flavanones.
C15	Flavanonols.
C15	Anthocyanidines.
C15	Anthocyanines.
C30	Biflavonyles.
C6-C1-C6, C6-C2-C6	Benzophénones, xanthones, stilbènes.
C6, C10, C14	Quinones.
C18	Betacyanines.
Lignanes, néolignans	Dimères or oligomères.
Lignines	Polymères.
Tannins	Oligomères or polymères.
Phlobaphènes	Polymères.

2-2-3-Activités biologiques des composés phénoliques

Les composés phénoliques sont connus pour leur rôle dans la régulation du système immunitaire, et dans le traitement des maladies telles que le diabète et le cancer. Ils sont connus aussi par leurs effet anti-inflammatoire, antioxydante, neuroprotection, anticancereux cardioprotection...etc. En plus, ils ont également des effets antibactériens et antiviraux. Par exemple l'écorce de *Picea mariana*, a été étudié et les chercheurs ont identifié de nombreux composants phénoliques ayant une action thérapeutique importante, ainsi, les composés phénoliques du lignane, des classes de néolignane, d'acides phénoliques et de flavonoïdes ont été identifiées avec des anti-inflammatoires importants.

(Tanase et al, 2019). Dans les paragraphes suivants on va détailler quelques activités biologiques :

2-2-3-1-L'activité antioxydante

Les polyphénols sont des composés ayant un ou plusieurs groupes hydroxyle fixés au cycle benzénique. Cette caractéristique structurale confère au phénol un caractère acide plus fort qu'aux autres groupes alcooliques. Cette réactivité chimique est responsable du caractère antioxydant des polyphénols. Les antioxydants sont importants car ils ont une double fonction, prévention de l'oxydation des aliments, en particulier l'oxydation des lipides, et en même temps augmenter la quantité de agents antioxydants présents dans l'organisme, protégeant contre les maladies dégénératives. Les antioxydants alimentaires les plus important sont certaines vitamines (acide ascorbique, tocophérols, carotènes) et des composés phénoliques, qui sont présents dans diverses aliments d'origine végétale, tel que l'huile d'olive. Les composés phénoliques peuvent agir comme antioxydants dans divers voies. Dans des systèmes oxydatifs utilisant des métaux de transition tels que Cu et Fe, ils peuvent chélater des ions métalliques. (Tripoli et al, 2005)

2-2-3-2-L'activité antibactérienne

Plusieurs études ont été menées sur l'activité antibactérienne. Il a été établi que l'extrait éthanolique obtenu à partir de *Picea abies* L., Pinaceae, a des propriétés antibactériennes activité contre les bactéries Gram positif (*Staphylococcus aureus* résistant à la méthicilline) et Gram négatif (*Pseudomonas aeruginosa* et *Klebsiella pneumoniae*). Les combinaisons de différents composés phénoliques comme l'acide ellagique, l'acide gallique et les ellagitannines ont été identifiés, mais quand ils ont été séparés et testé l'effet antimicrobien a diminué par rapport à l'extrait brut. Autres extraits polyphénoliques obtenus à partir d'écorce des plantes vasculaires ligneuses, avec un potentiel d'effets antibactériens. C'était observé que l'extrait butanolique de l'écorce était plus efficace dans l'inhibition bactérienne que les extraits utilisant l'eau, le chloroforme ou l'acétate d'éthyle comme solvant. (Tanase et al, 2019)

2-2-3-3-L'activité anticancéreuse

Le cancer est un groupe de maladies caractérisées par des cellules qui se développent de manière incontrôlée ; dans de nombreux cas, ils forment des masses de cellules, ou tumeurs, qui s'infiltrant, s'évanouissent et détruisent les tissus normaux. De nombreux aliments végétaux contiennent des substances possédant propriétés anticancéreuses, la

plupart d'entre eux agissant comme antioxydants, donc la consommation de fruits et légumes riches en antioxydants dans notre alimentation quotidienne réduit considérablement le risque de nombreuses maladies de cancers, suggérant que les antioxydants pourraient être des agents efficaces pour l'inhibition du cancer. **(Karimi et al., 2012)**

2-3- Les huiles essentielles

2-3-1-Définition

Les Huiles Essentielles (HE) sont le produit de la distillation d'une plante ou d'une Partie de plante. Ce sont des substances de consistance huileuse mais sans corps gras, plus ou moins fluides, très odorantes, volatiles, souvent colorées. **(Solène, 2012)**

Une HE est définie comme un « produit obtenu à partir d'une source primaire végétale après séparation de la phase aqueuse par des méthodes physiques : soit par entraînement à la vapeur d'eau, soit par des méthodes mécaniques utilisant des écorces d'agrumes, soit par distillation sèche » **(Benoit, 2015)**

Une huile essentielle est un composant odorant volatile extrait des végétaux. C'est le parfum Concrétise de la plante, un véritable concentré. Elle peut être extraite de différentes parties d'un végétal : les feuilles (ex : eucalyptus), les fleurs (ex : camomille), l'écorce (ex : la cannelle), le bois (ex : le cedre), le zeste (ex : le citron) et bien d'autres encore : les graines, les baies, les fruits, le bulbe ... **(Festy, 2018)**

2-3-2-Classification des HE en fonction des produits majoritaires

Les composants des huiles essentielles peuvent être regroupés en différentes classes selon leur structure chimique représentée dans le tableau suivant (**Tableau 2**).

Tableau 2: classification des huiles essentielles. (Attou, 2017).

Les classes	Des exemples
Huiles principales riches en carbures terpéniques et sesquiterpéniques	huile essentielle de térébenthine : alpha-pinène, camphène huile essentielle de genévrier : alpha-pinène, camphène, cadinène huile essentielle de citron : limonène
Huiles principales riches en alcools	huile essentielle de coriandre : linalol huile essentielle de bois de rose : linalol huile essentielle de rose : géraniol
Huiles principales mélanges d'esters et d'alcools	huile essentielle de lavande : linalol, acétate de linalyle huile essentielle de menthe : menthol, acétate de menthyle
Huiles principales riches en aldéhydes	huile essentielle de cannelle : aldéhyde cinnamique huile essentielle de citronnelle : citral et citrannal huile essentielle d'eucalyptus citriodora : citronellal
Huiles principales riches en cétones	huile essentielle de carvi : carvone huile essentielle de sauge : thuyone huile essentielle de thuya : thuyone
Huiles principales riches en phénols	huile essentielle de thym : thymol huile essentielle de sarriette : carvacrol huile essentielle d'origan : thymol et carvacrol huile essentielle de girofle : eugénol
Huiles principales riches en éthers	huile essentielle d'anis vert, de badiane : anéthol huile essentielle de fenouil : anéthol huile essentielle d'eucalyptus globulus : eucalyptol huile essentielle de cajepout : eucalyptol huile essentielle de niaouli
Huiles principales riches en peroxydes	huile essentielle de chénopode : ascaridol huile essentielle d'ail : allicine

2-3-3-L'activité biologique des huiles essentielles

Les effets bénéfiques des composés volatiles des HEs sont utilisés depuis fort longtemps par les anciennes civilisations pour traiter les pathologies courantes. (Idir, 2013).

Aujourd'hui, après avoir été délaissés une tempe soit peu par la médecine, le potentiel thérapeutique des HEs et de leur constituants volatiles est reconsidéré et les études qui leurs sont consacrées abondent dans la littérature scientifique. (Idir, 2013 ; Lammari, 2021 ; Chaib, 2021).

Des chercheurs sont concentré leurs étude sur les HE afin de répondre aux préoccupations des défenseurs de l'environnement et de trouver une alternative aux traitements actuels. (Idir, 2013).

Les HEs possédant de nombreuses activités biologiques. En phytothérapie, elles sont utilisées pour leurs propriétés antiseptiques contre les maladies infectieuses d'origine bactérienne ou d'origine fongique. Sont également cytotoxiques. Les rapprochant ainsi des antiseptiques et des désinfectants comme des antimicrobiens à large spectre. (Idir, 2013).

2-3-3-1-Activité antimicrobienne

Les HE ont un spectre d'action très large car elles inhibent la croissance des moisissures, des levures et des bactéries. Leur activité antibactérienne est à la base des médecines dites alternatives, utilisées dans de nombreux procédés de conservation des aliments, comme substances actives dans les médicaments. (Idir., 2013).

Dans la littérature, les HEs les plus étudiées pour leurs propriétés antibactériennes appartiennent aux *Labiatae*. L'Origan, le thym, la sauge, le romarin et clous de girofle sont autant de plantes aromatiques à huiles essentielles riches en composées phénoliques comme l'eugénol, le thymol et le carvacrol. Ces composées possèdent une forte activité antibactérienne. (Idir., 2013).

2-3-3-1-2- Activité antifongique

Les huiles essentielles créer une source potentielle de nouveaux médicaments antifongiques, soit par l'utilisation de l'huile pure ou bien sous forme de dérivés des composés originaux, pour Le fait une optimisation thérapeutique plus efficace et plus sûr. (Peralta et al., 2015).

Les huiles essentielles ou leurs composés actifs peuvent également être utilisés comme agents antifongiques dans l'industrie alimentaire. (Zambonelli et al., 2004)

2-3-3-1-3-Activité antiparasitaire

Les huiles essentielles détruisent les parasites. Le groupe des phénols possède une action puissante contre les parasites ; celle des cétones et des lactones l'est moins.

Le Nérolidol, un sesquiterpène actif dans les feuilles de la plante de *Viola surnamensis* d'Amazonie, possède une activité antimalaria, son huile essentielle cause 100% d'inhibition du développement de l'agent infectieux. Cette activité serait liée à l'inhibition de la biosynthèse des glycoprotéines. (El-houiti, 2010).

2-3-3-1-4-Activité antivirale

Un certain nombre de familles moléculaires appartenant aux HE ont montré une activité antivirale in vitro, notamment les alcools monoterpéniques et les monoterpènes. Les virus sont souvent très sensibles aux molécules aromatiques et de nombreuses pathologies virales sévères s'améliorent nettement lors de leur utilisation. (Idir, 2013).

2-3-3-2- Activité antioxydante

Les propriétés antioxydantes des huiles essentielles ont fait l'objet de recherches intensives dans l'industrie alimentaire pour leur utilisation potentielle en tant que conservateurs. Le stress oxydatif survient lors d'un déséquilibre dans la production de radicaux libres et d'enzymes antioxydantes, et est associé à l'apparition de maladies telles que la maladie d'Alzheimer, l'artériosclérose et le cancer. Une façon de prévenir ce stress oxydatif qui endommage et détruit les cellules est de rechercher des composés antioxydants supplémentaires (vitamine C, tocophérols, BHT, etc.) dans votre alimentation. (Idir, 2013).

Les huiles essentielles comme la cannelle, la muscade, le clou de girofle, le basilic, le persil, l'origan et le thym contiennent de puissants composés antioxydants. Le thymol et le carvacrol sont les composés les plus actifs. Leur activité est liée à leur structure phénolique, et en raison des propriétés redox de ce type de composés, ils jouent un rôle important dans la neutralisation des radicaux libres et la dégradation des peroxydes. (Idir, 2013).

3-Composition chimique de *Thymus vulgaris* et *Thymus algeriensis*

3-1-Composition chimique de *Thymus vulgaris*

De nombreuses études ont révélé que les parties aériennes de *Thymus vulgaris* sont très riches en plusieurs constituants dont la teneur varie selon la variabilité des conditions géographiques, climatiques, de séchage, de stockage et des méthodes d'études (extraction et détection). (Yakhlef, 2010 ; Hudaib et al, 2002).

3-2-Composition chimique de *Thymus algeriensis*

La composition chimique d'huile de *Thymus algeriensis* diffère selon la région de récolte. Cette variation peut être due à l'origine géographique des plantes et des conditions écologiques tels que la température, la longueur du jour, les éléments nutritifs, etc. (Kebbi, 2021).

Le caractère chimique du thym est représenté par deux classes principales de produits secondaires, l'huile essentielle volatile et les polyphénols non volatils. Puisqu'il s'agit d'un produit naturel, le rendement des huiles essentielles et des polyphénols, ainsi que les proportions des constituants individuels, varient. Cela est dû à des facteurs intrinsèques (variations saisonnières et ontogénétiques) et extrinsèques (sol, climat, lumière). (Stahl-Biskup et Venskutonis., 2012).

4-Utilisation de *Thymus vulgaris* et *Thymus algeriensis*

4-1-Utilisation de *Thymus vulgaris*

Le *Thymus vulgaris* est l'une des plantes aromatiques les plus populaires utilisées dans le monde entier, ses applications sont très vastes et touchent le domaine alimentaire et celui de la médecine traditionnelle. De plus son huile essentielle est utilisée dans les industries alimentaire, pharmaceutique et cosmétique. Le thym est utilisé dans le traitement symptomatique des troubles digestifs et de la toux. En usage local, il est utilisé traditionnellement en cas de nez bouché, de rhume, pour le traitement des petites plaies après lavage abondant, pour soulager les piqûres d'insectes et les douleurs rhumatismales, en bain de bouche pour l'hygiène buccale, soulageant de ce fait la dépression nerveuse. L'huile essentielle de cette plante entre dans les formulations de diverses spécialités : pommades antiseptiques et cicatrisantes, sirops pour traitement des affections des voies respiratoires, préparation pour inhalation. (Yakhlef, 2010).

4-2-Utilisation de *Thymus algeriensis*

Le *Thymus algeriensis* Boiss et Reut est une plante odorante herbacée largement utilisée, fraîche ou séchée, comme herbe culinaire. Cette plante est largement utilisée dans la médecine traditionnelle contre les maladies du tube digestif et de l'avortement, les infusions des feuilles et les décoctions de fleurs étaient utilisées comme tonique, anti-inflammatoire, antiparasitaire, antitussifs et carminatifs. En Algérie, cette plante est utilisée comme agents astringents, expectorants et cicatrisants. Le thym a été utilisé, en médecine traditionnelle marocaine, dans le traitement de la diarrhée, de la fièvre, de la

toux, des zones infectées et des plaies, après administration topique ou orale. (Wyk, 2017 ; Benjaber, 2019).

5- Méthode d'étude de l'activité antimicrobienne

L'étude de l'activité antimicrobienne se fait essentiellement par la méthode de diffusion sur disque où la méthode de diffusion par puits. (Khelifi et Medjani, 2018).

La technique de Vincent repose sur la diffusion de l'extrait sur le milieu solide dans une boîte de Pétri, avec création d'un gradient de concentration après un certain temps de contact entre le produit et le microorganisme cible. (Khelifi et Medjani, 2018).

La détermination de l'activité antimicrobienne se fait au moyen d'une microplaque de 96 puits et La détermination de la CMI est réalisée en faisant appel à un indicateur de croissance en solution (Triphényl Tétrazolium Chloride) (TTC). La croissance bactérienne est indiquée par l'apparition d'une couleur rouge de la solution témoignant de la réduction ou la précipitation du TTC. (Carson et al., 1995).

La CMI est ainsi déterminée par le dernier puits de la microplaque, par ordre décroissant de concentration, qui ne montre aucun changement de couleur. La CMB est calculée en transportant 10 µl des puits ne montrant pas de croissance bactérienne sur un milieu solide. La plus faible concentration tuant 99,9% des micro-organismes en culture sur ce milieu correspond à la CMB. (Carson et al., 1995).

6- Méthode d'étude de l'activité antioxydante

Antolovich et al., 2002 ont défini un antioxydant comme « toute substance qui, lorsque présente à faibles concentrations, par rapport à celles du substrat oxydable, retarde ou inhibe significativement l'oxydation de ce substrat ».

De nombreuses études montrent que les antioxydants jouent un rôle essentiel dans le traitement des maladies, en raison de leur capacité à réduire le stress oxydatif. Il est donc nécessaire de mesurer son activité dans les aliments et les échantillons pour étudier leur efficacité. Les vitamines E et C, peuvent exister dans l'organisme de la cellule et le liquide intracellulaire et extracellulaire, se sont les antioxydants oxygénés les plus importants. (Munteanu et Apetrei, 2021).

Il existe plusieurs tests utilisés pour déterminer l'activité antioxydante parmi eux : Test FRAP, ABTS, DPPH, TRAP...etc. (Tableau 3).

Tableau 3: les teste utilisé pour la détermination de l'activité antioxydante.

Le test	Principe	Définition	Référence
FRAP	Est une méthode typique basée sur le transfert d'un seul électron en mesure la réduction du complexe d'ions ferriques (Fe^{3+})-ligand au complexe ferreux bleu intense (Fe^{2+}) à l'aide d'un antioxydant dans un milieu acides (pH = 3,6).	Il est utilise la tripyridyltriazine (TPTZ) comme ligand pour lier les ions de fer, alors que des ligands alternatifs ont également été utilisés pour lier les ions de fer, comme la ferrozine pour évaluer le pouvoir réducteur de l'acide ascorbique. Le ferricyanure de potassium est le réactif ferrique le plus couramment utilisé et le bleu de Prusse est le produit final obtenu qui pout être quantifiée par le spectrophotomètre et montre le pouvoir réducteur des antioxydants testés	(Munteanu et Apetrei , 2021)
DPPH	Il est basé sur la perte des électrons à partir des antioxydants afin de neutraliser le radical de DPPH. La réaction s'accompagne d'un changement de couleur mesurée à 517 nm, et la décoloration agit comme un indicateur de l'activité antioxydante.	Est un radical, présent sous forme monomère à l'état solide, ainsi qu'en solution. Les premières données structurales ont montré que sa faible réactivité unique était principalement influencée par le « criblage efficace de la structure hydrazyle par les parties environnantes de la molécule » et moins par conjugaison étendue	(Munteanu et Apetrei , 2021)
Phospho-molybdate	Il est basée sur la réduction du Mo (VI) en Mo (V) par les composés contenus dans l'échantillon testé. La réaction se déroule dans un milieu acide pour former des complexes vert-bleu de phosphomolybdate réduit qui sont mesurés par le spectrophotomètre à 695 nm.	La mesure de la capacité antioxydante totale. Pour les échantillons de composition inconnue, les propriétés mesurées des antioxydants peuvent être exprimées en équivalents de tocophérol, d'acide ascorbique ou d'un autre antioxydant adéquat.	(Ślusarczyk et al., 2021).

Matériels et méthodes

1-Le matériel végétal

1-2-La plante *Thymus vulgaris* (زعتر الجبل)

1-2-1- Description botanique

Le *Thymus vulgaris*, est une espèce de la famille *Labiatae* = *Lamiaceae* (Furmanowa et Olszowska, 1992). C'est un Petit arbuste (Buisson et al, 1901), de 15 à 25cm de hauteur à tiges dressées et rameuses, à feuilles presque linéaires à fleurs roses ou purpurines, disposées en épis terminaux (Hacquart, 1872). Feuilles opposées petites et roulées sur les côtés (Antonin, 1862). Linéaires, à fascicules de feuilles plus petites à leur aisselle.

Les fleurs de *Thymus vulgaris* sont petites, pourpres ; elles sont disposées en inflorescences capitées, terminales, et en groupes situés plus bas sur la tige, dans l'aisselle des feuilles. Le *Thymus vulgaris* possède une odeur très-vive, et possède une saveur aromatique très-prononcée. (Hanbury et Flückiger, 1878). (Figure 1).

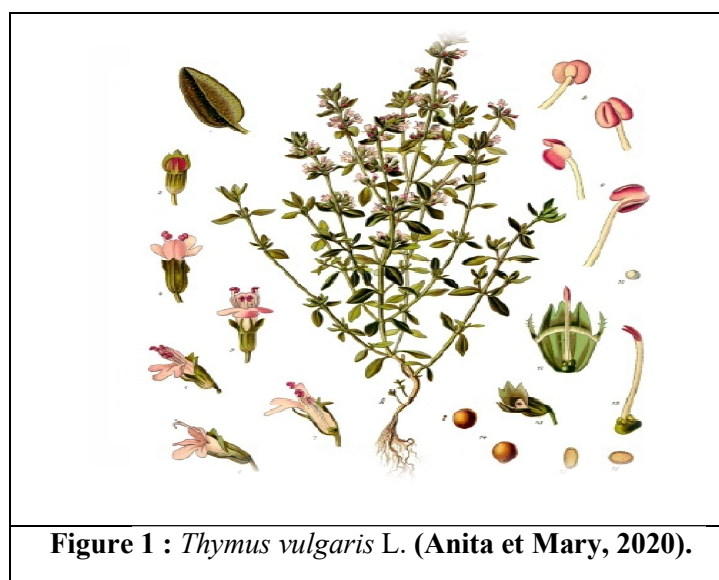


Figure 1 : *Thymus vulgaris* L. (Anita et Mary, 2020).

1-2-2-Classification

Cette classification se réfère à la classification botanique de Benourad, en 2015, présenté dans le tableau ci-dessous (Tableau 4).

Tableau 4: Classification botanique de *Thymus vulgaris*. (Benourad, 2015).

Règne	Plantes
Sous règne	Plantes vasculaires
Embranchement	Spermaphytes
Sous Embranchement	Angiospermes
Classe	Dicotylédones
Sous classe	Dialypétales
Ordre	Labiales
Familles	Lamiacées
Genre	<i>Thymus</i>
Espèce	<i>Thymus vulgaris</i> L.

1-2-3-Récolte

La plante de *Thymus vulgaris* a été collectée de la région d'Aflou (située à 110 Km à l'ouest de Laghouat), au moins de Juin, et séchée à l'abri de la lumière et l'humidité pendant 15 jours, après séchage la plante a été conservée dans un endroit sec jusqu'à leur utilisation.

1-3-La plante *Thymus algeriensis* (جرتيل)

1-3-1-Description botanique

Plante ligneuse, forme souvent des coussinets. Rameaux serrés, grêles, plus ou moins dressés et velus, recouverts de feuilles opposées, effilées, courtement pétiolées, glabres, mais légèrement ciliées à la base, un peu enroulées sur les bords ; limbe ponctué (vue à la loupe) ; très glanduleux, mesurant 1 à 2 cm de long sur 2 à 3 mm de large. Les feuilles florales sont peu différentes lancéolées et égalant ou dépassant les calices. Fleurs rosées, en capitules terminaux, avec un calice glanduleux, glabre ou légèrement velu, long de 5 à 6 mm à 2 lèvres égales. Corolle dépassant de très peu le calice, bilabée, à lobe médian plus grand. (Beloued, 2014).

Le Thym d'Algérie est un amer astringent, stomachique, diaphorétique, antispasmodique et stimulant. Les sommités et les jeunes rameaux fleuris sont les plus utilisés. Il est utile pour les fonctions digestives, utile contre toutes les maladies infectieuses comme la grippe. (Beloued, 2014). (Figure 2).

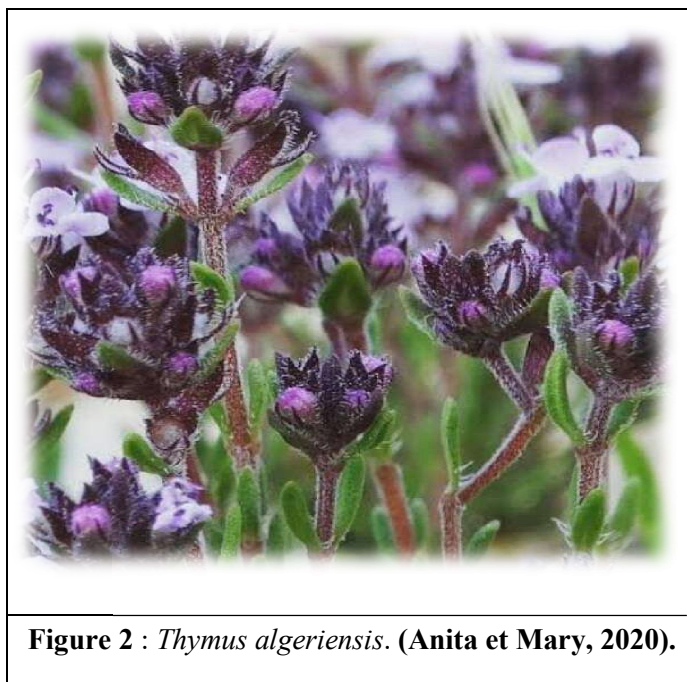


Figure 2 : *Thymus algeriensis*. (Anita et Mary, 2020).

1-3-2-Classification

Cette classification se réfère à la classification botanique de (Bruneton, 1999), présentée dans le tableau ci-dessous (Tableau 5).

Tableau 5: classification botanique de *Thymus algeriensis*. (Bruneton, 1999).

Règne	Plantae
Division	Magnoliophyta
Classe	Magnoliopsida
Sous –classe	Spermatophyta
Ordre	Lamiales
Famille	Lamiaceae.
Genre	<i>Thymus</i>
Espèce	<i>Thymus algeriensis</i> .

1-3-3-Récolte

La plante de *Thymus algeriensis* a été collectée de Sétif (Algérie), au moins de Juin, et séchée à l'abri de la lumière et l'humidité pendant 15 jours, après séchage la plante a été conservée dans un endroit sec jusqu'à leur utilisation.

2-Extraction des huiles essentielles

L'extraction des huiles essentielles de nos deux plantes a été effectuée par hydrodistillation à l'aide d'un appareil de type Clevenger.

L'hydrodistillation est la méthode la plus classique et la plus courante d'extraction des huiles essentielles et elle se divise en deux étapes ; Le chauffage d'une grande quantité d'eau dans laquelle se trouve plongée la matière végétale permet de modifier le végétal dans le but de libérer les cellules d'HEs. Une fois libérées, ces molécules aromatiques sont séparées de la matrice végétale par entraînement à la vapeur d'eau créée par le chauffage du mélange (eau-matériau végétale). Cette seconde étape de distillation est généralement réalisée par un montage particulier en verre de type «Clevenger». (Idir, 2013).

2-1-Mode opératoire

Cette méthode d'extraction a été effectuée selon le protocole décrit par (Idir, 2013) avec quelques modifications. Le protocole de l'extraction est le suivant:

On utilisant un système d'hydrodistillation. Ont été introduits 50gramme de feuillage avec 1250 ml d'eau dans le ballon accompagnés de 2000 ml.

La vapeur entraine les HEs contenues dans le mélange puis à l'aide du réfrigérant ces vapeurs sont condensées. L'ensemble est chauffé pendant 3 heures après obtention de la première goutte d'HEs. L'HEs obtenue est séparée de l'eau par différence de densité. Les huiles récupérées dans un flacon. Sont conservées à l'abri de la lumière et la chaleur.

2-2 Calcul du rendement en huile essentielle des deux plantes étudiées

Le rendement est le rapport entre le poids de l'huile essentielle extraite et le poids de la plante traitée. Selon Attou, (2017), le rendement en pourcentage (R%) est calculé par la formule suivante :

$$R = \frac{PH}{PP} \times 100 \text{ Où :}$$

PH : poids de l'huile essentielle extraite en g.

PP : poids de la plante traitée en g.

Le rendement, en ml/kg, est défini comme étant la quantité en huiles essentielles extrait (en ml) à partir d'un kilogramme de plante. Selon Hilan et al, 2005, ce rendement est calculé par la formule :

$$T = \frac{V}{M} \text{ Où :}$$

T : rendement exprimé (en ml/kg).

V : volume d'huiles essentielles extrait (ml).

M : prise d'essai initiale du matériel végétal (kg).

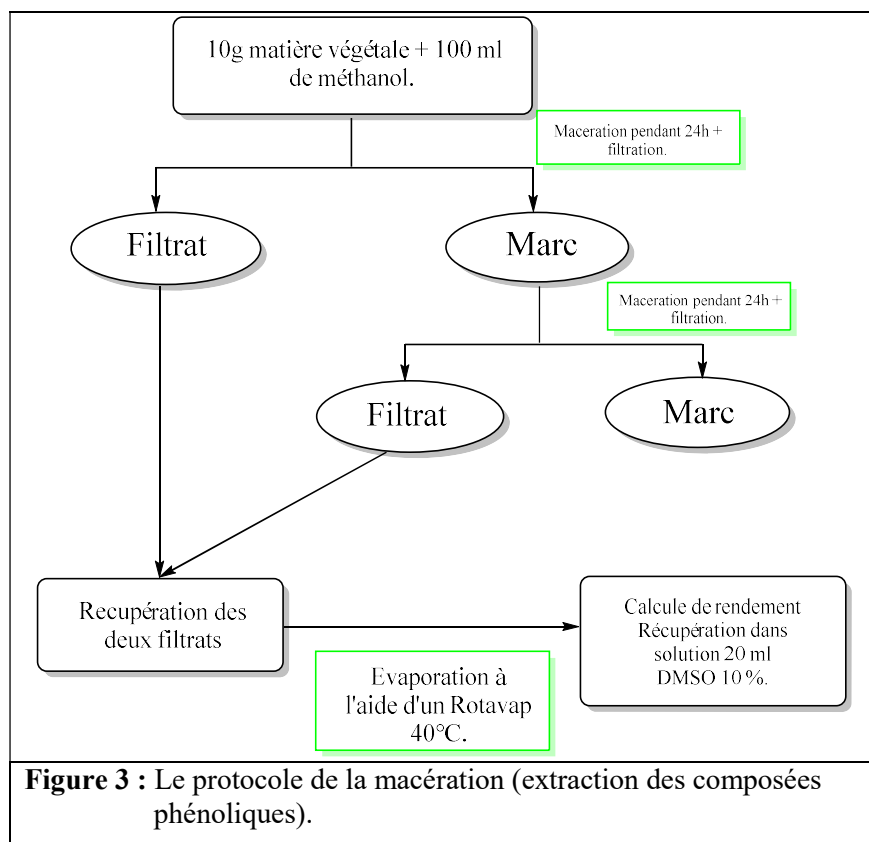
2-3-Extraction par macération dans le méthanol

2-3-1-Principe

Cette procédure, malgré les temps long d'extraction et l'utilisation d'une quantité considérable de solvants, est relativement peu coûteuse. En plus, elle se déroule à température ambiante ce qui est très positif pour conserver l'intégrité des molécules polyphénoliques qui sont sensibles aux changements de température. (Saidi, 2019)

2-3-2-Mode opératoire

La macération (extraction solide-liquide) est une opération qui consiste à laisser séjourner la matière végétale (broyat) dans le méthanol pure pour extraire les principes actifs. Cette méthode d'extraction a été effectuée selon le protocole décrit par **Hamia et al., 2014**, avec quelques modifications. Le protocole de la macération est présenté dans la figure3.



2-4 -Calcul du rendement

Le pourcentage en extrait bruts sec méthanolique et aqueux a été calculé par la formule suivante :

$$R(\%) = \frac{M}{M_0} \times 100$$

R (%): Rendement exprimé en %.

M: Masse en gramme de l'extrait sec résultant (Le poids de l'extrait sec est déterminé par la différence entre le poids du ballon plein « après évaporation » et le poids du ballon vide « avant évaporation »).

M₀ : Masse en gramme du matériel végétal à traiter. (Bougandoura, 2011).

3-Etude de l'activité Antibactérienne

L'activité antibactérienne de nos extraits a été évaluée en utilisant la méthode diffusion par disque et le test de microdilution, ce dernier nous a permis de déterminer la concentration nécessaire pour inhiber (CMI) ou tuer (CMB) un micro-organisme donné.

3-1-Les souches bactériennes

Le support bactérien de notre étude est composé de la souche *Staphylococcus aureus* (Gram+) et la souche *Pseudomonas aeruginosa* (Gram-), sont des souches ATCC (American Type Culture Collection) hospitalières résistantes à des nombreux antibiotiques. Nous ont été fournies par le service de Microbiologie du Hôpital 240 lits de Laghouat. Les souches bactériennes utilisées dans ce travail sont montrés dans le tableau 6.

Tableau 6: Les souches bactériennes testées par les extraits de *T.vulgaris* et *T.algeriensis*

La souche	N°ATCC	Gram	Principales infections causées
<i>Staphylococcus aureus</i>	25923	+	Gastro-entérites : infections urinaires. L'ostéomyélite et l'arthrite
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	2785	-	Crampes ; abdominales Troubles digestifs

3-2-Préparation de la suspension

Les souches bactériennes sont mis en suspension dans 5 ml d'eau physiologique stérile à 0,9 % (NaCl), la suspension bactérienne est bien homogénéisée et ajustée à une densité optique de 0,08 à 0,10 (à 625 nm). (Ouattara et al., 2013).

3-3-Evaluation de l'activité antibactérienne

Les extraits des huiles essentielles et les composés phénoliques de *Thymus vulgaris* et *Thymus algeriensis* sont solubilisés dans diméthyl sulfoxyde (DMSO) et les

concentrations mères préparées sont 1/5 µl et 1/10µl pour chaque extrait. (Bougurra, 2012).

3-3-1- Méthode de diffusion par disque

L'étude de l'activité anti bactérienne est réalisée d'abord par la méthode de diffusion sur disques, en raison de sa simplicité et son efficacité pour tester la sensibilité des bactéries. Le milieu de culture utilisé est le milieu Muller Hinton (MH). Les boîtes de pétri sontensemencés par l'inoculum bactérien, puis les disques de papier Wattman N°3 sont déposés à l'aide d'une pince stérile dans les boîtes. Le premier correspond à la Gentamicine qui a été utilisé comme contrôle positif, ensuite le deuxième correspond au solvant « DMSO » utilisé comme contrôle négatif. Nous mettons l'extrait pur d'huile essentielle ou de composé phénolique pour chaque espèce dans le troisième disque, et les autres disques contenant les différentes dilutions avec un volume finale 10 µl pour tous les diques. Les boîtes ont été incubées dans l'étuve à 37 °C pendant 24 h.

3-3-2 Test de microdilution

Le test de micro dilution sur milieu liquide constitue la méthode de référence pour la détermination de la CMI, il consiste à inoculer avec la souche bactérienne une gamme de puits contenant les différents extraits à tester à des concentrations croissantes. La manipulation se fait en plaque de 96 puits, le milieu de culture est un bouillon Mueller-Hinton (MH) dont le volume est 70 µl et l'inoculum de 5ul avec l'extrait de 25µl, c'est -à -dire un volume totale 100 µl. (Gaëtan, 2016).

3-3-2-1-Protocole

Les huiles essentielles et les composés phénoliques des deux espèces étudiées sont diluées dans le DMSO (10%) pour obtenir les dilutions suivantes : 1/2, 1/4, 1/6, 1/8 et 1/10, qui correspond aux concentrations suivants : 0,125, 0,063, 0,041, 0,031, 0,025 g/ml et 0,011, 0,005, 0,004, 0,003, 0,0021 g/ml de l'huile et CP de *T.vulgaris*, pour l'huile et CP de *T.algeriensis* on a préparé les concentrations : 0,245, 0,113, 0,082, 0,061, 0,049 g/ml et 0,009, 0,004, 0,003, 0,002, 0,0017g/ml, respectivement. Dans tous les puits de microplaque on met 70 µl de milieu MH et 5µl de l'inoculum, le premier puits correspond au témoin positif, dans le deuxième puits on ajoute l'extrait pure et depuis le troisième puits, on ajoute les dilutions de 1/2 jusqu'à 1/10. Après d'incubation de la plaque à 35 °C pendant 18h, elle est placée dans le lecteur à microplaque rapide et compact pour déterminer la CMI.

3-3-2-2-Détermination des concentrations minimales inhibitrices et bactéricides CMI et CMB

La CMB et la CMI sont des paramètres essentiels en clinique qui permet de déterminer l'efficacité du traitement et dans l'étude de l'activité antimicrobienne.

La CMI est définie comme la plus faible concentration d'un antibiotique donné qui inhibe toute croissance visible d'une souche bactérienne, après 18 à 24 heures d'incubation. Tandis que la CMB : est la plus petite concentration de substance antimicrobienne qui laisse un faible pourcentage de bactéries survivantes : 0,01 %. **(Huet, 2007).**

La détermination de la CMI et la CMB est liée aux résultats obtenue dans le test de microplaque par le ré-iésolement de la bactérie *Pseudomonas aeruginosa* ou *Staphylococcus aureus* dans les boites de pétri et coulée ces milieu sélectives puis ensemencée avec les extraits de les espèces *T.vulgaris* et *T.algeriensis* et incubé pendant 24h.

Le CMI est calculé par la formule suivante :

$$CMI = 25 \times \frac{C_{\text{pure}}}{100} \quad \text{Avec :}$$

CMI : Concentration Minimale Inhibitrice.

25 : Volume d'extrait (HE ou CP) μl .

C_{pure} : Concentration d'HE pure en g/ml.

100 : Volume totale dans la microplaque en μl .

$$C_{\text{pure}} = \frac{m_{\text{HE}}}{V_f} \quad \text{Avec :}$$

m_{HE} : masse de l'HE

V_f : Volume d'HE obtenue de l'extraction par Clevenger.

4-Dosage des phénols totaux

4-1-Principe

Le dosage des polyphénols totaux a été effectué par une méthode adaptée avec le réactif de Folin-Ciocalteu, Ce réactif est formé d'acide phosphotungstique($\text{H}_3\text{PW}_{12}\text{O}_{40}$) et d'acide phosphomolybdique ($\text{H}_3\text{PMO}_{12}\text{O}_{40}$), qui sont réduits lors de l'oxydation des phénols en oxydes bleus tungstène W_8O_{23} , et molybdène MO_8O_{23} . **(Boizot et Charpentier, 2006).**

Ce dosage mesure la concentration en groupement hydroxyles phénoliques dans l'extrait végétal. Les polyphénols des extraits réagissent avec des réactifs redox

spécifiques (réactif de Folin-Ciocalteu) pour former un complexe bleu quantifiable mesuré par spectrométrie à 760nm. (Blainski et *al*, 2013).

4-2-Protocole

Un volume de 100µl d'acide gallique de différentes dilutions, auquel on ajoute 500µl du réactif Folin (10 fois dilué), et 2ml de Carbonate de sodium (2%), l'ensemble est incubé à température ambiante pendant 30 minutes et la lecture est effectuée contre un blanc à l'aide d'un spectrophotomètre à 760 nm. Les extraits des composés phénoliques de *Thymus algeriensis* et *Thymus vulgaris* sont traités de la même manière que l'acide gallique.

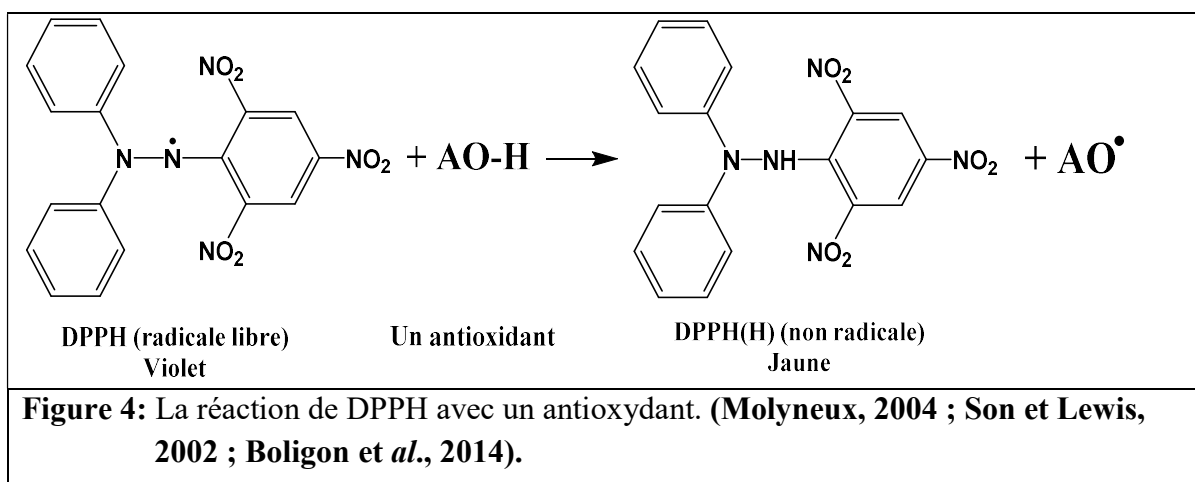
Les résultats obtenus sont exprimés en mg équivalent d'acide gallique par gramme de matière sèche (mg EAG/ g) en utilisant l'équation de la régression linéaire de la courbe d'étalonnage tracée en utilisant l'acide gallique comme étalon.

5-Etude de l'activité antioxydante

5-1-Teste de DPPH

5-1-1-Principe

Le composé chimique DPPH (2,2-diphényl-1-picrylhydrazyle) est un radical libre stable, détectable dans le visible à 517nm. C'est l'un des premiers radicaux utilisé pour étudier la relation structure-activité antioxydante des composés phénoliques. Le DPPH est initialement violet, il se décolore lorsque l'électron célibataire s'apparie, cette décoloration est représentative de la capacité des extraits à piéger ces radicaux libres (**Figure 4**). La réduction de ce radical libre par un antioxydant peut être suivie par spectrophotométrie UV-visible, en mesurant la diminution de l'absorbance provoquée par la présence des extraits. Plus l'antioxydant est fort, plus l'intensité diminue, et sur la base de la diminution de l'intensité d'absorbance, on peut juger le pouvoir d'antioxydant. (Boubekri, 2014 ; Wu, 2007).



Le teste de DPPH est réaliser selon le protocole décrit par **Sánchez-Moreno et al.**, 1998 avec quelque modifications.

5-1-2-Protocole

Après la dilution des extraits (HE et CP) de chaque plante. 500µl de la solution de DPPH (250 µM de DPPH méthanolique pour l'acide ascorbique et les composés phénoliques, et 200 µM de DPPH éthanolique pour les huiles) est ajouté à 500µL de l'extrait dilué à tester de chaque échantillon à différentes concentrations croissantes.

La lecture est effectuée par la mesure de l'absorbance à 517 nm à l'aide d'un spectrophotomètre UV- visible.

Les résultats sont exprimés en pourcentage d'inhibition (I%) par la moyenne de trois mesures séparées, soit :

$$I \% = \frac{Abs_{cont} - Abs_{éch}}{Abs_{cont}} \times 100. \text{ Où :}$$

I % : pourcentage de l'activité anti-radicalaire.

Abs_{éch} : absorbance de l'échantillon (l'extrait de composé phénolique ou d'huile essentielle).

Abs_{cont}: absorbance du contrôle négatif (Témoin). (**Hebi et Eddouks, 2016**).

L'efficacité antioxydante de nos extraits est déterminée ensuite par le calcul du paramètre IC₅₀, qui est défini comme étant la concentration de l'extrait nécessaire pour inhiber la formation de 50% du radicale DPPH. Il est déterminé graphiquement par la régression linéaire, en traçant le pourcentage d'inhibition par rapport à la concentration de l'extrait. (**Fabri et al, 2009**).

5-2-Teste phosphomolybdate

5-2-1-Principe

Est une méthode spectrophotométrique qui a été développée pour la détermination quantitative de la capacité antioxydante. Le teste est basé sur la réduction du molybdène de l'étage d'oxydation (VI) à l'étage d'oxydation (V) et la formation d'un complexe phosphate verdâtre à pH acide détectable par un spectrophotomètre UV-visible à 695nm. (**Prieto et al, 1999**).

5-2-2-Protocole

Dans ce teste on a utilisé la méthode de **Prieto et al**, (1999). 200 µl de chaque échantillon dilué est ajoutée à 2 ml d'un réactif contenant (0,6 M) d'acide sulfurique, 28 mM phosphate de sodium et 4mM de molybdate d'ammonium. Le tube est coiffé et incubé dans un bain marie à 90C° pendant 90 min, après refroidissement de l'échantillon à la température ambiante, l'absorbance de la solution aqueuse est mesurée à 695 nm contre blanc (200 µl eau distillée +2ml réactif) dans un spectrophotomètre UV. Nous utilisons l'acide ascorbique comme un standard et on les a traités dans les mêmes conditions opératoires.

Résultats et discussions

1-Cinétique d'extraction des huiles essentielles

La cinétique d'extraction consiste à déterminer le rendement en fonction du temps d'extraction. Cette étude a pour but de fixer le temps nécessaire pour extraire le maximum d'huile essentielle et pour éviter les pertes de temps et d'énergie.

La cinétique d'extraction des huiles essentielles de la partie aérienne sèche des deux plantes *Thymus vulgaris* et *Thymus algeriensis*, est représentée dans la (Figure 5).

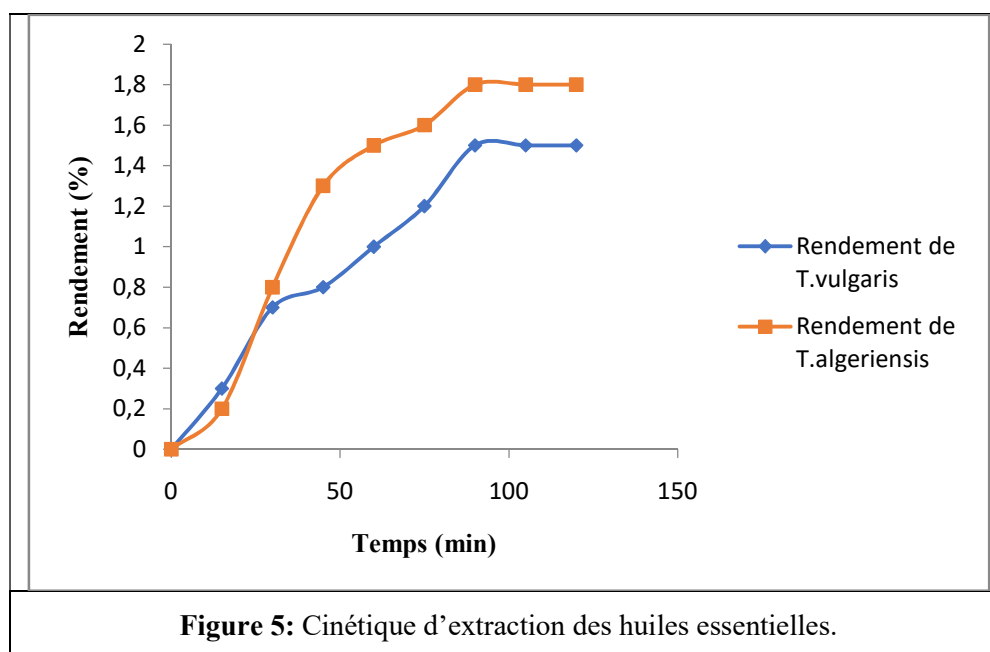


Figure 5: Cinétique d'extraction des huiles essentielles.

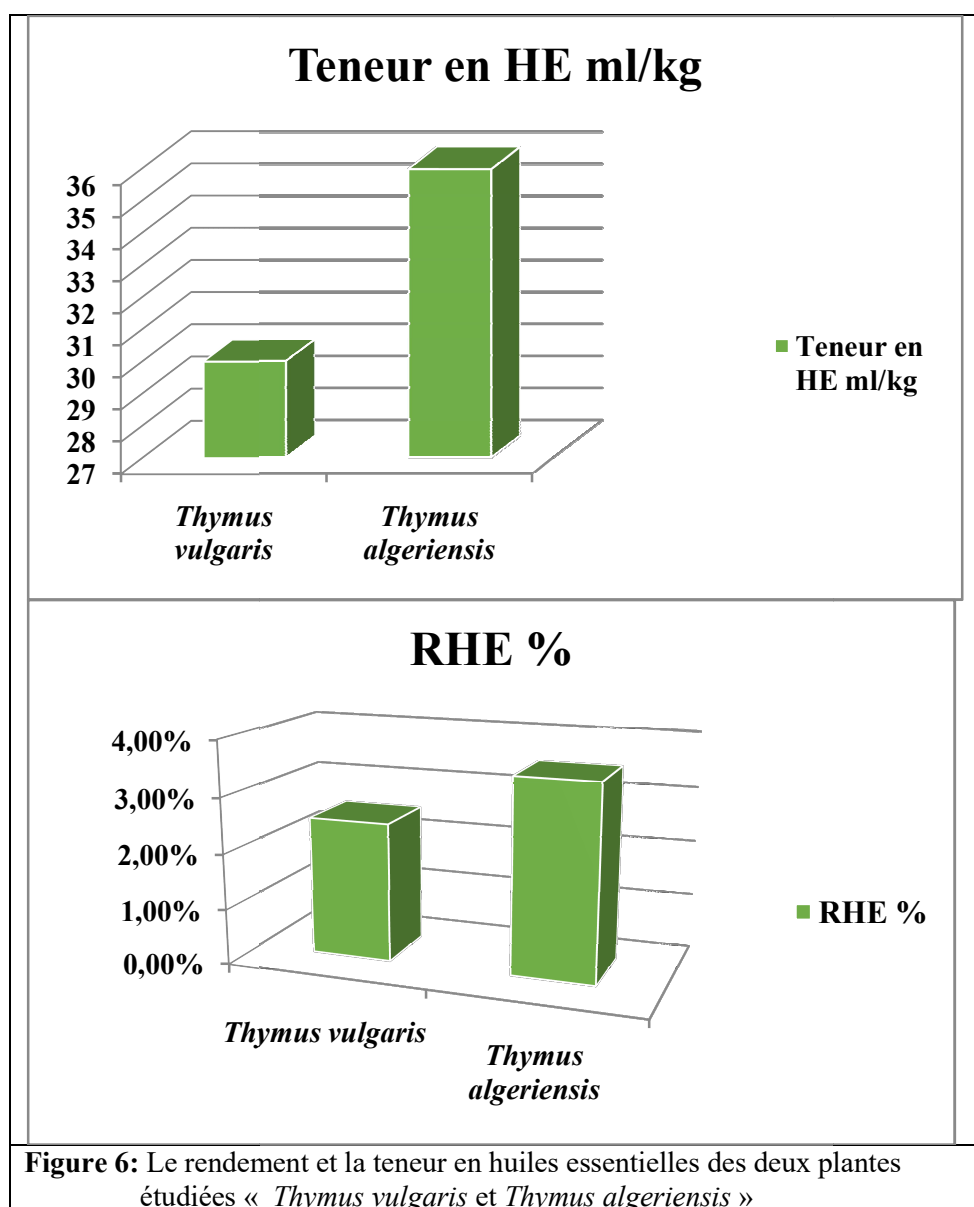
La figure ci-dessus, indique que le rendement en HE pour les deux espèces augmente en fonction du temps puis il se stabilise. Ce rendement augmente rapidement puis il tend vers un palier à partir de 90 mn. D'après la formule du RHE(%), nous avons obtenu les résultats illustrés ci-dessous.

1-2-Calcule du rendement des huiles essentielles pour les deux plantes étudiées

Les HE ont été extraites à partir de la partie aérienne de la plante par un hydrodistillateur de type Clevenger. Le rendement moyen des HE a été calculé en fonction de la matière végétale sèche de la plante étudiée. (Tableau 7, figure 6).

Tableau 7: Rendement des huiles essentielles des deux plantes étudiée (*Thymus vulgaris* et *Thymus algeriensis*).

L'espèce	RHE %	Le poids (g)	Teneur (ml/kg)	Aspect	Couleur	L'odeur
<i>Thymus vulgaris</i>	2,5	1,231	30	Liquide	Jaune foncé	Forte odeur
<i>Thymus algeriensis</i>	3,5	1,749	36	Liquide	Jaune claire	Forte odeur



On remarque que la teneur et le rendement du *Thymus algeriensis* est supérieur par rapport au *Thymus vulgaris*, où la teneur du *Thymus algeriensis* atteint 36 ml/kg et le *Thymus* atteint 30ml/kg, alors que le rendement est 3,5% pour *Thymus algeriensis* et 2,5% pour *Thymus vulgaris*.

Le tableau 8 représente le rendement de l'HE de *Thymus vulgaris* dans différentes régions en Algérie et dans le monde.

Tableau 8: Rendements d'HE de *Thymus vulgaris* en Algérie et dans différentes régions du monde.

Méthode d'extraction	La durée d'extraction	La région de récolte		L'état de la plante	R (%)	Référence	
HD (Clevenger)	3h	Algérie (Tlemcen)		Sèche	4,2	Abdelli, 2017	
	3h	Algérie (Mosaganem)		Sèche	2,2		
	1h 30min	AlgérieOued El-Kheir, Mostaganem		Sèche	1,3	Benourad, 2015	
	-	Algérie (Ain Defla)	1 ^{er} récolte : mars	Fraiche	0,45	Sidali et al, 2014	
				Sèche	0,96		
			2 ^{ème} récolte : avril	Fraiche	0,64		
				Sèche	1,94		
			3 ^{ème} récolte : mai	Fraiche	0,74		
				Sèche	2,7		
HD	3h	Algérie (Tiaret)		Sèche	1,18	Hassani et al, 2017	
	3h	Maroc		Sèche	1	El-Akhal et al, 2015	
	2h 30min	Maroc		Sèche	0,5	El Ouali Lalami et al, 2013	
	3h	France		Sèche	1,6	Satyal et al, 2016	
	1h 33min	Brésil		Fraiche	0,25	Alexandre et al, 2008	
	3h	Serbie		Sèche	1	Satyal et al, 2016	
	-	Malaisie		Sèche	2,5	Eqbal et al, 2017	
	3h	Iran		Sèche	0,81	Pirbalouti et al, 2013	
	5h	Marvdasht, Fars, Iran		Sèche	0,08	Pooran, 2020	
	4h	-		Sèche	1,05	Golchehreh, 2018	
	4h	Iran	1 ^{er} récolte : 06/06/2010	Sèche	1,39	Nezhadal, 2014	
	4h		2 ^{ème} récolte : 13/06/2010	Sèche	1,3		
	4h		3 ^{ème} récolte : 03/07/2010	Sèche	1,1		
	4h		4 ^{ème} récolte : 16/07/2010	Sèche	0,83		
	Micro-ondes sans solvant	42 min	-		Sèche	1,23	Golchehreh, 2018

Les rendements rapportés dans les différentes régions d'Algérie de l'HE de *Thymus vulgaris* varient entre 0,45 % et 4,2% avec la plus grande valeur pour l'espèce récoltée de la région de Tlemcen.

Ces rendements sont relativement proches de ceux trouvés chez la même espèce dans différentes régions du monde, en effet le rendement varie de 0,25% à 2,5% avec la plus grande valeur pour l'espèce de Malaisie.

Le tableau 9 représente le rendement de l'HE de *Thymus algeriensis* dans différentes régions en Algérie et dans Maroc.

Tableau 9: Rendements d'HE de *Thymus algeriensis* en Algérie et dans le Maroc.

Méthode d'extraction	La durée d'extraction	La région de récolte	Type de plante	R (%)	Référence
HD (Clevenger)	1h 30min	Maroc	Sèche	2,96	Zayyad et al., 2014
	1h 30min	Maroc (Rchida)	Sèche	0,3	Amarti, 2011
	1h 30min		Fraiche	0,3	El Ajjouri et al., 2010)
	3h	Algérie (800 m d'altitude)	Sèche	0,4	Hazzit, 2008
	3h	Algérie (Chrèa, 1500m d'altitude)	Sèche	0,7	
	3h	Algérie (El asnam, Bouira)	Sèche	0,5	
	3h	Algérie (Tazmalt, Tiziouzzou)	Sèche	0,4	
	4h	L'Atlas saharien algérien (Laghout)	sèche	0,51	Rezzoug et al., 2019
	3h	Algérie (Relizane)	sèche	2,67	Bendjabeur et al., 2018

Les rendements rapportés dans les différentes régions d'Algérie de l'HE de *Thymus algeriensis* varient entre 0,4% et 2,67% avec la plus grande valeur pour l'espèce de Relizane. Ces rendements sont relativement proches de ceux trouvés chez la même espèce du Maroc, en effet le rendement varie de 0,3 % à 2,96%.

Dans le tableau 10 nous avons représenté la teneur des autres plantes médicinales appartenant à la famille des *Lamiaceae*.

Tableau 10: Teneurs et Caractéristiques Physiques des Huiles Essentielles Extraites des Plantes Médicinales de la Famille des *Lamiaceae*. (Hilan et al., 2006).

Nom de la plante et localité	HE ml/kg	Aspect	Couleur	Odeur
<i>Mentha longifolia</i> (montagne)	7	Liquide limpide	jaune-vert claire	marquée caractéristique
<i>Micromeria barbata</i> (Cana)	20	Liquide limpide	Jaune	forte, agréable
<i>Micromeria barbata</i> (Fanar)	22	Liquide limpide	Jaune	forte, agréable
<i>Micromeria myrtifolia</i> (colline)	15	Limpide dense	jaune	parfumée, agréable
<i>Origanum marj.</i> (colline)	15	Claire limpide	jaune-vert claire	épicée, aromatique
<i>Origanum syriacum</i> (colline)	10	Limpide très fluide	Jaune* Orange**	thymol –épicée aromatique
<i>Origanum syriacum</i> (Sour)	12	Limpide très fluide	Jaune* Orange**	thymol –épicée aromatique
<i>Origanum syriacum</i> / (Békaa)	10	Limpide très fluide	Jaune* Orange**	thymol –épicée aromatique
<i>Rosmarinus officinalis</i> (colline)	16	Liquide limpide	jaune pâle	très marquée
<i>Salvia libanotica</i> (montagne)	18	Liquide limpide	Jaune pâle* Jaune foncée**	fortement cinéolique
<i>Salvia libanotica</i> (Sour)	20	Liquide limpide	Jaune pâle* Jaune foncée**	fortement cinéolique

* printemps, ** automne,

Les plantes médicinales de la même espèce botanique, pouvant croître naturellement dans des régions géographiques différentes élaborant des huiles essentielles ayant des caractères différents. Les extraits de différentes plantes médicinales de la famille des Lamiacées, montre une grande diversité au sein de cette famille et entre les espèces et variétés. Chaque plante possède ses propres empreintes. (Hilan et al., 2006).

Les différences enregistrées dans le rendement des HE de *Thymus vulgaris* et *Thymus algeriensis* est influencée par plusieurs facteurs :

- La durée d'extraction (Benbouali, 2006).
- La méthode de séchage (Bourkhiss et al., 2009).
- la période de récolte (Bourkhiss et al., 2011).
- l'adaptation de la plante aux facteurs abiotiques, tels que le climat spécifique aux régions de provenance des échantillons, aux facteurs géographiques, comme l'altitude et la nature du sol qui orientent la biosynthèse vers la formation préférentielle de produits précis. (Mansouri, 2011).

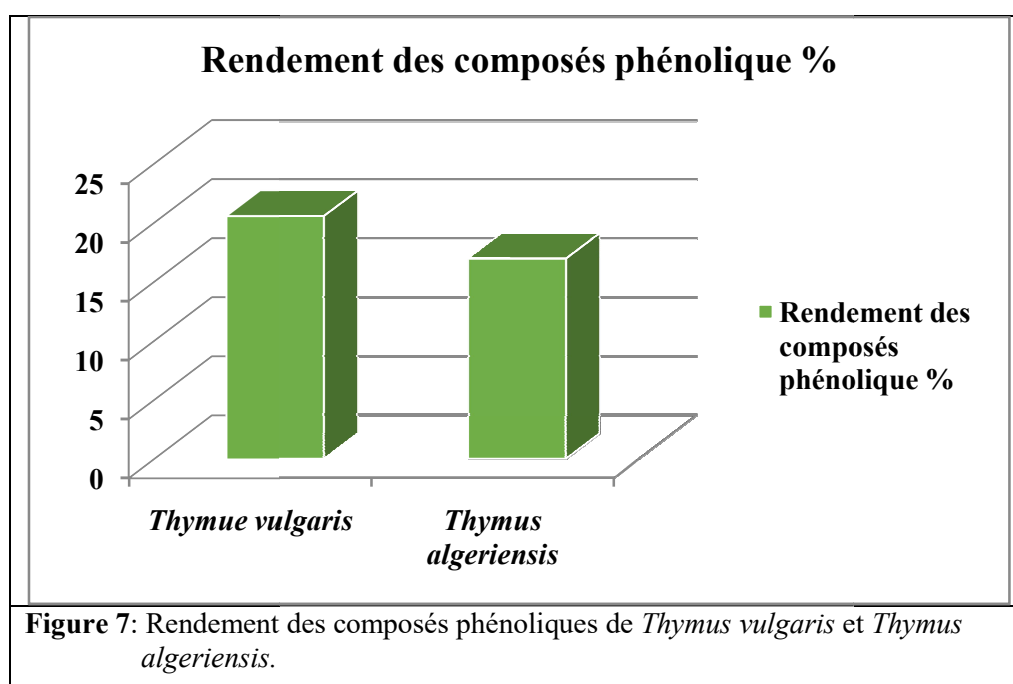
- selon le résultat de (Goudjil et al., 2015), il est impératif donc d'extraire l'huile essentielle environ de quatre à six jours après leur récolte, puisque la teneur en huiles essentielles est à son maximum. Au-delà de cette période, elles perdent qualitativement et quantitativement leurs huiles essentielles.

1-3- Rendement de l'extrait méthanolique

Les résultats de détermination du rendement pour les deux plantes de notre étude sont représentés dans le tableau 11, figure 7.

Tableau 11: Couleur, aspect et rendement en composés phénoliques de *Thymus vulgaris* et *Thymus algeriensis*.

L'espèce	RCP %	Le poids	L'aspect	La couleur
<i>Thymus vulgaris</i>	20,6	2,06	Visqueuse	Vert foncée
<i>Thymus algeriensis</i>	17	1,69	Visqueuse	Vert claire



D'après ces résultats, nous pouvons déduire que, le rendement de *Thymus vulgaris* est plus élevé par rapport *Thymus algeriensis*.

Le tableau 12, représente les résultats de certaines études d'extraction des composées phénoliques de *Thymus vulgaris* et *Thymus algeriensis* par différente méthodes.

Tableau 12: Rendement des composés phénoliques de *Thymus vulgaris* et *Thymus algeriensis* extrait par différents méthodes.

L'espèce	Méthode d'extraction		R (%)	Référence
<i>T.vulgaris</i>	Méthanol 80 %		22,25	Pooran, 2020
	Méthanol		24,66	Mohamed et al., 2013
	Ethanol		14,80	
	Diethyl éther		10,30	
	Hexane		4,21	
	Ethanol 100%		15,42	Mahrye et al., 2022
	Ethanol 80%		21	
	Méthanol 100%		18,74	
	Méthanol 80%		19,90	
	Hexane (Soxhlet)		4,7	Lagouri, 2011
	Méthanol		4,9	
	épuisement successif du matériel végétal.	Extrait éther de pétrole (EEP)	1,94	Yakhlef, 2010
		Extrait dichlorométhane (EDCM)	2,73	
		Extrait méthanol (EMeOH)	6,24	
	Macération à l'eau l'extrait aqueux (EAq)		20,05	
<i>T.algeriensis</i>	L'extrait hydroéthanolique		22,6	Righi, 2020
	L'extraction hydroéthanolique éthanol 80 %		17	Khoudja et al., 2014
	L'extraction acétonitrile/eau		15,2	Guesmi et al., 2017
	L'extraction à l'eau		16	

D'après les résultats du **tableau 12**, On remarque qu'il y a une différence de rendement des deux espèces étudiées et entre chaque type d'extraction aussi.

Les valeurs du rendement peuvent être liées à différents facteurs agro-climatiques/agroécologiques, conditions de la région de récolte du thym, efficacité des méthodes d'extraction et nature du solvant d'extraction utilisé dans différentes études.

La différence de rendement d'extraction entre différents solvants pourrait être liée à leur nature unique et polarité et donc interaction avec les bioactifs spécifiques en cours d'extraction (**Mahrye et al., 2022**).

Les solvants plus polaires étaient plus efficaces pour extraire composés phénoliques de toutes les matières végétales que les solvants moins polaires (**Mohamed et al, 2013**)

2-Activité antibactérienne

2-1-Méthode diffusion par disque

Après 24h d'incubation à 37 °C, les zones d'inhibition observées autour des disques imprégnés des différents extraits des huiles essentielles des deux espèces *T.vulgaris* et *T.algeriensis*, ont été mesurées. Les résultats obtenus sont présentés dans la figure 8.

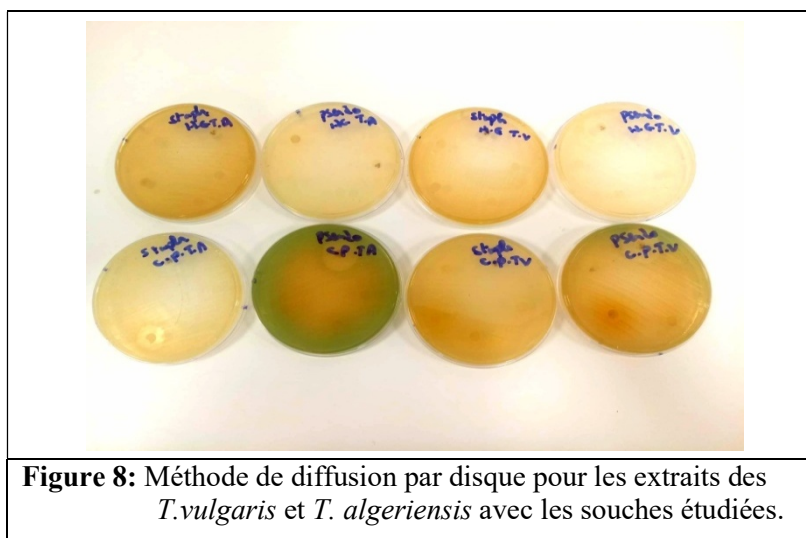


Figure 8: Méthode de diffusion par disque pour les extraits des *T.vulgaris* et *T. algeriensis* avec les souches étudiées.

Les résultats présentés dans la figure 6 montre que les huiles essentielles des espèces de *T.vulgaris* et *T.algeriensis*, ont un effet positif avec la bactérie *Staphylococcus aureus* par rapport à la souche *Pseudomonas aeruginosa* qui ne représente aucun effet, alors que les composés phénoliques des deux espèces n'ont pas d'activité antibactérienne vis-à-vis des souches étudiées (tableau 13).

Tableau 13: L'activité antibactérienne causée par HE de *T.vulgaris* et *T.algeriensis* par la méthode de diffusion par disque.

Espèce	Bactérie		Gantamicine (contrôle +)	Pure	1/5	1/10	CMI (g/ml)
<i>T.vulgaris</i>	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> [27853]	HE	21mm	-	-	-	
		CP	19 mm	-	-	-	
	<i>Staphylococcus aureus</i> [25923]	HE	19mm	10mm	-	-	0,19
		CP	19 mm	-	-	-	
<i>T.algeriensis</i>	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> [27853]	HE	21mm	-	-	-	
		CP	19 mm	-	-	-	
	<i>Staphylococcus aureus</i> [25923]	HE	19mm	11mm	-	-	0,37
		CP	19 mm	-	-	-	

Selon **Khelifi et Medjani**, 2018, l'extrait chloroformique des composés phénoliques du genre *Thymus* présente un effet positif seulement sur *Staphylococcus*

aureus et le diamètre de la zone d'inhibition augmente avec l'augmentation de la concentration de l'extrait chloroformique.

Les huiles essentielles de *T.vulgaris* et *T.algeriensis* ont un effet sur la bactérie *Staphylococcus aureus* avec des diamètres moyens des zones d'inhibition de 10mm et 11mm respectivement, alors que la Gentamicine (contrôle⁺) a présenté des diamètres d'inhibition de 21 mm et 19 mm avec *Pseudomonas aeruginosa* et *Staphylococcus aureus* respectivement. Pour les deux espèces de notre étude, les dilutions 1/5 et 1/10 n'ont montré aucun résultat avec ces bactéries.

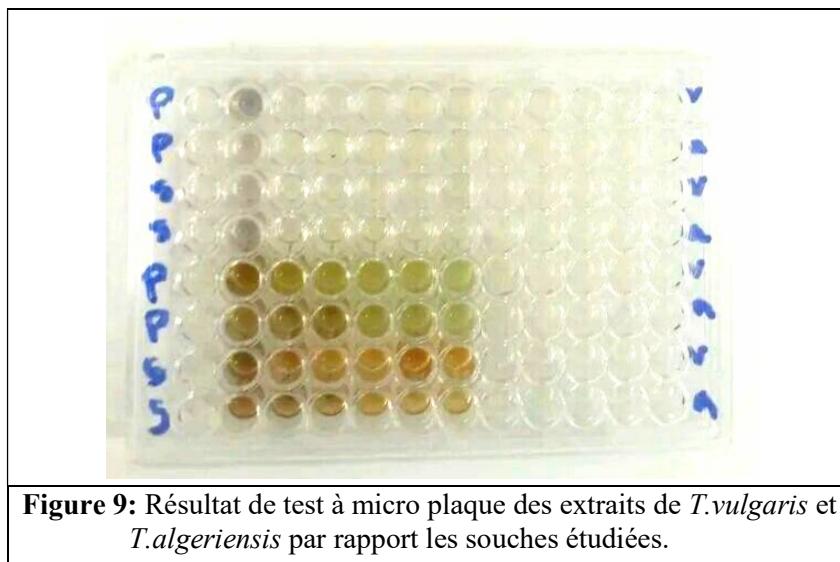
Bouhdid et al., 2006, ont déterminé un diamètre de la zone d'inhibition de l'HE du *T.vulgaris*, égale à 20 mm avec *Staphylococcus aureus*, et 8 mm pour *Pseudomonas aeruginosa*, tandis que, **El Ouali et al.**, 2013, ont obtenu un diamètre de 9,2 mm avec l'HE de *T.vulgaris* à l'encontre de la souche *Staphylococcus aureus*.

D'après **Messoaudi et al.**, 2019, l'huile essentielle de *T.algeriensis* représente un diamètre de 15,5 mm et la Gentamicine 13 mm avec la bactérie de *Staphylococcus aureus*. Les travaux de **Dob et al.**, (2006), montrent un effet négatif de la même huile sur les deux bactéries *Staphylococcus aureus* et *Pseudomonas aeruginosa*.

Les huiles essentielles de *T.vulgaris* et *T.algeriensis*, ont des zones d'inhibition très proche. La bactérie de *Staphylococcus aureus* est une souche hautement pathogène, qui s'est révélé une sensible moyenne aux huiles essentielles des deux espèces étudiées. Cette efficacité, pourrait être reliée à la présence des composés majoritaire tels que Carvacrol et Thymol, qui sont connus à par leurs propriétés antimicrobiennes efficaces contre les bactéries à Gram⁺. Cette activité est due à leur capacité à endommager la membrane cellulaire des bactéries, lorsqu'ils traversent la paroi bactérienne, ce explique le très large spectre antibactérien de Thymol et Carvacrol. (**El Ouali et al**, 2013).

2-2-Méthode de microdilution

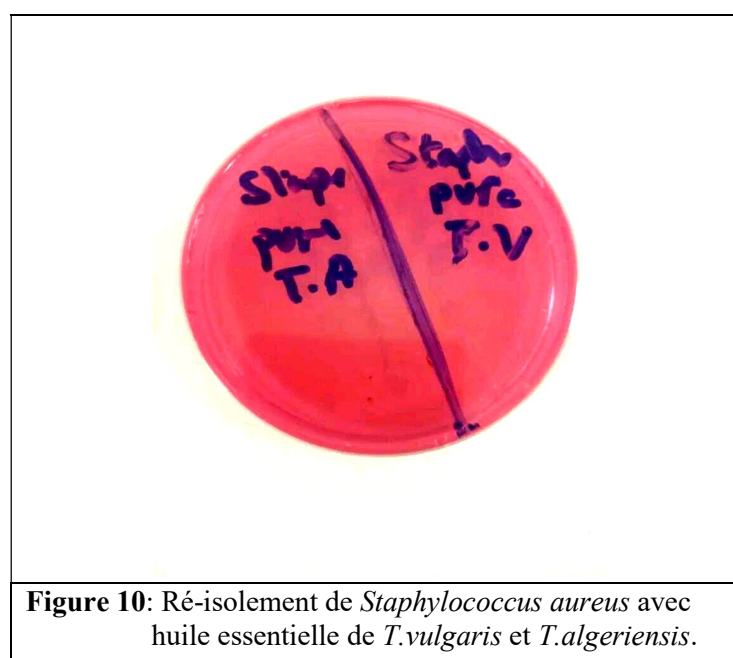
La lecture des résultats de microplaque a été effectué à l'œil nu, après 18h d'incubation, ces résultats sont représentés dans la figure 9.



On observe l'apparition d'un trouble dans les puits de microplaque qui contiennent les huiles essentielles (pur) pour les deux espèces *T.vulgaris* et *T.algeriensis* et un résultat positif avec la bactérie *Staphylococcus aureus* par contre un résultat négatif a été observé pour la souche *Pseudomonas aeruginosa*.

Les extraits phénoliques des deux espèces *T.vulgaris* et *T.algeriensis* se sont révélés inactifs à l'encontre des souches étudiées.

En addition, la méthode de ré-isolément a fait une partie dans ce travail, par l'utilisation de milieu Chapman, coulé dans la boîte de pétrie avec HE (pure) de *T.vulgaris* et *T.algeriensis* comme il est montré dans la figure 10.



Les résultats de **tableau 13**, confirment l'efficacité antibactérienne de *T.vulgaris* et *T.algeriensis* contre la bactérie *Staphylococcus aureus*. L'huile essentielle de *T.vulgaris* d'un CMI = 0,19 g/ml plus faible au CMI de *T.algeriensis* qui est 0,37 g/ml.

Boskovie et al, 2015, ont déterminé une CMI égale 640 µg/ml pour *T.vulgaris* avec *Staphylococcus aureus*, par opposition au résultat obtenu par **Al-Saimary et al**, 2006, qui ont trouvé une CMI entre 100 et 500 mg/ml, avec la même bactérie, et 500 mg/ml avec *Pseudomonas aeruginosa*, dans les extraits alcooliques de la partie aérienne de la plante de *T.vulgaris*.

D'autres travaux ont souligné que, plus les teneurs en phénols sont élevées, plus l'efficacité antimicrobienne des huiles essentielles est grande, ceci s'applique à l'HE de *T.vulgaris* atteste une activité antibactérienne importante, pourrait principalement être due aux composés majoritaires. (**El Ouali et al**, 2013).

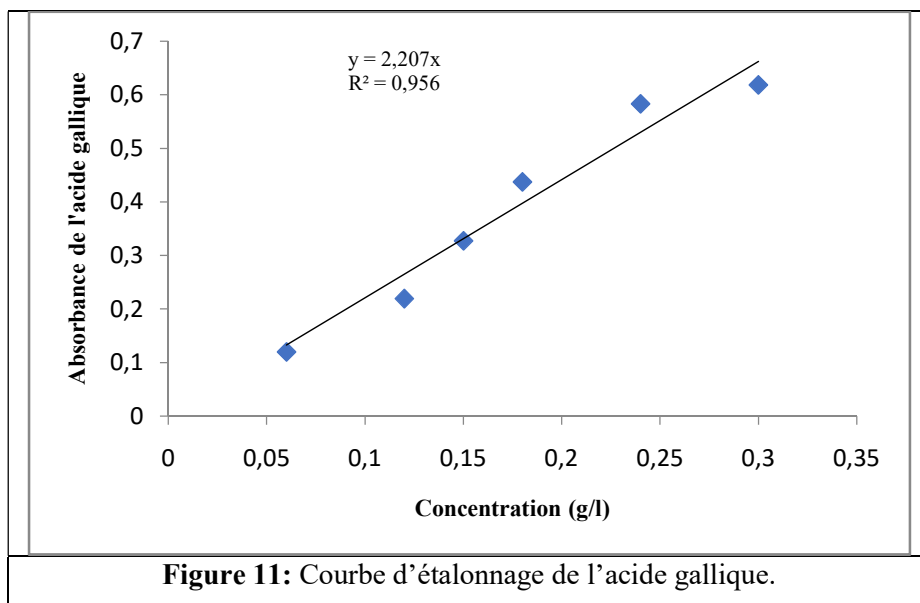
En effet, **Dob et al**, 2006, ont obtenu une CMI = 2 µl/ml de l'HE de *T.algeriensis* avec les deux bactéries étudiées.

Messaoudi et al, 2019, ont déterminé une valeur de CMI égale 65 µl/ml pour l'HE de l'espèce de *T.algeriensis* avec *Staphylococcus aureus*. L'effet inhibiteur de l'huile essentielle de *T.algeriensis* pourrait être due à sa composition riche de Linalol et Camphre, connus pour avoir d'excellentes propriétés antibactériennes, ou pourraient être liés aux hydrocarbures monoterpéniques, et aux monoterpènes oxygénés, qui sont capable d'affecter l'intégrité cellulaire. (**Sobeh et al**, 2020).

D'après la méthode de ré-isollement, l'indication de couleur jaune dans le milieu Chapman avec *Staphylococcus aureus*, montre, que l'huile essentielle de *T.vulgaris* et *T.algeriensis* ont un effet bactériostatique et sont capables d'inhiber la bactérie pathogène *Staphylococcus aureus*, donc la CMI égale la concentration de l'huile essentielle pure.

3-Dosage des phénols totaux

Les parties aériennes des deux plantes *T.vulgaris* et *T.algeriensis* ont été soumis à une macération dans le méthanol. Une courbe d'étalonnage a été tracée avec déférentes concentrations de l'acide Gallique en fonction de son absorbance (figure 9).

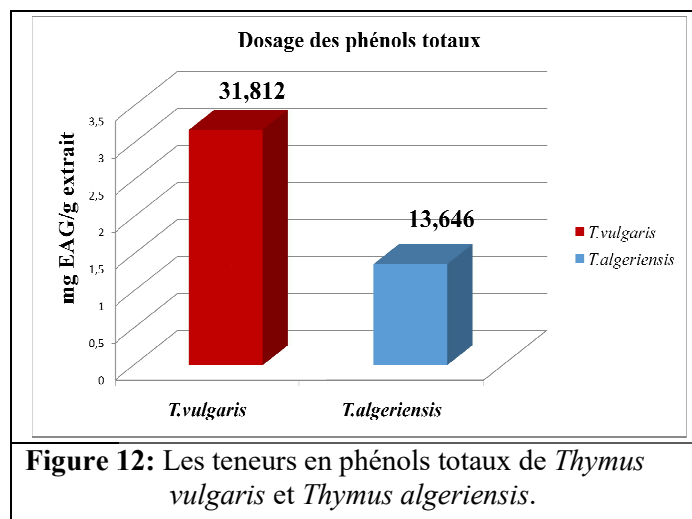


Les teneurs en polyphénols totaux de chaque extrait des plantes étudiées ont été calculées à partir de courbe d'étalonnage de l'acide gallique, et ils sont exprimés en g/l et en mg EAG par gramme de la plante sèche, les résultats sont regroupés dans le tableau 14 et illustrés dans la figure 12.

Tableau 14: Les teneurs en phénols totaux de *T.vulgaris* et *T.algeriensis* exprimés en g/l et en mg EAG par gramme d'extrait sec.

Plante \ Concentration	Concentration en TPT g/l EAG	TPT mg EAG/g extrait
<i>T.vulgaris</i>	31,812 ± 7,723	3,181 ± 0,772
<i>T. algeriensis</i>	13,646 ± 2,184	1,365 ± 0,218

Nos deux plantes « *T.vulgaris* et *T. algeriensis* », qui ont été récoltées à partir des régions (d'Aflou et Sétif), ont donné de fortes teneurs en phénols totaux de 31,812 ± 7,723 mg/ml et 13,646 ± 2,184 mg/ml pour *T.vulgaris* et *T. algeriensis* respectivement. Ainsi, nous pouvons déduire que l'espèce *T. vulgaris* est plus riche en PT par rapport à la plante *T.vulgaris*.



Le *T. vulgaris* récolté d'Iran et étudié par **Golkar et al.**, (2020), a montré un contenu phénolique de $114,88 \pm 13,15$ mg EAG/g extrait sec. Par contre celui d'origine de Fayoum (Egypt), étudié par **Roby et al.**, 2013, a révélé une quantité en phénols totaux de $8,10 \pm 2,00$ mg EAG/g extrait. Alors que l'espèce *T. vulgaris* étudiée par **Lagouri et al.**, 2011, achetée de « *Green greekherbs* » de Komotini -Grèce-, ont trouvé une concentration de $46,79 \pm 4,87$ mg EAG/g extrait sec. Ces trois articles ont trouvé de bons teneurs en comparaison avec notre plante qui contient une teneur d'environ $3,181 \pm 0,772$ mg EAG/g extrait de phénols totaux.

Plusieurs auteurs ont étudiés le *T. algeriensis* récolté dans des régions différentes, et ils ont trouvés des bonnes teneurs en polyphénols (**tableau 15**). Le meilleur résultat est celui obtenu par **Righi et al.**, 2020 qui ont trouvé une valeur en phénols totaux de 304 ± 3 mg EAG/g extrait. La plus faible valeur est celle de $10,646 \pm 0,234$ mg EAG/g extrait trouvée par **Noureddine et al.**, 2015. Ces résultats ont été comparés avec notre plante qui contient de $1,365 \pm 0,218$ mg EAG/g extrait teneur en polyphénols, notre résultats faible peut être due a longue durée de stockage de la plante qui peut influence sur le TPT de la plante.

Tableau 15: Comparaison des TPT de *T.algeriensis* récoltée dans des régions différentes.

L'auteur	TPT mg EAG/g extrait	La région de récolte	La période de récolte
Bendjabeur et al, 2018	170,46±1,35	Relizane	2017
Noureddine et al, 2015	10,646 ± 0,234	Laghouat	Avril 2010
Righi et al, 2020	304 ± 3	Taglait, Bordj Bou Arreridj	Avril 2017
Megdiche-Ksouri et al, 2015	248,889± 7,18	Ras Jedir, Libye	Janvier 2013
Rezzoug et al, 2019	125 ± 1	Laghouat	Entre Avril et May 2016

4-L'activité antioxydante

4-1-Teste de DPPH

L'activité antioxydante des huiles et des composés phénoliques des plantes étudiées a été évaluée par le test de DPPH, les résultats sont exprimés en CI_{50} qui a été calculé à partir des courbes de variation du pourcentage d'inhibition (I%) en fonction de la concentration de chaque extrait (la figure 14). De même on a calculé le CI_{50} de l'acide ascorbique (vitamine C) qui est le standard choisis dans ce teste. Il faut rappeler que plus la valeur d' CI_{50} est petite plus l'activité antioxydante des extraits est grande. Les résultats obtenus sont regroupés dans le tableau 16 et illustrés dans la figure 13.

Tableau 16: Les valeurs d' CI_{50} des extraits des composés phénoliques et des huiles essentielles mesurées par le teste de DPPH.

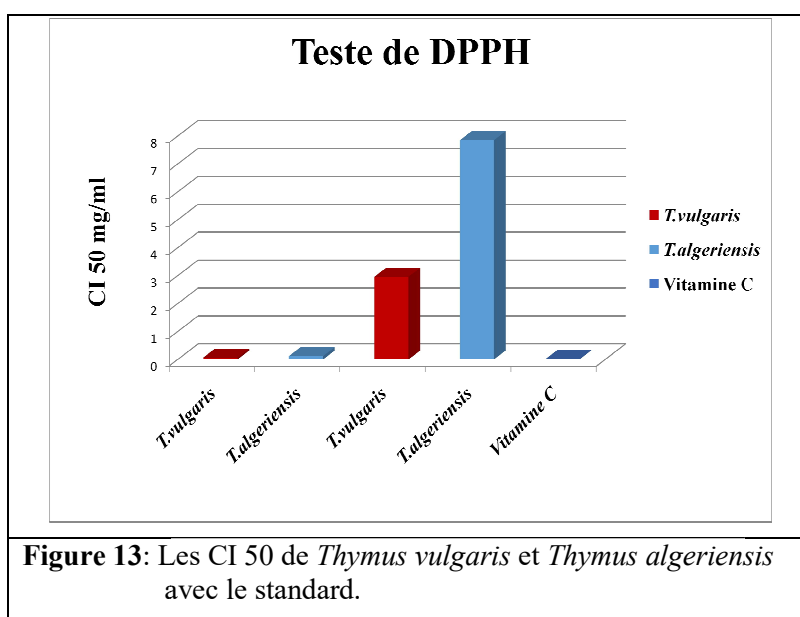
L'extrait	L'espèce	CI_{50} mg/ml
Composés phénoliques	<i>T.vulgaris</i>	0,070 ±0,003
	<i>T.algeriensis</i>	0,120 ±0,009
Huile essentielle	<i>T.vulgaris</i>	2,961 ±0,075
	<i>T.algeriensis</i>	7,852 ±0,148
Vitamine C		0,009 ±0,001

Nos résultats montre que l'extrait des composés phénolique de *T.vulgaris* présente l'activité antioxydante plus élevée (CI_{50} = 0,070 ±0,003mg/ml) que le *T.algeriensis*, dont la valeur de CI_{50} de est 0,120 ±0,007 mg/ml. En comparant ces valeurs avec la vitamine C on conclue que les deux extraits des deux plantes ont une bonne activité antioxydante.

Selon les travaux de **Akin et Saki**, en 2019 qui ont étudié l'activité antioxydante des extraits éthanoliques de *T.vulgaris* récoltée des Plateaux de Kocayayla à Uludağ montagnes (Bursa-Turquie), ils ont trouvé un pourcentage d'inhibition de 60% pour une concentration de 200 µg/ml, et pour notre extrait on a trouvé pour la même concentration un pourcentage d'inhibition plus élevé qui est de 85,5%, donc une forte activité antioxydante de notre extrait.

Rezzoug et al, 2019, ont trouvé un $CI_{50} = 1,560 \pm 0,010$ mg/ml d'extrait des composés phénolique de *T.algeriensis* récolté de la zone de l'Atlas Saharien d'Algérie (Région de Laghouat). Pour notre extrait on a trouvé une activité antioxydante plus élevée avec une valeur de $0,120 \pm 0,007$ mg/ml de concentration inhibitrice.

Les huiles de *T.vulgaris* et *T.algeriensis* ont une activité antioxydante moyenne comparable avec celui de l'antioxydant de référence (Acide ascorbique), ses valeurs sont présentées dans le tableau 16.

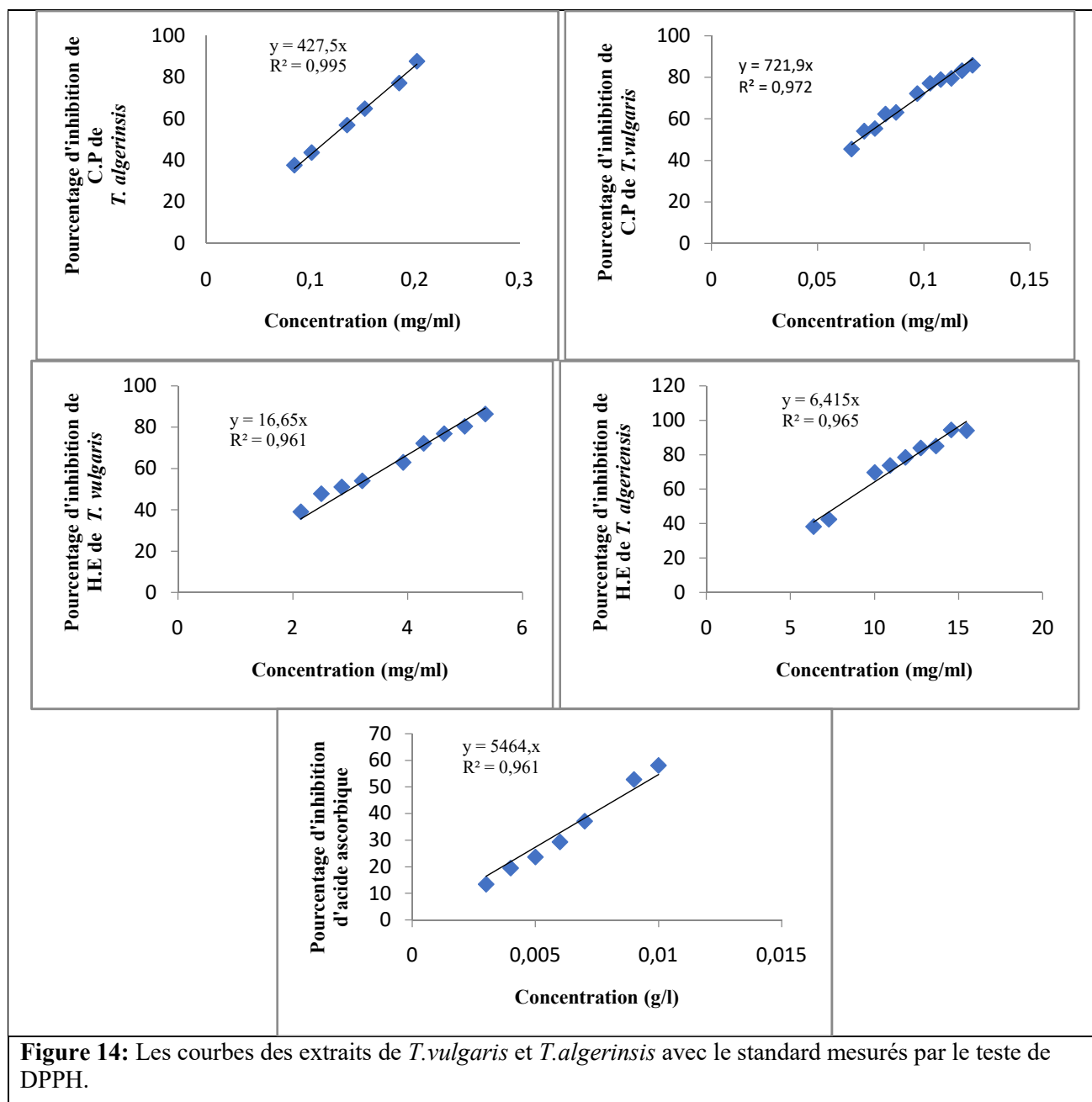


Aldosary et al, 2021, ont étudié l'activité antioxydante d'huile essentielle de *T.vulgaris* qui a été collecté de Mark et, Dammam, Arabie Saoudite. Ils ont trouvé un I% de 87,3 %, à une concentration de 500 µg/ml ce résultat est presque proche de notre valeur qui est 83,25 % pour la même concentration, avec un $CI_{50} = 2,961 \pm 0,065$ mg/ml, donc on peut dire que notre huile essentielle a une activité antioxydante moyenne.

La plante *T.algeriensis* qu'on a étudié a montré une bonne activité antioxydante ($CI_{50} = 7,852 \pm 0,128$ mg/ml), en comparaison avec celle qui a été étudiée par **Benabed et al.**, 2017, de deux régions différentes, Djelfa et Aflou-Laghouat-, avec des CI_{50} : $10,2 \pm 0,9$; $> 45,0$ mg/ml respectivement. **Ali et al.**, 2015, ont travaillé sur le *T.algeriensis* de trois

régions de la Tunisie appartenant aux bioclimats différents : Korbous, Jebel Jedidi, et Hammam Sousse. Ils ont trouvé des valeurs de CI_{50} respectives de : $6,54 \pm 1,2$; $4,31 \pm 0,7$ et $9,23 \pm 1,8$ mg/ml, ces résultats sont presque similaires à nos valeurs la petite différence entre les CI_{50} est peut être due à la différence des régions de récoltes.

Nos résultats obtenus dans ce test est due à la richesse des deux plantes en polyphénols, qui a été confirmé par la méthode de dosage des phénols totaux.



4-2-Teste de Phosphomolybdate

Les activités antioxydantes des extraits (Les composés phénoliques et les huiles essentielles) de *T. vulgaris* et *T. algerinsis* sont étudiés en utilisant le test de

phosphomolybdate. Les résultats obtenus nous ont permis de tracer les courbes de la variation de l'absorbance en fonction des concentrations de chaque extrait (mg/ml) (**figure 16**). L'activité de nos extraits a été référée à celle de la vitamine C (acide ascorbique), et à partir des courbes de figure 14, nous avons calculé le paramètre VCEAC des extraits des deux plantes. Plus ce paramètre est important, plus le pouvoir antioxydant des extraits est important, les valeurs sont présentées dans le tableau 17 et illustrées dans la figure 15.

Tableau 17: Les valeurs de VCEAC des extraits des composés phénoliques et des huiles essentielles mesurées par le teste de phosphomolybdate.

L'extrait	L'espèce	VCEAC
Composés phénoliques	<i>T.vulgaris</i>	0,025 ±0,010
	<i>T.algerinsis</i>	0,008 ±0,003
Huiles essentielles	<i>T.vulgaris</i>	0,021 ±0,011
	<i>T.algerinsis</i>	0,010 ±0,002

D'après ces résultats nous remarquons que l'extrait des composés phénoliques de *T.algerinsis* a une valeur moins importante que celle de *T.vulgaris* qui est de 0,025 ±0,010. En comparant ces résultats avec les travaux d'Albayrak et al, 2013 et Spiridon et al, 2011, sur la plante de *T.vulgaris* de différentes origines : Kayseri, Turkey et Romania respectivement, ces chercheurs ont trouvé un pouvoir réducteur plus élevé par rapport à nos résultats, dans lesquels les valeurs sont : 39,68±0,1 mg EAA/g extrait (*T.vulgaris* de Turkey), 80 mg EAA/g extrait (*T.vulgaris* de Romania).

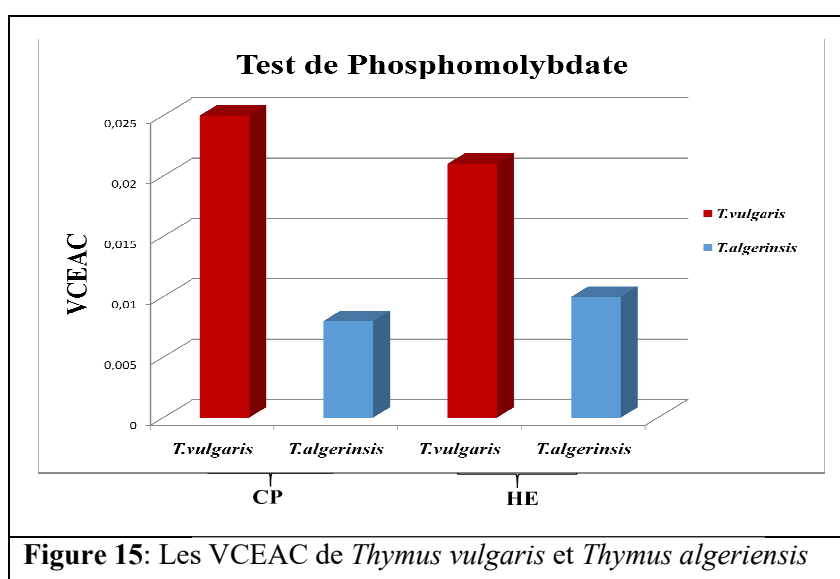


Figure 15: Les VCEAC de *Thymus vulgaris* et *Thymus algeriensis*

Rezzoug et al, 2019, qui ont récolté la plante *T.algeriensis* de Laghouat, ils ont trouvés un VCEAC = $0,007 \pm 0,0006$ mg/ml, qui est similaire à notre résultat de $0,008 \pm 0,003$ mg/ml.

Les extraits des huiles essentielles et des composés phénoliques, des deux plantes étudiées possèdent un pouvoir réducteur faible. **Benabed et al**, 2017, ont étudié l'activité antioxydante des deux espèces, et ils ont trouvés les valeurs suivantes : le *Thymus vulgaris* de Djelfa ($0,107 \pm 0,007$ mg/ml), *Thymus algeriensis* de Djelfa ($0,220 \pm 0,022$ mg/ml), et *Thymus algeriensis* d'Aflou ($0,148 \pm 0,003$ mg/ml). **Rezzoug et al**, 2019, ont travaillé sur la plante *T.algeriensis* de la région de Laghouat, et ont trouvé un VCEAC = $0,432 \pm 0,001$ mg/ml. En comparaison avec nos résultats qui ont montré un faible pouvoir réducteur, le *T.vulgaris* a une valeur de $0,021 \pm 0,011$ mg/ml et le *T.algerinsis* de $0,010 \pm 0,002$ mg/ml.

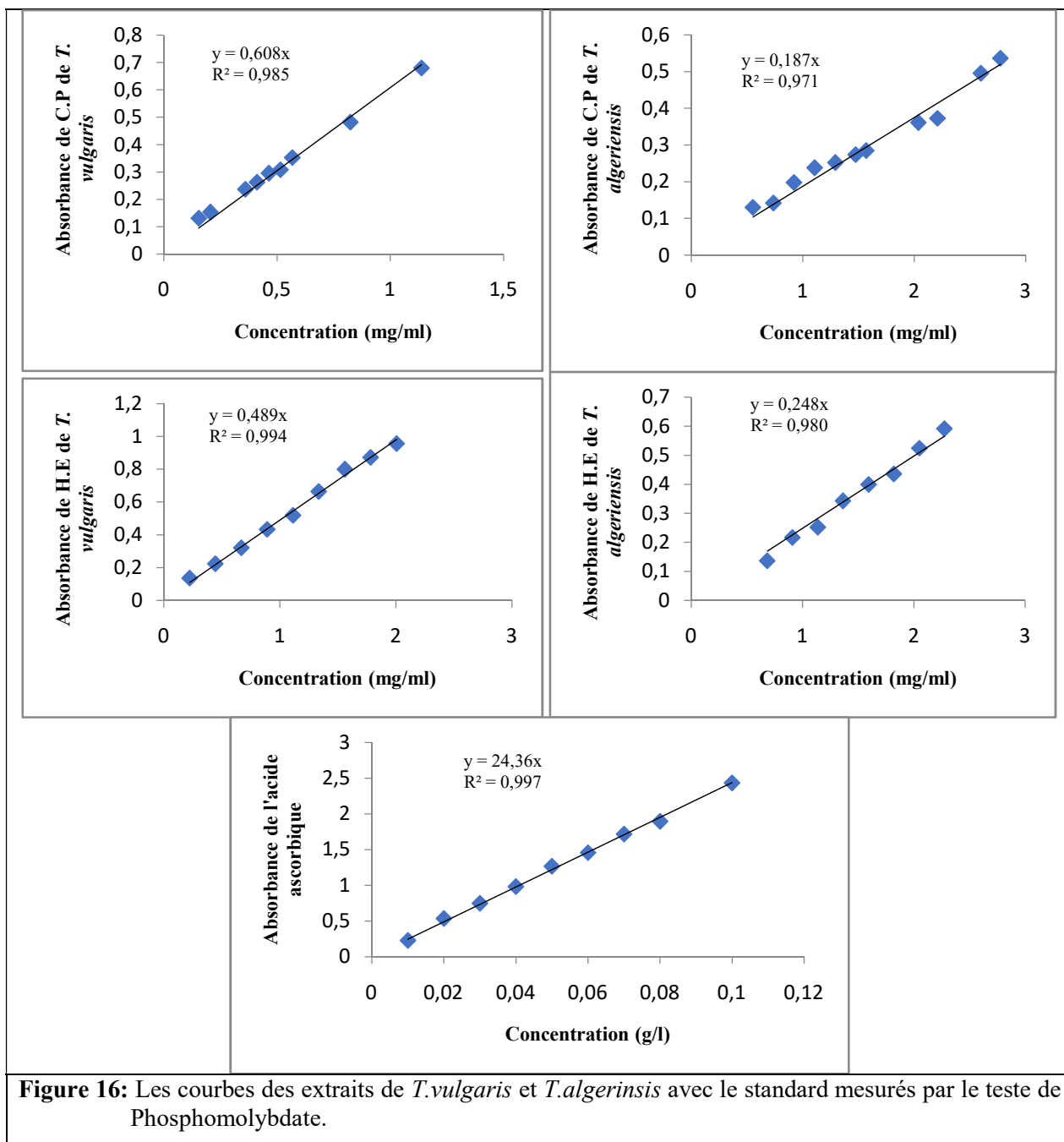


Figure 16: Les courbes des extraits de *T.vulgaris* et *T.algerinsis* avec le standard mesurés par le teste de Phosphomolybdate.

Conclusion et perspective

Conclusion et perspective

Les plantes médicinales et aromatiques occupent une grande importance en médecine, pour soulager et guérir les maladies humaines, et dans des domaines différents comme la composition des parfums, et dans les préparations culinaires. Malgré le développement des médicaments de synthèses le médicament végétal a toujours occupé une place de choix.

Notre travail a concerné l'étude des activités antioxydante et antibactérienne des deux plantes *T.vulgaris* et *T.algerinsis*, de la famille des *Lamiaceae*. Les deux plantes ont été soumises à une extraction par macération à froid dans le méthanol, un rendement plus élevé est obtenue pour le *T.vulgaris* (20,6 %), tandis que le *T.algerinsis* a présenté un rendement de (17 %). L'extraction des huiles essentielles a été effectuée à l'aide du procédé d'hydrodistillation par l'appareil de Clevenger, les rendements des deux plantes sont pratiquement proches : *T.vulgaris* (2,5 %) et *T.algerinsis* (3,5 %).

L'étude de l'activité antibactérienne par la méthode de diffusion sur disque, et le test de microdilution, nous a permis de conclure que les composés phénoliques des deux plantes ne possèdent aucun effet antibactérien. Par contre les huiles ont une très bonne activité antibactérienne contre la souche *Staphylococcus aureus*, et la CMI de *T.vulgaris* (0,19 g/ml) est plus élevé que le *T.algerinsis* (0,37 g/ml).

L'évaluation quantitative des phénols totaux par la méthode de Folin-Ciocalteu a révélé la présence de quantités importantes de polyphénols dans les extraits des deux plantes étudiées. Cependant, l'extrait de *T.vulgaris* ($31,812 \pm 6,688$ g/l EAG) est plus riche en polyphénols que le *T.algerinsis* ($13,646 \pm 1,891$ g/l EAG).

L'activité antioxydante des extraits phénoliques et des huiles essentielles a été évaluée par deux tests différents : la réduction du radical libre DPPH, et l'estimation du pouvoir réducteur par le réactif de Phosphomolybdate. Pour le test de DPPH les extraits phénoliques des deux espèces possèdent une bonne activité antioxydante par rapport aux huiles essentielles. Par contre, les résultats du test de phosphomolybdate montrent que les huiles essentielles et les extraits méthanoliques des deux plantes étudiées possèdent des pouvoirs réducteurs faibles.

Ces résultats ne constituent qu'une ébauche dans le domaine de la recherche des antioxydants et antimicrobiens. En perspectives, on peut prévoir :

- Identifier les molécules responsables du pouvoir antioxydant en utilisant des techniques de purification et d'identification plus performantes, telles que l'HPLC, et CPG-SM ;
- Faire les études de l'activité antibactérienne sur d'autres souches ;
- Evaluer les extraits des huiles essentielles et des composés phénoliques, pour d'autres activités biologiques à savoir : anti-inflammatoires, antivirales, et antifongiques ainsi que leur effet sur d'autres enzymes.

Références bibliographiques

Les références

A

- 1 **Abdelli, W.**, 2017, Caractérisation chimique et étude de quelques activités biologiques des huiles essentielles de *Juniperus phoenicea* et de *Thymus vulgaris*, Thèse de Doctorat, Université Abdelhamid Ibn Badis – Mostaganem, Algérie, 166 pp.
- 2 **Abedini, A.**, 2013, Evaluation biologique et phytochimique des substances naturelles d'*Hyptisatrorubens*Poit. (Lamiaceae), sélectionnée par un criblage d'extraits de 42 plantes, Thèse de doctorat, Université Lille nord de France, 198p.
- 3 **Achat, S.**, 2013, Polyphénols de l'alimentation : extraction, pouvoir antioxydant et interactions avec des ions métalliques, thèse en co-tutelle, Université d'Avignon; Université Abderrahmane Mira – Bejaïa, 211pp.
- 4 **Akin, M., Saki, N.**, 2019, Antimicrobial, DPPH scavenging and tyrosinase inhibitory activities of *Thymus vulgaris*, *Helichrysum arenarium* and *Rosa damascenamill*. Ethanol extracts by using TLC bioautography and chemical screening methods, *Journal of Liquid Chromatography & Related Technologies*, Vol 42(7-8), p 204-216.
- 5 **Albayrak, S., Aksoy, A., Albayrak, S., Sagdic, O.**, 2013, In vitro antioxidant and antimicrobial activity of some *Lamiaceae* species, *Iranian Journal of Science and Technology(Sciences)*, Vol 37(1), p 1-9.
- 6 **Aldosary, S. K., El-Rahman, S. N. A., Al-Jameel, S. S., Alromihi, N. M.**, 2021, Antioxidant and antimicrobial activities of *Thymus vulgaris* essential oil contained and synthesis *thymus (Vulgaris)* silver nanoparticles, *Brazilian Journal of Biology*, vol 83.
- 7 **Aldosary, S. K., El-Rahman, S. N. A., Al-Jameel, S. S., Alromihi, N. M.**, 2021, Antioxidant and antimicrobial activities of *Thymus vulgaris* essential oil contained and synthesis *thymus (Vulgaris)* silver nanoparticles, *Brazilian Journal of Biology*, vol 83.
- 8 **Alexandre, P., Ronoel, L.O.**, 2008, Chemical composition of *Thymus vulgaris* L. (*thym*) essential oil from the Rio de Janeiro state, *Journal of the Serbian chemical society*, 73(3),p 307-310.
- 9 **Ali, I. B. E. H., Chaouachi, M., Bahri, R., Chaieb, I., Boussaïd, M., Harzallah-Skhiri, F.**, 2015, Chemical composition and antioxidant, antibacterial, allelopathic and insecticidal activities of essential oil of *Thymus algeriensis* Boiss et Reut, *Industrial crops and products*, Vol 77, p 631-639.
- 10 **Al-Saimary, I. E., Bakr, S. S., Khudaier, B. Y., Abass, Y. K.**, 2006, Efficiency of antibacterial agents extracted from *Thymus vulgaris* L. (Lamiaceae), *The International Journal of nutrition and Wellnes*, Vol 4(5).
- 11 **Al-Saimary, I. E., Bakr, S. S., Khudaier, B. Y., Abass, Y. K.**, 2006, Efficiency of antibacterial agents extracted from *Thymus vulgaris* L. (Lamiaceae), *The International Journal of nutrition and Wellnes*, Vol 4(5).
- 12 **Amarti, F., El Ajjouri, M., Ghanmi, M., Satrani, B., Aafi, A., Farah, A., Khia, A., Guedira, A., Rahouti, M., Chaouch, A.**, 2011, Composition chimique, activité anti microbienne et anti oxydante de l'huile essentielle de *Thymus zygic* du Maroc,

phytothérapie, Vol 9, p 149- 157.

- 13 **Amarti, F., Satrani, B., Ghanmi, M., Aafi, A., Farah, A., Aarab, L., El Ajjouri M., Guedira, A., Chaouch, A.,** 2011, Activité antioxydante et composition chimique des huiles essentielles de quatre espèces de *thym* du Maroc, *Acta Botanica Gallica*, 158:4, p513-523.
- 15 **Anita, R., Mary, T.,** 2020, Native Healers: Foundations in Western Herbal Medicine, Aeon Books, p 42.
- 16 **Antolovich, M., Prenzler, P. D., Patsalides, E., McDonald, S., Robards, K.,** 2002, Methods for testing antioxidant activity, *Analyst*, Vol 127(1), p 183-198.
- 17 **Antonin, B.,** 1862, 2^{ème} édition, Traité des plantes médicinales indigènes précédé d'un cours de botanique par Antonin Bossu : plantes médicinales, Baillere, p 482.
- 18 **Attou, A ;** 2017, Détermination de la Composition Chimique des Huiles Essentielles de Quatre Plantes Aromatiques de l'Ouest Algérien (Région d'Ain Témouchent): Etude de Leurs Activités Antioxydante et Antimicrobienne, Thèse de doctorat, Université Abou Bekr Belkaid Tlemcen, 93 pp.

B

- 19 **Baghiani, A., Belkhiri, F.,** 2018, plantes médicinales activités antioxydantes et antibactériennes étude de cas ; *Tamus communis* et *Carthamus caeruleus*, Editions universitaires européennes, p20.
- 20 **Belkhiri, F., Baghiani, A.,** 2017, Plantes médicinales activités antioxydantes et antimicrobiennes, Éditions universitaires européennes, p 51.
- 21 **Beloued .A.** 2014. Plantes médicinales d'Algérie. pp.3, 206. Constantine (Alger) : l'office des publications universitaires.
- 22 **Benaïcha, N,** 2008, Effetshypoglycémiant, hypolipémiant et antioxydant des protéines de sardine (*Sardinapilchardus*), chez des rats rendus diabétiques par injection de streptozotocine, Mémoire de magister, Université d'Oran Es-sénia, 55p.
- 23 **Benbouali, M.,** 2006, Valorisation des extraits de plantes aromatiques et médicinales de «*Mentha rotundifolia & thymus vulgaris* », Mémoire de magister, Université Hassiba ben bouali-chlef, 130pp.
- 24 **Bendjabeur, S., Benchabane, O., Bensouici, C., Hazzit, M., Baaliouamer, A., Bitam, A.,** 2018, Antioxidant and anticholin esterase activity of essential oils and ethanol extracts of *Thymus algeriensis* and *Teucrium polium* from Algeria, *Journal of Food Measurement and Characterization*, Vol 12(4), p 2278-2288.
- 25 **Benhammou, N.,** 2011, Activité antioxydante des extraits des composés phénoliques de dix plantes médicinales de l'Ouest et du Sud-Ouest Algérien, thèse de doctorat, Université Aboubakr Belkaïd-Tlemcen, 161pp.
- 26 **Benjaber, S.,** 2019, Etude phytochimique et activité biologique des huiles essentielles et des extraits éthanoliques de *Teucrium polium* subsp *capitatum*. *Thymus algeriensis* et *Ammoides verticillata*, Ecole national supérieure agronomique El-Herrach-Alger, 194p.
- 27 **Benoit, G.,** 2015, Etat des lieux sur l'aromathérapie dans les officines : enquête sectorielle dans le département de la Vienne, Thèse doctorat, Université de Poitier, 91pp.

- 28 **Benourad, F.**, 2015 ,Etude des pouvoirs antimicrobiens et pharmacologiques des extraits de *Thymus vulgaris* L et l'induction de la défense chez la tomate vis-à-vis de *Fusarium oxysporum*, *Botrytis cinerea*, et *Phytophthora parasitica*, Thèse de doctorat, Université Abd Elhamid Ibn Badis mostaghanem, algérie, 84pp.
- 29 **Blainski, A., Lopes, G. C., De Mello, J.C. P.**, 2013, Application and analysis of the folin ciocalteu method for the determination of the total phenolic content from *Limonium brasiliense* L., *Molecules*, Vol 18(6), p 6852-6865.
- 30 **Boizot, N., Charpentier, J.P.**, 2006, Méthode rapide d'évaluation du contenu en composés phénoliques des organes d'un arbre forestier, Cahier des Techniques de l'INRA, p 79-82.
- 31 **Boligon, A. A., Machado, M. M., Athayde, M. L.**, 2014, Technical evaluation of antioxidant activity. *Med. Chem*, Vol 4(7), p 517-522.
- 32 **Boskovic, M., Zdravkovic, N., Ivanovic, J., Janjic, J., Djordjevic, J., Strcevic, M., Baltic, M.**, 2015, Anti microbial activity of *Thyme* (*Thymus vulgaris*) and *oregano* (*Origanum vulgare*), *International 58 th Meat industry conferance*, Vol 20(21).
- 33 **Boubekri, Ch.**, 2014, Etude de l'activité antioxydante des polyphénols extraits de *Solanum melongena* par des techniques électrochimiques, Thèse de Doctorat, Université Mohamed Khider – Biskra, 176 pp.
- 34 **Bougandoura, N.**, 2011, Pouvoir antioxydant et antimicrobien des extraits d'espèces végétales *Satureja calamintha spnepta* (nabta) et *Ajugaiva* L. (chendgoura) de l'ouest d'Algérie, Mémoire de Magister, Université Abou Bakr Belkaid-Tlemcen, 85pp.
- 35 **Bougguerra, A.M.**, 2012, Etude des activités biologiques d'huile essentielle extraite des graines de *Foeniculum vulgare* Millen vue de son utilisation comme conservateur alimentaire, Mémoire de Magister, Université Frères Mentouri - Constantine 1, p 103.
- 36 **Bouhdid, S., Idaomar, M., Zhiri, A., Baudoux, D., Skali, N. S., Abrini, J.**, 2006, *Thymus* essential oils : Chemical composition and in Vitro antioxidant and antibacterial activities, Congrès international de Biochimie (Agadir), p 326-327.
- 37 **Bourkhiss, M., Hnach, M., Lakhlifi, T., Boughad, A., Farah, A., Satrani, B.**, 2011, Effet de l'Age et du Stade Végétatif sur la Teneur et la Composition Chimique des Huiles Essentielles de *Thuya* de, Les technologies de laboratoire, volume 6, N°23.
- 38 **Bourkhiss, M., Hnach, M., Bourkhiss, B., Ouhssine, M., Chaouch, A., Satrani, B.**, 2009, Effet de séchage sur la teneur et la composition chimique des huiles essentielles de *Tetralinis articulata* (Vahl) Masters, *Agrosolutions*, 20 (1), p 44-48.
- 39 **Bruneton, J.** 1999. Huiles essentielles ,in Pharmacognosie. Techniques et Documentation et médicales internationales. (pp.1100-1130). Paris-France : Lavoisier.
- 40 **Buisson, F., Larroumet, G., Stanislas, M., Denis.**, 1901, La Pharmacie : Encyclopédie populaire du XXe siècle, Société française d'Édition d'art. Paris, p 146.
- 41 **Carson, C.F., Riley, T.v.**, 1995, Antimicrobial activity of the major components of the essential oil of *Melaleuca alternifolia*, *J Appl Bacteriol*, 78 (3), p 264.

- Chaib, S.**, 2021, Encapsulation d'une huile essentielle extraite de *Thymus vulgaris* : Effet sur ses propriétés physicochimiques et biologiques, Thèse de doctorat, Université Larbi Ben M'Hidi Oum El Bouaghi, 97p.

D

- Dob, T., Dahmane, D., Benabdelkader, T., Chelgoum, C.**, 2006, Studies on the essential oil composition and antimicrobial activity of *Thymus algeriensis* Boiss et Reut, *The International Journal of aromatherapy*, Vol 16(2), p 95-100.

E

- El Ajjouri, M., Ghanmi, M., Satrani, B., Amarti, F., Rahouti, M., Aafi, A., Ismaili, R., Farah, A.**, 2010, Composition chimique et activité antifongique des huiles essentielles de *Thymus algeriensis* Boiss. & Reut. et *Thymus ciliatus* (Desf.) Benth. Contre les champignons de pourriture du bois, *Acta Botanica Gallica*, 157:2, p 285-294.
- El ouli lalami, A., El-Akhal, F., Ouedrhiri, W., Ouazzani, C.F., Guemmouh, R., Greche, H.**, 2013, Composition chimique et activité antibactérienne des huiles essentielles de deux plantes aromatiques du centre nord marocain : *Thymus vulgaris* et *Thymus satureioidis*, Les technologies de laboratoire, volume 8, N°31.
- El-Akhal, H., Greche, F., Ouazzani, C.R., Guemmouh, A., El OualiLalami, A.**, 2015, Composition chimique et activité larvicide sur *Culex pipiens* d'huile essentielle de *Thymus vulgaris* cultivées au Maroc, *Journal of Materials and Environmental Science*, 6(1), p 214-219.
- El-houiti, F.**; 2010, composition chimique, activités antimicrobienne et antioxydante des huiles essentielles des *Rhanterium adpressum*, Mémoire de magister, Université Amar telidji-Laghouate, 103pp.
- Eqbal, M., Duaqan, A., Aminah, A.**, 2017, Medicinal and functional values of *Thyme (Thymus vulgaris L.)* Herb, *Journal of applied biologie and biotechnology*, 5(02). P 17-22.

F

- Fabri, R. L., Nogueira, M. S., Braga, F. G., Coimbra, E. S., Scio, E.**, 2009, *Mitracarpus frigidus* aerial parts exhibited potent antimicrobial, antileishmanial, and antioxidant effects, *Bioresource Technology*, Vol 100(1), p 428-433.
- Ferrari, J.**, 2002, Contribution à la connaissance du métabolisme secondaire des *Thymelaeaceae* et investigation phytochimique de l'une d'elles: *Gnidia involucrata* Steud. ex A. Rich., Thèse de doctorat, Université de Lausanne, 225pp.
- Festy, D., Dufour, A.**, 2018, Ma bible des huiles essentielles, Editions Leduc. s, p 15. ISBN : 979-10-285-1780-9.
- Furmanowa, M., Olszowska, O.**, 1992, Micro propagation du *Thym (Thymus vulgaris L.)*, Biotechnologie dans l'agriculture et la foresterie, p 230–243.

G

- Gatëtan, B.**, 2016, Etude de la sensibilité aux antibiotiques par méthode semi-automatisée en milieu liquide de 293 souches, Thèse de doctorat, Université de Rouen, p 136.
- Golchehreh, Kh., Mazloomifar, A., Larijani, K., Tehrani, M. S., Azar, P. A.**,

2018, Solvent-free microwave extraction of essential oils from *Thymus vulgaris* L. and *Melissa officinalis* L. *Industrial Crops and Products*, Vol 119, p 214-217.

- 55 **Golkar, P., Mosavat, N., Jalali, S. A. H.**, 2020, Essential oils, chemical constituents, antioxidant, antibacterial and in vitro cytotoxic activity of different *Thymus* species and *Zatariumul tiflora* collected from Iran, *South African Journal of Botany*, Vol 130, p 250-258.

- 56 **Goudjil, M.B., Ladjel, S., Ben cheikh, S., Zigmi, S.**, 24 Novembre, 2015, Influence du séchage sur le rendement de l'extraction des huiles essentielles de *Mentha piperita*, 5ème Séminaire Maghrébin sur les Sciences et les Technologies du Séchage, Ouargla (Algérie), <https://www.researchgate.net/publication/290195049>

- 57 **Guesmi, F., Ben Hadj Ahmed, S., Landoulsi, A.**, 2017, Investigation of Extracts from Tunisian Ethnomedicinal Plants as Antioxidants, Cytotoxins, and Antimicrobials, *Biomed Environ Sci*, 30(11), p 811-824.

H

- 58 **Hacquart, P.**, 1872, Traité pratique et rationnel de botanique médicale : comprenant l'organisation et les classifications des végétaux, les caractères des familles, la description, les propriétés et l'emploi des plantes médicinales indigènes et exotiques, suivi d'un mémorial thérapeutique, Brière, p 124.

- 59 **Hamia, C., Guergab, A., Rennane, N., Birache, M., Haddad, M., Saidi, M., yousfi, M.**, 2014, Influence des solvants sur le contenu en composés phénoliques et l'activité antioxydant des extraits du *rhanterium adpressum*, *Annales des sciences et technologie*, Vol 6. N° 1.

- 60 **Hanbury, D., Flückiger, F.A.**, 1878, Histoire des drogues d'origine végétale, Octave Doin, éditeur. Paris, p 182.

- 61 **Hartmann, T.**, 2007, From waste products to eco chimecals : Fifty years research of plant secondary metabolism, *Phytochemistry*, Vol 68, p 2831 - 2846.

- 62 **Hassani, A., Sehari, N., Sehari, M., Bouchenafa, N.1., Labdelli, F., Kouadrie, M.**, 2017, Etude des propriétés insecticides et bactéricides de l'huile essentielle de *Thymusvulgaris* L. dans la lutte contre les ravageurs des semences et denrées stockées, *Revue Écologie-Environnement* (13).

- 63 **Hazzit, M.**, 2008, Etude de la composition chimique des huiles essentielles de différentes espèces de thym et d'origan poussant en Algérie, Thèse doctorat, Université des sciences et de la technologie Houari Boumediene, 165 pp.

- 64 **Hebi, M., Eddouks, M.**, 2016, Évaluation de l'activité antioxydante de *Steviareb audiana*, *Phytothérapie*, Vol 14(1), p17-22.

- 65 **Hilan, C., Sfeir, R., Jawish, D., Aitour, S.**, 2006, Huiles essentielles de Certains plantes médicinales libanaises de la famille *lamiaceae*, *Lebanese Science Journal*, Vol. 7, No. 2.

- 66 **HoudaBenabed, K., Gourine, N., Ouinten, M., Bombarda, I., Yousfi, M.**, 2017, Chemical composition, antioxidant and antimicrobial activities of the essential oils of three Algerian *Lamiaceae* species, *Current Nutrition & Food Science*, Vol 13(2), p 97-109.

- 67 **Hudaib, M., Speroni, E., Di Pietra, A. M., Cavrini, V.**, 2002, GC/MS evaluation of thyme (*Thymus vulgaris* L.) oil composition and variations during the vegetative

cycle, Journal of pharmaceutical and biomedical analysis, vol 29(4), p 691-700.

- 68 **Huet, C.**, 2007, Principes de mesure de la sensibilité aux antibiotiques. CMI/CMB, Encyclopédie Médico-biologique, Elsevier Masson SAS, Paris, 90-60-0270.

I

- 69 **Idir, L.**, 2013, Composition de quelques huiles essentielles et pouvoir antibactérien : Analyse d'huiles essentielles par CPG/SM, et étude de l'activité antibactérienne vis-à-vis de cinq bactéries pathogènes, Éditions universitaires européennes ed, p 19-20, 49-56,74.

J

- 70 **Jdidi,I.**, 2015, Etude phytochimique et activités biologiques des extraits et des huiles essentielles de *Foeniculum vulgare* Mill, Diplôme national d'ingénieur, Université de Carthage,535p

K

- 71 **Karimi, E., Oskoueian, E., Hendra, R., Oskoueian, A., Jaafar, H. Z.**, 2012, Phenolic compound characterization and biological activities of *Citrus aurantium* bloom, *Molecules (Basel, Switzerland)*, vol 17(2), p 1203–1218.
- 72 **Kebbi, S.**, 2021, Investigation phytochimique et biologique des espèces *Centaurea involucrata*, *Senecio massaicus*, *Thymus algeriensis* et *Marrubium vulgare*, These présentée en vue de l'obtention du diplôme de Doctorat de troisième cycle (LMD), UNiversité Freres Mentouri Constantine-1, p238.
- 73 **Khelifi,Z., Medjani,F.**, 2018, Evaluation des activités biologiques des extraits d'une plante algérienne appartenant au genre *Thymus*, Mémoire de Master, Université des Frères Mentouri, p74.
- 74 **Khoudja, N. K., Boulekbache-Makhlouf, L., Madani, K.**,2014, Antioxidant capacity of crude extracts and their solvent fractions of selected Algerian *Lamiaceae*, *Industrial Crops and Products*, Vol 52 , p 177–182.
- 75 **Koné,D.**, 2009, Enquête enthnobotanique de six plantes médicinales maliennes : extraction, identification d'alcaloïdes - caractérisation, quantification de polyphénols : étude de leur activité antioxydante, Thèse de doctorat, Université Paul verlaine-Metz, p 150.
- 76 **Krief,S.**, 2003, Métabolites secondaires des plantes et comportement animal : surveillance sanitaire et observations de l'alimentation de chimpanzés (*Pan troglodytes schweinfurthii*) en ouganda activités biologiques et étude chimique de plantes consommées, Thèse doctorat, Muséum nationale d'histoire naturelle,345p.

L

- 77 **Lagouri, V., Guldaz, M., Gurbuz, O.**, 2011, In vitro antioxidant/free radical scavenging and Antibacterial properties of endemic oregano and thyme extracts from Greece, *Food Science and Biotechnology*, Vol 20(6), p 1487-1493.
- 78 **Lammari, N.**, 2022, Nanoencapsulation des huiles des plantes extraites par CO₂ supercritique pour des applications pharmaceutiques, Thèse de doctorat, l'Université Claude Bernard Lyon 1,204p
- 79 **Lee, K.H.**, 2004, Current developments in the discovery and design of new drug candidates from plant natural product lead, *Journal of Natural Products*, Vol 67, p

M

- 80 **Mahrye, Farooq, A., Tahir, M ., Rahman, Q., Muhammad, R.,** 2022, Phenolic profiling and biological activities of different solvent extracts from aerial parts of wild thyme (*Thymus vulgaris*L.), *Journal of Food Measurement and Characterization*, Vol 16, p 610–618.
- 81 **Mansouri, N., Satrani, B., Ghanmi, M., El Ghadraoui, L., Boukir,A., Aafi, A.,** 2011, Effet de la provenance sur le rendement, la composition chimique et l'activité antimicrobienne des huiles essentielles des rameaux de *Juniperus phoenicea* L. du Maroc, *Acta Botanica Gallica*, Vol 158(2), p 215-224.
- 82 **Mata, A. T., Proença, C., Ferreira, A. R., Serralheiro, M. L. M., Nogueira, J. M. F., Araújo, M. E. M.,**2007, Antioxidant and antiacetylcholinesterase activities of five plants used as Portuguese food spices. *Food Chemistry*, 103(3), 778–786.
- 83 **Megdiche-Ksouri, W., Saada, M., Soumaya, B., Snoussi, M., Zaouali, Y., Ksouri, R.,** 2015, Potential use of wild *Thymus algeriensis* and *Thymus capitatus* as source of antioxidant and antimicrobial agents, *Journal of new sciences, Agriculture and Biotechnology*, Vol 23(4), p 1046-1056.
- 84 **Messaoudi, M., Benreguieg, M., Merah, M., Messaoudi, Z. A.,** 2019, Antibacterial effects of *Thymus algeriensis* extracts on some pathogenic bacteria. *Acta Scientiarum, Biological Sciences*, Vol 41, 48548.
- 85 **Mohamed, H.H.R., Mohamed,A.S., Khaled,A.S., Khalel,I.K.,**2013 , Evaluation of antioxidant activity, total phenols and phenolic compounds in thyme (*Thymus vulgaris* L.), sage (*Salvia ficinalis* L.), and marjoram (*Origanum majorana* L.) extracts, *Industrial Crops and Products*, Vol43, p 827– 831.
- 86 **Molyneux, P.,** 2004, The use of the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity. *Songklanakarin J. sci. technol*, Vol 26(2), p 211-219.
- 87 **Muniz, M.N.,** 2006, Synthèse d'alcaloïdes biologiquement actifs : la (+) anatoxine a et la
- 88 **Munteanu, I. G., Apetrei, C.,** 2021, Analytical methods used in determining antioxidant activity: A review, *International Journal of Molecular Sciences*, Vol 22(7), 3380.

N

- 89 **Newman, J.D., Cragg, M.G.,** 2007, Naturel products as sources of new drugs over the last 25 years, *Journal of Natural products*, Vol 70 (3), p 461 - 477.
- 90 **Nezhadali, A., Nabavi, M., Rajabian, M., Akbarpour, M., Pourali, P ., Amini, F.,**2014, Chemical variation of leaf essential oil at different stages of plant growth and in vitro antibacterial activity of *Thymus vulgaris* Lamiaceae, from Iran, *beni - suefuniversity journal of basic and applied sciences*, Vol3, p 87-92.
- 91 **Nouredine, A., Saidat, B., Bakchiche, B., Maatallah, M.,** 2015, Etude comparative des indices d'activité antioxydante des extraits du Cérium et du DPPH: Application sur trois plantes médicinales locales [Comparative study of antioxidant activity index by the tests of cerium and DPPH: Application on three local medicinal

plants], *International Journal of Innovation and Applied Studies*, Vol 13(3), p 681.

O

- 92 **Ouattara, K., Doumbia, I., Touré, A., Djaman, A. J., Coulibaly, A.,** 2013, Activité antibactérienne des extraits des feuilles de *Morindamorindoides* (*Morinda*, *Rubiaceae*) sur *Staphylococcus aureus* et *Pseudomonas aeruginosa*, *Phytothérapie*, 11(3), p 172-177.

P

- 93 **Peralta, M. A., da Silva, M. A., Ortega, M. G., Cabrera, J. L., Paraje, M. G.,** 2015, Antifungal activity of a prenylated flavonoid from *Dalea elegans* against *Candida albicans* biofilms, *Phytomedicine*, Vol 22(11), p 975–980.
- 94 **Pirbalouti, A.G., Hashemi, M., Ghahfarokhi, F.T.,** 2013, Essential oil and chemical compositions of wild and cultivated (*Thymus daenensis*) Celak and (*Thymus vulgaris* L.), *Industrial Crops and Products*, Vol 48, p 43–48.
- 95 **Pooran, G., Nima, M., Seyed, A. H. J.,** 2020, Essential oils, chemical constituents, antioxidant, antibacterial and in vitro cytotoxic activity of different *Thymus* species and *Zataria multiflora* collected from Iran, *South African Journal of Botany*, Vol 130, p 250-258.
- 96 **Prieto, P., Pineda, M., Aguilar, M.,** 1999, Spectrophotometric quantitation of antioxidant capacity through the formation of a phosphomolybdenum complex: specific application to the determination of vitamin E, *Analytical biochemistry*, Vol 269(2), p 337-341.

R

- 97 **Rezzoug, M., Bakchiche, B., Gherib, A., Roberta, A., Guido, F., Kiliçarslan, O., Mammadov, R., Bardaweel, S.K.,** 2019, Chemical composition and bioactivity of essential oils and Ethanolic extracts of *Ocimum basilicum* L. and *Thymus algeriensis* Boiss. & Reut. from the Algerian Saharan Atlas, *BMC Complementary and Alternative Medicine*, Vol 19:146.
- 98 **Rezzoug, M., Bakchiche, B., Gherib, A., Roberta, A., Kiliçarslan, Ö., Mammadov, R., Bardaweel, S. K.,** 2019, Chemical composition and bioactivity of essential oils and Ethanolic extracts of *Ocimum basilicum* L. and *Thymus algeriensis* Boiss. & Reut. From the Algerian Saharan Atlas, *BMC Complementary and alternative medicine*, Vol 19(1), p 1-10.
- 99 **Righi, N., Boumerfeg, S., Fernandes, P.A.R., Deghima, A., Baali, F., Coelho, E., Cardoso, S.M., Coimbra, M.A., Baghiani, A.,** 2020, *Thymus algeriensis* Boiss & Reut: Relationship of phenolic Compounds composition with in vitro/in vivo antioxidant and antibacterial activity, *Food Research International*, Vol 136.
- 100 **Roby, M. H. H., Sarhan, M. A., Selim, K. A. H., Khalel, K. I.,** 2013, Evaluation of antioxidant activity, total phenols and phenolic compound in thyme (*Thymus vulgaris* L.), Sage (*Salvia officinalis* L.), and marjoram (*Origanum majorana* L.) extracts, *Industrial Crops and Products*, Vol 43, p 827-831.
- 101 **Rollinger, J.M., Haupt, S., Stuppner, H., Langer, T.J.,** 2004, Combining ethnopharmacology and virtual screening for lead structure discovery: COX-inhibitors as application example, *Journal of Chemical Information and Computer Sciences*, Vol 44, p 480-488.

S

- Saidi, I.**, 2019, Caractérisation et valorisation d'une plante de la famille des *fabaceae* : *Gleditsia triacanthos* de la région de Sidi Bel Abbès : Extraction des substances bioactives, Thèse de doctorat, Université djilaliabès sidi Bel Abbès, 188 pp.
- Sánchez-Moreno, C., Larrauri, J. A., Saura-Calixto, F.**, 1998, A procedure to measure the antiradical efficiency of polyphenols, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, Vol 76(2), p 270-276.
- Saty, P., Murray, B., McFeeters, R., Setzer, W.**, 2016, Caractérisation de l'huile essentielle de *Thymus vulgaris* de divers emplacements géographiques, *Aliments*, Vol 5(4), 70.
- Sidali, L., Brada, M., Fauconnier, M.L., Lognay, G.**, 2014, Composition chimique et activité antimicrobienne de l'huile essentielle de *Thymus vulgaris* du Nord d'Algérie, *PhytoChem & Biosub Journal*, Vol 8(3), p 10-163.
- Simon, R.**, 2014, Synthèse d'alcoïdes pyrrolizidiniques, Thèse de doctorat, Université du Québec à trois rivières: en chimie extensoinnè, 210p.
- Ślusarczyk, S., Cieślak, A., Yanza, Y. R., Szumacher-Strabel, M., Varadyova, Z., Stafiniak, M., Matkowski, A.**, 2021, Phytochemical profile and antioxidant activities of *Coleus amboinicus* Lour. cultivated in Indonesia and Poland, *Molecules*, Vol 26(10), 2915.
- Sobeh, M., Rezaq, S., Cheurfa, M., Abdelfattah, M. A., Rashied, R. M., El-Shazly, A. M., Mahmoud, M. F.**, 2020, *Thymus algeriensis* and *Thymus fontanesii*: chemical composition, in vivo antiinflammatory, pain killing and antipyretic activities: a comprehensive comparison, *Biomolecules*, Vol 10(4), 599.
- Solène, J.**, 2012, La qualité des huiles essentielles et son influence sur leur efficacité et sur leur toxicité, Thèse de doctorat, Université de lorraine, 137pp.
- Son, S., Lewis, B. A.**, 2002, Free radical scavenging and antioxidative activity of caffeic acid amide and ester analogues: Structure– activity relation ship. *Journal of agricultural and food chemistry*, Vol 50(3), p 468-472.
- Spiridon, I., Bodirlau, R., Teaca, C. A.**, 2011, Total phenolic content and antioxidant activity of plants used in traditional Romanian herbal medicine, *Central European Journal of Biology*, Vol 6(3), p 388-396.
- Stahl-Biskup, E., Venskutonis, R. P.**, 2012, 1^{er} edition, *Thyme*. In Handbook of herbs and spices, Woodhead Publishing, p 499- 525.

T

- Tanase, C., Coșarcă, S., Muntean, D.L.**, 2019, A Critical Review of Phenolic Compounds Extracted from the Bark of Woody Vascular Plants and Their Potential Biological Activity, *Molecules*, vol 24 (6), 1182.
- Tripoli, E., Giammanco, M., Tabacchi, G., Di Majo, D., Giammanco, S., La Guardia, M.**, 2005, The phenolic compounds of olive oil: Structure, biological activity and beneficial effects on human health, *Nutrition Research Reviews*, vol 18(1), p 98-112.

V

- 115 **Vermerris, W., Nicholson, R.**, 2007, Phenolic compound biochemistry, *Springer Scien & Business Media*, p2.

W

- 116 **Wu, H.**, 2007, Isolation and characterization of natural products from ginger and *Allium ursinum*, Thèse de Doctorat, Rutgers The State University of New Jersey-New Brunswick, p 126.
- 117 **Wyk, B.E.V.**, 2017, 3^{ème} édition, Medicinal and Aromatic Plants of the World-Africa : A Review of African Medicinal and Aromatic Plants, Springer, p 19.

Y

- 118 **Yakhlef, G.**, 2010, Etude de l'activité biologique des extraits de feuilles de (*Thymus vulgaris* L. Et *Laurusnobilis* L.), Mémoire de Magister, Université el hadj lakhdar-batna, 69pp.
- 119 **Yano, Y., Satomi, M., Oikawa, H.**, 2006, Antimicrobial effect of spices and herbs on *Vibrioparahaemolyticus*, *International Journal Food Microbiology*, 111, p 6-11.

Z

- 120 **Zambonelli, A., D'Aurelio, A. Z., Severi A., Benvenuti, E., Maggi L., Bianchi, A.**, 2004, Chemical composition and fungicidal activity of commercial oils of *thymus vulgaris* L., *Journal Essential Oil Research*, Vol 16(1), p 69-74.
- 121 **Zayyad, N ., Farah, A ., Bahhou , J.**, 2014, Analyse chimique et activité antibactérienne des huiles essentielles des trois espèces de *Thymus* : *Thymus zygis*, *T. algeriensis* et *T.bleicherianus*, Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège, Vol. 83, p 118 -132.
- 122 **Les sites web :**

- Référence électronique 1 :

Aquaportail, Définition antimicrobien, [en ligne], [consulté 9 mai 2022],
<https://www.aquaportail.com/definition-1599-antimicrobien.html>.

- Référence électronique 2 :

Revue de laboratoire de Bactériologie, Méthodes d'évaluation des antibiotiques, M, Archamboud., 2000, [enligne], [consulté 10 mai 2022],
http://www.medbc.com/meditline/review/brulures/vol_1/num_3/text/vol1n3p141.asp

Annexe

Préparation de Milieu Muller -Hinton (MH) :

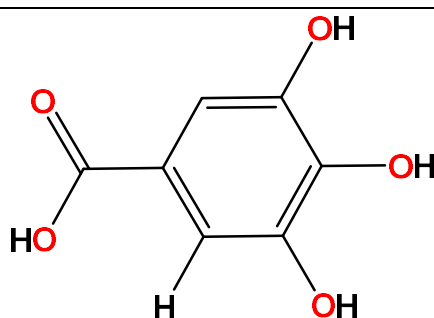
Selon Giraud, pour préparer 1L de milieu de culture, il faut :

- Extrait de viande (2g).
- Hydrolysate acide de caséine (17.5g).
- Amidon (1,5g).
- Gélose (10g).

Les différents ingrédients sont ensuite mélangés puis autoclavés pendant 15 minutes à 115°C. À la sortie de l'autoclave, le milieu qui doit être de PH = 7,4, est réparti dans des flacons de 250 mL.

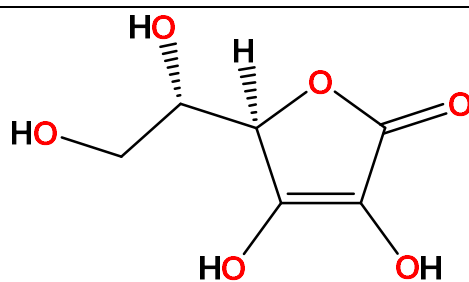
Tableau 1 : L'activité antibactérienne causée par HE de *T.vulgaris* et *T.algeriensis* par la méthode de diffusion par disque.

Espèce	Bactérie		DMSO 10 %
<i>T.vulgaris</i>	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> [27853]	HE	-
		CP	-
	<i>Staphylococcus aureus</i> [25923]	HE	-
		CP	-
<i>T.algeriensis</i>	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> [27853]	HE	-
		CP	-
	<i>Staphylococcus aureus</i> [25923]	HE	-
		CP	-



Acide gallique

Figure : structure d'acide gallique (Nollet et Gutierrez-Urbe, 2017)



Acide Ascorbique(Vitamine C)

Figure : structure d'acide ascorbique (Devaki et Raveendran, 2017)

Résumé :

Les plantes médicinales constituent une source importante de molécules antimicrobiennes et antioxydantes. Le *Thymus* est considéré parmi les genres qui sont riches en huiles essentielles (HE) et composés phénoliques (CP). Le but de ce travail est d'étudier les activités antibactérienne et antioxydante des huiles essentielles et des composés phénoliques des deux espèces *Thymus vulgaris* et *Thymus algeriensis* de la famille des *Lamiaceae*.

L'extraction des HE a été réalisée par hydrodistillation (Clevenger), et l'extraction des CP par macération de la partie aérienne des deux plantes choisies. Les rendements obtenus de *T.vulgaris* et *T.algeriensis* en HE sont de 2.5 % et 3.5 % respectivement. Tandis que ceux en CP sont de 20.6 % et 17 % respectivement.

L'activité antibactérienne contre la *Staphylococcus aureus* et la *Pseudomonas aeruginosa*, ce fait par la technique de diffusion par disque et le test a microplaque 96 puits. Les résultats montrent une très bonne activité des HE des deux espèces contre *Staphylococcus aureus* par rapport aux CP, avec une CMI d'HE de *T.algeriensis* égale à 0,37 g/ml et 0,19 g/ml pour *T.vulgaris*. Par contre les HE et les CP des deux plantes ne présentent aucune activité contre la *Pseudomonas aeruginosa*. Le dosage des phénols totaux pour *T.vulgaris* et *T.algeriensis* ont produit des teneurs de 31,812 $\pm$ 7,723 g/l, et de 13,646 $\pm$ 2,184 g/l respectivement.

L'étude de l'activité antioxydante a été réalisée par le test de DPPH et le test de Phosphomolybdate. Le premier test a montré que les CP des deux plantes étudiées, *T.vulgaris* et *T.algeriensis*, ont une activité antioxydante importante. Les HE ont donné des CI_{50} de 2,961 $\pm$ 0,075 mg/ml et de 7,852 $\pm$ 0,148 mg/ml respectivement. D'autre part les CP ont produit des CI_{50} de 0,070 $\pm$ 0,003 mg/ml et de 0,120 $\pm$ 0,009 mg/ml respectivement. Le deuxième test a donné des valeurs faibles de VCEAC pour les deux plantes étudiées. Ces valeurs sont de 0,021 et 0,010 pour les HE et de 0,021 et 0,010 pour les CP, respectivement. Ceci signifie que le *T.vulgaris* et le *T.algeriensis* ont un faible pouvoir réducteur des HE et des CP.

Mots Clés : *Thymus vulgaris*, *Thymus algeriensis*, Activité antibactérienne, Activité antioxydante, CMI, DPPH, Phosphomolybdate, VCEAC, CI_{50} .

Abstract

Medicinal plants are an important source of antimicrobial and antioxidant molecules. The *Thymus* is considered among the genus that are rich in essential oils (EO) and phenolic compounds (PC). The objective of this work is to study the antibacterial and antioxidant activities of the essential oils and phenolic compounds of the two species of the *Lamiaceae* family *Thymus vulgaris* and *Thymus algeriensis*.

The extraction of EO was done by hydrodistillation (Clevenger), and the extraction of PC by maceration of aerial part of the two chosen plants. The obtained yields for *T.vulgaris* and *T.algeriensis* in EO are equal to 2.5 % and 3.5 % respectively, while those in PC are equal to 20.6 % and 17 % respectively.

The antibacterial activity against *Staphylococcus aureus* and *Pseudomonas aeruginosa* is done by the disc diffusion technique and the 96 well microplate test. The results show a very good activity of the EO of both of the species *T.algeriensis* and *T.vulgaris* against *Staphylococcus aureus* compared to PC. The values of CMI obtained for EO are equal to 0,37g/ml and 0,19g/ml respectively. On the other hand the EO and PC of both plants do not present any activity against *Pseudomonas aeruginosa*. The dosage of polyphenols for *T.vulgaris* and *T.algeriensis* produced contents of 31,812 $\pm$ 7,723 g/l, and 13,646 $\pm$ 2,184 g/l respectively.

The study of antioxidant activity was achieved by the DPPH test and the phosphomolybdenum test. The first test shows that the PC of both studied plants *T.vulgaris* and *T.algeriensis* have an important antioxidant activity. The EO gave IC_{50} equal to 2,961 $\pm$ 0,075 mg/ml and 7,852 $\pm$ 0,148 mg/ml respectively. On the other hand the PC produced IC_{50} equal to 0,070 $\pm$ 0,003 mg/ml and 0,120 $\pm$ 0,009 mg/ml respectively. The second test produced low values of VCEAC for both studied plants. These values are 0,021 and 0,010 for EO and 0,025 and 0,008 for CP respectively. This means that *T.vulgaris* and *T.algeriensis* have a low reducing power of EO and PC.

Keywords: *Thymus vulgaris*, *Thymus algeriensis*, antibacterial activity, antioxidant activity, CMI, DPPH, VCEAC, IC_{50} .

ملخص

النباتات الطبية هي مصدر مهم للجزيئات المضادة للميكروبات ومضادات الأكسدة. تعتبر الأنواع من جنس الزعتر من أغنى النباتات بالزيوت العطرية والمركبات الفينولية. الهدف من هذا العمل هو دراسة الأنشطة المضادة للبكتيريا ومضادات الأكسدة للزيوت العطرية والمركبات الفينولية لنوع *Thymus vulgaris* (زعتر الجبل) و *Thymus algeriensis* (جرتيل) من عائلة الشفويات.

تم استخلاص الزيوت الطيارة عن طريق التقطير المائي والمركبات الفينولية عن طريق النقع بالميثانول. إن مردودية الزيوت العطرية من *T. vulgaris* و *T. algeriensis* يساوي 2.5% و 3.5% على التوالي. في حين أن مردودية المركبات الفينولية يساوي 20.6% و 17% على التوالي. تم تقييم النشاط المضاد للبكتيريا ضد *Staphylococcus aureus* و *Pseudomonas aeruginosa* بواسطة تقنية الانتشار على القرص واختبار التخفيف الدقيق. أظهرت النتائج نشاطاً جيداً جداً للزيوت العطرية للنوعين ضد بكتيريا *Staphylococcus aureus* عكس المركبات الفينولية، مع الحصول على قيم الحد الأدنى للتركيز للزيوت الطيارة بالنسبة للجرتيل 0,37 جم/ملتر و 0,19 جم/ملتر بالنسبة لزعتر الجبل. من ناحية أخرى، لا تظهر الزيوت الطيارة ولا المركبات الفينولية للنباتين أي نشاط ضد سلالة *Pseudomonas aeruginosa*. تظهر معايرة المركبات الفينولية أن محتويات *T.vulgaris* و *T.algeriensis* هي 31.812 $\pm$ 7.723 جم/لتر، و 13.646 $\pm$ 2.184 جم/لتر على التوالي.

تم إجراء دراسة النشاط المضاد للأكسدة عن طريق: اختبار DPPH الذي أظهر أن المركبات الفينولية للنباتين زعتر الجبل والجرتيل، لها نشاط مضاد للأكسدة مهم مقارنة بالزيوت العطرية. الزيوت العطرية أعطت لنا قيم CI_{50} التالية 2,961 $\pm$ 0,075 ملغ/ملتر، و 7,852 $\pm$ 0,148 ملغ/ملتر على التوالي. أما بالنسبة للمركبات الفينولية تحصلنا على قيم CI_{50} 0,070 $\pm$ 0,003 ملغ/ملتر، و 0,120 $\pm$ 0,009 ملغ/ملتر على التوالي. أعطى اختبار فوسفوموليبدات تقيماً منخفضاً لـ VCEAC، حيث تتمثل هذه القيم في 0,021 و 0,010 للزيوت العطرية و 0,021 و 0,010 للمركبات الفينولية على التوالي، مما يعني أن الزيوت العطرية والمركبات الفينولية للنوعين المدروسين لديها قدرة تخفيض ضعيفة للزيوت العطرية والمركبات الفينولية.

الكلمات المفتاحية :

الزعتر الشائع (زعتر الجبل)، جرتيل، النشاط المضاد للبكتيريا، النشاط المضاد للأكسدة، فوسفوموليبدات، VCEAC، IC_{50} ، CMI، DPPH