République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université de Larbi Tebessi –Tebessa-
Faculté des Sciences Exactes et Sciences de la Nature et de la Vie
Département de Biologie Appliquée
Domaine des Sciences de la Nature et de la Vie

Mémoire

Présenté en vue de l'obtention du diplôme de Master
En : Science biologique
Option : biologie moléculaire et cellulaire

Par :
M. Laadjel Naoufel
M.Marzougui Mouhamed
M.SMAALI Saif

Intitulée :

Étude de l'activité antimicrobienne et antioxydante des extraits bioactifs de *Tuber aestivum* et *Lavandula angustifolia*

Devant le jury :

Dr.Toumi Nassima	MCB	Université de Tébessa	Présidente
Dr .Benhadj Mabrouka	MCA	Université de Tébessa	Rapporteuse
Dr. Laadjel Rania	MCB	Université de Tébessa	Examinatrice

Date de soutenance :
05/06/2025

Remerciements

Au terme de la rédaction de ce travail, il nous tient à cœur de témoigner notre profonde gratitude à:

DIEU, qui nous a donné la force et la patience pour terminer ce travail et nous a permis d'atteindre ce niveau.

Nous tenons à remercier nos parents pour le soutien et l'encouragement qu'ils nous ont apportés tout au long de ces cinq années d'études.

Nous exprimons notre profonde gratitude à notre directrice de recherche, **Dr .Benhadj Mabrouka**, pour l'attention qu'elle a portée à notre travail, pour nous avoir prodigué tant de conseils et d'encouragements qui nous ont aidés à mener à bien notre recherche.

Nous remercions également tous nos professeurs ainsi que les membres du jury pour avoir accepté d'évaluer ce modeste travail.

...MERCI....





Dédicace

Je dédie ce travail à

A mes très chers parents. Aucun hommage ne pourrait être à

La hauteur de l'amour, dont ils ne cessent de me combler. Que Dieu

leur procure bonne santé et longue vie.

A mon frère et à mes sœurs.



Naoufel





Dédicace

À mes parents qui ont toujours été là pour moi, qui m'ont soutenu et motivé (badi et souad) .

À mes frères Zinou et les petits Murtadha et Wassim et mon précieuse sœur Ritadj .

À tous mes amis spécialement Abdou, Achraf, Khaled, Chaker, et Lazher

À mes bien-aimés oncles: Lwardi, Nordinne,Salim,Lekhmissi et tous mes cousins



Je vous aime tous.

Mouhamed





Dédicace

À mes parents (Mohammed Et smaali Zakia) . Dont le mérite et les sacrifices, les qualités humaines M'ont permis de vivre ce jour

À tous mes fréres Chacun avec son nom, Surtout Mon grand frère, le Dr Smaali Hicham.

Mes chers et proches amis

Tous ceux qui ont contribué à mon succès et mon Projet se réalise de près ou de loin.



Grand Merci

Seif



Résumé

Les huiles essentielles sont reconnues pour leurs nombreuses propriétés biologiques, notamment antioxydantes et antimicrobiennes. Cette étude vise à évaluer comparativement l'activité antioxydante et l'efficacité antimicrobienne de deux extraits végétaux : l'huile essentielle de lavande et l'huile de *Tuber aestivum* .

Plusieurs paramètres ont été étudiés :

L'évaluation de l'activité antioxydante a été réalisée en mesurant la capacité des extraits à inhiber les radicaux libres. L'acide ascorbique a montré une IC_{50} de 110,2084 µg/ml, tandis que *Lavandula angust**i**folia* et *Tuber aestivum* ont présenté respectivement des IC_{50} de 4,595549 mg/ml et 5,21705 mg/ml. Ces résultats indiquent une activité modérée des huiles testées, la *Lavandula angustifolia* étant légèrement plus efficace que *Tuber aestivum* .. L'étude de l'activité antimicrobienne a porté sur diverses souches bactériennes et fongiques. L'extrait de *Lavandula angust**i**folia* a montré une activité modérée, avec des zones d'inhibition allant de 11 à 18 mm sur certaines souches sensibles. En revanche, l'huile de *Tuber aestivum* a démontré une action plus marquée, avec des zones allant jusqu'à 32 mm, même sur des souches résistantes à la lavande.

L'huile de *Tuber aestivum* s'est révélée plus performante sur le plan antimicrobien, tandis que l'huile de *Lavandula angust**i**folia* a montré une meilleure efficacité antioxydante entre les deux extraits testés. Les résultats obtenus confirment que ces huiles présentent un potentiel intéressant en tant qu'agents naturels bioactifs, bien que leur efficacité reste inférieure à celle de l'antioxydant standard. Ces données ouvrent la voie à de futures recherches sur leur valorisation en santé, cosmétique ou industrie alimentaire.

Mots-clés : *Lavandula angust**i**folia* , *Tuber aestivum*, activité antioxydante, activité antimicrobienne, huiles essentielles, , extraits naturels, bioactive.

Abstract

Essential oils are known for their numerous biological properties, particularly antioxidant and antimicrobial activities. This study aims to comparatively evaluate the antioxidant activity and antimicrobial efficacy of two plant extracts: *Lavandula angustifolia* essential oil and *Tuber aestivum* oil.

Several parameters were studied:

The evaluation of antioxidant activity was carried out by measuring the capacity of the extracts to inhibit free radicals. Ascorbic acid showed an IC_{50} of 110.2084 µg/ml, while *Lavandula angustifolia* and *Tuber aestivum* exhibited IC_{50} values of 4.595549 mg/ml and 5.21705 mg/ml, respectively. These results indicate moderate activity of the tested oils, with *Lavandula angustifolia* being slightly more effective than *Tuber aestivum*.

The antimicrobial activity study focused on various bacterial and fungal strains. The *Lavandula angustifolia* extract showed moderate activity, with inhibition zones ranging from 11 to 18 mm on certain sensitive strains. In contrast, *Tuber aestivum* oil demonstrated a more pronounced action, with inhibition zones reaching up to 32 mm, even on strains resistant to *Lavandula angustifolia* .

Tuber aestivum oil proved to be more effective in terms of antimicrobial activity, while *Lavandula angustifolia* oil showed better antioxidant efficiency among the two extracts tested.

The results confirm that these oils present promising potential as natural bioactive agents, although their efficacy remains lower than that of the standard antioxidant. These findings pave the way for future research into their application in health, cosmetics, or the food industry.

Keywords: *Lavandula angustifolia* , *Tuber aestivum* ., antioxidant activity, antimicrobial activity, essential oils, natural extracts, bioactive.

ملخص

الزيوت العطرية معروفة بخصائصها البيولوجية العديدة، لا سيما النشاط المضاد للأكسدة والنشاط المضاد للميكروبات. تهدف هذه الدراسة إلى تقييم النشاط المضاد للأكسدة والفعالية المضادة للميكروبات لمستخلصين نباتيين: زيت اللافندر وزيت الكمأة، بشكل مقارن.

تمت دراسة عدة معايير:

تم تقييم النشاط المضاد للأكسدة من خلال قياس قدرة المستخلصات على تثبيط الجذور الحرة. أظهر حمض الأسكوربيك قيمة IC_{50}بلغت 110.2084 ميكروغرام/مل، بينما أظهر اللافندر والكمأة قيم IC_{50} بلغت 4.595549 ملغ/مل و5.21705 ملغ/مل على التوالي. تشير هذه النتائج إلى نشاط معتدل للزيوت المختبرة، مع تفوق طفيف لزيت اللافندر على زيت الكمأة.

تم دراسة النشاط المضاد للميكروبات ضد سلالات بكتيرية وفطرية مختلفة. أظهر مستخلص اللافندر نشاطًا متوسطًا، مع مناطق تثبيط تراوحت بين 11 و18 ملم على بعض السلالات الحساسة. في المقابل، أظهر زيت الكمأة فعالية أكبر، مع مناطق تثبيط وصلت إلى 32 ملم، حتى على السلالات المقاومة لزيت اللافندرتبين أن زيت الكمأة أكثر فعالية من الناحية المضادة للميكروبات، في حين أظهر زيت اللافندر كفاءة أفضل كمضاد للأكسدة من بين المستخلصين المختبرين.

تؤكد النتائج أن هذه الزيوت تُظهر إمكانية واعدة كعوامل طبيعية نشطة بيولوجيًا، رغم أن فعاليتها لا تزال أقل من مضادات الأكسدة القياسية. وتفتح هذه البيانات آفاقًا لأبحاث مستقبلية تهدف إلى استغلالها في مجالات الصحة والتجميل أو الصناعات الغذائية.

الكلمات المفتاحية :اللافندر، الكمأة، النشاط المضاد للأكسدة، النشاط المضاد للميكروبات، الزيوت الأساسية، المستخلصات الطبيعية، نشطة بيولوجيًا

Table des matières

Remerciement

Dédicace

Dédicace- 4 -

résumé

abstarct

ملخص

Introduction **6**

Synthèse bibliographique

Chapitre I : Généralité sur la *Lavandula angustifolia* **8**

I. *Lavandula angustifolia*

1. Répartition géographique de l'espèce **8**

2.Nomenclature **10**

3. Description botanique **10**

3..1 Taille **11**

3.2. Feuilles **12**

3.3. Fleurs **12**

3.4. Tiges **13**

3.5. Racines **13**

4. Taxonomie **14**

5. Propriétés de la lavande **14**

6. Culture de la lavande **14**

6.1.Conditions de culture **14**

6.2. Maladies et ravageurs **15**

6.3. La récolte **15**

7. L'huile essentielle de *Lavandula angustifolia* **16**

8. Caractères organoleptiques **16**

9. Principaux constituants biochimiques **16**

9.1. Composition chimique **16**

10. Usage de *Lavandula angustifolia* **17**

10.1. Usage cosmétique **17**

10.2. Usage thérapeutique **17**

10.3. Usage culinaire **18**

Chapitre II : Généralité sur *Tuber aestivum* **20**

II. Truffe **20**

1. Répartition géographique des truffes **21**

2. Distribution géographique mondiale **21**

3. Distribution géographique en Algérie **21**

4. Composition des *Tuber aestivum* **22**

5. Présentation de *Tuber aestivum* **22**

6. Propriétés morpho-anatomiques **22**

6.1. L'ascocarpe **22**

6.2. Le péridium **23**

6.3. La Gléba **23**

6.4. Les asques **24**

6.5. Les ascospores **24**

7. Cycle biologique de *Tuber aestivum* **24**
8. Paramètres bioécologique **25**
8.1. Climat **2**
8.2. Sol **27**
9. Bio activités de *Tuber aestivum* **27**
Chapitre III : étude expérimentale **30**
III. Matériels et Méthodes **30**
1. Matériels végétaux **30**
2. Matériels biologiques **30**
3. Matériel et produits **31**
4. Méthodes d'extraction d'huile de la lavande **32**
5. Méthodes d'extraction d'extrait de *Tuber aestivum* **32**
6. Evaluation de l'activité antimicrobienne **34**
6.1. préparation de milieu de culture **34**
6.2. - Préparation des boites de Pétri **34**
6.3. - Préparation des suspensions **35**
6.4. - Ensemencement **35**
6.5. Préparation des disques et l'ajoute d'HEs **36**
6.6. - Incubation **36**
6.7. Lecture **36**
7. Evaluation de l'activité antioxydante **37**
7.1. Test d'activité DPPH **37**
7.1.1. Principe **37**
7.1.2Mode opératoire **38**
IV. Résultats et discussion **40**
1. Rendement d'huiles essentielles **40**
2. Activité antimicrobienne **42**
3. Activité antioxidante **47**
Conclusion et perspectives **50**
Annexes **54**
Bibliographie **55**

Liste de figures

N°	Titre de figure	pages
01	Les feuilles et Les fruits de *Lavandula angustifolia*	**11**
02	La taille de *Lavandula angustifolia*	**11**
03	. Les feuilles de *Lavandula angustifolia*	**12**
04	Les fleurs de *Lavandula angustifolia*	**13**
05	. Morpho-anatomie générale de *Tuber aestivum*	**23**
06	Cycle biologique de *Tuber aestivum*	**25**
07	Les différents sols de développement du *Tuber aestivum*	**27**
08	Suspension bactérienne préparer, et ensemencement.	**36**
09	Application de hes sur les disques.	**36**
10	Réaction de test DPPH (2.2 Diphenyl 1 picryl hydrazyl)	**38**
12	Les diamètres d'inhibition pour chaque souche	**44**
13	Courbe d'étalonnage de l'activité antioxydante de l'acide ascorbique (pourcentage d'inhibition en fonction de la concentration)	**47**
14	Courbe d'étalonnage de l'activité antioxydante de *Tuber aestivum* (pourcentage d'inhibition en fonction de la concentration)	**48**
15	Courbe d'étalonnage de l'activité antioxydante de *Lavandula angustifolia* (pourcentage d'inhibition en fonction de la concentration)	**49**

Liste de tableaux

N	Titre du tableau	Pages
01	Les principales espèces de lavande décrites en Algérie	**10**
02	Composition des huiles essentielles extraites de *Lavandula angustifolia* (en %)	**17**
03	Les souches bactériennes et fongiques utilisées	**30**
04	Liste d'appareils, verreries et produits utilisés	**31**
05	La composition et les différentes étapes nécessaires à la préparation de nos milieux de culture	**34**
06	les rendements d'huiles essentielles des plantes utilisées.	**41**
07	Détermination du diamètre de la zone d'inhibition (mm) de l'huile essentielle truffe et lavande contre certaines souches bactriennes et fongiques	**43**
08	Activité antioxidante de l'acide ascorbique 200ug/ml	**47**
09	Activité antioxidante d'huile de *Tuber aestivum*	**48**
10	Activité antioxidante d'huile de *Lavandula angustifolia*	**48**

Introduction

I. Introduction

Le contexte actuel de santé publique est marqué par une recrudescence des infections bactériennes, exacerbée par l'émergence et la propagation de souches multirésistantes aux antibiotiques conventionnels **(OMS,2002).**

Face à la montée croissante des résistances microbiennes et à la demande accrue en produits naturels aux effets bénéfiques sur la santé, la recherche de nouvelles sources bioactives d'origine végétale représente un enjeu majeur dans les domaines pharmaceutique, cosmétique et agroalimentaire.

Face à cette menace croissante, la recherche de nouvelles molécules antimicrobiennes est devenue une priorité. Parallèlement, l'intérêt pour les composés naturels dotés de propriétés biologiques s'est intensifié, notamment en raison de leur potentiel thérapeutique et de leur profil d'effets secondaires souvent plus favorable.

Parmi ces ressources naturelles, les huiles essentielles **(HEs)** se distinguent par leur composition complexe en métabolites secondaires, conférant une large gamme d'activités biologiques, incluant des propriétés antibactériennes et antioxydantes **(Bakkali et *al.*, 2008).** La lavande *(Lavandula angustifolia)* et la truffe (*Tuber aestivum)* sont deux organismes reconnus pour leur richesse en composés bioactifs. L'huile essentielle de *Lavandula angustifolia* est largement étudiée pour ses propriétés relaxantes, antiseptiques et anti-inflammatoires **(Lis-Balchin, 2002),** tandis que la *Tuber aestivum*, bien que principalement valorisée pour ses qualités organoleptiques, révèle un potentiel intéressant en termes d'activités biologiques, y compris antioxydantes et, plus récemment, antibactériennes.

Ce mémoire de master s'inscrit dans cette perspective et vise d'étudier et d'évaluer l'activité antibactérienne et antioxydante des huiles essentielles de *Lavandula angustifolia* et de *Tuber aestivum*. Nous avons cherché à mettre en lumière l'efficacité de ces huiles contre diverses souches bactériennes et leur capacité à neutraliser les radicaux libres. Ce travail se divise en deux parties : une synthèse bibliographique et une étude expérimentale.

Dans la première partie, la synthèse bibliographique, nous avons exploré une généralité sur les deux espèces étudiées, en abordant leur botanique, leur composition chimique et les connaissances actuelles concernant leurs propriétés biologiques.

Dans une seconde partie, une étude expérimentale sera détaillée. Celle-ci portera sur l'évaluation in vitro de l'activité antibactérienne des huiles essentielles de lavande et de truffe .De plus, l'activité antioxydante de ces mêmes huiles essentielles.

L'importance de cette étude réside dans la recherche de solutions naturelles et efficaces pour lutter contre les infections bactériennes, particulièrement dans un contexte où la résistance aux antibiotiques devient de plus en plus préoccupante. De plus, l'identification de propriétés antioxydantes fortes chez ces huiles pourrait permettre leur utilisation dans la prévention des maladies liées au stress oxydatif, telles que les maladies cardiovasculaires et neurodégénératives.

Ainsi, ce mémoire vise à apporter une contribution significative à la compréhension des propriétés antibactériennes et antioxydantes des huiles essentielles de *Lavandula angustifolia* et de truffe, tout en mettant en évidence leur potentiel d'application dans des domaines comme la médecine naturelle et la pharmacopée moderne et Pour ouvrir la voie à de nouvelles stratégies de lutte contre les infections bactériennes et le stress oxydatif.

Synthèse bibliographique

Chapitre I : Généralité sur la *Lavandula angustifolia*

II. Lavandula angustifolia

La *Lavandula angustifolia* appartient à la famille des Lamiacées. Ces arbustes sont célèbres pour leurs fleurs très parfumées et pour leur feuillage aromatique et persistant. On compte 39 espèces de lavandes, toutes originaires des régions sèches, ensoleillées et rocailleuses du monde **(Saadatian et *al*., 2013)** .

Selon les espèces, *Lavandula angustifolia* fleurisse en épis blancs, roses, bleus ou violets. Elle est agréablement parfumée de mars à septembre. La *Lavandula angustifolia* est une plante mellifère. Le nectar de sa fleur attire les abeilles qui en font un miel très doux, excellent pour la santé. En fin de floraison, les épis secs restent décoratifs et parfumés et durent encore de longs mois **(Philippe, 1993).**

La *Lavandula angustifolia* s'intègre à merveille dans tous les jardins et balcons dès qu'elles profitent du plein soleil. Elle est faciles à cultiver. Leur forme arrondie et leur feuillage argenté illuminent le jardin même en plein hiver**(Couplan, 2012).**

1. Répartition géographique de l'espèce

La lavande nécessite un endroit ensoleillé, où la température ne descend pas en dessous de (-10°C) et surtout, sec **(Festy et Dupin, 2012).**

Cette belle plante pousse à l'état sauvage, sur les terres rocailleux et ensoleillés. Elle s'adapte bien aux hivers plus froids des régions tempérées si le sol est bien drainé. Elle aime les terrains calcaires de la méditerranée occidentale. Plus le sol où elle pousse est aride, plus son essence est fine**(Vialard, 2008).**

Elle pousse à l'état indigène dans certaines îles de l'Atlantique et depuis le bassin méditerranéen jusqu'au nord de l'Afrique tropicale, au Moyen Orient, à l'Arabie et à l'Inde**(Small et Deutsch, 2001).**

Certaines se plaisent dans les collines incultes, d'autres préfèrent les bordures de forêts de chênes verts ou les lisières de bois d'oliviers. Leurs stations naturelles s'étendent du bord de mer jusqu'à des altitudes de 2500 m. Mais toutes aiment les terrains secs, légers, sablonneux et pierreux, bien drainés **(Vialard, 2008).**

En Algérie, le genre est représenté par sept espèces spontanées : *Lavandula stoechas, L. multifida, L. coronopifolia, L. pubescens, L. dentata , L. antineae et L. sahariensis* **(Quézel et Santa, 1963).** (**Tableau 1)**

Tableau 01. Les principales espèces de *Lavandula* décrites en Algérie

Section	Espèce	Sous espèces	Caractérisation botanique	Aire de Répartition	Références
Dentatae	*Lavandula dentata L.*	*Var. candicans*	Caractérisée par ses feuilles très découpées (dentées) et ses fleurs bleuâtres regroupées en inflorescence de type épis surmontées de bractées de même couleur	Originaire des îles de l'ouest de la méditerranée et de l'atlantique.	**(Upsson et *al.*, 2004)**
Stoechas	*Lavandula stoechas L.*	*Subsp. stoechas*	Feuilles persistantes très aromatiques, étroites, gris vert. Végétation dense formant une boule compacte. fleurs très parfumées, violet pourpre en gros épis trapus surmontés d'un toupet de bractées violettes	Le Tell méditerranéen, l'Afrique du nord, sud-ouest de l'Asie, l'Afrique tropicale	**(Hachemi et *al.*, 2012)**
Pterostoechas	*Lavandula multifida L.*	*L.multifida L.*	Caractérisé par leur feuilles persistantes, vertes, finement découpés, très aromatique atteignent environ 1,5 pouces (3,8 cm) de long. Jeunes pousses très densément velue. fleurs bleu violet en Inflorescences ramifiées à l'extrémité de tige. Les compactes plantes atteignent 2 pieds (60 cm) de hauteur	Afrique du Nord du Maroc à l'Egypte. En Tunisie dans la zone pré désertique.	**(Upson et Jury, 2002)**
	Lavandula saharica Upson &Jury	*L. saharica*	Plante en touffe rameuse. Fleurs d'un bleu foncé en épis serrés. Plante dégageant une agréable odeur de lavande. Les feuilles sont petites et découpées, en général les lobes ne sont pas redécoupés.	Algérie : Tefedest et Tassili des Ajjers ; Lybie. Espèce endémique	**Upson et Jury, 2002)**
	Lavandula antineae Maire	*Subsp . antinea*	Plante en touffe rameuse. Fleurs d'un bleu foncé en épis	Algérie : Hoggar et Tassili des	**(Boucheneb et Benhouhou** ,

			serrés. Plante dégageant une agréable odeur de lavande. Les feuilles sont grandes et découpées, les premiers lobes étant redécoupés. Lavandula saharica Upson et Jury diffère de Lavandula antineae Maire par ses branches formant un angle de 45 ° (plus ouvert chez L. antineae), ses feuilles plus petites et presque pas redécoupées et ses bractées.	Ajjers. Niger :Espèce endémique.	**2012) (Upson et Jury, 2002**)
	L. coronipifolia Poir.	*Var. humbertii Var. Subtropica*	Plante en touffe rameuse. dégageant une faible odeur de lavande. Plante de forme très variable en fonction des conditions climatiques, soit en touffe bien verte et dense, soit elle présente des tiges grêles à peine garnies de feuilles à leur base. Les feuilles sont larges et découpées. Les fleurs sont d'un bleu profond ponctué de taches plus foncées	Hoggar, Tassili des Ajjers, Niger . Espèce saharo méditerranéenne	**(Boucheneb et Benhouhou , 2012); (Upson et Jury,2002).**

2. Nomenclature

La *Lavandula angustifolia* est le terme, qui vient du mot latin "lavare" qui signifie "se laver" **(Menaceur, 2015).** Son nom latin est *Lavandula angustifolia L*. ou *L. officinalis* Chaix = *L. vera* DC. Elle connue en arabe sous le nom de «Khezama» **(Elharas et *al.*, 2013) ; (Benyagoub et *al.*, 2014).**

Noms vulgaires : Lavande vraie, Lavande officinale, Lavande fine, Lavande commune, Lavande femelle, *Lavandula angustifolia* (lavande vraie) et *Lavandula stoechas* , Nard d'Italie, Faux Nard, Garde robes **(Belmont, 2013).**

2. Description botanique

Lavandula encore *Lavandula angustifolia* , est une plante herbacée vivace de la famille des Lamiacées, étant l'une des plantes aromatiques et médicinales les plus appréciées au monde **(Babaee et *al.*, 2017).** Elle pousse à l'état sauvage, sur les terres rocailleux et ensoleillés et s'adapte bien aux hivers plus froids des régions tempérées si le sol est bien drainé. La floraison s'épanouit de Juillet à Août, en dégageant un parfum agréable, frais, léger et fleuri **(Vialard, 2008).** La figure suivante montre la morphologie de lavande. **(Figure 01).**



Figure 1. (A) les feuilles **(Grand, 2009),** (B) Les fruits **(Anonyme)**

Suivant les espèces, ce sous-arbrisseau vivace mesure de 30 à 70 cm de haut et porte des fleurs bleues, pourpres ou violettes, groupées en épis. Certains cultivars arborent des fleurs roses ou blanches. La floraison s'épanouit de Juillet à Août, en dégageant un parfum agréable, frais, léger et fleuri**. (Vialard, 2008).**

- **Taille**

Est une plante vivace de taille moyenne, atteignant généralement une hauteur de 1 mètre **(Lim, 2014**) Comme représenté dans (**la figure 2).**



Figure 02. La taille de *Lavandula angustifolia* **(photo personnelle,2025)**

- **Feuilles**

Sont étroites, sans pétiole ni dents, de couleur vert bleuté, disposées en paires opposées. Les jeunes feuilles sont souvent blanchâtres, ce qui donne à la plante sa teinte gris argenté caractéristique. Les feuilles peuvent mesurer jusqu'à 5 cm de longueur et sont à la fois amères et aromatiques **(Vialard, 2008) (figure 3) .**



Figure 03. Les feuilles de *Lavandula angustifolia* **(photo personnelle,2025)**

- Fleurs

-Inflorescence : Les fleurs de *Lavandula angustifolia* sont regroupées en épis floraux compacts, qui s'élèvent au-dessus du feuillage. Chaque épi mesure généralement de 2 à 5 centimètres de long **(Dris,2019) .**

-Corolle : La corolle est bilabiée, avec un limbe à 5 lobes. Le tube de la corolle mesure environ 4 à 5 mm de profondeur. La longueur totale de la corolle varie entre 6 et 9 mm (moyenne de 7,6 mm). Quatre étamines di dynamiques sont dissimulées dans le tube De la corolle ; la paire antérieure est plus longue. Le pistil est bicarpellé, et les branches du style sont plates **(Nuru et *al.*, 2015).**

-Couleur : Les fleurs de *Lavandula angustifolia* sont principalement violettes, allant du bleu lavande au violet foncé. Cependant, il existe des variétés avec des fleurs roses ou blanches.

- Calice : Le calice de la *Lavandula angustifolia* est formé de sépales de couleur violette. Ces sépales sont généralement étroits et allongés, avec des extrémités pointues. Ils entourent les pétales de la fleur, offrant une protection supplémentaire. Le calice de la *Lavandula angustifolia* dentée contribue à l'apparence globale de la fleur et ajoute une touche de couleur violette distincte**(Dris,2019).**les fleurs sont illustrées dans la figure 04



Figure 04. Les fleurs de Lavande **(photo personnelle, 2025)**

- **Tiges**

Sont courtes, dressées, très ramifiées, ligneuses à le base **(Small et Deutsch, 2001).** La tendance spiralée des rameaux se résorbe presque en une rosette, portant de longs et mince épis de fleurs **(Palikan, 2002)**

- **Racines**

Peuvent pousser jusqu'à une profondeur de 4 m et forment un gros système ligneux densément ramifié en profondeur. Cette plante tolère un pH de 6,4 à 8,2**(Small et Deutsch, 2001).**

- **Parfum**

Les fleurs de *Lavandula angustifolia* dégagent un parfum puissant et caractéristique de lavande. L'odeur est florale, herbacée et légèrement sucrée, ce qui en fait une plante prisée pour son utilisation en aromathérapie et en parfumerie **(Bessenouci et *al.*, 2018).**

- **Bractée**

Les bractées de la *Lavandula angustifolia* sont de petites feuilles modifiées qui entourent les fleurs. Elles sont généralement de couleur verte et peuvent avoir différentes formes, telles que linéaires, ovales ou en forme de lance. Les bractées servent de protection supplémentaire aux fleurs et ajoutent une touche de texture et de couleur à L'ensemble de la plante. Elles contribuent à la beauté et à l'attrait visuel de la lavande dentée **(Bessenouci et *al.*, 2018).**

3. Taxonomie

Selon Dupont et Guignard (2007), la lavande appartient à l'embranchement des Spermaphytes,et suivant la classification classique des plantes à fleurs, elle est classée comme suit :

- **Division:** Magnoliophyta (Angiospermes)
- **Classe:** Magnoliopsida(=Dicotylédones)
- **Sous- classe:** Asteridées
- **Ordre**: Lamiales
- **Famille:** Lamiacées

Elle est appelée communément par la population locale «khzama»

4. Propriétés de la lavande

Toutes les parties de la *Lavandula angustifolia* , soit les tiges, les feuilles et surtout les fleurs sont aromatiques, chaudes, amères et stimulantes.

Dans les espèces de *Lavandula angustifolia* , le principe aromatique prédomine sur le principe amer. Ce principe aromatique communique à ces plantes à un degré éminent, les propriétés chaudes et excitant, propre à cette famille. Le principe amer les rend toniques et stomachiques.

Cette plante est éminemment céphalique, Nerval, antispasmodique et anti histérique **(Schauenberg et Paris, 2010).**

Les sommités de la plante sont imprégnées d'une sécrétion huileuse, légèrement résineuse et très volatile. Cette huile volatile est renfermée dans de petite utricules répandues sur la surface des bractées, des corolles, mais surtout des calices. Elle parait contenir tout le principe aromatique des lavandes, et se combine plus aisément avec les liquides alcooliques qu'avec l'eau.

Il serait nécessaire de soumettre séparément les feuilles et les fleurs à l'analyse chimique, car, les queues ou hampes nues de la lavande et sans doute aussi les feuilles, ne contiennent qu'une très petite quantité d'huile, mais probablement une plus grande proportion d'extrait amer**(Palikan, 2002).**

L'huile empyreumatique de *Lavandula angustifolia* est jaunâtre, d'un goût âcre et d'une odeur forte et désagréable qui participe de l'odeur de la térébenthine. On la retire par la distillation de toutes les parties supérieures de la lavande **(Kothe, 2007).**

5. Culture de la lavande

A. Conditions de culture

Avant toutes choses, la *Lavandula angustifolia* avances se plaît en plein soleil où elles développent pleinement leurs fragrances caractéristiques. Comme de nombreuses plantes à feuilles velues, voire grises, elles n'aiment guère les sols lourds, argileux et sont capables de prospérer dans la pierraille.

Avant chaque culture, le sol est défoncé sur toute la surface, pour assurer la pénétration des pluies et des racines en profondeur. On enfouit la fumure de fond P/K/Ca/Mg suivant l'analyse **(Small et Deutsch, 2001).**

- **Multiplication**

Elle se pratique par : semis direct au début d'Octobre, par bouturage au printemps ou en fin d'été ou par repiquage des jeunes plants en Avril ou Octobre **(Gilly, 1997).**

- **Plantation**

Installation lorsque les grosses gelées passées, au printemps ou en été ou bien, dans le Midi, en automne. En sol un peu lourd, optez pour une plantation sur butte. L'arrosage se fait uniquement à la reprise complète.

La densité de plantation à l'hectare est variable suivant l'altitude, le pourcentage de la terre fine du sol et le mode de plantation (en ligne/ au carré) **(Small et Deutsch, 2001) .**

- **Entretien**

Pour la *Lavandula angustifolia* il ne faut ni croûte ni herbes ; Binage et sarclage sont nécessaires **(Gilly, 1997).**

- **Maladies et ravageurs**

La *Lavandula angustifolia* est sujette aux infections de chenilles et sensible aux maladies à champignons telles que la tache foliaire. Les plantes poussent en sol trop humide sont également sujettes à la pourriture de racines. **(Small et Deutsch, 2001).**

- **Taille**

Opérée après la floraison, en fin d'été, elle permet de maintenir les touffes basses, compactes et durables **(Gilly, 1997).**

- **Récolte**

Le moment de la récolte se situe au stade fleur, de Juillet à Septembre suivant le lieu de la culture et les possibilités d'accueil de la distillerie. La récolte se fait tôt le matin pour qu'on ne soit pas gênés par les abeilles.

Autrefois, à la faucille, un homme récoltait 400 Kg de fleurs par jour, aujourd'hui la machine récolte un hectare en deux heures **(Gilly, 1997)**

6. Huile essentielle de lavande

L'extraction de l'huile essentielle de *Lavandula angustifolia* se fait par distillation à la vapeur d'eau.

Ce processus demande patience et douceur et passe par un appareil bien connu sous le nom d'alambic. C'est à la sortie de cet alambic que se trouve un essencier qui permet d'obtenir deux produits en même temps : l'huile essentielle concentrée à la surface, et en dessous

l'hydrolat (appelé aussi eau florale de lavande ou eau de lavande), qui correspond à l'eau de distillation (**Festy et Dupin, 2012).**

L'huile essentielle qui en est extraite par distillation est jaune très claire, presque incolore et il faut 100 Kg de fleurs de lavande pour obtenir ¾ de litre d'huile essentielle.

- **Caractères organoleptiques :** Liquide limpide, jaune pâle, d'une odeur suave et herbacée parfois un peu âcre **(Festy et Dupin, 2012) .**
- **Principaux constituants biochimiques** : Les huiles essentielles contenants principalement des monoterpènes, dont les constituants majeurs : acétate de linalyle (30-55%),linalol (20-35%), β-ocimène,α-terpinéol (0,3 à 1,0%), limonène (0,1 à 0,5%), cinéole (0,3 à 1,5%), camphre (0,2 à 0,3%), et sesquiterpènes (époxyde de caryophyllène). Autres constituants tel que : tanins (5-10%), dérivés coumariniques, flavonoïdes, phytostérols, triterpènes et dérivés de l'acide rosmarinique**(Wichtl et Anton, 1999).**

7. Composition chimique

Selon Ferres et al. (1986) ; Lawrence (1996) ; Mastelic et Kustrak (1997), les principaux constituants chimiques potentiellement actifs qu'on peut trouver dans le genre Lavandula sont :

- **Monoterpènes** : -pinène, 3-pinène, 3-ocimène, camphre, limonene, p-cymène, sabinène, terpinène.
- **Monoterpènes alcools** : -terpinéol, bornéol, lavandulol, linalol,p-cymen-8-ol,Transpivocarvéol.
- **Monoterpènes aldéhydes**: aldéhyde de cumin.
- **Monoterpèneséhers**: 1,8-cinéole.
- **Monoterpènesesters:** acétate de linalyl, acétate de terpènyl.
- **Monoterpènescétones:** carvone, coumarine, cryptone, fenchone, méthylhéptenone, noctanone, nopinone, p-méthylacétophénone.
- **Benzénoides:** eugénol, coumarine, carvacrol, acide hydroxycinnamique, aciderosmarinique, thymol.
- **Sesquiterpènes:** caryophylléne, oxyde de caryophylléne, a-photosantanol, a-santalal,a norsantalénone.

Quelques traces d'autres composés tels que les flavonoïdes.

Par ailleurs ; les composants majoritaires des huiles essentielles de Lavande sont l'α pinène, le fanchon, le camphre et l'acétate de myrtenyl **(skoula et *al*,1996 ; Dob et *al*., 2006).**

Les autres constituants sont le bêta pinène, le limonène, le bêta santalène, le bornéol, le camphre, la caryophylléne, la coumarine, le géraniol, le limonène, le linalol, le lutéoline, le

1,8- cinéole, l'acide rosmarinique, le tannin, l'umbelliférone et l'acide ursolique **(Esiyoket *al.* 200).** Les informations détaillées figurent dans le tableau 2

Tableau 2 . Composition des huiles essentielles extraites de lavande (en %)

Composés	WIESENFELD (1999) Bulgarie	MOHAMMEDI (2006) AïnFezza	MOHAMMEDI (2006) Oum el Alou
α-pinène	2,1	0,6	0,5
sabinene	0,7	-	-
β pinène	0,4	-	-
p-cymène	-	1,0	0,8
α-terpinolene	0,8	-	-
bornylacetate	-	3,0	3,2
linalol	0,6	-	-
camphre	26,2	17,7	18,1
camphène	-	1,0	1,3
cineole	-	24,2	18,9

8. de lavande

8.1. Usage cosmétique

L'huile essentielle de *Lavandula angustifolia* est largement utilisée dans l'industrie du parfum, où elle trouve de nombreuses applications telles que les eaux de Cologne, les savons, les vernis, les lotions pour la peau, les démaquillants, et bien d'autres produits cosmétiques. En parfumerie, la lavande joue un rôle essentiel en fixant et en stabilisant les essences de fleurs entre elles, évitant ainsi que le parfum ne se détériore. De plus, *Lavandula angustifolia* fine occupe une place centrale dans la composition des parfums en tant que note de cœur. Elle se manifeste généralement entre deux et quatre heures après l'application du parfum, contribuant ainsi à sa longévité et à son caractère distinctif **(Mellouk, 2017).**

8.2. Usage thérapeutique

En aromathérapie, c'est une panacée à elle toute seule, tant elle traite les maux les plus courants et les plus variés, même les plus incommodants **(Festy et Dupin, 2012).**

Lavandula angustifolia tonifie les nerfs, calme et fait dormir ; Elle résout aussi les crampes, combat les syncopes, est vivifiante. Elle dirige dans de bonnes voies le sang qui monte à la tête, elle excite les activités métaboliques. Elle est précieuse, sous forme d'adjonction aux bains, dans la sciatique, la goutte et le rhumatisme **(Palikan, 2002).**

8.3. Usage culinaire

Tout à fait, la *Lavandula angustifolia* aromatique a de nombreuses utilisations en dehors de l'industrie du parfum et de la cosmétique. Elle peut être utilisée pour aromatiser une variété de plats culinaires, tels que des sauces, des soupes, des poissons, de la viande hachée et des ragoûts. Son parfum unique et subtil ajoute une touche de saveur délicate aux plats. En plus de ses applications culinaires, la lavande est également réputée pour ses propriétés médicinales**(Mellouk, 2017).**

En alimentaire, la *Lavandula angustifolia* est la seule consommable : boissons (sirop, liqueur, limonade…), glaces, sucreries, viennoiseries et chewing-gums. Elle agrémente différentes préparations culinaires (miel, yaourts, thés, crème brûlée, confiture…) **(Reza et *al.*, 2005)** .

On peut faire infuser des fleurs de lavande dans du lait, utilisé ensuite pour la préparation de glace ou de crème à la lavande. Dans certaines régions du Maghreb (Algérie), elle est utilisée dans quelques préparations culinaires, dont le couscous **(Reza et *al.*, 2005).**

Chapitre II : Généralité sur *Tuber aestivum*

III. Tuber aestivum

Tuber aestivum, également connus sous le nom « diamant noire » **(Tang et *al.*, 2008) .**

Est un champignon ascomycète hypogé et mycorhizien, appartenant au genre Tuber, comestible et très appréciée à l'échelle mondiale .Les truffes vivent en symbiose enformant souvent, avec les racines des plantes vasculaires des mycorhizes. Notamment les plantes appartenant à la famille des Cistacées afin d'accomplir leur cycle de vie.

Leur forme est généralement globuleuse, avec une face extérieure ridée, Le mot terraetufule, premier terme donné pour désigner la truffe, est issu de la ressemblance physique entre la truffe et le tuf qui constitue une pierre poreuse typique de l'Italie centrale. Par la suite, ce mot fut transformé en « tertufole » et « tartufo » en Italie, « truffe » en France, « trüffel » en Allemagne, truffle en Angleterre .

En Algérie, ces diverses espèces sont communément appelées « Terfass », « Terfez », « Torfez », « bannat », « Kam'a » et « Kama » en Kabylie . D'autres noms sont également attribués aux truffes des sables dans le moyen orient comme : « Nabat Al-Radh », « Asqal », « Bidat El-Ardh », « Afateeh », et « Banat Ober »). Le terme classique des truffes du désert «Al-Kamah» signifie «couvert» ou «caché», alors que le nom «Al-Faga'a» correspond à un craquellement du sol au-dessus du corps fructifère suite à son gonflement. Le non scientifique du genre Terfezia dériverait de «Terfez» ou «Terfâs» qui est une appellation maghrébine, mais suggère qu'il peut être dérivé de Latin «Terrae fex» signifiant «production de la terre». Les espèces d'Afrique ou d'Asie sont souvent nommées selon les fonctionnaires coloniaux ou des scientifiques.

1. Taxonomie des truffes

Il existe plus de 60 types de truffes dans le monde **(Liu et *al.*, 2008)** qui sont généralement des Ascomycètes, c'est-à-dire que leurs spores sont produites dans les asques. Elles font partie des Discomycètes au sein des Euascomycètes.

En effet, les truffes sont classées dans un premier temps, avec d'autres champignons hypogés comme les Terfeziaceae, dans un ordre distinct des Pezizales : l'ordre des Tubérales dont la classification est à partir des analyses morphologiques et les similitudes de formes rencontrées pour les ascocarpes hypogés **(Murat-, 2004 ; Bradai, 2014).**

Selon BRADAI (2014) le genre Tuber fait maintenant partie de la famille des Tuberaceae classées dans l'ordre des Pezizales. Taxonomiquement, la truffe appartient **(Trappe, 1979) :**

- **Règne :** Fungi.
- **Embranchement :** Septomycota.
- **Sous embranchment**: Ascomycotina.

- **Classe**: Euascomycètes (Eutuniquées).
- **Sous classe:** Discomycetidae.
- **Ordre:** Tubérales.
- **Famille:** Tuberaceae.
- **Genre:** Tuber

2. Répartition géographique des truffes

Les truffes vivent dans plusieurs continents où ils jouent un rôle de partenaires mycorhiziens des plantes, La spécificité vis-à-vis de l'hôte symbiotique et le pH (acide oubasique) du sol sont deux facteurs qui jouent un rôle clé dans la répartitions géographique et la différentiation des espèces des terfez **(Sidi Boulenouar, 2016).**

2.1. Distribution géographique mondiale

Elle est largement distribuée en périphérie des régions semi-arides à arides voire à climat sub-saharien **(Trappe, 1990 ; Morte et *al.*, 2000**) autour du bassin méditerranéen (Maghreb : Delastria rosea ,Terfezia arenaria ,Terfezia claveryiet , Terfezia eremita, Tirmania nivea Tirmaniapinoyi ,Tuber asa et Picoa juniperi ,en Eroupe: Terfezia leptoderma, Terfezia olbiensis (France) Terfezia leonis et Terfezia arenaria(Portugal) . Et il a été prouvé que le Moyen-Orient (Egypte:Tirmania nivea, Terfezia claveryi ,Picoa juniperi, Terfezia claveryi etTirmania nivea;Bahreïn et Qatar :Phaeangium Lefebvrei,Terfezia claveryi et Tirmania nivea; Jordanie: Terfezia claveryi;Syrie: Terfezia claveryi ,Tirmania nivea et Tirmania pinoyi) est l'habitat préféré des truffes du désert : Certaines espèces se trouvent dans d'autres régions du monde telles que les États-Unis, la Chine, le Japon, l'Afrique du Sud et le Mexique telles que : Terfezia olbiensis, Terfeziagiganter, Terfezia giganter et Terfezia pferlii **(Trappe et *al*., 2008, 2010; Kovacs et *al*., 2008 ; Kagan-Zur et Roth-Bejerno, 2008 ; Vazquez Garcia et *al*., 2002).**

2.2. Distribution géographique en Algérie

En Algérie, on trouve Terfezia arenaria,Tirmania pinoyi ,Tirmania nivea et Tirmania lefebverei poussant dans trois régions (**Alsheikh et Trappe, 1983 ; Alsheikh, 1994 ; Fortas, 1990):**

- **Dans les régions semi –arides du littoral** : Mostaganem,Annaba ,Taref.
- **Dans les régions semi- arides steppiques** : Batna, Msila, Biskra, Djelfa, El-Aricha,Saida, Naama,El-Bayadh.
- **Dans les régions sahariennes :** Bechar, Tindouf, Ouargla, Tamanrasset, Timimoun, Touggourt.

3. Composition des truffes

Les compositions chimiques d'une même espèce de truffes diffèrent selon leur région de récolte. Cette diversité est probablement due aux nombreux facteurs environnementaux tels que la quantité de pluie, le temps, les types de sols et les changements climatiques **(Abdul Majid et *al*., 2016).**

En général **(Guillamon et *al.*, 2010),** les truffes sont très riches en glucides, en protéines avec un contenu important d'acide aminés **(Dennouni, 1996**) notamment la méthionine, cystéine, et lysine. Elles contiennent 72% d'eau et 7,6%de fibres, elles sont riches en minéraux tels que le Phosphore, le Calcium, le Magnésium, le Potassium, le Sodium, le Fer, le Zinc, le Soufre, le chlore et le **Silicone (Saritha et *al.*, 2016).** Selon KAGAN-ZUR et al. (2013) et QHANAQA (2006) la teneur en protéines de truffes varie de 19,59 à 27,18%, de 2,81 à 7,42% d'acides gras, 7,2 à 13,02% de fibre brute, 4,64 à 6,39% de cendres et de 1,5 à 5,1 mg/100g d'acide ascorbique à partir de 20% de matière sèche.

Ainsi, la matière sèche des truffes du désert est composée de 20-27% de protéines, 3- 7,5% d'acide gras saturé et insaturé, 60% de glucides et 7-13% de fibre avec 2-5mg/100g d'acide ascorbique **(Kagan-Zur et *al*., 2013).**

4. Présentation de la *Tuber aestivum*

Les *Tuber aestivum* sont des tubercules souterrains très appréciés. Ce sont des champignons hypogés appartenant aux ascomycètes et vivant en symbiose avec des plantes-hôtes de différentes familles végétales. Elles se développent à une profondeur de 5 à 10 cm sur sols sablonneux, d'où leur appellation. Elles vivent plus particulièrement dans des régions arides ou semi-arides, ce qui leur a dû le nom de « Truffes du désert ». Cependant, elles peuvent aussi proliférer sous des climats humides ou subhumides chauds comme au niveau des dunes littorales du Nord-Est algérien. Selon la région et la nature du terrain, les terfesses acquièrent un aspect arrondi ou irrégulier, différentes couleurs et diverses caractéristiques morpho-anatomiques **(Morte et *al.*, 2009 ; Navaro-Rodena et *al*., 2011; Bradai et *al*., 2014 ; Dafri et Beddiar, 2017 ; Liu et *al*., 2018**

5. Propriétés morpho-anatomiques

Les ascocarpes sont constitués d'une gléba (chair) contenant de petits sacs appelés asques, qui contiennent de nombreuses spores. La chair est protégée par une gaine rigide nommée péridium **(Guttiérrez et al., 2003 ; Kagan-Zur et Roth-Bejerano, 2008 ; Morte et al., 2009 ; Navaro Rodena et *al.*, 2011 ; Bradai et *al.*, 2014 ; Kovacs et Trappe, 2014 ; Dafri et Beddiar, 2017 ; Liu et *al.*, 2018)** comme est illustré dans la Figure5.

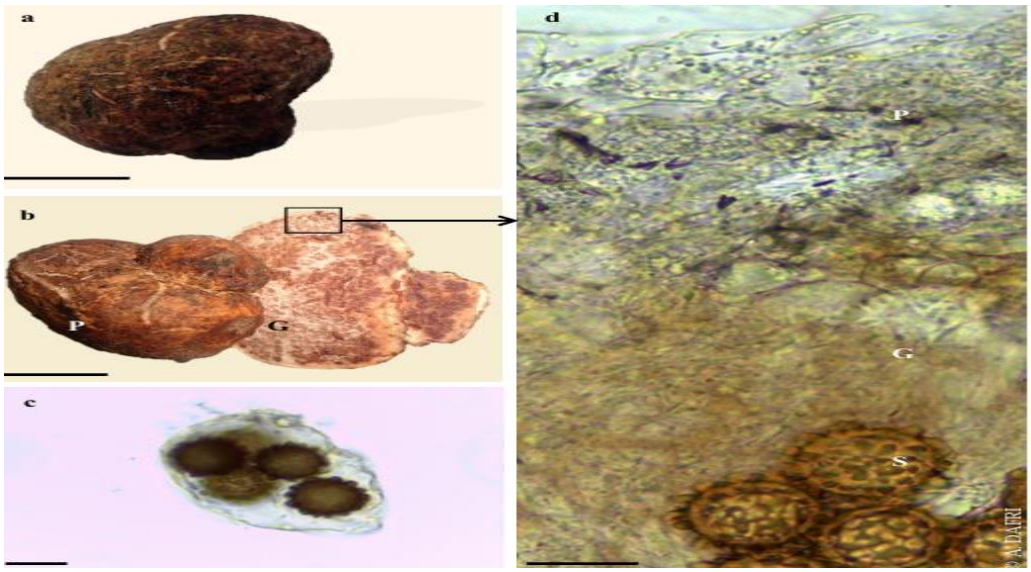


Figure 05. Morpho-anatomie générale des *Tuber aestivum***(Kagan-Zur et *al*., 2013).**

Selon plusieurs auteurs, la clé de la classification des truffes repose essentiellement sur les caractéristiques du péridium (aspect ; couleur) et sur celles des spores (nombre ; forme ; ornementation) ; et d'autres caractères complémentaires (forme ou taille des fructifications, coloration de la gléba ; disposition des nervures, odeur, etc.) **(Chevalier, 1986).**

5.1. Ascocarpe

Est le nom scientifique du corps de la *Tuber aestivum* elle-même. Chez *Tuber aestivum*, ces fructifications ou ascocarpes ont une forme variable : sphérique, ovoïde, piriforme ou ellipsoïdale, mais toujours bosselée et irrégulière. Leur poids est également variable, allant de 1 g à plusieurs centaines de grammes pour les plus gros (**Sawaya et** al**., 1985 ; Benicivenga et Urbani, 1996 ; Jamali et Banihashemi, 2012).**

5.2. Péridium

Est une structure résistante qui protège la glèba interne. Il est constitué d'hyphes au cytoplasme dégénéré et aux parois épaisses et mélanisées. À la surface du péridium, il est également possible d'observer la formation de revêtements calcaires d'environ 100 µm, qui sont formés par la précipitation de carbonates de calcium due aux sécrétions acides des filaments mycéliens. Ces filaments jouent un rôle actif dans les échanges nutritionnels entre le champignon et le sol **(Callot, 1999 ; Ricard, 2003).** Il peut avoir différentes structures, consistances et couleurs : blanc, jaune, brun clair ou foncé, voir brun noirâtre **(Alsheikh, 1994; Callot, 1999 ; Khabar et *al.*, 2001 ; Ricard, 2003).**

5.3. Gléba

Les hyphes internes de l'ascocarpe forment la chair ou gleba, qui est constituée de poches fertiles entourées de veines stériles plus ou moins visibles selon leur épaisseur **(Moreno et *al.*, 2000 ; Khabar et *al.*, 2001 ; Agnello et Kaounas, 2011).** Tout au long de sa maturité, la glèbe acquiert une texture spongieuse ou ferme et une couleur variable allant du blanc au jaune, brun clair ou foncé, selon l'espèce et le stade de développement **(Moreno et *al.*, 2000 ; Khabar et *al.*, 2001 ; Agnello et Kaounas, 2011).**

5.4. Asques

Sont les structures caractéristiques des ascomycètes. Il s'agit d'une sorte de poche de spores, de taille microscopique. Elles sont souvent hyalines, parfois pédicellées, de forme variable : subglobulaire, globulaire ou ovoïde **(Moreno et *al.*, 2000 ; Khabar et *al.*, 2001 ; Lamb et Kaounas, 2011).**

5.5. Ascospores

Sont les cellules reproductrices des ascomycètes. Elles permettent à ces champignons de se multiplier et de se propager. Chez les terfesses, les ascospores sont regroupées par deux, quatre, six ou, pour la plupart des espèces, huit ascospores par asque. Leur forme est globulaire, subglobulaire ou elliptique, et leur couleur hyaline, jaunâtre ou rouge. Leur surface est lisse ou ornée de verrues ou d'épines tronquées ou arrondies **(Chatin, 1896 ; Laessoe et Hansen, 2007).**

6. Cycle biologique de *Tuber aestivum*

Le cycle biologique débute par la germination d'un certain nombre de spores, entraînant l'émission d'hyphes (mycélium primaire), susceptible d'infecter les radicelles d'Hélianthème, en donnant naissance à de nouveaux mycorhizes. L'émission d'hyphes (mycélium primaire), susceptible d'infecter les radicelles d'Hélianthème, Les fortes chaleurs de Juillet et les orages d'Août (apport d'eau), stimulent le cycle à condition que les quantités d'eau et de biologique des Terfès par la germination des spores, La majorité du cycle biologique s'effectue sous forme de filaments, formant un permet aux champignons de se nourrir et de coloniser des de ce mycélium est un préalable. Le cycle biologique débute par la germination d'un certain nombre de spores, entraînant l'émission d'hyphes (mycélium primaire), susceptible d'infecter les radicelles d'Hélianthèm. Les fortes chaleurs de Juillet et les orages), stimulent le cycle biologique des Terfès par la germination des spores, n que les quantités d'eau et de chaleur soient optimales. La majorité du cycle forme de filaments, formant un réseau ou mycélium. Le mycélium se nourrir et de coloniser des sites nouveaux. Le développement de ce mycélium est un préalable indispensable avant l'introduction du Terfès dans Le mycélium, s'associant aux racines de l'arbre,

crée u champignon de se nourrir en sucre (hydrates de carbone) au mycéliens divergent et se ramifient, l'ensemble évoluant globe organisme à front de croissance circulaire. Avec le temps, la formation de petits pelotons (primordium) au début de l'hiver, dans filaments du mycélium secondaire, à proximité des racines Terfès. Quand le Terfès n'est pas récolté à la fin du printemps les ascospores libèrent les spores, et le cycle recommence réseau ou mycélium. Le mycélium sites nouveaux. Le développement l'introduction du Terfès dans les racines crée un mycorhize de l'Helianthemum. Le mycélium, s'associant aux racines de l'arbre, permettant au champignon de se nourrir en sucre (hydrates de carbone) au Septembre. Les hyphes mycéliens divergent et se ramifient, l'ensemble évoluant globe vers l'édification d'un organisme à front de croissance circulaire. Ave champignon de se nourrir en sucre (hydrates de carbone) au début de mycéliens divergent et se ramifient, l'ensemble évoluant globalement c le temps, l'initiation fructifère débute par la formation de petits pelotons (primordium) au début de l'hiver, dans l'enchevêtrement des filaments du mycélium secondaire, à proximité des racines peloton évoluera en Terfès. Quand le Terfès n'est pas l'ascocarpe se décompose, les ascospores libèrent les spores, et le cycle recommence **(Bradai., 2006) (figure 06).**

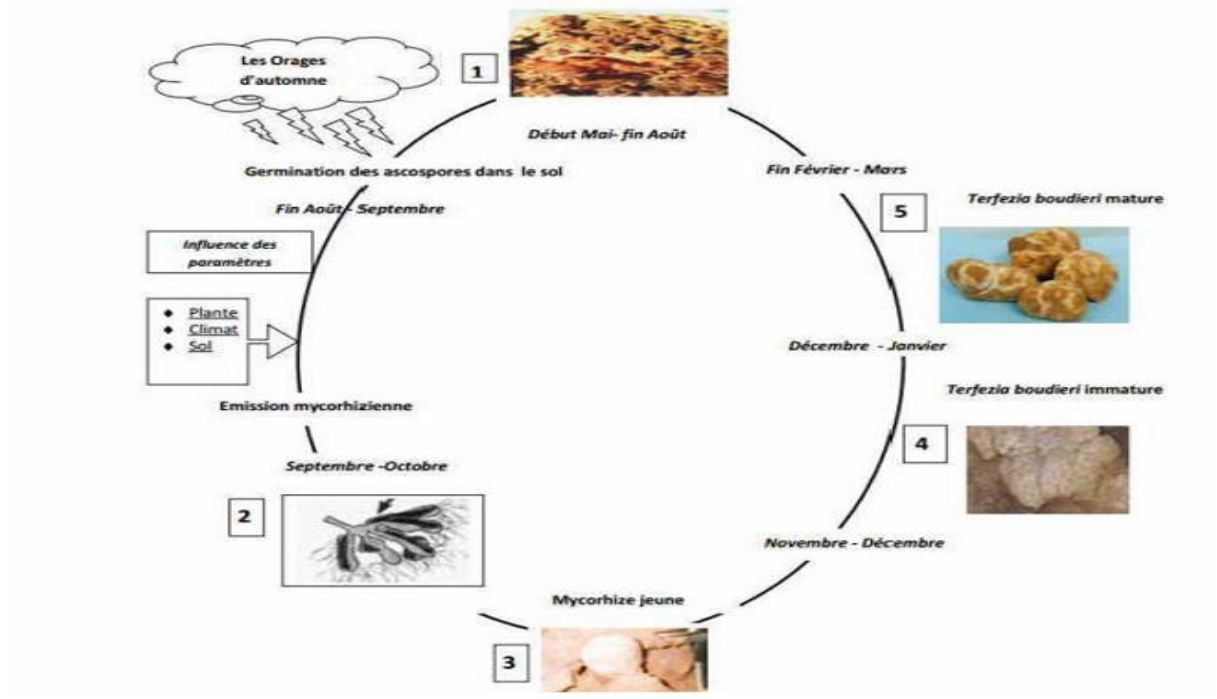


Figure 06. Cycle biologique de *Tuber aestivum* **(Bradai., 2006)**

7. Paramètres bioécologique

Le développement et la croissance des Terfès exigent certaines conditions écologiques particulières notamment le sol et le climat **(Watson., 1992; Shavit., 2008;Bradai et *al.*, 2014).**

7.1. Climat

Tuber aestivum prospèrent sous des climats chauds des zones semi arides et arides. Généralement **(Malençon., 1973).**

Tuber aestivum se développent sous des climats caractérisés par automne et/ou hiver pluvieux, suivis par de périodes de sécheresse. Malgré ces pluies sont de faible quantité, elles jouent plusieurs rôles, notamment dans le transport, La dispersion et la germination des spores des truffes, mais également la germination et la croissance des plantes symbiotes (hélianthèmes) **(Bradai et *al*., 2013).**

De façon générale, les régions où poussent les truffes du désert se caractérisent par une pluviométrie annuelle comprise entre 50 et 380 mm (**Khabar., 2005 ; Bradai et *al*., 2014).**

7.2. Sol

Le sol est un facteur limitant pour le développement et la fructification des Terfès **(Fortas et Chevalier., 1992 ; Slama et *al*., 2006)**. Selon Alençon (1973), le genre Terfezia est trouvé surtout dans les pâturages sablonneux, bien structures et aérés, à proximité des petits hélianthèmes annuels. Les espèces de ce genre demeurent hypogées jusqu'à maturation, alors que celles du genre Tirmania(qui sont plus communes sur les terrains gypseux) affleurent a la surface de la terre à maturité, ce qui a amené certains auteurs à les qualifier de Terfès épigés ou semi épigés **(Malençon., 1973; Khabar., 2005**).

En règle générale, les terfès affectionnent des sols sablonneux, bien aérés et légers permettant une meilleure circulation des éléments minéraux ; alcalins ou acides, relativement pauvres en matière organique. La composition physico-chimique des sols de la surface et de la subsurface des terfès diffère significativement, la teneur en éléments minéraux, le PH et l'humidité sont plus élevés dans la subsurface que sur la surface, par contre, la teneur en matière organique est faible en subsurface (Alsheikh et Trappe., 1983b ; Bradai., 2014). Il apparait ainsi que la densité des sols n'était pas très variable, mais d'une façon générale, les sols truffiers sont bien structurés minérale. **(Slama et *al.*, 2006; Khabar et *al*., 2001; (Slama et *al*., 2006; Khabar et *al.*, 2001; Khabar., 2005)** comme le montre la figure 7.



Figure 07. Les différents sols de développement du *Tuber aestivum* **((photo personnelle,2025)**

8. Bio activités des *Tuber aestivum*

Leur popularité est non seulement en raison de leur goût spécifique et la valeur nutritionnelle, mais aussi pour leurs propriétés thérapeutiques **(Bradai, 2014).** Les truffes du désert ont particulièrement une longue d'histoire d'utilisation. Presque partout où les truffes du désert ont été utilisés comme aliments, les registres indiquent qu'ils ont également été utilisés en médecine **(Kagan-Zur et *al.*, 2014).** Ils sont utilisés dans la médecine traditionnelle, en particulier contre les infections oculaires, la faiblesse et de promouvoir la fertilité masculine **(BRADAI et *al.*, 2015).** Ainsi dans l'histoire d'Islam, ce champignon a été rapporté dans le Hadith Sahih Muslim que le prophète Mohammed (que prière et prix soient sur lui) a évoqué. **(Dib, 2012).** Son extrait a été utilisé comme un remède oculaire important **(Kermani, 2013).**

Semblable à d'autres champignons, les Terfez comprennent une vaste source de nouveaux produits pharmaceutiques encore inexploitée **(Al-Laith, 2010).** Dans la recherche de nouvelles alternatives thérapeutiques, et surtout pour la médecine moderne, les truffes représentent une source illimitée des composés thérapeutiques tel que des composés anti-inflammatoires, immunosuppresseur, l'activité hépato-protecteur, antimutagène et des propriétés anti cancérigènes, antioxydants, antimicrobien et antivirales (**Al-Laith, 2010 ; Hamza et *a*l., 2013 ; Wang et Marcone, 2011 ; Murcia et *al*., 2003 ; Stojković Et *al.* 2013).**

En fait, les activités biologiques signalées de truffes ont attiré l'attention des scientifiques comme ils sont soupçonnés d'avoir des effets positifs et considérer de la truffe comme valeur ajoutée **(Hamza et *al*., 2013**). Les activités sensorielles, nutritionnelles et biologiques des truffes du désert indiquent leurs potentiels d'utilisation comme un aliment fonctionnel et un agent thérapeutique **(Kagan-Zur et *al.*, 2014).**

Les activités biologiques des truffes les plus étudiés par la plupart des chercheurs sont les activités antivirales et antimicrobiennes **(Wang et Marcone, 2011),** une attention particulière est accordée pour la capacité antioxydant des truffes de désert afin d'évaluer leur aptitude à l'enrichissement .

Étude expérimentale

Matériels et méthodes

- **Objectif du travail**

Le but de ce travail consiste à :

- Faire l'Extraction d'huile essentielle de la plante lavande et du truffe.
- Tester l'activité antioxydante et antimicrobienne de l'huile essentielle de ces deux plantes

- **Cadre d'étude**

Notre travail expérimental s'est déroulé au cours de l'année universitaire 2025 au laboratoire de microbiologie du département de biologie appliquée de la Faculté des Sciences exactes et sciences de la Nature et de la Vie de l'Université Chahid Cheikh Larbi Tebessi de Tébessa. Cette étude a investigué l'activité antibactérienne de l'huile essentielle de la lavande et de la truffe, et a également évalué leur activité antioxydante

IV. Matériels et Méthodes

1. Matériels végétaux

Nous avons utilisé comme matériel végétale :

- La plante de la lavande
- La plante de *Tuber aestivum*

Les deux plantes que nous avons utilisées dans cette expérience avaient été apportées par notre encadrante. La lavande était broyée et la *Tuber aestivum* était en poudre.

2. Matériels biologiques

Nous avons testé l'activité antibactérienne des extraits contre des souches bactériennes pathogènes multi résistantes, identifiés au préalable par analyse morpho-physio-biochimique. Le tableau 3 expose les différentes souches bactériennes testées.

Tableau 3 . Les souches bactériennes et fongiques utilisées

	Souches
souches bactériennes	*Staphylococcus aureus SA43300*
	Bacullus sbtilis (B sub ATCC9372)
	K.pneumonie (B23)
	escherichia coli (Inc6)
	Klebsielle oxytoca (Inc3)
	K.Pneumonie (89923B)
	enterobacter cloacae (Inc1)
	staph epidermidis (Sepid)
	bacillus antthracis (Inc5)
	salmonella Typhi (Inc4)
	Bacillus cereus (ATCC1778)
	staph aureus (259223)

Souches fongiques	*A.terreus*
	ICF76(….
	A.fumigatus(A.fing)
	aspergillus flavus (ATCC)
	cryptococcus neoformans (crypto)
	aspergillus scléro (A.sel)
	candida albicans (C.albicans)
	rhodotorula
	candida parapsilosis (C .parapsilosis)
	clavispora lusitamioe (parapsilosis)
	membranin faciens (M.facien)
	ICF18(
	ICC_{44}
	Candida .Krusei (ATCC)

3. Matériel et produits

L'ensemble des matériel et produits utilisés pour réaliser cette étude sont résumé dans le Tableau 4

Tableau4 . Liste d'appareils, verreries et produits utilisés

	Appareils	**Verreries et autres**	**Réactifs et autres**	**Solvants et solutés**
activité antimicrobienne	balance de précision Micropipette Plaque chauffante agitateur magnétique Etuve à 30 °C Autoclavage Bec benzène	Tubes à vis 16 x 160 mm et portoir. Erlenmeyer 250 ml 04 flacons Spatule Papier aluminium Anse de platine Pipette pasteur Ecouvillon stérile Boites de pétrie Disques stériles/Pince Embouts jaunes	Milieu solide Muller Hinton Milieu solide Sabouraud Huiles essentielles de lavande et de la truffe	Eau physiologique stérile Eau distillé Eau de javel Ethanol
activité antioxidante	Spectrophotométrie UV- Line Balance de précision Micropipettes 100ul-1000ul : 10ul- 100ul	Eprouvette graduée Tubes à hémolyse avec un portoir Les embouts jaunes et bleus Papier aluminium	Le DPPH (2.2 diphényle- 1-picryl hydrazyl) – Huiles essentielles de la lavande et de la truffe	Méthanol - Eau distillée

4. Méthodes d'extraction d'huile de *Lavandula angustifolia*

- **Principe**

L'obtention de l'huile essentielle (HE) à partir de la lavande broyée a reposé sur le principe de l'hydrodistillation, réalisée à l'aide d'un hydrodistillateur de Clevenger. Ce dispositif comprend :

- **Ballon :** Utilisé pour immerger la matière végétale dans l'eau distillée.
- **Colonne :** Cylindre de verre placé au-dessus pour collecter la phase vapeur.
- **Réfrigérant :** Échangeur de chaleur convertissant la vapeur en liquide.
- **Vase florentin :** Sépare la phase organique (huile essentielle) de la phase aqueuse (eau florale).
- **Cohobe :** Colonne de recyclage de l'eau aromatique (principe de siphon renvoyant l'eau florale du vase florentin vers le réacteur).
- **Robinet :** Simple robinet au bas du vase pour récupérer l'huile essentielle à la fin de la réaction.

- **Mode opératoire :**

- L'analyse a été réalisée sur 100 g de la matière végétale sèche des parties aériennes des plantes
- L'ajout de 1000 ml d'eau distillée au ballon
- On soumettra le ballon à une source de chaleur pour atteindre une température proche de 100°C .
- On le connecte au reste de l'appareil d'extraction
- -On récupère l'HE dans un petit flacon en verre
- On pèse la quantité d'huile obtenue pour calculer le rendement

5. Méthodes d'extraction d'extrait de la *Tuber aestivum*

- **Principe**

L'obtention de l'huile essentielle (HE) à partir de la *Tuber aestivum* broyée a reposé sur le principe de l'extraction par Soxhlet, réalisée à l'aide d'un extracteur Soxhlet. Ce dispositif comprend

- **Ballon** : Contient et chauffe le solvant d'extraction.
- **Extracteur Soxhlet** : Partie principale où se place la cartouche de matière solide (truffe broyée).
- **Cartouche en cellulose** : Contient la matière à extraire pour éviter sa dispersion dans le solvant.

- **Tube siphon** : Permet l'évacuation automatique du solvant enrichi en extrait vers le ballon.
- **Réfrigérant** (ou condenseur) : Refroidit les vapeurs de solvant pour les liquéfier et les faire retomber sur la matière.
- **Source de chaleur** : Chauffe doucement le solvant pour provoquer son évaporation.
- **Support de fixation** : Maintient l'ensemble (ballon, extracteur et réfrigérant) en place et stable.

➢ **Mode opératoire**

- L'analyse a été réalisée sur 100 g de matière sèche de truffe broyée.
- *Tuber aestivum* a été placée dans une cartouche de cellulose à l'intérieur de l'extracteur Soxhlet.
- Ajout de 250 ml de solvant organique (éthanol) dans le ballon inférieur.
- Le ballon est soumis à une source de chaleur contrôlée pour provoquer l'évaporation du solvant.
- Le solvant évaporé se condense et retombe goutte à goutte sur la truffe, permettant l'extraction des composés aromatiques.
- Permettre plusieurs cycles de remplissage et de vidange automatique par siphonage.
- Après plusieurs cycles de siphonage, l'extraction est arrêtée et le solvant est évaporé sous pression réduite pour récupérer l'huile essentielle.
- L'huile essentielle est recueillie dans un petit flacon en verre.
- La quantité d'huile obtenue est pesée pour le calcul du rendement.

➢ **Conservation**

La conservation des huiles essentielles est délicate en raison de l'instabilité relative de leurs molécules constitutives **(Bruneton, 1993)** .La température, la lumière et l'oxygène sont les principaux facteurs de dégradation.

Donc pour prévenir toute dégradation, les huiles essentielles extraites ont été stockées dans des flacons fermés hermétiquement, recouverts de papier aluminium pour les protéger de la lumière, et conservées à basse température (4°C) dans un réfrigérateur, à l'abri de l'air et de la lumière. En effet, une huile altérée perd son activité biologique **(Raho, 2019).** La durée de conservation recommandée est généralement comprise entre 2 et 5 ans.

➢ **Rendement d'huile essentielle**

Le rendement en huile essentielle est défini comme le rapport entre la masse de l'huile essentielle obtenue et la masse de la matière végétale utilisée. Ce rendement est exprimé en pourcentage (%) et calculé à l'aide de la formule suivante **(Oana et *al.*, 2012).**

RHE=(PH / PV) x100	RHE(%) : Rendement en huile essentielle (en g) PH : Poids de l'huile essentielle (g). PV: Poids de la matière végétale sèche utilisée (g).

6. Evaluation de l'activité antimicrobienne

6.1- préparation de milieu de culture

Pour l'étude de la sensibilité des souches bactériennes et fongique traitées notre HEs nous avons utilisé :

-Milieu Muller-Hinton pour l'étude de l'activité antibactérienne. Muller Hinton (MH): C'est le milieu de culture utilisé pour étudier l'activité antibactérienne parce que c'est le milieu le plus employé pour les tests de sensibilité aux agents antibactériens (Gachkar et al.,2006).

-Milieu Sabouraud pour étude de l'activité antifongique.

Le tableau 05 détaille la composition et les différentes étapes nécessaires à la préparation de nos milieux de culture

Tableau 05. La composition et les différentes étapes nécessaires à la préparation de nos milieux de culture

Milieux de culture	**MH**	**Sabouraud**
composition	15.2 g MH en poudre 400 ml d'eau distillée.	30 g en poudre Sabouraud 500ml d'eau distillée
Techniques de préparation	- On a pesé avec précision une quantité de poudre déshydratée du MH équivalente 21 g dans un ballon en y ajoutant 16 g agar-agar (remplaçant la gélatine pour préparer un milieu solide adapté à notre test antibactérien) . - on a ajouté 1L d'eau distillée. - On a Chauffé le mélange avec agitation thermique pendant 25 à 30 minutes pour assurer la dissolution totale des cristaux. Puis on le aisse refroidir environ **45-50°C** (l'agar reste liquide à cette température).	

6.2- Préparation des boites de Pétri

Pour préparer les boites de Pétri il faut :

- Ramener la gélose (MH ou Sabouraud) à une température de 42-45°C avant utilisation.
- Couler la gélose préparée dans des boites de Pétri stériles.
- Assurer une épaisseur de gélose de 4 mm, de manière uniforme pour toutes les boites.
- Bien sécher les boites de Pétri près d'un bec benzène avant leur utilisation.

6.3- Préparation des suspensions

- Racler à l'aide d'une anse de platine stérile 3 à 5 colonies bien isolées et parfaitement semblables à partir d'une culture sur milieu de repiquage.
- Décharger ces colonies une par une à l'aide d'une anse de platine stérile dans des tubes contenant 5 ml d'eau physiologique stérile.
- Homogénéiser la suspension de façon à obtenir visiblement une opacité équivalente à 0.5 Mac Farland.
- Ensemencer la suspension dans les 15 minutes qui suivent sa préparation.
- Répéter ces étapes pour toutes les bactéries et les champignons du test.

6.4- Ensemencement

L'ensemencement est réalisé par écouvillonnage, conformément à la méthode de Kirby- Pour chaque milieu de culture préparé :

- Immerger un écouvillon stérile dans la suspension microbienne (bactérie/champignon).
- Essorer délicatement l'écouvillon sur la paroi interne du tube pour éliminer l'excès de liquide.
- Ensemencer la surface du milieu de culture par étalement à l'aide de l'écouvillon imbibé.
- Répéter l'étalement trois fois, en tournant la boîte de Pétri de 60° à chaque passage.
- Faire pivoter l'écouvillon sur lui-même pendant l'étalement.
- Passer l'écouvillon sur la périphérie de la gélose pour une couverture complète.

L'objectif de l'ensemencement est d'assurer une distribution homogène des bactéries et des champignons sur toute la surface du milieu**.(Bauer 2004)** .Cette technique est représentée visuellement dans la figure 9.

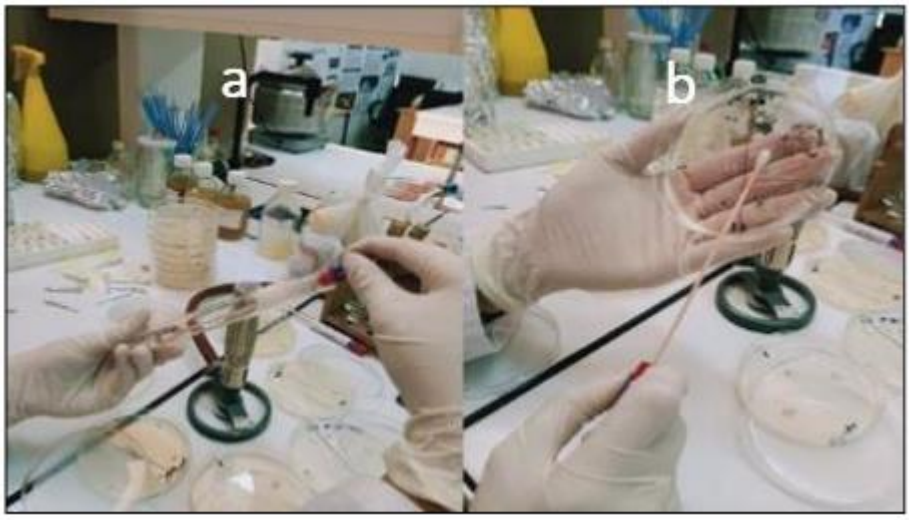


Figure 8. (a) suspension bactérienne préparer, (b) ensemencement**(photo personnelle,2025)**

6.5- Préparation des disques et l'ajoute d'HEs

- Les disques de papier Wattman de 6 millimètres de diamètre sont rendus stériles en les plaçant dans un autoclave à 120°C pendant 20 minutes
- Avec une pince, on dépose un disque sur chaque boîte de Pétri où les microbes ont été mis. Il faut s'assurer que le disque colle bien à la surface

Ensuite, on laisse les boîtes de Pétri près du bec benzène pendant quelques secondes pour que les huiles essentielles se répandent bien dans la gélose. La figure 9 illustre les différentes étapes de cette procédure.



Figure 9 . Application de HEs sur les disques. **(photo personnelle,2025)**

6.6- Incubation

L'incubation dure entre 24 et 48 heures. Pour cela, on place les boîtes dans une étuve qu'on a réglée à 30°C.

6.7- Lecture

L'efficacité des huiles essentielles contre les bactéries et les champignons est évaluée en mesurant la taille des cercles où ils ne se développent pas autour des disques. Cette mesure se fait avec une règle sur un fond sombre.

Pour chaque souche il faut :

- Mesurer avec précision en millimètre le diamètre de la zone d'inhibition.
- L'expression du résultat se fait par mesure du diamètre de la zone d'inhibition, représentée par une auréole formée autour du disque et qui est signe d'absence de toute croissance bactérienne.

Diamètre du halo d'inhibition (X)	**Degré de sensibilité des germes**	**résultat**
X ≤ 8 mm	**résistante**	**-**
8 mm < X < 14 mm	**Sensibilité limitée**	**+**
14 mm < X < 20mm	**Sensibilité moyenne**	**+ +**
X ≥ 20 mm:	**Très sensible**	**+ + +**

7. Evaluation de l'activité antioxydante

Dans cette étude, on a utilisé une méthode spéciale (DPPH) pour voir si l'huile essentielle de la lavande et de la truffe pouvaient piéger ou neutraliser des substances chimiques dangereuses appelées radicaux libres.

7.1- Test d'activité DPPH

7.1.1- Principe

Le produit chimique DPPH est un des premiers radicaux libres qu'on a utilisé pour comprendre comment la structure des composés phénoliques les rend bons pour lutter contre l'oxydation. Ce DPPH a un électron célibataire sur un atome d'azote. Quand un bon antioxydant réagit avec le DPPH, il change sa couleur bleue. Plus la couleur bleue diminue (ce qu'on peut mesurer avec un appareil à 517 nm), plus l'antioxydant est efficace. Comme illustré dans la figure 10

- (DPPH) + H-A→DPPH-H + A
- DPPH : 2.2 diphényle- 1- picryl-hydrazyl
- AH : un composé capable de céder un H au radical DPPH A : le composé oxydé après la réduction de DPPH

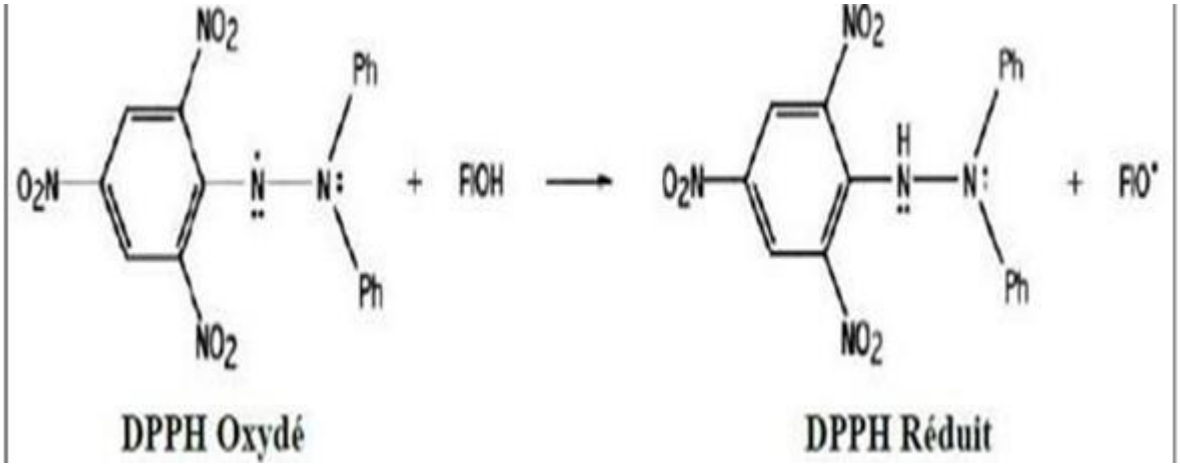


Figure 10 . Réaction de test DPPH (2.2 Diphenyl 1 picryl hydrazyl) **(Amié, 2003).**

7.1.2- Mode opératoire

Pour tester l'effet antioxydant de ces deux huiles, on a utilisé la méthode DPPH. On a préparé différentes concentrations des huiles essentielles dans de l'alcool (méthanol). Ensuite, on a mélangé une petite quantité de chaque concentration (25 µl) avec une solution de DPPH dans de l'alcool (2,5 ml). On a aussi fait un test témoin sans l'huile, en mélangeant juste de l'alcool avec la solution de DPPH. Après avoir attendu 30 minutes à température ambiante, on a mesuré la couleur de chaque mélange avec un appareil spécial (spectrophotomètre) à une longueur d'onde de 515 nm. On a comparé les résultats avec le témoin pour voir l'effet antioxydant de l'huile.

Pour comparer, on a aussi testé un antioxydant connu, l'acide ascorbique, de la même manière que nos échantillons d'huile. On a mesuré sa couleur avec la même machine. Chaque test a été fait trois fois pour être sûr des résultats. On a exprimé nos résultats en pourcentage d'inhibition, qui montre à quel point l'antioxydant est efficace.

I%= [(Abs contrôle – Abs test) / Abs contrôle] x 100

Abs contrôle : absorbance du blanc (contenant tous les réactifs excepté le composé d'essai)

Abs test : absorbance d'extrait. Les valeurs de l'IC50 ont été déterminées graphiquement par la régression linéaire.

7.1.3- Détermination de la concentration inhibitrice IC50%

L'IC50, c'est la quantité d'huile qu'il faut pour que la couleur violette du DPPH diminue de moitié, ce qui indique une activité antioxydante de 50%. En d'autres termes, c'est la concentration de l'huile nécessaire pour réduire de 50% la mesure de la couleur du DPPH sans l'huile. Pour trouver cette valeur, on fait un graphique où l'axe horizontal montre les différentes quantités d'huile testées et l'axe vertical montre le pourcentage d'effet antioxydant.

On utilise ensuite une droite pour trouver la concentration qui correspond à 50% d'effet **(selon la méthode de Mensor et *al.*, 2001).**

Résultats et discussion

V. Résultats

1. Rendement d'huiles essentielles

L'huile essentielle des deux plantes obtenue par hydrodistillation est un liquide visqueux, limpide, d'une coloration jaunâtre et odeur forte. Le rendement des extraits des deux plantes (lavande, truffe) est exprimé en pourcentage massique (g/100g) par la matière sèche (Tableau 6).

Tableau 6 . Les rendements d'huiles essentielles des plantes utilisées.

Plantes	Rendement en %		Ecart type	moyenne	R
la truffe	R1	3,2	0,361478	3,433333	3,433∓0,36 %
	R2	3,3			
	R3	2,9			
	R4	3,6			
	R5	3,8			
	R6	3,8			
la lavande	R1	3,9	0,1	3,8	3,83∓0,1 %
	R2	3,7			
	R3	3,8			

Ce tableau montre les résultats du rendement en huile de *Lavandula angustifolia* pour trois répétitions (R1 à R3) et le rendement en huile de truffe pour six répétitions (R1 à R6).

Les résultats obtenus révèlent des différences dans le rendement en huile entre la truffe et la lavande. Le rendement moyen en huile de truffe, calculé sur six répétitions, s'établit à 3,43 % avec une dispersion relativement faible autour de cette moyenne, comme l'indique l'écart type de 0,36 %. En revanche, le rendement moyen en huile de lavande, basé sur trois répétitions, est légèrement supérieur, atteignant 3,83 %, et présente une variabilité encore plus faible, avec un écart type de seulement 0,1 %.

Cette observation suggère que, dans le cadre de cette étude, *Lavandula angustifolia* tend à produire une quantité d'huile légèrement supérieure par rapport à la truffe, et que le processus d'extraction de l'huile de lavande semble être plus stable et reproductible. La plus grande variabilité observée pour le rendement en huile de *Tuber aestivum* pourrait être attribuée à des facteurs tels que l'hétérogénéité de la matière première ou des variations plus importantes dans le processus d'extraction. . **(Reverchon & De Marco, 2006 ; Kowalski et *al.*, 2007)** et **(Liu et *al.*,2018)** soulignent également que les truffes sahariennes présentent une diversité biochimique importante, ce qui pourrait influencer la constance du rendement en huile.

- En comparant les deux plantes, on observe que :

Le rendement moyen en huile de *Lavandula angustifolia* (3,83 %) est légèrement supérieur au rendement moyen en huile de truffe (3,43 %). Bien que la différence ne soit pas énorme, elle suggère que, dans les conditions de cette étude, la lavande a tendance à produire un peu plus d'huile par unité de matière première.

La variabilité des résultats est plus faible pour la *Lavandula angustifolia* (écart type de 0,1 %) que pour la truffe (écart type de 0,36 %). Cela indique que le processus d'extraction d'huile de lavande semble être plus stable et reproductible que celui de la truffe, du moins dans cet ensemble de données. Les facteurs qui pourraient influencer cette variabilité pourraient être liés à la nature de la matière première (par exemple, la maturité et la qualité des truffes peuvent être plus variables que celles de la lavande), ou aux conditions d'extraction.

Cette analyse préliminaire suggère un rendement en huile légèrement plus élevé et une plus grande homogénéité pour *Lavandula angustifolia* par rapport à la truffe dans ces conditions spécifiques **(Bradai et *al.*, 2014 ; Díaz-Maroto et *al.*, 2002).**

2. Activité antimicrobienne

Les résultats du test de l'activité antimicrobienne montrée par la détermination du diamètre de la zone d'inhibition de l'huile essentielle de la *Lavandula angustifolia* lavande et de *Tuber aestivum* sur des souches bactériennes sont présentés dans le Tableau 7 .

Tableau 7 . Détermination du diamètre de la zone d'inhibition (mm) de l'huile essentielle *Tuber aestivum* et *Lavandula angustifolia* contre certaines souches bactriennes et fongiques

Noms	CO	Li	Acli	Lavande	Truffe
A.terreus	-	-	-	-	-
ICF76	21-20-21	22-24-23	7-8-9	-	16-17-13
A.fumigatus	-	-	-	-	-
aspergillus flavus ATCC	-	-	-	-	-
cryptococus neoformans	-	-	-	-	-
Aspergillus scléro	-	11-12-11	-	-	12-13-11
A.	15-17-14	9-16-15	7-2-10	11-13-11	-
rhodotomb	-	12-14-15	10-9-10	11-13-11	-
Candida albicans	18-17-18	13-12-12	11-12-13	11-11-10	12-11-13
Candida parapsilosis	-	10-13-11	9-8-10	10-11-9	11-12-11
clavispora lusitamine	16-17-15	15-12-14	13-13-16	19-20-19	16-15-14
Membranin .faciens	-	-	-	-	-
ICF18	-	13-15-14	16-13-15	16-15-17	14-13-15
ICC_{44}	20-16-18	18-20-19	22-21-3-	10-14-21	15-14-12
Candida Kurusei	14-17-16	17-16-19	20-19-24	13-18-14	14-15-14

Noms	truffe	Lavande	CO	Acli	Li
Staph aureus SA43300	-	15-11-13	-	14-14-11	21-32-28
Bacillus subtilis B sub ATCC9372	-	8-7-8	-	15-10-16	26-30- 32
K.Pneumoinie B23	-	-	6-6-8	6-6-7	13-18-16
eschirichia coli Inc$_6$	-	3-3-4	5-6-5	-	6-4-6
Klebseille oxytoca Inc$_3$	6-8-6,5	5-5-4	-	4-5-5,5	9-8-10
89923B	-	-	-	-	6-5-5
enterobacter cloacae Inc$_1$	-	-	-	-	
staph.epidermidis	9-12-11	24	11-6-4	12-18-14	26-32-
Bacillus anthracis Inc$_5$	5-4-8,5	14-11-15	-	5-6-5	12-11-12
salmonella Inc$_4$	10-17-18	15-16-17	-	5-2-6	8-7-7
Bacillus Cereus CATCC1778	15-22-17	-	17-5-18	15-17-18	25-31-28
Staph.aureus A259223	12-9-10	5-5-5	-	5-5-5.5	17-20-2-

D’après les résultats obtenus, l'activité inhibitrice des différents extraits varie considérablement selon le type de microorganisme testé. Certains extraits se sont révélés efficaces contre des souches spécifiques, tandis que d'autres n'ont montré aucune activité. À l’inverse, certaines souches présentent une sensibilité à plusieurs extraits, tandis que d’autres semblent résistantes à la majorité.

Les extraits de *Lavandula angustifolia* ont montré une activité antimicrobienne modérée, avec des diamètres de zones d’inhibition variant entre 7 et 24 mm. Ils ont démontré une efficacité notable contre plusieurs souches fongiques, telles que *Candida albicans*, *Clavispora lusitaniae*, *Candida krusei* (ATCC), et *Aspergillus rhodotorula*, ainsi que contre des souches bactériennes comme *Bacillus subtilis* (ATCC 9372) et *Staphylococcus epidermidis*. Ces observations sont cohérentes avec les travaux antérieurs **(Burt, 2004 ; Soković et *al.*, 2009),** qui attribuent cette activité à la présence de composés tels que le linalol et l’acétate de linalyle, conférant aux huiles essentielles de lavande des propriétés fongistatiques et bactériostatiques.

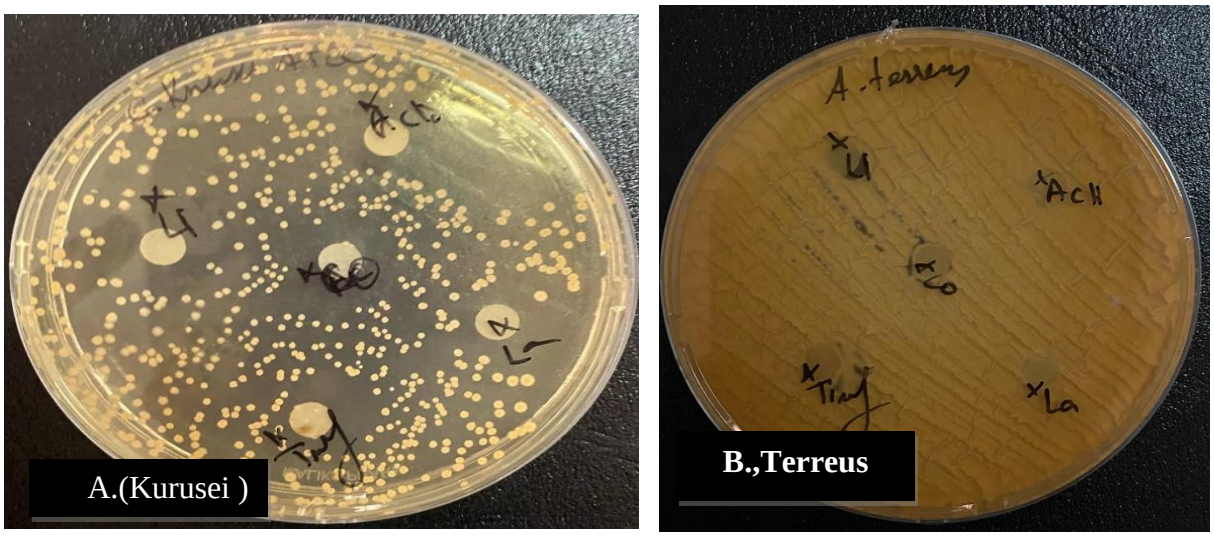
Cependant,certaines souches telles que *Aspergillus , terreus*, ICF76, et *Rhodotorula sp.* se sont révélées totalement résistantes à l’extrait de *Lavandula angustifolia*. Cette résistance pourrait refléter une tolérance intrinsèque ou une capacité à inactiver ou expulser les composés actifs, comme le soulignent **(Carson et *al.*, 2006),** qui insistent sur l’importance de la perméabilité membranaire et du profil de résistance naturelle des souches cibles.

En comparaison, l'extrait de *Tuber aestivum* a présenté une activité antimicrobienne significativement plus élevée, avec des zones d'inhibition allant jusqu'à 32 mm. Cet extrait s'est montré particulièrement actif contre des souches comme *Staphylococcus epidermidis*, *Bacillus cereus* (CATCC1778), *Candida albicans*, *Clavispora lusitaniae*, *Membranin faciens*, ICF18, ainsi que plusieurs bactéries Gram-positives, notamment *Staphylococcus aureus* (SA43300) et *Klebsiella pneumoniae* (B23).

Ces résultats corroborent les études de **(Bradai et *al.*,2014)** et**(Liu et *al.*, 2018**), qui ont mis en évidence l'activité antimicrobienne des extraits de truffes sahariennes, riches en composés phénoliques, flavonoïdes et acides organiques. Par ailleurs**, (Morte et *al.*, 2009)** ont rapporté que les métabolites secondaires produits par les truffes possèdent une activité inhibitrice marquée contre des bactéries multirésistantes.

L'efficacité observée contre des souches telles que *Candida albicans* et *Candida parapsilosis* pourrait résulter de la capacité des extraits à interférer avec la biosynthèse de la paroi fongique, comme l'ont proposé **(Dafri et Beddiar, 2017).** Enfin, le spectre d'action élargi de l'extrait de truffe peut être attribué à des effets synergiques entre plusieurs composés bioactifs, conférant à l'extrait des propriétés à la fois bactéricides et fongicides **(Kovács & Trappe, 2014).**

La figure 12 ci-dessous présente les résultats obtenus pour les souches testées.





C.albicans



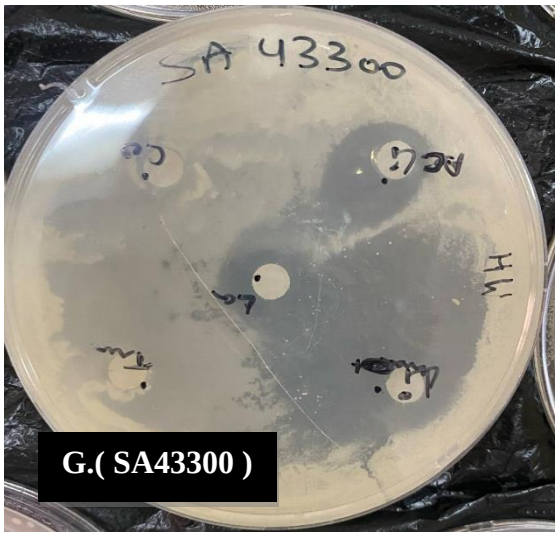
D. ATCC9372



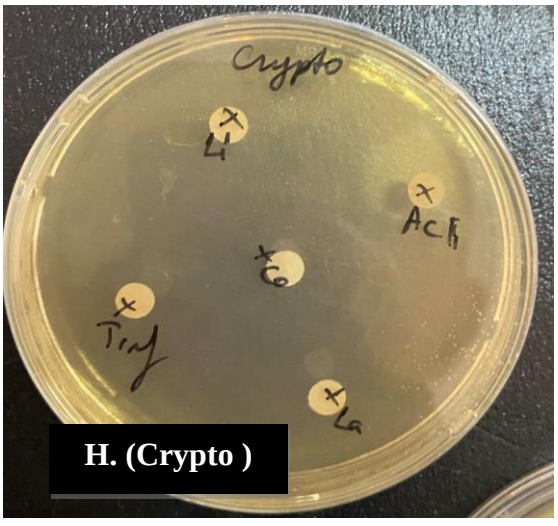
E. Sépid



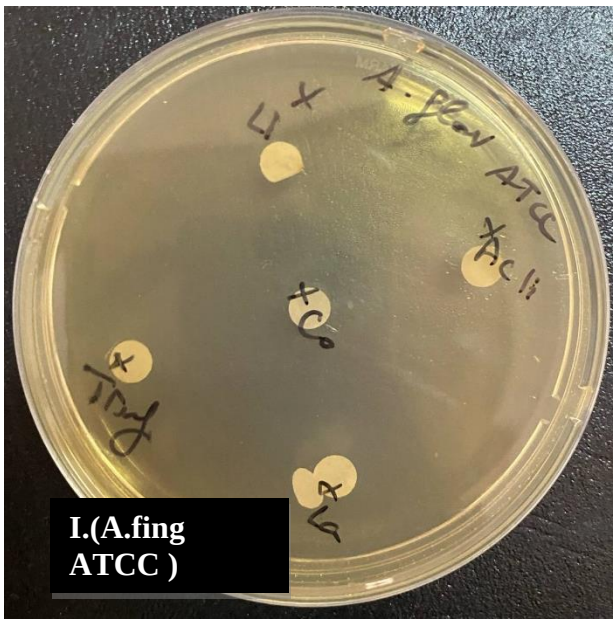
F. Calvispora



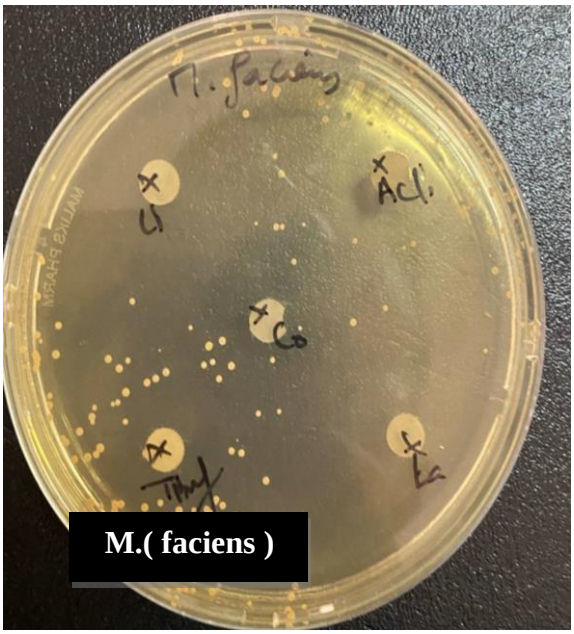
G.(SA43300)



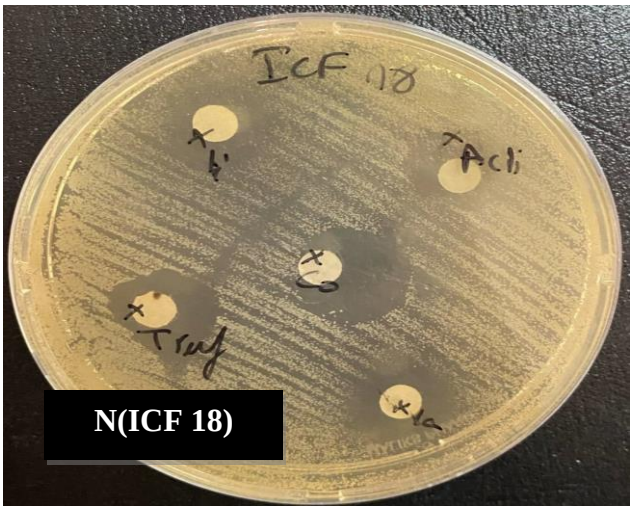
H. (Crypto)



I.(A.fing ATCC)



M.(faciens)



N(ICF 18)



O(BCATCC1 778)

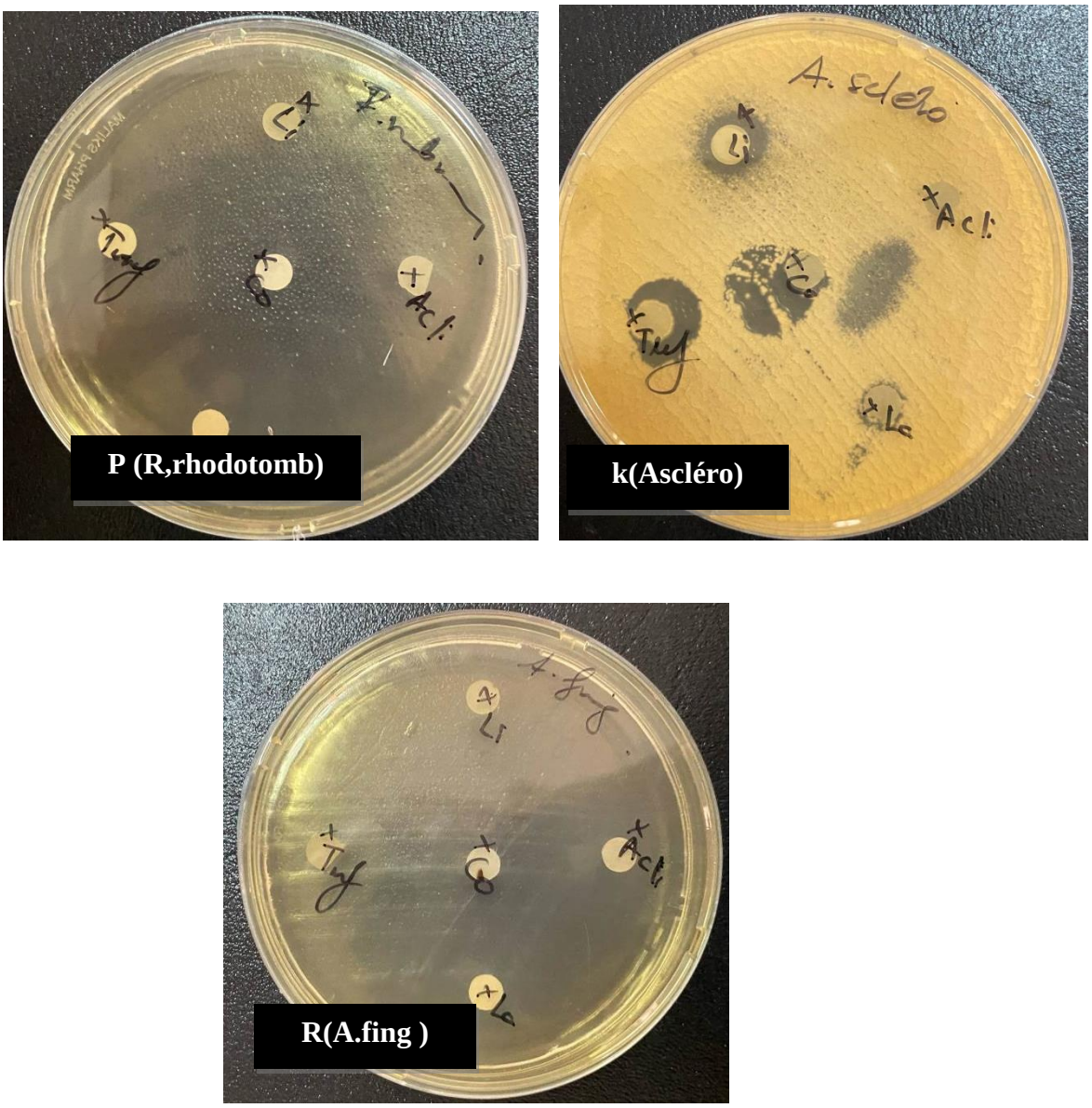


Figure 12. les diamètres d'inhibition pour chaque souche A.(Kurusei) B.,(Terreus) C.(albicans) ,D(ATCC9372), E.(Sépid) F. (Calvispora) G.(SA43300) H. (Crypto) I.(A.fing) M.(faciens),N(ICF 18) ,O(BCATCC1778) **.(photos personnelles,2025)**

3. Activité antioxidante

L'activité antioxydante des huiles essentielles de *Lavandula angustifolia* et de *Tuber aestivum* a été quantifiée par le test de piégeage du radical libre DPPH, une méthode largement utilisée pour évaluer le pouvoir antioxydant des extraits naturels **(Brand-Williams et *al.*, 1995** ; **Molyneux, 2004).** Le DPPH est un radical libre stable de couleur violette qui, en présence d'un antioxydant, se réduit en un composé jaune stable, entraînant une diminution de l'absorbance mesurée à 517 nm par spectrophotométrie **(Blois, 1958**). Le pourcentage d'inhibition a été calculé à partir de la variation d'absorbance, et les résultats

obtenus ont été comparés à l'activité de l'acide ascorbique, un antioxydant de référence dans ce domaine **(Shirwaikar et *al.*, 2004).**

3.1- Activité antioxidante de l'Acide ascorbique 200ug/ml

Tableau 8 . activité antioxidante de l'Acide ascorbique 200ug/ml

C mg/ml	A	% inhibition	IC 50	contrôle
10	0,724	5,483029	110.2084 ug/ml	0,766
20	0,69	9,921671		
25	0,666	13.05483		
40	0,624	18,53786		
50	0,596	22,19321		
80	0,478	37,59791		
100	0,42	45,16971		
150	0,231	69,84334		
200	0,09	88,25065		

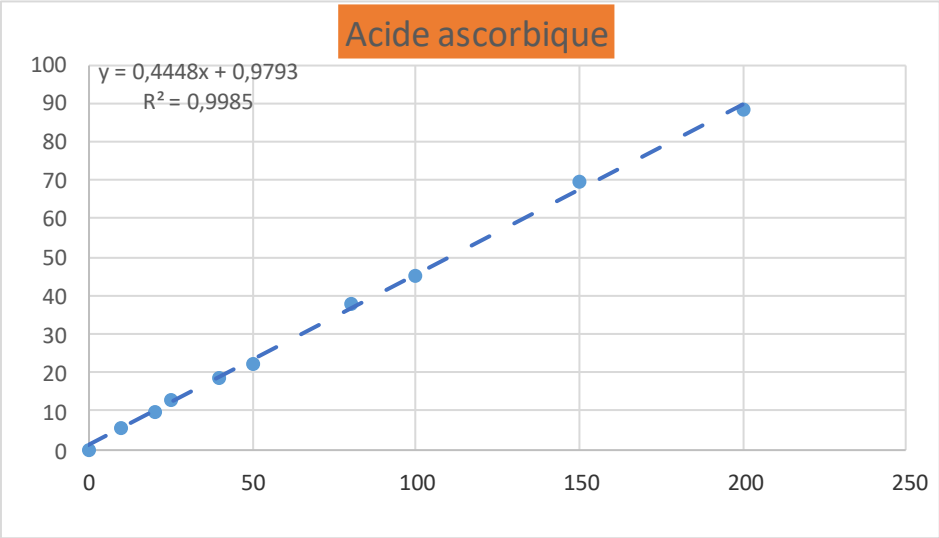


Figure 13 . Courbe d'étalonnage de l'activité antioxydante de l'acide ascorbique (pourcentage d'inhibition en fonction de la concentration)

3.2- activité antioxidante d'huile de *Tuber aestivum*

Tableau 9 . activité antioxidante d'huile de *Tuber aestivum*

C mg/ml	A	% inhibition	IC50	contrôle
2	0,636	16,97128	5.21705 mg/ml	0,766
4	0,466	41,77546		
6	0,286	62,66319		
8	0,175	77,15405		
10	0,078	88,6423		
12	0,002	99,7389		

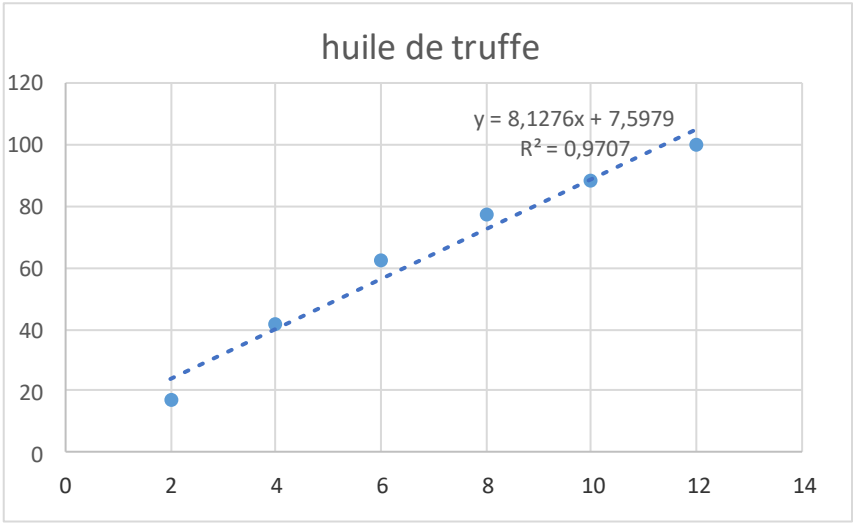


Figure 14 . Courbe d'étalonnage de l'activité antioxydante de *Tuber aestivum* (pourcentage d'inhibition en fonction de la concentration)

3.2- activité antioxidante d'huile de *Lavandula angustifolia*

Tableau 10 . activité antioxidante d'huile de *Lavandula angustifolia*

C mg/ml	A	% inhibition	IC50	contrôle
1	0,711	7,180157	4,595548 mg/ml	0,766
2	0,611	20,23499		
4	0,382	50,13055		
6	0,215	71,93211		
8	0,098	87,20627		

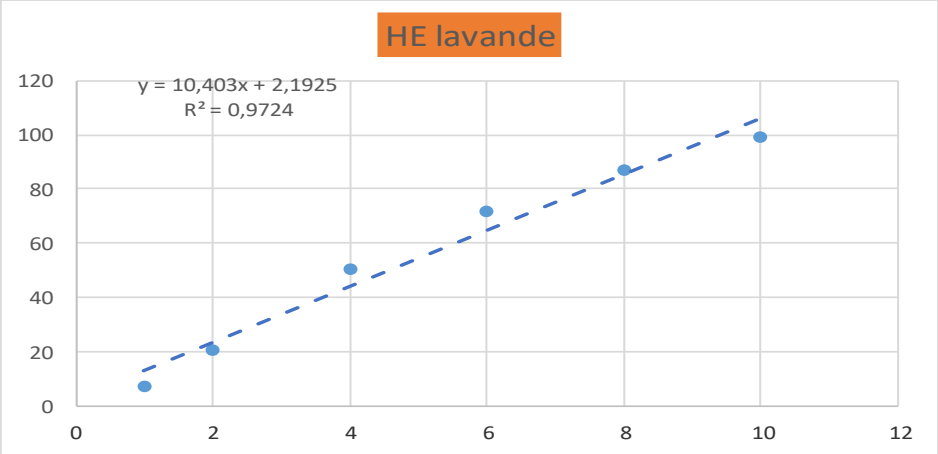


Figure 15 . Courbe d'étalonnage de l'activité antioxydante de *Lavandula angustifolia* (pourcentage d'inhibition en fonction de la concentration)

Les résultats montrent l'activité antioxydante de deux extraits d'huiles végétales comparée à un standard de référence, l'acide ascorbique évaluée par leur capacité à inhiber les radicaux libres (DPPH) **(Brand-Williams et *al.*, 1995 ; Molyneux, 2004).**

L'acide ascorbique, utilisé comme standard, montre une inhibition croissante de l'oxydation en fonction de l'augmentation de sa concentration. Son IC50 est de 110,2084 mg/ml**,** ce qui signifie que cette concentration est nécessaire pour inhiber 50 % de l'oxydation. La courbe de régression linéaire (y=0,4444x+0,9793) avec un coefficient de détermination élevé (R2=0,9885) indique une forte corrélation entre la concentration et le pourcentage d'inhibition, confirmant ainsi son pouvoir antioxydant.

L'huile de *Tuber aestivum* présente également une activité antioxydante dépendante de la concentration, avec un IC50 de 5,21705 mg/ml. Comparée à l'acide ascorbique, une concentration plus élevée d'huile de truffe est nécessaire pour atteindre le même niveau d'inhibition. La régression linéaire (y=8,1276x+7,5979) avec un R2=0,9707 confirme cette relation dose-dépendante.

L'huile de *Lavandula angustifolia* lavande démontre également une activité antioxydante, avec un IC50 de 4,595549 mg/ml**.** Son activité est légèrement supérieure à celle de l'huile de *Tuber aestivum*, car elle atteint 50 % d'inhibition à une concentration légèrement inférieure. La relation linéaire (y=10,403x+2,19,25) et le R2=0,9724 soutiennent cette observation.

Ces résultats corroborent ceux de (**Bradai et *al.*, 2014),** qui ont montré que les extraits de truffes sahariennes possèdent une activité antioxydante notable, attribuée à leur richesse en composés phénoliques et flavonoïdes. Cependant, les IC_{50} mesurés ici sont supérieurs à ceux observés pour certains extraits d'huiles essentielles pures de *Lavandula angustifolia* avande, qui dans certaines études ont rapporté des valeurs plus faibles, indiquant une meilleure activité antioxydante **(Burt, 2004 ; Bakkali et *al.*, 2008).**

L'acide ascorbique, connu pour sa forte activité antioxydante, présente une IC_{50} de 110,2084 mg/ml, indiquant qu'une faible concentration suffit pour inhiber 50 % des radicaux libres. En comparaison, l'huile de lavande affiche une IC_{50} de 4,595549 mg/ml et l'huile de truffe une IC_{50} de 5,21705 mg/ml. Ces valeurs, bien plus élevées que celle de l'acide ascorbique, montrent que les deux huiles végétales possèdent une activité antioxydante nettement plus faible, nécessitant des concentrations beaucoup plus importantes pour obtenir le même effet. Toutefois, entre les deux huiles, l'huile de *Lavandula angustifolia* démontre une meilleure efficacité que l'huile de *Tuber aestivum*. Ces différences pourraient s'expliquer par la variation qualitative et quantitative en composés antioxydants présents dans chaque extrait, notamment : Linalol, Acetaate de Linalyl et Camphre.

Bien que l'huile de lavande et l'huile de *Tuber aestivum* possèdent des propriétés antioxydantes, elles sont considérablement moins puissantes que l'acide ascorbique.

La différence d'efficacité entre les huiles de *Lavandula angustifolia* et de *Tuber aestivum* peut s'expliquer par leur composition chimique respective : *Lavandula angustifolia* contient principalement du linalol, de l'acétate de linalyle et du camphre, connus pour leurs propriétés antioxydantes modérées **(Bakkali et *al.*, 2008),** tandis que les extraits de truffe, riches en métabolites secondaires tels que les phénols, flavonoïdes et acides organiques, exercent un effet antioxydant par synergie de ces composés **(Bradai et *al.*, 2014).**

Enfin, bien que les deux huiles présentent une activité antioxydante significative, elles sont nettement moins puissantes que l'acide ascorbique, nécessitant des concentrations plus élevées pour atteindre 50 % d'inhibition des radicaux libres, ce qui est également en accord avec les observations de plusieurs études comparant les antioxydants naturels aux standards chimiques **(Shirwaikar et *al.*, 2004 ; Molyneux, 2004).**

Conclusion et perspectives

VI. Conclusion et perspectives

Cette étude a permis d'évaluer le potentiel biologique des huiles essentielles extraites de deux ressources naturelles de notre région, la *Lavandula angustifolia* et *Tuber aestivum*, en évaluant leurs activités antimicrobiennes et antioxydantes.

Donc l'objectif de ce travail de recherche était d'évaluer et de comparer les activités antimicrobienne et antioxydante de deux extraits naturels : la *Lavandula angustifolia* et la truffe. Les résultats obtenus ont permis de mettre en évidence des propriétés biologiques intéressantes pour les deux extraits, bien que des différences notables aient été observées.

Sur le plan antimicrobien, l'huile essentielle de *Lavandula angustifolia* a montré une efficacité modérée, ciblant certaines souches bactériennes, notamment tandis que d'autres y étaient peu sensibles voire résistantes. En revanche, l'extrait de *Tuber aestivum* a présenté une activité plus étendue, avec des diamètres d'inhibition supérieurs pour plusieurs souches, suggérant une composition bioactive plus diversifiée ou plus concentrée en composés antimicrobiens.

Sur le plan antioxydant, bien que l'acide ascorbique ait confirmé son statut de puissant antioxydant avec un IC50 nettement inférieur, les deux huiles ont démontré une capacité avérée à inhiber les radicaux libres, l'huile de *Lavandula angustifolia* se montrant légèrement plus efficace que l'huile de *Tuber aestivum* . Ces résultats suggèrent que ces extraits peuvent contribuer à la protection contre le stress oxydatif, bien qu'à des concentrations plus élevées que le standard de référence. Et suggèrent aussi la présence de composés antioxydants d'intérêt, comme le linalol, le camphre ou l'acétate de linalyle, bien que leur concentration ou leur pouvoir réducteur reste inférieur à celui du composé de référence.

En conclusion, cette étude confirme le potentiel des extraits de *Tuber aestivum* et de lavande comme sources naturelles de composés bioactifs. L'extrait de *Tuber aestivum*, en particulier, apparaît comme un candidat prometteur dans le développement d'agents antimicrobiens naturels. Ces résultats ouvrent la voie à des investigations complémentaires, notamment pour l'identification des molécules actives responsables de ces effets et l'évaluation de leur mécanisme d'action, en vue de futures applications en pharmacie, cosmétique ou agroalimentaire.

Cependant, pour consolider ces résultats et envisager une application à grande échelle, plusieurs perspectives de recherche doivent être envisagées :

- Identifier précisément les molécules actives responsables des effets antimicrobiens et antioxydants observés, notamment par des analyses chromatographiques et spectrométriques .
- Étudier la synergie entre différents composés présents dans ces extraits pour optimiser leur efficacité et développer des formulations plus performantes.
- Réaliser des études in vivo et des essais toxicologiques afin de confirmer la sécurité et l'efficacité de ces extraits .
- Intégrer ces huiles dans des produits naturels ou bioactifs, tels que des conservateurs alimentaires, des cosmétiques ou des médicaments à base de plantes, comme alternatives aux agents chimiques traditionnels, en réponse à une demande croissante pour des solutions durables et respectueuses de l'environnement.

Ces perspectives contribuent à positionner les huiles essentielles de *Lavandula angustifolia* et de *Tuber aestivum* comme des ressources prometteuses pour la valorisation des ressources locales et le développement de produits innovants à forte valeur ajoutée.

References Bibliographiques

- ABDUL MAJID A-M S., DAHHAM S-S., AL-RAWI S-S., IBRAHIM A-H., ABDUL MAJID A. S., 2016- Antioxidant, anticancer, apoptosis properties and chemical composition of black truffle Terfezia claveryi. Saudi Journal of Biological Sciences.
- Alsheikh, A. M. (1994). Taxonomy and mycorrhizal ecology of the desert truffles in the genus Terfezia .
- ALSHEIKH A. M., TRAPPE J. M., (1983)- Desert truffles: The genus Tirmania. Trans. Br. Mycol. Soc., vol. 8 (1): 83-90.
- Bakkali, F., Averbeck, S., Averbeck, D., & Idaomar, M. (2008). Biological effects of essential oils – A review. *Food and Chemical Toxicology*, 46(2), 446–475. https://doi.org/10.1016/j.fct.2007.09.106
- Babaee Khalajee M., Jaimand K., Mozaffari S., Mirshokraie S.A. (2017). Comparative Study on Essential Oils of Lavandula officinalis L. from Three Different Sites with Different Methods of Distillation. Journal of Medicinal plants and By-product, 6(1), 53-58.
- Benyagoub E., Nabbou N., Sirat M., Dahlis Z. (2014). Propriétés Antibactériennes et constituants phytochimiques des extraits de la Lavande de la région de Tlemcen et leur effet sur quelques espèces bactériennes responsables d'Infection Alimentaire= Antibacterial and Phytochemical Constituents of Lavender Extracts from the Region of Tlemcen and Their Effect
- Belmont M. (2013). Lavandula angustifolia M., Lavandula latifolia M., Lavandula x intermedia E.: Etudes botaniques, chimiques et thérapeutiques. Thèse de Doctorat : Pharmacie : Université Joseph Fourier- Faculté de Pharmacie de Grenoble
- Blois, M. S. (1958). Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature*, 181(4617), 1199–1200. https://doi.org/10.1038/1811199a0
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., & Berset, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT - Food Science and Technology*, 28(1), 25–30. https://doi.org/10.1016/S0023-6438(95)80008-5
- Bradai, F., Mellouli, L., & Amri, M. (2014). Antimicrobial and antioxidant activities of extracts from Saharan truffles. *Journal of Food Science and Technology*, 51(3), 456–463. https://doi.org/10.1007/s13197-011-0396-4
- Burt, S. (2004). Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods—a review. *International Journal of Food Microbiology*, 94(3), 223–253. https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2004.03.022
-

- Bessenouci-Danoun, M., Mesli, L. (2018). Inventaire de l'arthropodo faune infeodee à Lavandula dentata dans la région de ghazouet (Tlemcen). Revue Agrobiologia. P : 817-824.
- Bencivenga, M., & Urbani, G. (1996).Yields white truffles in a truffle ground cultivated for three years. Informatore-Agrario, 52: 25-26.
- Boucheneb Nacéra, et Salima S. Benhouhou., 2012 - Plant Communities in the Tamanrasset Region, Ahaggar, Algeria . Ecologia Mediterranea 38 (2): 67-80.
- Bradai, L. (2014). Inventaire et bio-écologie des Terfez dans quelques régions du Sahara septentrional (Oued M'ya, Oued Righ et Ghardaïa), Thèse de doctorat, Univ Kasdi Merbah Ouargla, Algérie, 16 p.
- Bradai, L. (2014). Inventaire et bio-écologie des Terfez dans quelques régions du Sahara septentrional (Oued M'ya, Oued Righ et Ghardaïa), Thèse de doctorat, Univ Kasdi Merbah Ouargla, Algérie, 16 p.
- Carson, C. F., Mee, B. J., & Riley, T. V. (2006). Mechanism of action of Melaleuca alternifolia (tea tree) oil on Staphylococcus aureus determined by time-kill, lysis, leakage, and salt tolerance assays and electron microscopy. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, 46(6), 1914–1920.
- Callot, G. (1999). La Truffe, la Terre, la Vie. INRA, Paris, 210 p.
- Couplan F., 2012, Lettre d'information n°12, Rencontre avec la lavande.
- Chatin, A. (1891). Contribution à l'histoire botanique de la truffe: kamé de Damas (Terfezia claveryi). Bulletin de la Société Botanique de France, 38: 332-335.
- Chevalier, G., Riousset, L., Riousset, G., & Dupre, C. (2004). Truffes et terfez communes à la France et au Maroc. Premier symposium sur les champignons hypogés du bassin méditerranéen, Rabat (Maroc), 23 p.
- Dafri , A.,et Beddair,A. (2017) . Les terfezs des dunes littorales du Nord - Est algérien : Localisation , Identification et Symbiose . thèse de doctorat . Univ Annaba , Algérie ,34 p.
- DENNOUNI N., 1996.- Mise en évidence des activités antibactériennes et Antifongiques chez deux espèces de Terfez d'Algérie (Tirmania nivea et Tirmania pinoyi). Thèse en vue d'obtention de grade Magister, université d'Tlemcen, 115p.
- Dafri, Y., & Beddiar, H. (2017). Evaluation of antifungal activities of some medicinal plants against Candida species. Journal of Mycology and Medical Mycology, 27(1), 1–7.
- Díaz-Maroto, M. C., Pérez-Coello, M. S., & Cabezudo, M. D. (2002). Influence of drying method on the essential oil of lavender (Lavandula angustifolia Mill.). Journal of Agricultural and Food Chemistry, 50(3), 630–633. https://doi.org/10.1021/jf0109859
- SARITHA K. V., PRAKASH B., KHILARE V. C., KHEDKAR G. D., MOHAN REDDY Y. et KHEDKAR C. D., 2016- Mushrooms and Truffles: Role in the Diet. Elseiver Ltd

- Dris, D., Tine, D. and Soltani, N. (2017). Lavandula dentata essential oils: chemical composition and larvicidal activity against Culiseta longiareolata and Culex pipiens (Diptera: Culicidae). Bioone.388-39.
- Dob, T., Dahmane, D., Benabdelkader, T., & Chelghoum, C. (2006). Studies on the essential oil composition and antimicrobial activity of Thymus algeriensis Boiss. Et Reut. International Journal of Aromatherapy, 16(2), 95-100.
- Elharas K., Daagare A., Mesifioui A., Ouhssine M. (2013). Activité antibactérienne de l'huile essentielle des inflorescences de Laurus Nobilis et Lavandula Angustifolia. Afrique Science: Revue Internationale des Sciences ET Technologie, 9(2), 134-141.
- Ferres, F., Barberam, F. A.T., Tomas, F. (1986). Flavonoids from Lavandula dentate. Fitoterapia, 57, 199-200.
- Esiyok, D., Otles, S., & Akcicek, E. (2004). Herbs as a food source in Turkey. Asian Pacific Journal of Cancer Prevention, 5(3), 334-339.
- FORTAS Z., 1990- Etude de trois espèces de Terfez: caractères culturaux et cytologie de mycélium isolé et associé à Helianthemum gutatum. Thèse de Doctorat d'état. Université d'Es-Sénia (Oran), 166p.
- Festy D. et Dupin C., 2012, La lavande, c'est malin : Huile essentielle, fraiche ou séchée, découvrez les incroyables vertus de cette fleur, pour la beauté, la santé, la maison,…, Ed. Leduc's.
- GUILLAMON E., GARCIA-LAFUENTE A., LOZANO M., ROSTAGNO M. A., VILLARES A. et MARTINEZ J. A., 2010.- Edible mushrooms: role in the prevention of cardiovascular diseases. Fitoterapia, vol. 81:715-723.
- Gachkar L., Yadegari D., Rezaei M.B., Taghizadeh M., Astaneh S.A. et Rasooli I., 2007, Chemical and biological characteristics of Cuminum cyminum and Rosmarinus officinalis essential oils, Food Chem., p: 898-904
- Grand P. (2009). Lavandula angustifolia Mill et son huile essentiel. Thèse de Doctorat : Pharmacie : Université de Nantes- Faculté de Pharmacie, pp, 19-20.
- Gilly Gilles,1997, Les plantes à parfum et huiles essentielles à Grasse, Edition Harmattan
- Hachemi N, Hasnaoui O, Benmehdi I, Medjati N, et Bouazza M., 2012- Contribution à l'étude de la thérophytisation des matorrals des versants sud des monts de Tlemcen (Algérie occidentale)
- Jamali, S., & Banihashemi, Z. (2012a). Fungi associated with ascocarps of desert truffles from different parts of Iran. J. Crop Prot, 1(1): 41-47.
- Khabar, L., Najim, L., Janex-Favre, M. C., & Parguey-Leduc, A. (2001). Contribution à l'étude de la flore mycologique du Maroc. Les truffes marocaines (Discomyètes). Bulletin trimestriel de la Société mycologique de France, 117(3): 213-229.

- Kovács, G. M., & Trappe, J. M. (2014). Antimicrobial activity of truffle extracts and their potential in natural product development. *Fungal Biology*, 118(2-3), 114–121. https://doi.org/10.1016/j.funbio.2013.11.003
- KAGAN-ZUR V., ROTH-BEJERANO N., SITRIT Y. et MORTE A. 2013.- Desert truffles: phylogeny, physiology, distribution and domestication. Springer Science & Business Media,Vol. 38.
- Kagan–Zur, V., & Roth-Bejerno, N. (2008). Desert Truffles. Fungi, 1(3): 32-37.
- Kovács, G. M., & Trappe, J. M. (2014). Nomenclatural History and Genealogies of Desert Truffles. In Desert Truffles Springer Berlin Heidelberg, 21-37.
- Kowalski, S., Wójtowicz, A., & Górnaś, P. (2007). Variability of extraction yield and chemical composition of plant oils. *Industrial Crops and Products*, 25(2), 220–227. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2006.08.010
- Kothe H.W., 2007, 1000 plantes aromatiques et médicinales, Terres Editions.
- Lim, T.K. (2014). Lavandula dentata. Springr Science + Business Media Dordrecht. P 186- 191
- Liu, J., Wang, X., Zhang, L., & Zhang, Y. (2018). Antimicrobial and antioxidant activities of Saharan truffle extracts. *Journal of Food Science and Technology*, 55(7), 2690–2698. https://doi.org/10.1007/s13197-018-3161-7
- Liu, L.-N., Razaq, A., Atri, N.S., Bau, T., Belbahri, L., Chenari Bouket, A., Chen, L.-P., Deng, C., Ilyas, S., Khalid, A.N., Kitaura, M.J., Kobayashi, T., Li Y., Lorenz, A.P., Ma Y.-H., Malysheva, E., Malysheva, V., Nuytinck, J., Qiao, M., Saini, M.K., Scur, M.C., Sharma, S., Shu, L.-L., Spirin, V., Tanaka, Y., Tojo, M., Uzuhashi, S., Valério-Júnior, C., Verbeken, A., Verma, B., Wu R.-H., Xu J.-P., Yu, Z.-F., Zeng, H., Zhang, B., Banerjee, A., Beddiar, A., Bordallo, J.J., Dafri, A., Dima, B., Krisai-Greilhuber, I., Lorenzini, M., Mandal, R., Morte, A., Nath, P.S., Papp, V., Pavlík, J., Rodríguez, A., Ševcˇíková, H., Urban, A., Voglmayr, H. & Zapparoli, G. (2018). Fungal Systematics and Evolution: FUSE 4. – Sydowia 70: 211-286.
- Læssøe, T., & Hansen, K. (2007). Truffle trouble: what happened to the Tuberales. Mycological research, 3: 1075-1099.
- Lawrence, B.M. (1996). Progress in essential oils. Perfumer & Flavorist, 21, 55-68.
- Mastelic, J., & Kustrak, D. (1997). Essential oil and glycosidically bound volatiles in aromaticplants. I. Lavandin (Lavandula hybrid Reverchon). Acta pharmaceutica (Zagreb), 47(2), 133-138.
- Mellouk, A. (2017). Contribution à l'étude de l'effet antioxydant de l'extrait éthanoliques et méthanoliques de deux lavandes locales (Lavandula multifida L. et Lavandula dentata L.). Université de Tlemcen. P : 8-13.
- Morte, A., Cantero, J. J., & Salazar, O. (2009). Secondary metabolites from truffles with antimicrobial activities against multi-resistant bacteria. *Phytochemistry Reviews*, 8(3), 473–479. https://doi.org/10.1007/s11101-008-9097-1

- Molyneux, P. (2004). The use of the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity. *Songklanakarin Journal of Science and Technology*, 26(2), 211–219.
- Moreno, G., Diez, J., & Manjon, J. L. (2000). Picoa lefebvrei and Tirmania nivea, two are hypogeous fungi from Spain. Mycological Research, 104 (3): 378-381.
- Menaceur F. (2015). Contribution à l'étude phytochimique et biologique de l'érigéron, du fenouil commun, de la lavande et du genévrier. Thèse de Doctorat : Sciences alimentaires : Ecole Nationale supérieur Agronomique El- Harrach- Alger.
- Nuru A, A. Al-Ghamdi A, Yilma T. Tena, Awraris G. Shenkut, Mohammad J. Ansar i, et Anwer Al-Maktar., 2015 - Floral Phenology, Nectar Secretion Dynamics, and Honey Production Potential, of Two Lavender Species (Lavandula dentata, and L. Pubescens) in Southwestern Saudi Arabia. Journal of Apicultural Science 59 (2) : 135- 44.
- Navarro-Ródenas, A., Lozano-Carrillo, M. C., Pérez-Gilabert, M., & Morte, A., (2011). Effect of water stress on in vitro mycelium cultures of two mycorrhizal desert truffles. Mycorrhiza, 21(4): 247-253.
- Philippe Jean-Marie, 1993, Le guide de l'apiculture, La Calade: Edisud.
- Palikan W., 2002, L'homme et les plantes médiciles, Tome 1, Ed. Triades.
- Quézel P. P, et S Santa., 1963 -nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Tome 2
- Ricard, J. M. (2003). La Truffe—Guide technique de trufficulture.[The truffle—technical guide of truffle cultivation] Centre Technique Interprofessionnel des Fruits et Légumes CTIFL. Paris (in French), 33, 48, 49, 50.
- Reverchon, E., & De Marco, I. (2006). Supercritical fluid extraction and fractionation of natural matter. *The Journal of Supercritical Fluids*, 38(2), 146–166. https://doi.org/10.1016/j.supflu.2006.03.011
- Small E. et Deutsch G., 2001, Herbes culinaires pour nos jardins de pays froid, Ed. CNRC.
- Sidi Boulenouar H.2017.Évaluation de l'activité antimicrobienne des extraits organique et aqueux des truffes marron du Sahara Algérienne Terfezia claveryi sur Staphylococcus aureus ,doctorat Microbiologie appliqué , Université Aboubakr Belkaïd Tlemcen , Alger.pp.9-13
- Saadatian M., Aghaei M., Sarahpour M. et Balouchi Z., 2013, Global Journal of Medicinal Plant Research, 1(2) "Chemical composition of lavender (Lavandula officialis L.) Extraction extracted by two solvent concentrations", p. 214-217
- Small E. et Deutsch G., 2001, Herbes culinaires pour nos jardins de pays froid, Ed. CNRC
- Schauenberg, P., Paris, F. (2010). Guide des plantes médicinale : Analyse, description et Utilisation de 400 plantes. Delachaux et Niestlé, 396,98-99.

- Soković, M., Glamočlija, J., Marin, P. D., Brkić, D., & van Griensven, L. J. L. D. (2009). Antibacterial effects of the essential oils of commonly consumed medicinal herbs using an in vitro model. *Molecules*, 14(5), 1620–1630. https://doi.org/10.3390/molecules14051620
- Shirwaikar, A., Rajendran, K., & Punitha, I. S. R. (2004). In vitro antioxidant studies of *Sida rhombifolia* Linn. *Indian Journal of Experimental Biology*, 42(7), 728–732.
- Skoula, M., Abidi, C., & Kokkalou, E. (1996). Essential oil variation of Lavandula stoechas L.ssp. stoechas growing wild in Crete (Greece). BiochemicalSystematic s and Ecology, 24(3), 255-260.
- Sawaya, W. N., Al-Shalhat, A., Al-Sogair, A., & Al-Mohammad, M. (1985). Chemical composition and nutritive value of truffles of Saudi Arabia. Journal of Food Science, 50(2): 450-453.
- Slama . Fortas Z. Neffati M. Khabar L. Boudabous A. (2006). Etude taxonomique de quelques Ascomycètes hypogés (Terfeziaceae) de la Tunisie méridionale. Bull Soc Mycol Fr 122(2–3): p :187–195.
- Trappe, J.M. (1979). The orders, families and genera of hypogeous ascomycotina (truffles and their relatives). Mycotaxon, 9: 297-340
- Upson T., et Harriott G., 2004 -The Genus Lavandula. Timber Press.
- Upson T., 2002 - The taxonomy of the genus Lavandula L. In Lis-balchin, M. Lavender, the genus Lavadula. London & New York: Taylor and Francis, pp 2-34.
- Vialard N., 2008, Remèdes et recettes à la lavande, Ed. Rustica.
- Wichtl M. et Anton R., 1999, Plantes thérapeutiques : tradition, pratique officinales, sciences et thérapeutique, Ed. Tec et Doc
- Watson A., (1992). Desert soils. In: Martini IP, Chesworth W(eds) Weathering soils and pale soils. Developments in earth surface processes. Elsevier. Amsterdam.

Annexes

Annexe 01: Caractéristique des milieux de culture Gélose Mueller-Hinton

- Préparation

Mettre 50g de poudre dans 1L d'eau distillé, bien mélanger sous agitation Stérilisation à l'autoclave à 121°C pendant 15min.

- Composition:

-Infusion de viande de boeuf ...300g

-Hydrolysat de caséine..... 17.5g

-Amidon 1.5g

-Gélose 17g

- pH = 7,4

Annexe 02 : Caractéristique des milieux de culture Sabouraud Dextrose Agar

Préparation

Mettre 65g de poudre déshydratée dans 1L d'eau distillée, bien mélanger sous agitation. Stérilisation à l'autoclave à 121°C pendant 15 minutes.

Composition :

Peptone mycologique 10g

Dextrose 40g

Gélose 15g

pH = 5,6