

République Algérienne Démocratique et populaire
Ministère de l'Enseignements Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Blida 1



Faculté des Sciences de La Nature et de la vie
Départements Agroalimentaire

Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du Diplôme de Master II en
Spécialité : Nutrition diététique humaine

Thème

**Etude de la qualité et la stabilité de la mayonnaise additionnée
d'extraits de *Thymus vulgaris L.* récoltée dans la région Ain-Defla**

Présentée par :

Mlle :Echchibani Assia

Mlle: Boukabous Louiza

Le 16/07/2023

Devant le Jury:

Présidente	Pr Doumanji A.	Professeur	Université de Blida 1
Examinatrice	Dr Zatra Z.	MCB	Université de Blida 1
Promotrice	Dr Benmansour N.	MCA	Université de Blida 1

Promotion :
2022/2023

Remerciements

Nous tenons tout d'abord à remercier Allah le tout puissant et miséricordieux, qui nous a donné la force et la patience d'accomplir ce modeste travail.

*Nos remerciements vont aussi à notre promotrice **Mme BENMANSOUR N**, pour avoir accepté de nous encadrer et de nous diriger, et pour nous avoir permis de bénéficier de ses conseils éclairés tout au long du développement de notre travail.*

*Nous profonds remerciements s'adressent aussi à **Mme DOUMAJJI A**, pour l'honneur qu'elle nous a fait de présider ce jury et nous sommes très honorés de sa présence dans ce jury .*

*Nous adressons aussi nos plus vifs remerciements à **Mme ZATRA Z**, d'avoir accepté d'examiner notre travail et de participer à l'évaluation de notre travail.*

*Nous remercions tout particulièrement **MR TAFABI DJAMAL** chef service de laboratoire d'hygiène Blida qui nous a acceptés et aidés pour réaliser notre travail .*

Enfin, nos remerciements les plus sincères sont adressés à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la concrétisation de ce travail notamment.



Dédicaces

Je dédie ce modeste travail

A mes parents,

Je tiens à exprimer mes sentiments de gratitude envers mes parents qui m'ont toujours aidé et supporter.

A mon frère : Younes

A mes sœurs : Yasmine et Aldjia.

A toutes les personnes que je connaisse et que je n'ai pas citées.

A tous ceux qui ont veillé à mon instruction

A tous ceux que j'aime et qui m'aiment

Louiza

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail

à mon paradis qui ont cherche et éprouve de la douleur pour profiter du confort qui na rien épargne pour me pousser sur la route du succès Merci maman

À celui qui a été toujours la source d'inspiration et de courage , Je lui serai éternellement reconnaissante. Merci PERE

A ma très chère sœur : Mariem et ses enfants Abde-raouf et Nourhane

A mes très chers frères : Abde -nour et Mahfoud

A Mon fiancé : karim qui était à mes côtés et a soutenu mes pas vers le succès

A mes deux meilleurs copines: safaa et imane qui m'ont soutenu dans les moments de doute et d'incertitude et qui ont voulu me voir réussir .

A mes chères collègues de ma promotion: zineb , chaima , ikrame , khaoula.

Enfin à tous ceux que j'aime et tous ceux qui ont une place particulière dans mon cœur.

ASSIA

Résumé

Le but de ce travail est d'examiner les effets de l'ajout d'huile essentielle (HE) de *Thymus vulgaris L.* récoltée dans la région d'Ain Defla sur la qualité organoleptique, physicochimique et microbiologique de la mayonnaise préparée à l'échelle du laboratoire de microbiologie de la faculté SNV. Nous avons effectué l'analyse physicochimique et microbiologique de l'HE, et nous avons également évalué son activité antimicrobienne en utilisant les méthodes antibiose et CMI. Ensuite, nous avons préparé la mayonnaise avec différentes quantités d'huile essentielle ou de poudre et nous l'avons stockée pendant un mois à 25 °C. Après 15 jours et 30 jours, nous avons déterminé les analyses physicochimiques, microbiologiques et sensorielles de nos échantillons.

Les normes établies par **JORA N° 39/2017** s'appliquent aux tests physicochimiques et microbiologiques des poudres et des huiles essentielles.

Les huiles essentielles de *Thymus vulgaris L.* (100 % et 50 %) récoltée dans la région d'Ain Defla ont un pouvoir bactéricide supérieur. Les bactéries inhibées sont *S. aureus* (Gram+) et les bactéries gram-positives (*E. coli*, *Salmonella*, *Pseudomonas aeruginosa*) avec des diamètres d'inhibition oscillant de 27 mm à 55 mm. De plus, elles se révèlent avoir un pouvoir fongicide plus élevé par rapport aux bactéries car elles inhibent à la fois *l'Aspergillus niger* et *la Candida albicans* avec des diamètres d'inhibition respectives $63,03 \pm 0,15$ mm et $70,03 \pm 0,15$ mm.

L'activité antimicrobienne des poudres de *Thymus vulgaris L.* est quasiment nulle vis à vis de toutes les souches microbiennes.

Les résultats des analyses sensorielles des échantillons de mayonnaise préparés avec des doses différentes d'huile essentielle ou de poudre montrent clairement que l'ajout d'HE ou de poudre de *Thymus vulgaris* a modifié les caractéristiques organoleptiques du produit fini.

Le p H des différentes mayonnaises préparées a diminuer pour atteindre 3,4 à 3,8 après 30 jours de stockage. Nos échantillons de mayonnaise ont tous une teneur en sel de 6,4 % à 7,4 %. Les valeurs d'humidité des mayonnaises préparées à différentes doses sont inférieures aux valeurs de **l'ISO 6754 : 1996**, alors que les valeurs de la mayonnaise commercialisée ne sont pas conformes à la norme ISO. Les valeurs de la matière grasse enregistrées de la mayonnaise commerciale sont plus élevées que celles de la mayonnaise préparée.

Les résultats d'analyse obtenus montrent qu'après 15 jours et 30 jours de stockage à 25°C, les échantillons de mayonnaise n'ont pas été contaminés par *l'Escherichia coli*, *les Salmonella*, *les Staphylococcus aureus*, *les Staphylococcus coagulase +*, *les germes aérobies* et *les levures*.

En raison de ses effets bénéfiques sur la santé du consommateur, en tant qu'antioxydant naturel (présence de flavonoïdes) et en tant que prolongateur de la durée de vie de l'émulsion (date limite de consommation), on suggère l'utilisation de l'HE et de poudre de *thymus vulgaris L* dans la mayonnaise.

Mots clés : *Thymus vulgaris L* , poudre ,huile essentielle , les microorganismes ATCC ,antibiose , CMI , Mayonnaise. Analyse microbiologique et physicochimiques.

Abstract

The aim of this work is to examine the effects of the addition of essential oil (EO) of *Thymus vulgaris* L. harvested in the region of Ain Defla on the organoleptic, physicochemical and microbiological quality of mayonnaise prepared with scale of the microbiology laboratory of the SNV faculty. We carried out the physicochemical and microbiological analysis of HE, and we also evaluated its antimicrobial activity using the antibiosis and CMI methods. Then we prepared the mayonnaise with different amounts of essential oil or powder and stored it for a month at 25°C. After 15 days and 30 days, we determined the physicochemical, microbiological and sensory analyzes of our samples. The standards established by JORA N° 39/2017 apply to the physicochemical and microbiological tests of powders and essential oils.

The essential oils of *Thymus vulgaris* L. (100% and 50%) harvested in the region of Ain Defla have a superior bactericidal power. The bacteria inhibited are *S. aureus* (Gram+) and gram-positive bacteria (*E. coli*, *Salmonella*, *Pseudomonas aeruginosa*) with inhibition diameters ranging from 27 mm to 55 mm. higher fungicide compared to bacteria because they inhibit both *Aspergillus niger* and *Candida albicans* with respective inhibition diameters of 63.03 ± 0.15 mm and 70.03 ± 0.15 mm.

The antimicrobial activity of *Thymus vulgaris* L. powders is almost zero against all microbial strains.

The results of the sensory analyzes of the mayonnaise samples prepared with different doses of essential oil or powder clearly show that the addition of EO or *Thymus vulgaris* powder modified the organoleptic characteristics of the finished product.

The pH of the various prepared mayonnaises decreased to reach 3.4 to 3.8 after 30 days of storage. Our mayonnaise samples all have a salt content of 6.4% to 7.4%. The moisture values of mayonnaises prepared at different doses are lower than the values of ISO 6754: 1996, while the values of marketed mayonnaise do not comply with the ISO standard. The recorded fat values of commercial mayonnaise are higher than those of prepared mayonnaise.

The analysis results obtained show that after 15 days and 30 days of storage at 25°C, the mayonnaise samples were not contaminated by *Escherichia coli*, *Salmonella*, *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus coagulase +*, aerobic germs and yeasts.

Keywords: *Thymus vulgaris* L, powder, essential oil, ATCC microorganisms, antibiosis, CMI, Mayonnaise. Microbiological and physicochemical analysis

الملخص

الهدف من هذا العمل هو فحص آثار إضافة الزيت العطري (EO) من *Thymus vulgaris* L. المحصول في منطقة عين الدفلة على الجودة الحسية والفيزيائية والكيميائية والميكروبيولوجية للمايونيز المحضر بمقياس مختبر الأحياء الدقيقة في كلية . SNV لقد أجرينا التحليل الفيزيائي والكيميائي والميكروبيولوجي لـ HE ، وقمنا أيضا بتقييم نشاطه المضاد للميكروبات باستخدام طرق المضادات الحيوية و CMI . ثم جهزنا المايونيز بكميات مختلفة من الزيت العطري أو المسحوق وقمنا بتخزينه لمدة شهر عند 25 درجة مئوية. بعد 15 يومًا و 30 يومًا ، حددنا التحليلات الفيزيائية والكيميائية والميكروبيولوجية والحسية لعيناتنا.

تنطبق المعايير التي وضعتها N JORA 39/2017 ° على الاختبارات الفيزيائية والكيميائية والميكروبيولوجية للمساحيق والزيوت الأساسية

الزيوت العطرية من (% 100 و % 50) التي يتم حصادها في منطقة عين الدفلة تتمتع بقوة مبيد للجراثيم. البكتيريا المثبطة هي (+ Gram (aureus. S) والبكتيريا موجبة الجرام (E. coli، Salmonella ، Pseudomonas aeruginosa) بأقطار تثبيط تتراوح من 27 مم إلى 55 مم. مبيد فطري أعلى مقارنة بالبكتيريا أنها تمنع كال من *Candida albicans* و *Aspergillus niger* تثبيطًا بأقطار لكل منها مم 0.15 ± 70.03 و مم 0.15 ± 63.03 .

النشاط المضاد للميكروبات لمساحيق *Thymus vulgaris* L. يكاد يكون صفرًا ضد جميع السلالات الميكروبية. تظهر نتائج التحليلات الحسية لعينات المايونيز المحضرة بجرعات مختلفة من الزيت العطري أو المسحوق بوضوح أن إضافة EO أو مسحوق *Thymus vulgaris* L أدى إلى تعديل الخصائص الحسية للمنتج النهائي

انخفض الرقم الهيدروجيني لمختلف أنواع المايونيز المحضرة ليصل إلى 4.3 إلى 8.3 بعد 30 يوما من التخزين. تحتوي عينات المايونيز لدينا على نسبة ملح تتراوح من 4.6 % إلى 4.7 % . قيم الرطوبة في المايونيز المحضرة بجرعات مختلفة أقل من قيم 1996: ISO 6754 ، بينما قيم المايونيز المسوقة لا تتوافق مع معيار ISO . قيم المادة الدهنية المسجلة للمايونيز التجاري أعلى من تلك الموجودة في المايونيز المحضر .

أظهرت نتائج التحليل أنه بعد 15 يوما و 30 يومًا من التخزين عند 25 درجة مئوية ، لم تتلوث عينات بالشريكية القولونية ، السالمونيلا ، المكورات العنقودية الذهبية ، المكورات العنقودية الذهبية + ، الجراثيم الهوائية والخمائر. نظرًا لآثاره المفيدة على صحة المستهلك ، كمضاد طبيعي لألكسدة (وجود مركبات الفالفونويد) وكطويل عمر للمستحلب (تاريخ الاستخدام) ، استخدام مسحوق HE و *Thymus vulgaris* L في المايونيز .

الكلمات المفتاحية : *Thymus vulgaris* L ، مسحوق ، زيت عطري ، الكائنات الدقيقة ATCC ، مضادات حيوية ، CMI ، مايونيز. التحليل الميكروبيولوجي والفيزيائي الكيميائي

Sommaire

Introduction	1
Partie Bibliographique :	
I. <i>Thymus vulgaris</i> L.	
I.1.Famille des <i>Lamiaceae</i>	4
I.1.1. Position systématique et caractères botaniques de la famille	4
I.1.2. Intérêt nutritionnel, économique et pharmacologique de la famille des <i>Lamiaceae</i>	5
I.2.Genre <i>Thymus</i>	8
I.2.1. Répartition du genre <i>Thymus</i> en Algérie	8
I.3. Espèce <i>Thymus vulgaris</i> L.	9
I.4. Etude nutritionnelle	11
I.4.1. Composition nutritionnelle	11
I.4.2. Bienfaits du thym	14
I.4.3. Précautions d'utilisation du thym	15
I.5.Travaux antérieurs sur <i>Thymus vulgaris</i> L.	16
II. La mayonnaise	
II.1. Historique	22
II.2. Définition	22
II.3.Emulsion	22
II.3.1. Définition	22
II.3.2. Classification	23
II.3.3. Caractérisation des émulsions	24
II.3.4. Rôle des émulsifiants	25
II.3.5. Application	25
II.4. Ingrédients de la mayonnaise	26
II.5. Production de la mayonnaise traditionnelle (domestique au ménage)	27
II. 6. Valeur nutritionnelle de la mayonnaise	27
II.7. Conservation	28
II.8. Qualité microbiologique de la mayonnaise	28
Partie Pratique	
Matériel et Méthode	
1. Objectif de l'étude	30
2. Lieu de stage	30
3. Matériel	30
3.1. Matériel non biologique	30
3.2. Matériel biologique	30
4. Méthodes utilisées	32
4.1 : Préparation des échantillons de <i>Thymus vulgaris</i> L.	33
4.2 : Caractéristiques organoleptiques des huiles essentielles	35

4.3. Analyses physicochimique des échantillons de la poudre de <i>Thymus vulgaris L.</i>	35
4.4. Analyses microbiologiques des échantillons de <i>Thymus vulgaris L.</i> (La poudre et huile essentielle)	39
4.5. Evaluation de l'activité antimicrobienne de l'huile essentielle et de poudre de <i>Thymus vulgaris L</i> en milieu solide	43
4.6. Préparation des échantillons de la mayonnaise	47
4.7. Analyse statistique	54

Résultats et Discussion

1. Calcul du rendement des huiles essentielles	56
2. Caractéristiques organoleptiques des huiles essentielles	56
3. Analyses physicochimique des échantillons de la poudre de <i>Thymus vulgaris L.</i>	56
3.1. Humidité	56
3.2. Teneur en cendres	57
4. Analyses microbiologiques	57
5. Evaluation de l'activité antimicrobienne	67
6. Analyses sensorielles, physicochimique et microbiologiques de la mayonnaise	78
6.1 : Analyses sensorielles de la mayonnaise	78
6.2 : Analyses physico-chimiques de la mayonnaise	81
7. Analyses microbiologiques de la mayonnaise	81

Conclusion	83
-------------------	-----------

Références bibliographiques

Annexes

Liste des tableaux	
Tableau	Page
Partie Bibliographique	
Tableau 1: Position systématique de la famille Lamiaceae	4
Tableau 2 : Les utilisations des plantes de la famille <i>Lamiaceae</i>	6
Tableau 3 : Propriétés médicinales de certaines espèces de la famille <i>Lamiaceae</i>	7
Tableau 4 : Localisations des espèces du genre <i>Thymus</i> en Algérie	9
Tableau 5 : Position systématique de l'espèce <i>Thymus vulgaris</i> L.(.)	10
Tableau 6: Les différents chémotypes du <i>Thymus vulgaris</i> L.	11
Tableau 7 : Profil nutritionnel du thym frais	12
Tableau 8 : Valeurs nutritionnelles du thym	13
Tableau 9: Composition en polyphénols du thym	13
Tableau 10 : Les précautions d'utilisation du thym	15
Tableau 11 : Différents type d'émulsion simple	23
Tableau 12 : Différents fraction volumique en fonction de type d'émulsion	25
Tableau 13: Valeur nutritionnelle de la mayonnaise	28
Tableau 14 : Critères microbiologiques de la mayonnaise régis par l'Arrêté interministériel du 2 Moharram 1438 correspondant au 4 Octobre 2016 fixant les critères microbiologiques des denrées alimentaires	29
Partie Pratique	
Tableau 1: Localisation et texture du sol de la station d'étude	31
Tableau 2 : 06 souches de référence	32
Tableau 3 : Les méthodes utilisées	32
Tableau 4 : Critères microbiologiques des herbes séchées régis par Arrêté interministériel du 2 Moharram 1438 correspondant au 4 octobre 2016 fixant les critères microbiologiques des denrées alimentaires.	40
Tableau 5 : Analyses microbiologiques effectuées sur la poudre et l'HE	41
Tableau 6: Estimation de la sensibilité des souches	46
Tableau 7 : Les échantillons préparés	48
Tableau 8: Caractéristiques organoleptique de l'huile essentielle de <i>Thymus vulgaris</i> L récoltées à Ain Defla	57
Tableau 9 : Résultats de l'analyse physico-chimiques de la poudre du <i>Thymus vulgaris</i> L.	58
Tableau 10 : Résultats microbiologiques de la poudre <i>Thymus vulgaris</i> L.	59

Tableau 11 : Résultats microbiologiques de l'huile essentielle de <i>Thymus vulgaris L.</i>	62
Tableau 12 : Transcription des valeurs des diamètres d'inhibition	64
Tableau 13 : photos originaux de l'activité antimicrobienne de l'HE et la poudre de <i>Thymus vulgaris L.</i> recolté dans la région Ain Defla	65
Tableau 14 : Résultats de l'étude quantitative : détermination des Concentrations minimales Inhibitrices (CMI) des huiles essentielles du <i>Thymus vulgaris L</i>	71
Tableau 15 : Photos des souches bactériennes testées vis-à-vis différentes concentrations d'HE du <i>Thymus vulgaris L.</i>	72
Tableau 16 : Photos des souches fongiques testées vis-à-vis différentes concentrations d'HE du <i>Thymus vulgaris L.</i>	73
Tableau 17 : Les échantillons de mayonnaise analysés	74
Tableau 18 : Résultats de l'analyse sensorielle des échantillons de mayonnaise	75
Tableau 19 : Les résultats des analyses physico-chimiques des différents échantillons de mayonnaise (après 15 jours).	77
Tableau 20 : Les résultats des analyses physico-chimiques des différents échantillons de mayonnaise (après 30 jours)	77
Tableau 21 : Résultats des analyses microbiologiques de la mayonnaise	82

Liste des figures	
Figure	Page
Figure 1: Caractères botaniques des <i>Lamiaceae</i>	5
Figure 2 : Le <i>Thymus vulgaris L.</i>	10
Figure 3 : Aspect botanique du <i>Thymus vulgaris L.</i>	10
Figure 4 : émulsion huile dans eau	23
Figure 5 : émulsion eau dans huile	24
Figure 6: Préparation traditionnelle de la mayonnaise	27
Figure 1 : La plante de <i>Thymus vulgaris L.</i> récoltée dans la région d'Ain Defla	31
Figure 2 : Localisation géographique des échantillons prélevés dans la région Boumedfaa (Wilaya Ain Defla)	31
Figure 3 : Préparation de la poudre de <i>Thymus vulgaris L.</i>	33
Figure 4 : Etapes d'extraction de l'huile essentielle.	34
Figure 5 : Préparation de la mayonnaise avec la poudre de <i>Thymus vulgaris L</i>	49
Figure 6 : huile essentielle du thymus vulgaris L.de région d'Ain-Defla	57
Figure 7: Recherche des levures et des moisissures dans l'HE	61
Figure 8: Résultats microbiologiques des Anaérobies sulfito-réducteurs	61
Figure 9: Recherches .des germes aérobies mésophiles totaux dans l'HE	63
Figure 10: Résultats microbiologiques des Salmonella	63
Figure 11 : Diamètres des zones d'inhibition de la croissance des micro-organismes par l'HE (100%) et la poudre(100%), le DMSO et les antibiotiques de référence	68
Figure 12 : Diamètres des zones d'inhibition de la croissance des micro-organismes par l'HE (50%) et la poudre(50%), le DMSO et les antibiotiques de référence	68
Figure 13: Profil sensoriel des échantillons de mayonnaise	76
Figure 14 : les valeur du pH des différents échantillons de mayonnaise	78
Figure 15: les valeur de la teneur en sel des échantillons de mayonnaise	79
Figure 16: les valeur de l' humidité des échantillons de mayonnaise	80
Figure 17: les valeur de la teneur en matière grasse des échantillons de mayonnaise	81

Introduction

Introduction

Les émulsions sont un système dispersé métastable constitué au moins de deux liquides non miscibles et d'un agent amphiphile. Les émulsions alimentaires comme le lait, l'émulsion naturelle huile dans l'eau, ont toujours été un élément important et nutritif pour l'alimentation humaine. Suite à des recherches, les émulsions alimentaires synthétiques ont commencé à apparaître comme les pâtes à gâteaux, les crèmes glacées, la margarine et les produits à base de viandes tels que les saucisses et les saucisses de Francfort et les mayonnaises dont la production et la consommation sont importantes (**Chikhi, 2019**).

La mayonnaise est une émulsion à base de jaune d'œuf, de l'huile végétale et du vinaigre comme ingrédients inévitables (**Hou-Pin, 2010**). Elle est utilisée comme sauce alimentaire alternative ou vinaigrette.

Toutefois, La mayonnaise est sensible à la détérioration oxydative causée par la quantité d'huile (70 à 80% de matières grasses) et de fer disponible dans le jaune d'œuf (**Altunkaya *et al.*, 2013**), ce qui laisse la plupart des consommateurs préjuger que cette teneur élevée en matières grasses peut provoquer certaines maladies dégénératives telles que les maladies cardiaques, le cholestérol et l'artériosclérose (**Safitri *et al.*, 2019**).

Les épices et les aromatiques peuvent se définir de façon générale comme des produits d'origine végétale utilisés dans notre alimentation pour assaisonner les plats ; ils apportent une saveur originale aux préparations culinaires, dans lesquelles sont incorporés, ils sont pour une bonne part responsables des plaisirs de la table (**Krackov *et al.*, 1997**).

Divers composants des huiles essentielles sont acceptés par la Commission européenne pour utilisation comme arômes dans les produits alimentaires (par exemple linalool, thymol, eugénol, carvone, cinnamaldéhyde, vanilline, carvacrol, citral et limonène) et font partie de la liste des ingrédients GRAS (**Generally Recognized As Safe**) de l'administration américaine des denrées alimentaires et des médicaments (Food and Drug Administration) (**Hyldgaard *et al.*, 2012**). L'effet conservateur de ces huiles ou de leurs composants a été testé sur divers produits alimentaires à savoir, les produits à base de viande, les poissons, les produits laitiers, légumes et fruits, les jus et sauces, etc. En général, il a été trouvé qu'une concentration plus grande en huile essentielle est nécessaire pour atteindre l'effet équivalent *in vitro* dans les aliments (**Tiwari *et al.*, 2009 ; Hyldgaard *et al.*, 2012**). En

Introduction

effet, la multi-composition et la structure physique d'un aliment peut limiter l'effet antibactérien des huiles essentielles (**Rasooli, 2007**). Les propriétés intrinsèques des aliments (protéines, graisses, amidon, teneur en eau, pH, sel et autres additives) mais aussi les déterminants extrinsèques (température, air, gaz, type d'emballage) peuvent influencer la sensibilité bactériale dans les aliments (**Tassou et al., 1995; Rasooli, 2007**). Les huiles essentielles et leurs constituants possèdent un arôme intense même à de faibles concentrations ce qui peut influencer les propriétés organoleptiques des aliments dépassant le seuil acceptable par les consommateurs limitant ainsi leur utilisation (**Tiwari et al., 2009 ; Lv et al., 2011**). De ce fait, la sélection d'une huile adéquate devrait être basée non seulement sur son efficacité mais aussi sur sa compatibilité sensorielle et chimique avec l'aliment.

L'objectif de cette étude est de tester la fabrication de la mayonnaise à partir d'huile essentielle ou de la poudre de *Thymus vulgaris L* (appartenant la famille des Lamiacées) : plante médicinale et aromatique bien connue pour ses propriétés thérapeutiques.

Les huiles essentielles et les extraits de *Thymus* ont différentes propriétés : antioxydantes, antibactériennes, antivirales, antifongiques, antiparasitaires, anti-inflammatoires, expectorantes, carminatives, digestives, antispasmodiques... . (**Ekoh et al., 2014**). Depuis lors, et particulièrement au cours des 20 dernières années, de nombreux composés isolés des huiles essentielles de thymus ont démontré leur capacité antimicrobienne. Ces produits sont intéressants. Aucune résistance ou adaptation bactérienne n'a été décrite, et les huiles essentielles et les extraits entiers ont eu des effets secondaires faibles ou insignifiants. (**Martins, 2020**).

L'objectif vise à déterminer la possibilité d'utiliser l'huile essentielle de Thym principalement comme conservateur et aromatisant, en examinant son impact sur la stabilité des paramètres physicochimiques et organoleptiques de la mayonnaise préparée laboratoire de Microbiologie de la faculté SNV.

Ainsi, notre étude est structurée en 2 parties :

- La partie bibliographique présente quelques généralités sur le *Thymus vulgaris L*. et sur la mayonnaise.
- La partie pratique présente le matériel et les méthodes utilisés ainsi que les résultats des analyses physicochimiques et microbiologiques des extraits du *Thymus vulgaris L.*, l'évaluation de l'activité antimicrobienne de l' HE, l'analyse

Introduction

physicochimique, microbiologique et organoleptique de la mayonnaise préparée et conservée à 25 °C pendant 15 à 30 jours.

Partie Bibliographique

I. *Thymus vulgaris L.***I.1. Famille des *Lamiaceae* :**

Les Lamiaceae est une famille de plantes à fleurs, elle inclut 236 genres et a été déclarées contenir 6 900 à 7 200 espèces, mais le répertoire mondial liste 7 534. (**Lamiaceae Martinov in Döring, 2022**)

De nombreuses plantes de cette famille sont aromatiques dans toutes les parties et comprennent des herbes culinaires largement utilisées comme le basilic, la menthe, le romarin, la sauge, la sarriette, la marjolaine, l'origan, le thym, la lavande, ainsi que d'autres herbes médicinales telles que l'herbe à chat, la salvia, la mélisse et l'agripaume oriental. De nombreux membres de la famille sont largement cultivés, non seulement pour leurs qualités aromatiques, mais aussi pour leur facilité de culture, puisqu'ils se multiplient facilement par bouturage de tige. (**Lamiaceae in Döring, 2022**)

I.1.1. Position systématique et caractères botaniques de la famille :**a. Position systématique :**

Ce classement se réfère à la classification botanique de (**Morales, 2002**) synthétisée dans le **tableau 1 (Yakhlef, 2010)**

Tableau 1: Position systématique de la famille *Lamiaceae* (Yakhlef, 2010)

Règne	Plantae
Sous règne	Plantes vasculaires
Embranchement	Spermaphytes
Sous embranchement	Angiospermes
Classe	Dicotylédones
Sous classe	Dialypétales
Ordre	Labiales
Famille	Lamiacées

b. Caractères botaniques :

Ce sont le plus souvent des plantes herbacées, des arbustes et rarement des arbres ou des lianes. Cette famille exceptionnellement homogène est caractérisée par des :

Plantes aromatiques, poilues, glanduleuses, une racine pivotante ramifiée, une tige quadrangulaire, des feuilles ordinairement simples, opposées décussées (disposées en paire se croisant d'un nœud à l'autre), des fleurs de toutes les couleurs en cymes, fleur cyclique,

bisexué, calice régulier, généralement persistant. Le fruit est tétrakène formé par quatre nucules, parfois drupe. (Spichiger et al.,2004) (Figure 1)

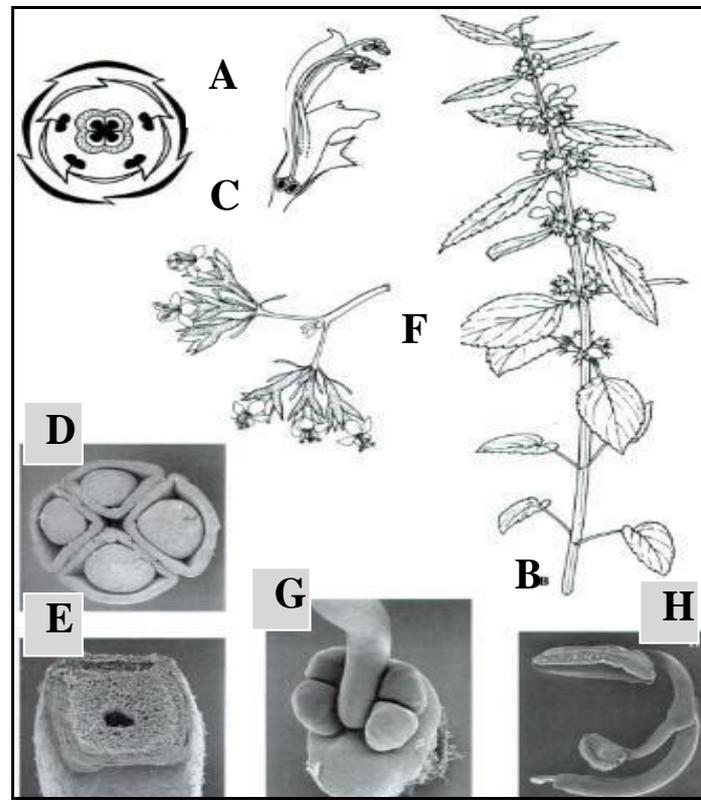


Figure i1: Caractères botaniques des *Lamiaceae*. (Spichiger et al.,2004)

A diagramme floral du genre *Lamium*.- *Lamium galeobdolon* : B habitus ; C fleur en coupe ; D tétrakène en coupe avec une graine par loge ; E coupe transversale de la tige quadrangulaire-*Vitex triflora* : F inflorescence. - *Salvia pratensis* : G style gynobasique entre les 4 nucules -*Salvia officinalis* : H détail d'une étamine, avec une anthère modifiée en balancier.

I.1.2.Intérêt nutritionnel, économique et pharmacologique de la famille des *Lamiaceae* :

a. Intérêt nutritionnel de la famille des *Lamiaceae* :

Une étude sur la composition nutritionnelle de certaines espèces de lamiacées (Quílez et al., 2020) : *Satureja hortensis L.* (sarriette d'été), *Satureja montana L.* (sarriette d'hiver), *Ocimum basilicum L.* (basilic), *Origanum vulgare L.* (origan), *Rosmarinus officinalis L.* (romarin), *Salvia lavandulifolia L.* (saugue espagnole) , *Lavandula latifolia Medicus.* (lavande aspic), *Lavandula angustifolia subsp. officinalis* (lavande), *Thymbra capitata L. Cav.* (origan espagnol), *Thymus hyemalis L.* (thym d'hiver), *Thymus zygis subsp. gracilis* (thym rouge) et *Thymus vulgaris L.* (thym commun) a montré que les graines de sarriette et de thym d'hiver

pourraient être postulées comme de nouvelles alternatives dans la production de lipides végétaux. De plus, les graines de sarriette d'hiver et d'été, de lavande, de lavande aspic et d'origan sont des sources importantes d'AGPI ω -3, tout comme les huiles de graines de sauge et de romarin pour les AGPI ω -6. Les huiles aux capacités antioxydantes les plus élevées correspondaient à l'origan espagnol et à l'origan, dans lesquels le carvacrol était le principal monoterpène phénolique quantifié (Quílez et al., 2020). L'huile des graines de Chia est riche en acides gras polyinsaturés (acide linoléique et linoléique), et pauvre en acides gras saturés. L'Agence européenne de sécurité des aliments (EFSA), en 2009, a approuvé la commercialisation de cette graine de *Lamiaceae* en tant qu'ingrédient alimentaire. Par la suite, en 2014, la commercialisation de l'huile de chia a été autorisée (Commission Implementing Regulation EU ,2014). L'huile de graine de coriandre (*Coriandrum sativum*), avec une richesse en acides gras monoinsaturés (MUFA) de 68 à 90 % qui est principalement attribuable à sa teneur en acide pétrosélinique (60 à 75 %) (18:1 n-6) (EFSA ,2013). La présence de dérivés de cinnamoyl-apigénine et de dérivés d'hydroxycoumarine-apigénine dans la lavande aspic est décrite pour la première fois. Ces dérivés confèrent une capacité antioxydante élevée à cette espèce d'huile de graines. Les résultats confirment le potentiel de ces graines inexploitées comme nouvelle source de composants bioactifs à intérêt nutritionnel (Quílez et al., 2020).

b. Intérêt économique de la famille *Lamiaceae* :

Les utilisations des plantes de cette famille sont nombreuses ce qui leur donne une valeur économique importante (Tableau 2).

Tableau 2 : Utilisations des plantes de la famille *Lamiaceae*

Domaines d'utilisation	Utilisations	Exemples d'espèces	Références
Horticulture	plantes ornementales	Sauge (<i>Salvia officinalis</i>)	(Zhao,F et al., 2021)
Filière bois	Sources de bois	<i>Tectona grandis L.f</i>	
Cuisine	Herbes culinaires	Basil , oregano , thym	
Phytothérapie	Herbes médicinales	Korean mint, peppermint	
Industrie cosmétique	Composants des produits cosmétiques : agent photo-protecteur, anti-acné...	Des extraits d'espèces de <i>Rosmarinus</i>	(Lee et al., 2011) (Sánchez-Campillo et al., 2009; Lee et al., 2011)

Partie Bibliographique

Thymus vulgaris L.

Industrie des pesticides	Composants des bio-pesticides: Efficacité antifongique.	<i>Thymus, Satureja, Origanum, Micromeria, Mentha, Monarda, Ocimum, Rosmarinus officinalis</i>	(Navarrete et al., 2011) , (Zabka et al., 2014), (Kohiyama et al., 2015)
Industrie alimentaire	Antioxydants et additifs	le thym, le romarin, l'origan ,la marjolaine	(Trivellini et al., 2016)

c. Intérêt pharmacologique de la famille *Lamiaceae* :

Les huiles essentielles de plusieurs espèces, et leurs constituants ont des activités biologiques à intérêt pharmacologique : activités antimicrobiennes, anti-tumorales, antiallergique...etc (Tableau 3).

Tableau 3 : Propriétés médicinales de certaines espèces de la famille *Lamiaceae* (Spichiger et al., 2004)

Espèce	Nom commun	Partie utilisée	Propriétés médicinales
<i>Glechoma hederacea</i>	lierre terrestre	toute la plante	anti-inflammatoire, bronchique
<i>Hyssopus officinalis</i>	hysope	fleur (huile essentielle)	stimulant, expectorant
<i>Lavandula officinalis</i> <i>L. angustifolia</i>	lavande	fleur (huile essentielle)	soporifique, diurétique, antispasmodique, antiseptique, cholérétique, insecticide
<i>Marrubium vulgare</i>	marrube blanc	toute la plante	fébrifuge, antipaludique, tonique, diurétique, expectorant, cholérétique
<i>Melissa officinalis</i>	mélisse	feuille (huile essentielle)	cicatrisant, carminatif, digestif, antispasmodique, cholérétique
<i>Rosmarinus officinalis</i>	Romarin	feuille et fleur (huile essentielle)	cardiotonique, pulmonaire, anti-goutte, diurétique, antiseptique
<i>Thymus vulgaris</i>	thym	Huile essentielle	Vermifuge, stimulant, diurétique, antispasmodique, antiseptique

La capacité des huiles essentielles à se diffuser et à s'accumuler dans les membranes cellulaires provoquant leur déstabilisation est due à leur structure moléculaire et position des groupes fonctionnels (Dorman et Deans, 2000; Lambert et al., 2001). Ce qui leur confère des activités antimicrobiennes.

Différents mécanismes d'activité antibactérienne des huiles essentielles ont été proposés. Les huiles essentielles déstabilisent principalement l'architecture cellulaire, entraînant la dégradation de l'intégrité de la membrane et une perméabilité accrue, ce qui perturbe de nombreuses activités cellulaires et entraîne une fuite de composants cellulaires et une perte d'ions (**Martins, 2020**).

Les huiles essentielles comme le carvacrol et le thymol de l'origan et du thym sont les meilleurs inhibiteurs puissants des champignons pathogènes, en dérégulant la synthèse de l'ATP et de l'ergostérol (**Zabka et al., 2014**).

Des effets anti-VIH-1 ont été attribués à l'acide rosmarinique présent chez plusieurs espèces de la famille des *Lamiaceae* (**Swarup et al., 2007; Osakabe et al., 2004**)

Généralement, les phénols protègent les cellules en montrant un impact sur l'étape initiale du développement du cancer. La modulation des protéines kinases activées par les mitogènes (MAPK) et PI3 Kinase, impliquées dans la prolifération des cellules cancéreuses, est une stratégie anticancéreuse déclenchée par les polyphénols (**Ramos, 2008**). Les composés phénoliques, y compris les acides caféique et rosmarinique, peuvent présenter des propriétés anticancéreuses affectant la régulation épigénétique de l'expression des gènes (**Link et al., 2010**).

L'acide rosmarinique contribue au traitement des allergies et de l'asthme (**Stansbury 2014**).

I.2. Genre *Thymus* :

Le thym pousse bien dans un climat tempéré à chaud, sec, ensoleillé, et partout où les plantes ne semblent pas ombragées. Les espèces de thym préfèrent les sols grossiers et rugueux qui peuvent ne pas convenir à plusieurs plantes alternatives (**Hosseinzadeh et al., 2015**). Ce sont des plantes rampantes ou en coussinet, portant de petites fleurs rose pâle ou blanches. Ces plantes sont riches en huiles essentielles et à ce titre font partie des plantes aromatiques (**Zeghib, 2013**). Le *Thymus* est utilisé dans le domaine thérapeutique, ceci est dû à ses propriétés pharmacologiques et aromatiques, antispasmodique, antiseptique, expectorant. C'est l'une des espèces les plus utilisées dans la médecine populaire, pour stimuler l'action dans toutes les fonctions de l'organisme et aussi pour l'activité antimicrobienne de l'huile essentielle. (**Touhami, 2017**). Les espèces de *Thymus* sont différentes en termes de contenu et de type de composants. Généralement, ils contiennent du thymol, du carvacrol, des flavonoïdes et des composés phénoliques tels que l'acide rosmarinique (**Hosseinzadeh et al., 2015**).

I.2.1. Répartition du genre *Thymus* en Algérie :

En Algérie, il existe plusieurs espèces du *Thymus*. Elles sont réparties dans plusieurs régions. (Tableau 4)

Tableau 4 : Localisations des espèces du genre *Thymus* en Algérie (Heni, 2016)

Espèces	Localisation et caractéristique
<i>Thymus pallescens</i> de Noé	Commun dans le Tell et endémique à l'Algérie.
<i>Thymus capitatus</i> L.	Très rare dans le sous secteur de l'Atlas tellien.
<i>Thymus dreatensis</i> Batt.	Très rare dans le sous secteur du Tell constantinois et de la petite Kabylie.
<i>Thymus numidicus</i> Poiret	Assez rare dans le sous secteur de l'Atlas tellien, dans le secteur du Tell constantinois et dans la petite et grande Kabylie.
<i>Thymus guyonii</i> de Noé	Rare dans les hauts plateaux algérois, oranais et constantinois.
<i>Thymus lanceolatus</i> Desf.	Rare dans le sous secteur de l'Atlas tellien (Terni) et de l'Atlas saharien (Médéa), dans le sous secteur des hauts plateaux algérois, oranais (Tiaret) et constantinois (Aumale).
<i>Thymus pallidus</i> Coss.	Très rare dans le sous secteur de l'Atlas saharien constantinois.
<i>Thymus glandulosus</i> Lag.	Très rare dans le sous secteur des hauts plateaux algérois et oranais.
<i>Thymus hirtus</i> Willd.	Commun sauf sur le littoral.
<i>Thymus algériensis</i> Boiss. et Reuter	Très commun dans toutes les régions montagneuses, rare ailleurs.
<i>Thymus munbyanus</i> Desf.	Endémique dans le Nord du secteur algérois.

I.3. Espèce *Thymus vulgaris* L. :

Thymus vulgaris est une plante à fleurs de la famille des Lamiacées communément appelée thym, originaire du sud de l'Europe, et a une distribution mondiale (Hosseinzadeh et al., 2015). La position systématique de l'espèce *Thymus vulgaris* est donnée par le tableau 5.

Tableau 5 : Position systématique de l'espèce *Thymus vulgaris* L.

Règne	Plante	Sous classe	Dialypétales
Sous règne	Plante vasculaire	Ordre	Labiales
Embranchement	Spermaphytes	Famille	Lamiacées
Sous embranchement	Angiospermes	Genre	Thymus
Classe	Dicotylédones	Espèce	<i>Thymus vulgaris</i> L. (<u>Carl von Linné</u> , 1753)

La plante est indigène de la Méditerranée et des pays voisins, de l'Afrique du Nord et certaines parties de l'Asie. En Afrique, la plante a été cultivée en Egypte, au Maroc, Algérie, Tunisie, Libye et dans d'autres pays. (Stahl-Biskup et Sáez, 2002)

Thymus vulgaris est un sous-arbrisseau persistant à base ligneuse et touffue avec de petites feuilles aromatiques gris-vert et grappes de fleurs violettes ou roses au début de l'été. (Hosseinzadeh et al., 2015) (Figures 2 et 3)

Figure 2 : Le *Thymus vulgaris* L.Figure 3 : Aspect botanique du *Thymus vulgaris* L.

Le *Thymus vulgaris* présente sept formes de chémotypes différents (au sein d'une espèce) représentées au Tableau 6 (Martins, 2020) (Hosseinzadeh et al., 2015). (Tableau 6)

Tableau 6 : Différents chémotypes du *Thymus vulgaris L.* (Martins, 2020)

Chémotype	Thym à linalol	Thym à thymol	Thym à thujanol	Thym à géranol	Thym à carvacrol
Famille biochimique	Monoterpénol	Phénol	Monoterpénol	Monoterpénol/esters	Phénols / Monoterpènes
Spécificité biochimique	Linalol, acétate de linalyle, thuyanol	Thymol, paracymène	Thujanol, terpinèn-4-ol	Géranol, acétate de géranyle	Carvacrol, thymol, γ -terpinène
Propriétés	Antibactérien, antifongique, antivirale, antiparasitaire Tonique général Immunostimulant	Antibactérien antifongique, antivirale, antiparasitaire Stimulant immunitaire, digestive, Expectorant	Antibactérien, antifongique, antivirale Stimulant du foie, tonique circulatoire, Anti-inflammatoire, neurotonique	Antibactérien, antifongique, antivirale Tonique utérin, cardiotonique, neurotonique,	Antibactérien, antifongique, antivirale Tonique générale Immunostimulant
Utilisations	Affections ORL, candidoses, inflammations intestinales, infections urinaires, fatigue nerveuse, dermatoses	Infections ORL, intestinales, gynécologiques et urinaires, cutanées, buccales, rhumatismes	Infections ORL, affections bucco-dentaires, infections virales, mycoses, rhumatismes	Mycoses, infections gynécologiques, ORL, urinaires, affections cutanées	Infections respiratoires, intestinales, urinaires, gynécologiques, buccales
Voies	Voie orale, cutanée, en diffusion	Voie orale	Voie orale, cutanée	Voie orale, cutanée, diffusion	Voie orale, cutanée

I.4. Etude nutritionnelle :

I.4.1. Composition nutritionnelle :

Pour le thym frais, la composition nutritionnelle quantitative et qualitative est présentée dans le tableau de composition (Ciquel, 2020) (Tableau 7)

Selon les fiches nutritionnelles de l'agence pour la Recherche et l'information en fruits et légumes (Aprifel, 2023), le thym frais apporte en moyenne 107 calories (kcal) pour 100 g soit 446 kJ. Pour une portion de 5 g, le thym renferme 5,35 calories (kcal), soit 22,30 kJ. Les valeurs sont considérées comme des ordres de grandeur, susceptibles de varier selon les variétés, la saison, le degré de maturité, les conditions de culture, etc. (Tableau 8)

Tableau 7 : Profil nutritionnel du thym frais (Ciquel, 2020)

Nom	Contenu moyen	Nom	Contenu moyen
Energie (Régulation EU N°1169/2011) kJ/100g	446	Phosphore (mg/100g)	106
Eau (g /100g)	65,1	Potassium (mg/100g)	609
Protéine (g /100g)	5,56	Sodium (mg/100g)	9
Glucides (g /100g)	10,5	Zinc (mg/100g)	1,81
Lipides (g /100g)	1,68	Rétinol (µg / 100g)	0
Fibres (g /100g)	14	Beta-carotène (µg / 100g)	2850
Polyols (g /100g)	0	Vitamine D (µg / 100g)	0
Cendres (g /100g)	3,2	Vitamine E (mg/100g)	1,7
Acides organiques (g /100g)	traces	Vitamine C (mg/100g)	160
Acides gras saturés (g /100g)	0,47	Vitamine B1 (mg/100g)	0,048
Cholestérol (mg/100g)	0	Vitamine B2 (mg/100g)	0,47
Sel (g /100g)	0,023	Vitamine B3 (mg/100g)	1,82
Calcium (mg/100g)	405	Vitamine B5 (mg/100g)	0,41
Cuivre (mg/100g)	0,56	Vitamine B6 (mg/100g)	0,35
Fer (mg/100g)	17,5	Vitamine B9 (µg / 100g)	45
Magnésium (mg/100g)	160	Vitamine B12 (µg / 100g)	0
Manganèse (mg/100g)	1,72		

Le thym est riche en polyphénols qui sont des substances à effet antioxydant. 25 composés phénoliques ont été identifiés dans le thym, dont la plupart font partie des flavonoïdes, des dérivés de l'acide hydroxycinnamique, des dérivés de l'acide hydroxybenzoïque et des diterpènes phénoliques. Les feuilles contiennent notamment de l'acide caféique, de l'acide rosmarinique, du carnosol, de la lutéoline, de l'apigénine et de l'apigénine-7-O- β -glucoside. La tige, quant à elle, serait plus riche en acide caféique et en acide rosmarinique (Tzima, 2020). (Tableau 9)

Tableau 8 : Valeurs nutritionnelles du thym (Aprifel, 2023)

Macronutriments	Glucides	0,53 g /5 g (10,50 g /100 g.)
	Fibres	0,70 g/5g
	Protéines	0,28g/5g (5,56g/100g)
	Lipides	0,08 g /5 g (1,68g/100g)
Minéraux et oligo-éléments	Le fer	6,25 % des VNR en fer, soit 0,88 mg /de 5 g.
	Autres	faible quantité dans le thym : couvrent < 5 % des VNR pour une portion de 5 g.
Vitamines	vitamine C	10 % des VNR en vitamine C, soit 8 mg /5 g.
	Les autres vitamines	faible quantité : couvrent moins de 3 % des VNR pour une portion de 5 g.

(VNR : valeurs nutritionnelles de référence. Selon le Règlement (UE) N°1169/2011 du parlement Européen, et du conseil du 25 octobre 2011)

Tableau 9: Composition en poly phénols du thym (Aprifel, 2023)

Constituant (mg)	Teneur moyenne pour 100 mg	Min-Max pour 100 mg	Teneur moyenne pour 5mg
Flavonoïdes (mg)	60,30	60,30 - 60,30	3,02
<i>dont Flavones (mg)</i>	60,30	60,30 - 60,30	3,02
Acides Phénoliques (mg)	103,50	103,50 - 103,50	5,18
<i>dont Acides Hydroxycinnamiques (mg)</i>	103,50	103,50 - 103,50	5,18
Polyphénols totaux	163,8	163,80 - 163,80	8,19

Les feuilles du thym contiennent, entre autres, des saponines, des stéroïdes (Hossain, 2013), des acides organiques comme : l'acide quinique (Heidari, 2018 ; Tzima, 2020), l'acide malique, l'acide succinique, l'acide citrique et l'acide lactique (Ashrafi, 2018). Une étude récente a mis en évidence la présence d'un polysaccharide insoluble dans les feuilles de thym. Ce dernier possède une capacité antioxydante grâce aux acides phénoliques qui lui sont liés (Banerjee, 2019).

I.4.2. Les bienfaits du thym :

Les huiles essentielles et les extraits de plantes de *Thymus* ont différentes propriétés : antioxydant, antibactérien, antivirale, antifongique, antiparasitaires, anti-inflammatoires et expectorantes, activité tonique, carminatives, digestives, antispasmodiques...

La plante est utile en infusion pour traiter la toux, le diabète, le rhume et les infections pulmonaires ; et sous forme de sirop pour digestion bouleversé. (Ekoh et al., 2014).

Le thym est recommandé contre tous les types de faiblesse, et pour les crampes d'estomac, les inflammations pulmonaires et les palpitations, les affections de la bouche, les contusions, les accidents articulaires (**Hans, 2007**) ; ainsi que pour le nettoyage et la cicatrisation des plaies et l'expulsion des gaz intestinaux.

Les thés de plusieurs espèces de thym sont un remède traditionnel pour les troubles gastro-intestinaux et les huiles étaient autrefois pris pour expulser les parasites intestinaux (propriétés anthelminthiques). *T. vulgaris* a été considéré comme astringent, vermifuge, carminatif, désinfectant et tonique .La plante a été rapporté incroyablement utile dans les cas d'infections et d'infestations intestinales variées, tels que les ankylostomes, les ascaris, les bactéries Gram-positives et Gram-négatives, les champignons et levures, ainsi que *Candida albicans*. Son principe actif, le thymol, était signalé actif contre les entérobactéries et les cocci. Les propriétés attribuées au thym comprennent l'amélioration de la fonction hépatique; stimulant de l'appétit ; traitement des infections des tubes cartilagineux, bronchiques et urinaires; et le traitement de laryngite et inflammation (**Reddy et al., 2014**).

Appliqué sur la peau, le thym est rapporté pour soulager les morsures et les piqûres, les névralgies et les douleurs rhumatismales (**Reddy et al., 2014**). L'huile essentielle peut être utilisée comme friction pour les articulations douloureuses ou les douleurs rhumatismales, et peut également être utilisée dans le traitement du pied d'athlète (Tinea pedis) (**Ekoh et al., 2014**).

Le thym compte parmi les plantes les plus recommandés par la Commission européenne contre la toux et l'inflammation des voies respiratoires supérieures. C'est un bon désinfectant et un antiseptique .L'OMS en fait mention pour traiter la dyspepsie et d'autres troubles gastro-intestinaux .Des recherches sur des animaux ont permis d'observer une activité anti plaquettaire et relaxante (**Brette, 2009**).

Le premier article montrant des preuves de cette propriété antimicrobienne des huiles essentielles et des extraits obtenus à partir de plantes du genre *Thymus* a été publié dans les années 60 .Depuis lors, et surtout au cours des 20 dernières années, un grand nombre d'huiles essentielles de *Thymus*, d'extraits et de leurs composés isolés ont été étudiés pour l'activité antimicrobienne. Ces produits présentent un intérêt particulier. Aucune résistance ou adaptation bactérienne n'a été décrite, et des effets secondaires faibles ou insignifiants ont été constatés à la fois pour les huiles essentielles et les extraits entiers. Les bains de bouche au thym sont utilisés contre les infections. En externe, il est appliqué pour nettoyer la peau contre acné (**Martins, 2020**).

D'après une étude réalisée sur 33 personnes, les composés phénoliques contenus dans le thym auraient un effet bénéfique sur le taux de cholestérol et donc sur les maladies cardiovasculaires, en régulant l'expression des principaux régulateurs du cholestérol (capacité des HDL à réduire le cholestérol) (Farràs, 2019).

L'acide quinique, le carvacrol, l'indole, le thymol et le 2-methoxy-4-methylphenol identifiés dans les feuilles de thym présenteraient tous des effets anticancer (Heidari, 2018).

I.4.2. Précautions d'utilisation du thym :

Le **Tableau 10** représente les précautions à suivre pour éviter les risques liés aux utilisations médicales de l'huile essentielle du thym.

Tableau 10 : Les précautions d'utilisation du thym (Martins, 2020)

Utilisation par voie orale à dose élevée, sur une durée prolongée			
Risque	Hépto-toxicité : lésions hépatiques.	Précautions	-A éviter chez les patients avec une sensibilité hépatique -associer à des huiles essentielles hépto-protectrices (carotte, citron jaune...) -limiter les traitements à fortes doses à des périodes de 4-5 jours. -privilégier des huiles essentielles moins toxiques, lors de traitements au long cours, ou utiliser celles à phénols à des doses modérées, en espaçant les utilisations d'un intervalle de 7 jours toutes les 3 semaines de traitements.
Utilisation externe de l'huile essentielle			
Risque	Réactions allergiques souvent bénignes, de rares cas de réactions asthmatiformes, des réactions de dermites allergiques, lésions de type eczéma aigu érythémateux, surélevé.	Précautions	Réalisation d'un test de tolérance cutanée afin de vérifier la sensibilité du sujet à l'huile essentielle, ce qui consiste à : - déposer 3 gouttes du mélange d'huile essentielles dans le pli interne du coude -attendre environ 15 minutes voire 24 heures afin de vérifier une éventuelle réaction.
Risque	Des réactions de dermocausticité : l'apparition d'un tiraillement et d'une rougeur locale, évolution en brûlures ou macules érythémato-squameuses. Les lésions peuvent être plus graves, de type nécrosant ou vésicant.	Précautions	- Ne jamais appliquer d'huile essentielle de thym sur la peau sans la diluer -choisir de préférence une huile douce à linalol, géraniol ou terpinéol. -Diluer dans de l'huile végétale (maximum 5 % d'huile essentielle) -Il faudra toujours les diluer avec une huile végétale (20% d'huile essentielle maximum pour les phénols et 10 % pour les aldéhydes) et les appliquer sur des surfaces corporelles bien localisées.

I.5. Travaux antérieurs sur *Thymus vulgaris L.*

Le Thymus vulgaris L. récolté dans différentes régions du monde fait l'objet de nombreux travaux scientifiques (France, Italie, Roumanie, Serbie, Algérie, Maroc, Tunisie): Cette recherche scientifique est fondée sur.

- La détermination de la composition chimique des huiles essentielles par CPG /SM et celle des extraits phénoliques à partir des différents solvants organique par HPLC et par chromatographie en phase gazeuse chirale.
- La caractérisation phytochimique des poudres et des huiles essentielles et analyser les métaux dans des poudres et des extraits de la plante
- Evaluation de l'activité antimicrobienne vis-à-vis des microorganismes d'origine alimentaire et d'origine clinique en utilisant plusieurs méthodes (Aromatogramme, méthode de macro dilution en milieu liquide : CMI, CMB et CMF, Méthode de bio impédance)
- Evaluation des activités antioxydantes (le test de DPPH, le test de FRAP, Molybdate-Phosphate, β -carotène, CUPRAC, ABTS, le dosage aldéhyde/carboxylique)
- Evaluation des effets anti-inflammatoires in vivo et in vitro
- Evaluation des activités insecticides des huiles essentielles
- Etude In vivo, des traitements préventifs sur semences et plantules de tomate réalisés en appliquant des extraits de thym sur quelques isolats (*Lycopersicum esculentum L Fusarium oxysporum.....*) responsables de maladies fongiques (foliaires et telluriques).
- Evaluer l'effet des extraits phénoliques de *Thymus vulgaris L.* sur la croissance de *Streptococcus thermophilus* et de *Lactobacillus bulgaricus*, dans le yaourt « ferme ».
- Evaluation des effet de la toxicité potentielle (in vivo sur les rats traités) des doses répétées d'extraits phénoliques et des huiles essentielles de thym et analyser les effets des poly phénols et des composés mono et sesquiterpènes des huiles essentielles sur les hépatocytes (foie) en appliquent la Métabolomique par spectroscopie RMN
- Réaliser le technique d'encapsulation (technique permettant d'emprisonner les huiles essentielles de Thym dans une enveloppe qui les

isole dans le but de les protéger de l'environnement extérieur) en utilisation deux techniques physicochimiques (coacervation complexe et émulsion directe) .

Parmi les travaux scientifiques menés par plusieurs chercheurs dans le monde, citons:

Haraguchi et al.(1996) ont démontré l'action antiperoxydative (antioxydante) de composés isolés des feuilles du *Thymus vulgaris* . Les actions antioxydantes démontrées sont : l'inhibition complète de la peroxydation microsomale et mitochondriale ; protection des globules rouges contre l'hémolyse oxydative ; ils en ont déduit que Ces composés phénoliques se sont révélés efficaces pour protéger les systèmes biologiques contre divers stress oxydatifs.

Marino et al. (1999) ont étudié l'activité antibactérienne des huiles essentielles du *Thymus vulgaris*. La méthode de bio-impédance" a été choisie pour étudier l'activité antibactérienne des huiles essentielles et le paramètre choisi pour définir et quantifier l'activité antibactérienne des espèces examinées .La méthode de contact-direct est apparue plus marquée contre les bactéries gram-négatives. Seules quelques espèces étaient capables de récupérer au moins 50% de leur fonction métabolique après contact avec l'inhibiteur, alors que la plupart des souches se sont révélées avoir été inactivées presque complètement. *Escherichia coli* O157:H7 était l'espèce la plus sensible, étant donné qu'après contact avec même la plus faible concentration.

Rota et al. (2007) ont décrit le profil volatil et l'activité antimicrobienne de *Thymus vulgaris* (chimiotype thymol), *Thymus zygis* subsp. *gracilis* (chémotypes thymol et deux linalol) et *Thymus hyemalis* Lange (chémotypes thymol, thymol/linalool et carvacrol) extraites de sept plantes cultivées à Murcie (Espagne). Ils ont identifiés les principaux constituants volatils de chaque huile par l'analyse GC-MS .Ils concluent que les huiles essentielles de ces espèces de *Thymus* possèdent des propriétés antimicrobiennes et sont une source potentielle d'ingrédients antimicrobiens pour l'industrie alimentaire.

Yakhlef (2010) a étudié des extraits bruts de feuilles de deux plantes aromatiques *Thymus vulgaris* (Lamiaceae) et *Laurus nobilis* (Lauraceae). L'analyse de ces extraits a révélée la présence de quelques groupes chimiques (polyphénols totaux) susceptibles d'exprimer les activités recherchées. Ils ont montré que l'activité antimicrobienne de *Thymus vulgaris* est plus importante que celle de *Laurus nobilis* avec un spectre antimicrobien plus large et à des doses plus faibles. En plus ils ont dévoilé L'activité antioxydante élevée des extraits de *Thymus vulgaris L.*

Shazia et Muzafar (2011) ont dévoilé le pouvoir antioxydant des huiles essentielles *Thymus vulgaris L.* poussant à l'état sauvage dans le nord de l'Italie. 20 échantillons d'huiles essentielles ont possèdent une insecticide contre *Spodoptera litura*. Le ρ -cymène, le linalol, le terpinène -4-ol et le thymol ont montré une activité antifongique contre *Botrytis cinerea* et *Rhizopus stolonifer*, deux agents pathogènes courants des fraises (*Fragaria ananassa*). En plus ont divulgué des effets du thymol sur l'activité contractile spontanée (ont été prouvés dans des expériences in vitro avec des bandes circulaires de muscle lisse provenant de l'estomac et de la veine porte de cobaye). Le thymol possède un effet agoniste sur les récepteurs α_1 - α_2 et β -adrénergiques et il exerce un effet analgésique sur les récepteurs adrénergiques α_2 des cellules nerveuses.

Fachini-Queiroz et al.(2012) ont étudié l'effet de l'huile essentielle de *Thymus vulgaris* (TEO) et de ses constituants isolés thymol et cavacrol (CVL) sur la réponse inflammatoire dans les modèles expérimentaux suivants : œdème de l'oreille, pleurésie induite par la carraghénane et chimiotaxie in vitro. Les données suggèrent que les effets anti-inflammatoires du TEO et du CVL sont attribuables à l'inhibition de l'œdème inflammatoire et de la migration des leucocytes.

Pirbalouti et al.(2013) ont étudié la croissance, le rendement en huile et les composants chimiques de *T. vulgaris* et *T. daenensis* cultivés dans différentes régions du centre-sud de l'Iran. Les composants majeurs des huiles hydro-distillées ont été identifiées par analyse par GC-MS : le thymol, le carvacrol, l' γ -terpinène et le ρ cymène s'ont avérés les composants majoritaires chez *T.vulgaris*. Ils ont démontré que la qualité et la quantité de l'huile (rendement) diffère selon les régions où sont cultivés les plants et que les compositions chimiques de l'huile sont affectées par les conditions environnementales et les pratiques de gestion agronomique.

Cheurfa et al.(2013) ont étudié l'activité antibactérienne de l'huile essentielle de *Thymus vulgaris* vis-à-vis de bactéries pathogènes (*Escherichia coli*, *Bacillus cereus*, *Citrobacter freundii*, *Klebsiella pneumoniae* et *Staphylococcus aureus*) responsables de

gastroentérites. La composition chimique de l'huile essentielle de *Thymus vulgaris* a été analysée par GC/MS. Les tests d'inhibitions sont réalisés par la méthode de diffusion des disques. Les résultats ont montré une forte activité antibactérienne de l'huile essentielle ce qui suggère que l'utilisation de l'huile essentielle de thym permettrait de mieux protéger l'homme contre les bactéries responsables de gastroentérites.

Nikolić et al. (2014) ont réalisé l'évaluation de la phytochimie et de la bioactivité des huiles essentielles de *Thymus serpyllum*, *Thymus algeriensis* et *Thymus vulgaris*. L'analyse GC/MS a révélé que le thymol était un composant majeur des huiles essentielles des 3 espèces. L'évaluation des activités antimicrobiennes et antioxydantes des huiles essentielles a révélé que celle du *T. serpyllum* est la puissante et la plus efficace. Aucune des HE n'a montré de toxicité aux concentrations testées (> 400 µg/mL) pour la culture de cellules primaires de foie de porc.

Borugă et al. (2014) ont étudiés la composition chimique et les propriétés antimicrobiennes de l'huile essentielle de *Thymus vulgaris* cultivée en Roumanie. Ils ont démontré que l'huile essentielle de *Thymus vulgaris* testée possède de fortes propriétés antimicrobiennes, et pourrait à l'avenir représenter une nouvelle source d'antiseptiques naturels avec des applications dans l'industrie pharmaceutique et alimentaire

Benourad (2015) a évalué l'efficacité de l'extrait de *Thymus vulgaris* pour lutter contre les maladies des plantes et induire des pouvoirs de défense naturels. Les in vitro étudiés par contact direct avec les isolats ont montré une inhibition totale de la croissance mycélienne et de la sporulation. In vivo, des traitements préventifs sur semences et plantules de tomate montrent un pouvoir antifongique très important. L'auteur confirme l'efficacité des extraits de thym comme bio pesticide d'origine botanique (son composé majoritaire le thymol). Sur le plan histopathologique, le thym n'a révélé aucun signe d'anomalie ou de dégénérescence chez les rats traités. Par contre l'analyse métabonomique a montré des altérations de certains métabolites impliqués dans le métabolisme énergétique des mitochondries des hépatocytes. Il a révélé **Benourad** des effets indésirables générés après injection de doses répétées de l'huile essentielle de thym est bien moindre par rapport aux traitements appliqués par l'extrait polyphénolique.

Satyral et al. (2016) ont représenté la première analyse chirale des monoterpénoïdes de *T. vulgaris* et une description complète des différents chémotypes de *T. vulgaris* récoltée en France .

Abdelli (2017) s'est concentré sur la valorisation de deux espèces végétales, poussant à l'état spontané au nord ouest de l'Algérie, *Thymus vulgaris L (Tv)* et *Juniperus phoenicea*

L(Jp)., en évaluant certaines de leurs propriétés biologiques. L'analyse par CPG-SM a indiqué que les composés majeurs étaient le thymol pour HE.Tv et HE.Jp. Le screening phytochimique a révélé la présence de différents groupes de métabolites secondaires dans les parties aériennes des plantes. La minéralisation a montré que les plantes étaient riches en calcium, potassium, sodium, magnésium et phosphore et très pauvres en métaux lourds. L'étude de l'activité antimicrobienne a montré un grand effet inhibiteur des huiles de *T. vulgaris* sur les sept souches de référence testées alors que, les trois huiles de *J. phoenicea* n'ont pu inhiber la croissance que de deux souches, à savoir, *Bacillus cereus* ATCC 10876 et *Candida albicans* ATCC 10231. L'étude de la toxicité aiguë a indiqué que les huiles testées étaient sans danger pour les souris Swiss albinos. Le test de l'œdème plantaire induit par la carragénine a montré qu'à la plus grande dose testées, les pourcentages d'inhibition ont été obtenus à 50.4% (HE.Tv), 58.4% (HE.Jp).

Yousfi et Benabed (2018) ont étudié la composition chimique ainsi que les activités biologiques des huiles essentielles et extraits phénoliques de deux espèces de la famille des Lamiaceae : *Saccocalyx satureioides* et *Thymus vulgaris*. Les huiles essentielles de ces plantes ont été obtenues par hydrodistillation de la partie aérienne. L'analyse par CPG seule et par CG/SM a révélé que le γ -terpinène et le carvacrol sont les composés majoritaires pour *T. vulgaris*. L'analyse par HPLC/SM des extraits de *T. vulgaris* a révélé la présence d'eriodyol-O-hexoside et d'acide rosmarinique. Les activités antioxydantes des huiles essentielles et des extraits phénoliques ont été évaluées par les tests : DPPH, Molybdate-Phosphate, β -carotène, CUPRAC, FRAP et ABTS. Les résultats obtenus ont montré que les huiles essentielles testées possèdent un bon pouvoir réducteur et une activité anti-radicalaire moyens ou parfois négligeable en comparaison aux antioxydants de références utilisées, alors que les extraits phénoliques ont montré des activités plus fortes.

Amamra (2019) a réalisé une étude des composés phénoliques et l'évaluation des propriétés antioxydantes et antibactériennes des extraits de deux plantes utilisées en médecine traditionnelle algérienne: *Fraxinus excelsior* et le *Thymus vulgaris*. Ils ont divulgué l'effet antibactérien modéré avec des index d'activité de 0.26 à 0.62. La présente étude suggère que *F. excelsior* et *T. vulgaris* peuvent servir de sources naturelles d'antioxydants et antibactériens pour une éventuelle substitution des médicaments actuellement utilisés malgré les effets secondaires et les résistances aux antibiotiques

Sehari (2020) a de mis en exergue les propriétés antibactériennes, antifongiques et antioxydantes d'extraits végétaux de trois espèces végétales (*Thymus vulgaris*, *Urtica dioïca* et *Punica granatum*) à l'égard de microorganismes bactériens (*Staphylococcus Aureus*-

Pseudomonas aeruginosa- *Escherichia coli*) et fongiques (*Fusarium oxysporum*-*Fusarium lycopersici* et *Aspergillus niger*). Les résultats de l'activité antibactérienne des extraits végétaux, révèlent qu'*Escherichia coli* est plus sensible que *Staphylococcus aureus*. Par contre, *Staphylococcus aureus* est le plus résistant suivi par *Escherichia coli* et enfin par *Pseudomonas aeruginosa* face aux antibiotiques de synthèse. Pour l'huile essentielle du Thym, les résultats révèlent qu'*Escherichia coli* est très sensible par rapport à *Pseudomonas aeruginosa*. D'autre part, cette huile s'est avéré fongicide par contact direct, avec 100% d'inhibition cela pour les trois souches de champignons utilisés à la dose de 30µl. De même que cette huile a montré de bons effets antifongiques et bactéricides proportionnels à la concentration appliquée. Par ailleurs, l'étude de l'activité antioxydante des extraits végétaux testés (méthode du DPPH) a montré que les extraits éthanoliques, méthanoliques et aqueux possèdent une activité antioxydante modérée mais satisfaisante qui pourraient remplacer certains additifs alimentaires synthétiques pour être bénéfique pour la santé humaine.

Chaib et Arhab (2021) ont évalué la capacité de deux méthodes d'encapsulation (coacervation complexe et émulsion directe) à immobiliser et enrober les composés volatils de l'huile essentielle de thym ; en fonction de leur rendement, efficacité d'immobilisation, caractérisation des particules obtenues et de leur profil de relargage.. Les résultats de l'évaluation du rendement d'encapsulation, de la quantité de monoterpènes oxygénés, de l'activité antioxydante d'huile encapsulée mettent en évidence des fortes activités antibactériennes et antioxydantes de l'huile de *Thymus vulgaris*, ce qui les laisse proposer l'encapsulation par coacervation complexe de cette huile essentielle comme un excellent procédé de conservation pour d'éventuelles applications biotechnologiques

Galovičová et al. (2021) ont évalué l'activité biologique de l'huile essentielle de *T. vulgaris* de la société slovaque. La composition ainsi que l'activité antioxydante de l'huile ont été évalués. L'activité antimicrobienne était modérée ou très forte. Elle est très efficace contre *B. subtilis*, *E. faecalis* et *S. aureus*. L'analyse antifongique *in situ* sur le pain montre que la phase vapeur de l'huile essentielle de *T. vulgaris* peut inhiber la croissance des champignons filamenteux microscopiques du genre *Penicillium*.

Khelifi (2022) a évalué l'effet des extraits phénoliques de *Thymus vulgaris* sur la croissance de *Streptococcus thermophilus* et de *Lactobacillus bulgaricus*, et l'impact de leur addition à faibles doses (2-8%) pour la fabrication d'un yaourt de type ferme. D'après les données recueillies, 2 % et 4 % d'extraits phénoliques du thym peuvent être incorporés dans le yaourt étuvé sans risque de détérioration de sa qualité physico-chimique et sensorielle ou l'inhibition des bactéries lactiques.

II. La mayonnaise :

II.1. Historique

La mayonnaise est probablement l'une des sauces ou condiments les plus utilisés au monde. Elle existe depuis des siècles, bien que son origine exacte soit controversée, d'abord commercialisée au début des années 1900, et devenue populaire en Amérique de 1917 à 1927 (**Harrison et Cunningham, 1985**).

II.2. Définition

La mayonnaise est une sorte d'émulsion semi-solide d'huile (phase discontinue) dans l'eau (phase continue) (**Shen et al., 2011**). Elle présente des propriétés viscoélastiques dues au réseau formé par les lipoprotéines adsorbées autour des gouttes d'huile avoisinantes (**Ma et Canovas, 1995**).

En raison de son pH faible et de sa teneur élevée en graisse, elle est relativement résistante à la détérioration microbienne. Bien que les levures et les moisissures puissent causer des dommages, relativement peu d'autres organismes ont été isolés de la mayonnaise (**Fabian et Wetherington, 1950**).

Les émulsions sont des systèmes dispersés métastables constitués d'au moins deux liquides non miscibles et d'un agent amphiphile. L'un des liquides est dispersé dans le second sous forme de petites gouttes sphériques dont la taille varie selon les conditions de 0,1 à quelques dizaines de micromètres (**Arditty, 2004**).

II.3. Emulsion

II. 3.1. Définition

Une émulsion est un mélange homogène de deux liquides ou phase peu ou pas miscibles. Ce mélange correspond à une dispersion de gouttelettes de l'une des phases dans l'autre. On distingue donc une phase dispersée et une phase continue (**Amrouche, 2019**).

Une émulsion peut être formée par homogénéisation d'une phase huileuse et d'une phase aqueuse en l'absence d'émulsifiant. Toutefois, les deux phases se séparent alors rapidement. Ceci indique qu'une émulsion est un système thermodynamiquement instable. Ainsi ce système n'existe que si on apporte suffisamment d'énergie mécanique pour disperser une phase dans l'autre, et une fois formé, il va évoluer vers la séparation des phases. Les gouttelettes fusionnent entre elles après collision jusqu'à la séparation complète des deux phases, le système présentant

alors une couche d'eau (plus forte densité) surmontée d'une couche huile (plus faible densité). les forces impliqués dans ce phénomène sont essentiellement dues à la tension inter-faciale importante qui se crée entre les deux liquides non miscibles (Elketroussi, 2018).

II.3.2. Classification

- **Emulsion simple : émulsion eau dans huile (E/H) et émulsion huile dans eau (H/E) :**

On parlera d'émulsion eau dans huile (E/H) si la phase discontinue est une phase grasse, et émulsion huile dans l'eau (H/E) si la phase continue est constituée d'un liquide polaire associé (d'ordinaire, il s'agit d'eau ou d'une solution aqueuse) (Amrouche, 2019) (Tableau 11)

Tableau 11 : Différents type d'émulsion simple (Djebbar, 2019)

Sens de l'émulsion	Phase dispersée	Phase dispersante	Symbole
Emulsion huile dans l'eau = émulsion de type aqueuse	Lipophile	Hydrophile	H/E, L/H, O/W
Emulsion eau dans l'huile = émulsion de type huileuse	Hydrophile	Lipophile	E/H, H/L, W/O

- **Emulsion l'huile dans l'eau**

Le mélange est constitué de particules ou gouttelette lipophiles (L) ou huileuse (H) dispersée dans une phase aqueuse (E) ou phase hydrophile (H). On parle encore d'émulsion **directe**. On parle indifféremment d'émulsion H/E ou L/H (Amrouche, 2019). (Figure 4)

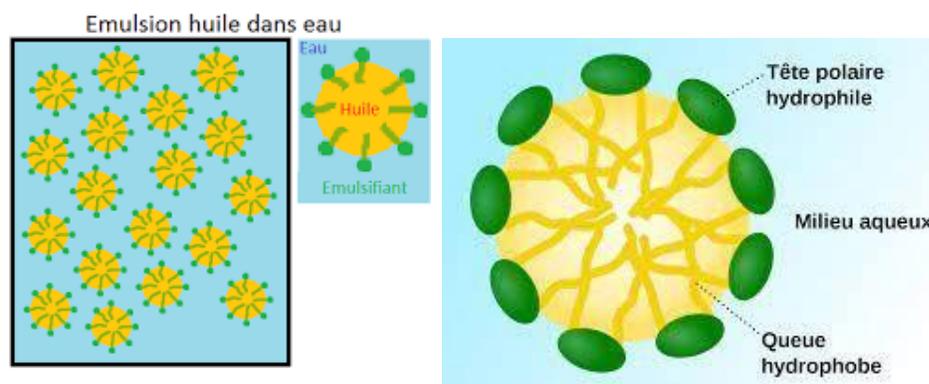


Figure 4 : émulsion huile dans eau (Djebbar, 2019)

- **Emulsion l'eau dans l'huile :**

On parle d'émulsion eau dans huile (E/H) ou hydrophile - lipophile (H/L). Dans ce type d'émulsion ou la phase discontinue est la phase aqueuse (E) ou hydrophile. On parle encore d'émulsion inverse. La phase continue ou dispersante est la phase grasse (H) ou lipophile (L) (Amrouche, 2019). (Figure 5)

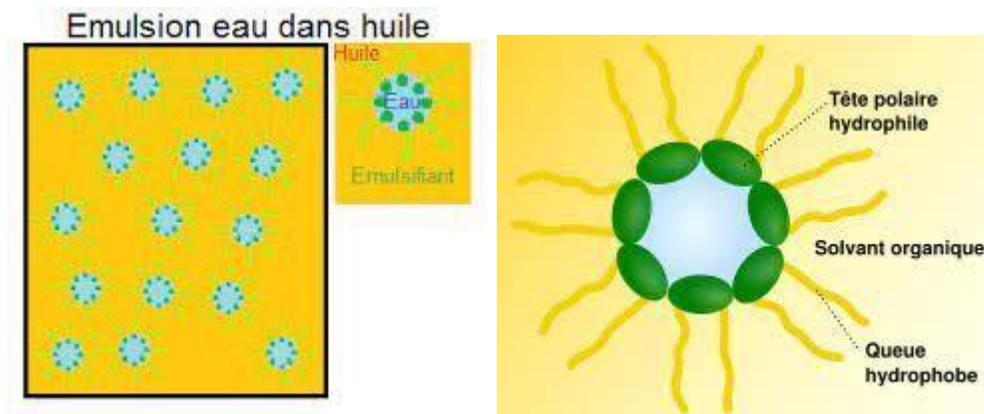


Figure 5 : émulsion eau dans huile (Djebbar, 2019)

II.3.3. Caractérisation des émulsions

Pour caractériser une émulsion différents critères doivent être évalués grâce à différents méthodes :

- Le sens de l'émulsion (ou le type d'émulsion) se détermine à l'aide de test de la goutte (ajout d'une goutte d'émulsion dans de l'eau ou de l'huile pour observer si elle se disperse)
- Le diamètre des gouttelettes dans la phase dispersées obtenu par granulométrie .Ainsi, on peut distinguer deux type d'émulsion : les émulsions mono disperses et poly disperses. Une émulsion mono disperse contient une seule population de gouttelettes de même taille alors qu'une émulsion poly disperse contient plusieurs populations de taille différents.
- Le rapport d'indice de réfraction entre la phase dispersée et la phase dispersante.
- La distribution de la taille des gouttelettes. celle -ci peut s'observer à l'aide d'un microscope.

- La stabilité d'une émulsion peut se mesurer à l'aide du Turcissant qui permet de suivre l'évolution des gouttelettes en suspension (Caulette et al., 2018).
- Sa fraction volumique (Tableau 12)

Tableau 12 : Différents fraction volumique en fonction de type d'émulsion (Caulette et al., 2018)

φ (fraction volumique) = volume de la phase dispersé / volume total	Type d'émulsion
<0.02	Emulsion dilué
$0.3 < \varphi < 0.74$	Emulsion concentrée
>0.74	Emulsion très concentrée

II.3.4. Rôle des émulsifiants

L'émulsifiant remplit deux fonctions essentielles: d'une part, il diminue la tension interfaciale entre huile et l'eau, réduisant ainsi l'instabilité thermodynamique du système, et d'autre part, il forme un film inter-faciale cohérent entre l'huile et l'eau, ce qui assure la stabilité physique des gouttelettes. Ces deux fonctions sont remplies grâce à la capacité qu'ont les émulsifiants à s'adsorber entre l'huile et l'eau (Elketroussi, 2018).

II.3.5. Application

• Emulsion alimentaire :

Les opérations des émulsifications sont mise en œuvre dans le domaine alimentaire soit pour améliorer des émulsions naturelles (exemple de lait entier), soit pour créer des émulsions à partir de phase départ non dispersées. La formulation alimentaire se fait sur la base d'exigences organoleptiques, parfois nutritionnelles. Les ingrédients alimentaires comportent souvent des molécules participant à la stabilisation de l'émulsion, notamment des protéines, les éventuels émulsifiants rajoutés doivent être choisis dans la liste des additifs autorisés à des doses respectant la réglementation. Presque toutes les émulsions alimentaires sont de type aqueux, à l'exception notable du beurre et des margarines. Les sauces sont les émulsions alimentaires les plus proches de l'émulsion modèle, dans la relative simplicité de leur structure. La mayonnaise peut être prise comme exemple type d'émulsion alimentaire, sans oublier sa particularité d'être une émulsion concentrée de haute viscosité (Amrouche, 2019).

II.4. Ingrédients de la mayonnaise

La mayonnaise est une sauce condimentaire obtenue en émulsionnant une ou plusieurs huiles alimentaires dans une phase aqueuse constituée par du vinaigre. L'émulsion huile dans l'eau étant produite en utilisant du jaune d'œuf. La mayonnaise peut contenir des ingrédients facultatifs conformément à la section (**Anonyme, 2012**).

- **Huile:** La fraîcheur initiale de la mayonnaise est d'une importance primordiale. Elle est étroitement liée à la qualité de l'huile. En effet, dans la mayonnaise, l'huile est en contact avec l'eau, l'air et la lumière qui sont tous des facteurs bien connus pour leur action pro-oxydante. La stabilité de l'huile à l'auto-oxydation est un critère important pour le choix de la mayonnaise. Les traces métalliques apportées par les différents ingrédients (jaune d'œuf, vinaigre) et additifs ainsi que l'oxygène dissout, favorisent l'auto-oxydation. En plus, les additifs ajoutés à la mayonnaise ne seraient en mesure ni de réprimander ni de masquer les saveurs d'une huile en voie d'oxydation (de rancissement) (**Kone, 2001**).

- **Jaune d'œuf:** Le jaune d'œuf est utilisé dans la fabrication de la mayonnaise essentiellement pour ses propriétés émulsifiantes dues au complexe lécithine (33%)/protéine (16%) (**Kone, 2001**). La lécithine est un lipide du jaune d'œuf (30%). A cause de sa structure (tête hydrophile et queue hydrophobe), elle est considérée comme tensioactif, c'est à dire qui modifie la tension superficielle entre deux surfaces (**Gastronomayo, 1901**).

- **Sel:** Dans le sel de cuisine (NaCl), les ions sodium (Na⁺) ont une charge opposée à celles des groupes phosphates, les extrémités polaires des lécithines. Le sodium neutralise donc ces groupes chargés négativement. Au contraire, les ions chlorure (Cl⁻) neutralisent les charges positives des atomes d'azote. Cela diminue les répulsions électrostatiques entre les têtes polaires des micelles qui sont donc plus stables (**Gastronomayo, 1901**).

- **Poivre:** Le poivre n'apporte que des qualités gustatives à la mayonnaise (**Gastronomayo, 1901**).

- **Moutarde:** La moutarde apporte une quantité d'eau plus importante que celle de l'huile. Par conséquent, elle permet la dispersion des micelles dans l'eau (**Gastronomayo, 1901**).

- **Vinaigre:** Il participe à la valeur gustative du produit fini et contribue à assurer une certaine propreté microbologique (**Kone, 2001**).

II.5. Production de la mayonnaise traditionnelle (domestique au ménage):

Au niveau domestique (et/ou traditionnelle), la mayonnaise est préparée en mélangeant soigneusement le jaune d'œuf, le vinaigre, l'huile, et les épices (surtout la moutarde) (**Figure 6**). La mayonnaise faite de cette façon contient généralement 70 à 80% de matières grasses (**Shen et al., 2011**).

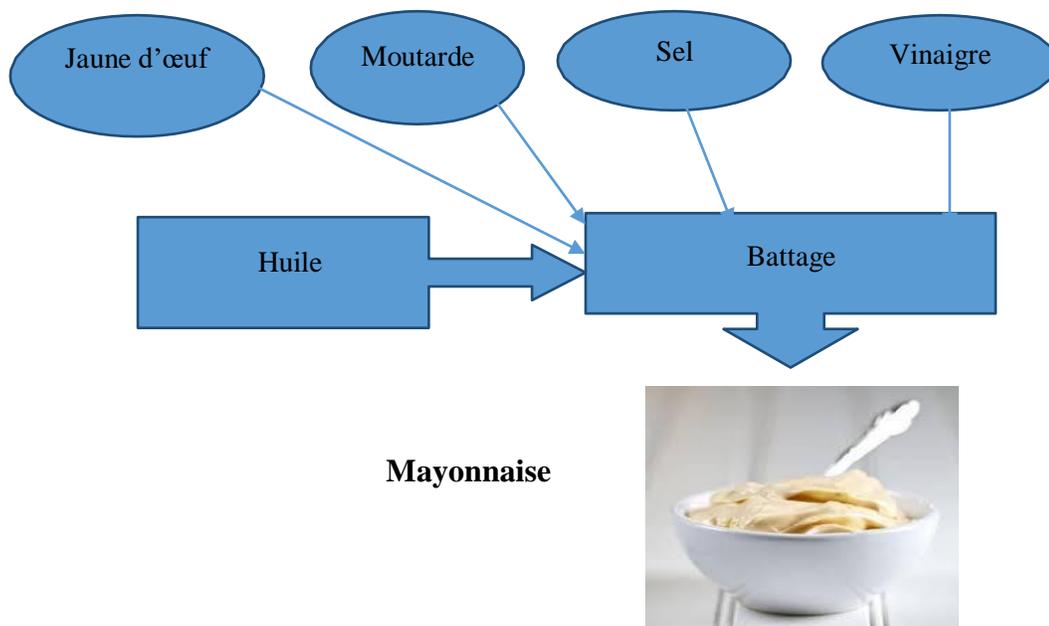


Figure 6 : Préparation traditionnelle de la mayonnaise (Arnold, 2014)

II. 6. Valeur nutritionnelle de la mayonnaise

La valeur nutritionnelle de la mayonnaise est étroitement liée aux ingrédients utilisés durant la préparation (**Mann et Truswell, 2002**). Le **tableau 13** montre la composition biochimique de la mayonnaise.

Tableau 13: Valeur nutritionnelle de la mayonnaise (Anonyme, 2012).

Valeur énergétique	721 kcal (2965 kJ)
Protéines	1,2g
Glucides	0,5g
Lipides	79,3g
Acides gras saturés	8,8g
Fibres	0,2g
Sodium	395mg

* Tous les ingrédients doivent être de bonne qualité et convenir à la consommation;

* L'eau doit être de qualité potable;

* Les œufs et les produits à base d'œufs doivent être des œufs de poule ou en provenir

(Anonyme, 2012)

II.7. Conservation:

La mayonnaise est conservée (conditionnée) dans des bouteilles et pots en verre ou en plastique. Elle est conservée à des basses températures (réfrigérateur) durant le stockage et aussi après l'ouverture (Abou-salem et al. , 2008).

II.8. Qualité microbiologique de la mayonnaise

Les mayonnaises sont des produits relativement fragiles sur le plan microbiologique et certains ingrédients dont particulièrement le jaune d'œufs frais est souvent contaminé. La quantité d'eau disponible pour les micro-organismes et le pH constituent les facteurs clés pour la stabilité de la mayonnaise. Un contrôle basé sur les bonnes pratiques de fabrication (**GMP** = Good Manufacturing Practices) ainsi que sur la qualité des matières premières, particulièrement les œufs, est décisif pour la qualité du produit fini. Il ne faut, en outre pas oublier le contrôle de l'air ainsi que des emballages utilisés (Kone, 2001).

La réglementation algérienne préconise la recherche de microorganismes cités dans le **Tableau 14.**

Tableau 14 : Critères microbiologiques de la mayonnaise régis par l'Arrêté interministériel du 2 Moharram 1438 correspondant au 4 Octobre 2016 fixant les critères microbiologiques des denrées alimentaires (J.O N°39 de 2 Juillet 2017).

Categories de denrées alimentaires	Micro-organismes	Limite microbiologique UFC/g	
		m	M
Mayonnaise non stabilisée	Germe aérobies à 30	10 ⁴	10 ⁵
	Levures et moisissures	10 ²	10 ³
	<i>Escherichia coli</i>	10	10 ²
	Staphylocoques à coagulase +	10 ²	10 ³
	<i>Salmonella</i>	Absence dans 25g	
Mayonnaise stabilisée	Levures et moisissures	10	10 ²
	<i>Escherichia coli</i>	4	40
	Staphylocoques à coagulase +	10	10 ²
	<i>Salmonella</i>	Absence dans 25g	

m : nombre de germes présents dans 1g ou 1ml de produit analysé, qui correspond à la valeur en dessous de laquelle la qualité du produit est considérée comme satisfaisante.

M : nombre de germes présents dans 1g ou 1ml de produit analysé, qui correspond à la valeur au dessus de laquelle la qualité du produit est considérée comme inacceptable.

Partie Pratique

Matériel et Méthode :**1. Objectif de l'étude :**

Le présent travail se base sur l'étude de l'effet d'incorporation des huiles essentielles ou de la poudre de la plante de *Thymus vulgarise L.* sur la qualité organoleptique, physicochimique et microbiologique de la Mayonnaise. La formulation de cette dernière a été fabriquée à l'échelle du laboratoire de Microbiologie de la faculté SNV.

2. Lieu de stage :

La partie pratique s'est déroulée entre 01 Janvier et 05 Juin 2023. Pendant cette période, nous avons réalisé quatre grandes parties :

- Extractions des huiles essentielles de la plante de *Thymus vulgaris L* au niveau d'entreprise d'extraction des huiles essentielles de Tipaza (Hadjout).
- Analyses physicochimiques des échantillons (poudre, mayonnaise formulée) au niveau de laboratoire de contrôle de la qualité et d'emballage de Diar el-Bahri wilaya de Blida et laboratoire de PFE de l'université Blida 1
- Analyses microbiologiques des échantillons (huile essentielle, poudre de la plante et le produit , mayonnaise formulé) au niveau du laboratoire d'hygiène de la wilaya de Blida
- Et enfin évaluation de l'activité antimicrobienne des huiles essentielles de la plante de *Thymus vulgaris L* en utilisant deux méthodes : Antibiose et CMI au sein de laboratoire d'hygiène de la wilaya de Blida.

3. Matériel :**3.1. Matériel non biologique (voir annexe)****3.2. Matériel biologique :****A . Echantillons de la plante *Thymus vulgaris L.*:**

Notre étude porte sur l'espèce *Thymus vulgaris L.* récoltée dans la région d'Ain Defla (à la montagne de Boumedfaa) durant le mois de Décembre 2023. La plante a été authentifiée au niveau du département de botanique d'Institut National d'Agronomie (I.N.A.) d'Alger.



Figure 1 : La plante de *Thymus vulgaris L.* récoltée dans la région d'Ain Defla

La zone d'étude est située dans la région Boumedfaa localisée au nord-Est de la wilaya d'Ain-Defla (**Figure 2**)



Figure 2 : Localisation géographique des échantillons prélevés dans la région Boumedfaa (Wilaya Ain Defla)

La localisation géographique avec la texture du sol des deux stations d'étude est donnée dans le **Tableau 1**:

Tableau 1: Localisation et texture du sol de la station d'étude.

Station	Texture du sol	Latitude	Longitude	Altitude(m) par rapport au niveau de la mer
Boumedfaa	Sols argilo-limoneux	36°22 13" Nord	2° 28' 35" Est	980m

Dans la région d'Ain-Defla, les températures et les précipitations moyennes annuelles sont respectivement : $T= 18.03^{\circ}\text{C}$ et $P= 380.7 \text{ mm}$. Il en résulte un indice d'aridité de

DERMARTONNE est de 13.58. On en conclue que **le climat de la région d'Ain Defla est de type semi-aride.**

B. Microorganismes utilisés :

Afin d'étudier le pouvoir antibactérien des échantillons de *Thymus vulgaris L.*, nous avons utilisé des souches de référence. Ils sont obtenus par le laboratoire d'hygiène. Ces souches proviennent de l'Institut Pasteur d'Alger. Ils sont en tout 06 souches (voir **tableau 2**)

Tableau 2 : 06 souches de référence

Nom de l'espèce bactérienne	Le numéro de code
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	ATCC 9027
<i>Staphylococcus aureus</i>	ATCC 6538
<i>Escherichia coli</i>	ATCC 8739
<i>Salmonella</i>	ATCC 700623
<i>Candida albicans</i>	ATCC 10231
<i>Aspergillus niger</i>	ATCC 6275

4. Méthodes utilisées :

Durant notre stage pratique, nous avons utilisé les méthodes citées dans le **tableau 3**

Tableau 3 : Les méthodes utilisées

Numéro de la méthode	Méthode	Détails sur la méthode
01	Préparation des échantillons de <i>Thymus vulgaris L.</i>	Poudre de <i>Thymus vulgaris L.</i>
		Huile essentielle extraite selon la méthode d'hydro distillation
02	Contrôle de la qualité des Echantillons de <i>Thymus vulgaris L.</i> préparés	Analyse physicochimique (uniquement la poudre)
		Analyse microbiologique
03	Evaluation de l'activité biologique	Activité antimicrobienne des huiles essentielles et de la poudre du <i>Thymus vulgaris L.</i> selon deux méthodes :

		Antibiose et CMI
04	Formulation de la mayonnaise	Mayonnaise a été préparée suivant Evanuarini et al. (2016) avec modification.
05	Contrôle de la qualité des Echantillons formulés de la Mayonnaise	Analyse sensorielle, physicochimique et Microbiologiques des échantillons de Mayonnaise

4.1 : Préparation des échantillons de *Thymus vulgaris L.*

4.1.1: Préparation de la poudre de *Thymus vulgaris L.*

Après la récolte, les différentes parties de la plante *Thymus vulgaris L.* ont été rincées puis séchées à l'abri de la lumière pendant 03 à 06 jours. Après nous avons broyé toutes les parties de la plante avec un moulin à café jusqu'à ce qu'une poudre fine ait été obtenue. Cette dernière a été conservée dans une bouteille de verre jusqu'à l'usage.



Figure 3 : Préparation de la poudre de *Thymus vulgaris L.*

4.1.2. Extraction des huiles essentielles :

Parmi les différentes techniques d'extraction des plantes aromatiques ; nous avons opté la méthode d'hydro-distillation, les principales raisons de cette technique sont liées à la facilité de mise en oeuvre du procédé et pour la qualité des huiles essentielles obtenues.

Cette technique est simple ; peu coûteuse et n'a pas une influence sur l'environnement puisqu'elle ne requiert aucun produit toxique.

Préparation d'échantillon des huiles essentielles du *Thymus vulgaris L.* :

La récupération d'échantillon de l'huile essentielle par hydro-distillation à été effectuée au laboratoire d'entreprise « yazro ». Nous avons utilisé un matériel frais.

- **Dispositif d'extraction :**

L'appareil utilisé pour l'hydro distillation est de type clevenger. Il est constitué d'une chaudière qui permet la distribution homogène de la chaleur ; l'alambic où on place les feuilles fraîches et l'eau distillée ; une colonne de condensation de la vapeur (réfrigérant) qui vient de l'échauffement du ballon ; un collecteur (la sancil) qui reçoit les extraits de la distillation.

- **Mode opératoire :**

Il consiste à immerger directement presque 1.3KG du matériel végétal à traiter dans un lambic du 5 l ; rempli avec de l'eau distillée qui est ensuite porté à ébullition

Pendant 3h à 4h. Les vapeurs hétérogènes formées dans le serpentin sont condensées sur une surface froide qui est celle de réfrigérant ainsi la séparation eau – essence s'effectue par une simple différence de densité.

L'huile essentielle obtenue est conservée dans un tube hermétique bien fermée au réfrigérateur à 4° c jusqu'à son utilisation.

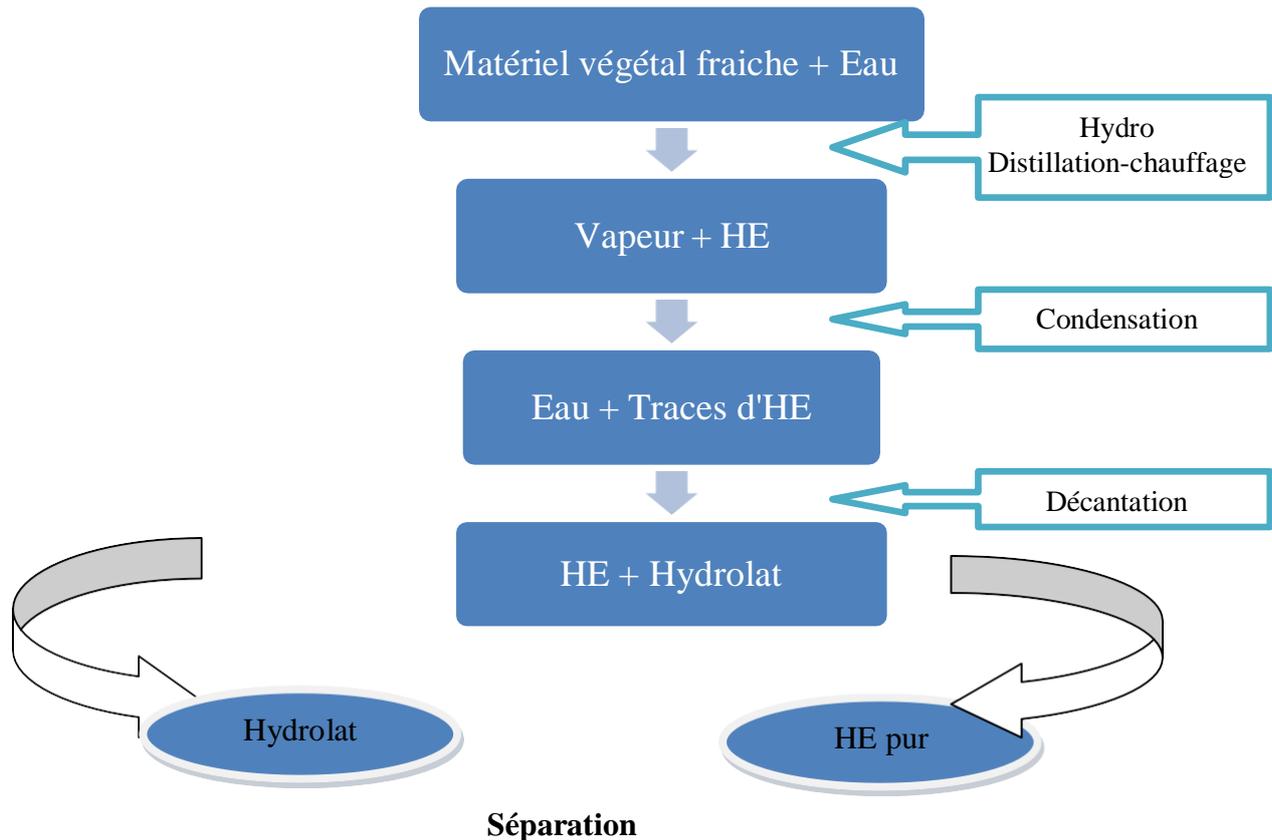


Figure 4 : Etapes d'extraction de l'huile essentielle.

- **Calcul du rendement des huiles essentielles :**

Selon les normes d'AFNOR ; le rendement en huiles essentielles (RHE) est défini comme étant le rapport entre la masse d'HE obtenue après l'extraction (MH) et la masse de la matière végétale utilisée (Mmv) sèche ou fraîche.

Le rendement est exprimé en pourcentage et donné par l'expression suivante :

$$\text{RHE (\%)} = (\text{ME} / \text{Mmv}) * 100$$

ME : la masse d'huile essentielle en gramme

Mmv : la masse de la matière végétale utilisée en gramme.

RHE : rendement en huiles essentielles.

- **Volume d'huile essentielle :**

Le volume de l'huile essentielle est déterminé grâce à la graduation millimétrique de l'éprouvette.

4.2. Caractéristiques organoleptiques des huiles essentielles :

L'appréciation des caractéristiques organoleptiques des huiles essentielles consiste à évaluer l'aspect, l'odeur et la couleur.

4.3. Analyses physicochimique des échantillons de la poudre de *Thymus vulgaris* L.

4.3.1. Détermination de la perte de masse à 103°C « Humidité » : selon la norme ISO 1573 / NA 716

• **Principe** : chauffage d'une prise d'essai de la poudre dans une étuve à 103± 2°C jusqu'à masse constante.

• **Mode opératoire** :

1-Introduire le vase à peser dans l'étuve réglée à 103± 2°C pendant 1h (le vase à peser, son couvercle enlevé et placé à ses cotés). Après cette durée, laisser refroidir dans le dessiccateur, mettre le couvercle et peser à 0,001g près.

2-Préparation de l'échantillon pour essai : bien mélanger l'échantillon.

3-Prise d'essai : peser à 0,001g près dans le vase à peser 4g de l'échantillon.

4-Introduire dans l'étuve réglée à 103± 2°C, le vase à peser et son contenu (le couvercle enlevé et placé à ses coté) durant 6h. Laisser refroidir dans le dessiccateur, mettre le couvercle et peser. Remettre le vase et son contenu dans l'étuve et chauffer à nouveau pendant 1h. Laisser refroidir et peser à nouveau. Recommencer ces opérations, si nécessaire, jusqu'à ce que la différence entre deux pesées successives ne dépasse pas 0,005g.

5-effectuer deux déterminations séparées sur le même échantillon pour essai.

• **Expression des résultats : mode de calcul et formule** :

La perte de masse à 103°C (humidité) exprimée en pourcentage en masse de l'échantillon est donnée par la formule :

$$\text{Humidité \%} = (m_0 - m_1) \times (100/m_0) \quad (1)$$

Où,

m_0 est la masse, en grammes de la prise d'essai;

m_1 est la masse, en grammes, de la prise d'essai séchée.

Prendre comme résultat la moyenne arithmétique des deux déterminations effectuées.

4.3.2. Détermination des cendres totales : selon la norme ISO 1575 (1987)/ NA

717

• **Définition :** Cendres totales : résidu obtenu après incinération à $525 \pm 25^\circ\text{C}$ dans les conditions spécifiées dans la norme **ISO 1575 / NA 717**.

•

• **Principe :** Destruction des matières organiques par chauffage à $525 \pm 25^\circ\text{C}$ jusqu'à masse constante.

• **Mode opératoire :**

1-Préparation de la capsule : introduire la capsule dans le four réglé à $525 \pm 25^\circ\text{C}$ et laisser pendant 1h. Laisser refroidir dans le dessiccateur. Après refroidissement, peser à 0,001g près.

2-Prise d'essai : peser à 0,001g près dans la capsule préparée, environ 5g de l'échantillon.

3-Chauffer la prise d'essai, dans la capsule, à une température voisine de 100°C jusqu'à élimination de l'eau. Introduire la capsule dans le four réglé à $525 + 25^\circ\text{C}$ et l'y laisser jusqu'à ce que les cendres soient visiblement exemptes de particules charbonneuses (une période d'au moins 2 h est généralement nécessaire). Laisser refroidir, puis humecter les cendres avec de l'eau distillée, sécher sur le bain d'eau bouillante puis sur la plaque chauffante. Remettre la capsule dans le four et l'y laisser séjourner 60 min, laisser refroidir dans le dessiccateur et peser. Chauffer à nouveau dans le four durant 30 min, laisser refroidir et peser; recommencer ces opérations, si nécessaire, jusqu'à ce que la différence entre deux pesées successives ne dépasse pas 0,001 g.

Effectuer deux déterminations séparées sur le même échantillon broyé.

Conserver les cendres totales pour la détermination éventuelle des cendres solubles dans l'eau et des cendres insolubles dans l'eau ou des cendres insolubles dans l'acide.

• **Expression des résultats : mode de calcul et formule :**

Les cendres totales, obtenues à partir de l'échantillon broyé, exprimées en pourcentage en masse par rapport à la matière sèche, sont données par la formule :

$$\text{Cendres totales \%} = m_1 \times (100/ m_0) \times (100/RS) \quad (2)$$

Où,

m_0 est la masse, en grammes, de la prise d'essai;

m_1 est la masse, en grammes, des cendres totales;

RS est la teneur en matière sèche, en pourcentage en masse, de l'échantillon broyé ;

Prendre comme résultat la moyenne arithmétique des deux déterminations effectuées.

4.3.3. Détermination des cendres solubles et insolubles dans l'eau : selon la norme ISO 1576 (1988)

• **Définition :** Cendres solubles dans l'eau : fraction des cendres totales dissoutes par l'eau chaude, dans les conditions spécifiées dans la norme **ISO 1576 / NA**.

Cendres insolubles dans l'eau: Fraction de cendres totales restant après traitement par l'eau dans les conditions spécifiées dans la présente Norme.

• **Principe :** Épuisement des cendres totales par l'eau chaude, filtration sur papier-filtre sans cendres, incinération et pesée du résidu afin de déterminer les cendres insolubles; calcul des cendres solubles par différence.

• **Mode opératoire :** Ajouter aux cendres totales, dans la capsule, 20 ml d'eau distillée (ou d'eau de pureté au moins équivalente), chauffer au voisinage de l'ébullition et filtrer sur le papier filtre. Laver la capsule et le filtre à l'eau distillée (ou de pureté au moins équivalente) chaude, jusqu'à l'obtention d'un volume total (filtrat et eau de lavage) de 60 ml environ. Remettre le filtre et son contenu dans la capsule, évaporer soigneusement l'eau au bain de vapeur et incinérer dans le four à $525 \pm 25^\circ\text{C}$, jusqu'à ce que les cendres soient exemptes de particules charbonneuses. Refroidir dans le dessiccateur et peser. Chauffer à nouveau au four durant 30 min, refroidir et peser; recommencer ces opérations, si nécessaire, jusqu'à ce que la différence entre deux pesées successives soit inférieure à 0,001 g. Noter la masse la plus faible. Effectuer deux déterminations en utilisant les résidus obtenus lors des deux déterminations des cendres totales.

• **Expression des résultats - mode de calcul et formule :**

- Cendres insolubles dans l'eau : Le pourcentage en masse de cendres insolubles dans l'eau, obtenues à partir de l'échantillon broyé, rapporté à la matière sèche, est donné par la formule :

$$\text{Cendres insolubles dans l'eau \%} = m_2 \times (100/m_0) \times (100/RS) \quad (3)$$

Où,

m₀ est la masse, en grammes, de la prise d'essai utilisée pour la détermination des cendres totales;

m₂ est la masse, en grammes, des cendres insolubles dans l'eau;

RS est la teneur en matière sèche, en pourcentage en masse, de l'échantillon broyé,

déterminée selon l'ISO 1572.

Prendre comme résultat la moyenne arithmétique des deux déterminations effectuées

-Cendres solubles dans l'eau : Le pourcentage en masse de cendres solubles dans l'eau, obtenues à partir de l'échantillon, rapporté à la matière sèche, est donné par la formule :

$$\text{Cendres solubles dans l'eau \%} = (m_1 - m_2) \times (100/m_0) \times (100/RS) \quad (4)$$

Où,

m₀, **m₂** et **RS** ont la même signification qu'en précédente formule; **m₁** est la masse, en grammes, des cendres totales.

4.3.4. Détermination des cendres insolubles dans l'acide : selon la norme ISO 1577

• **Définition** : cendres insolubles dans l'acide : fraction des cendres totales obtenues conformément à l'ISO 1575, restant après traitement par une solution d'acide chlorhydrique dans les conditions spécifiées dans la norme **ISO 1577**.

• **Principe** : Traitement des cendres totales par une solution d'acide chlorhydrique, filtration, incinération et pesée du résidu.

• **Mode opératoire** :

Ajouter, aux cendres totales obtenues conformément à l'ISO 1575 et contenues dans la capsule, 25 ml de la solution d'acide chlorhydrique. Couvrir la capsule, d'un verre de montre pour éviter les projections, et porter et maintenir la solution à ébullition douce durant 10 min.

Laisser refroidir et filtrer le contenu de la capsule sur papier filtre. Laver la capsule et le papier filtre avec de l'eau chaude jusqu'à ce que les liquides de lavage soient exempts d'acide [essai avec la solution de nitrate d'argent]. Mettre le papier filtre et son contenu dans la capsule, évaporer l'eau avec soin sur le bain d'eau bouillante et chauffer dans le four, réglé à 525 + 25 °C jusqu'à ce que le résidu soit visiblement exempt de particules charbonneuses. Laisser refroidir la capsule dans le dessiccateur et peser. Chauffer à nouveau dans le four durant 30 min, laisser refroidir et peser; recommencer ces opérations, si nécessaire, jusqu'à ce que la différence entre deux pesées successives ne dépasse pas 0,001 g. Noter la masse la plus faible.

• **Expression des résultats - mode de calcul et formule** :

Les cendres insolubles dans l'acide, obtenues à partir de l'échantillon broyé, exprimées en pourcentage en masse par rapport à la matière sèche, sont données par la formule :

$$\text{Cendres insolubles dans l'acide \%} = m_3 \times (100/m_0) \times (100/RS) \quad (5)$$

Où,

m_0 est la masse, en grammes, de la prise d'essai utilisée pour la détermination des cendres totales ;

m_3 est la masse, en grammes, des cendres insolubles dans l'acide;

RS est la teneur en matière sèche, en pourcentage en masse, de l'échantillon broyé.

4.4. Analyses microbiologiques des échantillons de *Thymus vulgaris L*

Les analyses microbiologiques visent à la recherche et le dénombrement de la microflore à incidence sanitaire et technologique.

La sécurité alimentaire, dont la qualité microbiologique des huiles essentielles et de la poudre de *Thymus vulgaris L* est une composante essentielle. Les analyses microbiologiques sont un des moyens d'autocontrôle pour vérifier la conformité de l'hygiène des échantillons analysés par rapport à la réglementation.

Les micro-organismes recherchés dans la poudre sont indiqués au **tableau 4**.

Tableau 4 : Critères microbiologiques des herbes séchées régis par **Arrêté interministériel du 2 Moharrem 1438** correspondant **au 4 octobre 2016** fixant les critères microbiologiques des denrées alimentaires. (**JORA N°39 de 2 juillet 2017**).

	Micro-organismes	Limites microbiologiques	
		m	M
Herbes. Séchées (thés, camomilles...)	Germes aérobies à 30°C	10 ⁴	10 ⁵
	Coliformes thermo tolérants	10	10 ²
	Moisissures	10 ³	10 ⁴
	Anaérobies sulfite réducteurs	10	10 ²
	<i>Salmonella</i>	Absence dans 25g	

m : nombre de germes présents dans 1g ou 1ml de produit analysé, qui correspond à la valeur en dessous de laquelle la qualité du produit est considérée comme satisfaisante. **M** : nombre de germes présents dans 1g ou 1ml de produit analysé, qui correspond à la valeur au dessus de laquelle la qualité du produit est considérée comme inacceptable

Les analyses microbiologiques réalisées sur la poudre et l'HE sont données par le **tableau 5 (Méthodes utilisées, incubation et lecture)**.

4.4.1. Préparation des dilutions :

A. Dilution de la poudre : On prépare la solution mère en diluant 10g de poudre dans 90ml du bouillon TSE (Tryptone Sel Eau) : rapport de dilution 1 :9 (**JORA N°63 de 2016**).

On prépare les solutions décimales à partir de la solution mère .A l'aide d'une pipette, on prend 1 ml de la solution mère (considérée comme dilution 10^{-1}), et on le met dans un tube à vis stérile, on y ajoute 9ml de TSE (Tryptone Sel Eau) et on homogénéise pour obtenir la solution 10^{-2} . On répète ces opérations, en utilisant à chaque dilution une nouvelle pipette stérile, pour l'obtention d'une série de dilutions décimales, appropriée pour l'ensemencement des milieux de culture (**JORA N°63 de 2016**).

B. Dilution de l'huile essentielle :

On prépare la solution A (Tween 80 + eau distillée) en diluant 1ml de Tween 80 dans 36ml d'eau distillée dans un flacon stérile, qu'on agite et met dans l'autoclave pour stérilisation à 120°C durant 27min. Pour préparer la solution mère on dilue 1 ml d'HE dans 9ml de solution A stérile. Les dilutions décimales ($10^{-2}, 10^{-3}$) sont préparées successivement ensuivant les mêmes étapes.

Tableau 5 : Analyses microbiologiques effectuées sur la poudre et l'huile essentielle

Germe	Méthodes	Incubation	Lecture
Germes aérobies à 30°C	Ensemencement en masse	37°C 24 à 48h	Dénombrer les colonies blanches lenticulaires
Coliformes thermo-tolérants	Ensemencement en masse	$42-44^{\circ}\text{C}$ 48h	Dénombrer les colonies pourpres entourées d'un halo pourpre

Moisissure et levures	Ensemencement surface	25°C 4 à 5 jours	levures: dénombrer les colonies rondes et lenticulaires, en profondeur. Moisissures: dénombrer sur la surface, les propagules ou les colonies rondes et lenticulaires ou présentant des fructifications colorées et des formes de sporulation.
Anaérobies sulfite-réducteurs (ASR)	Ensemencement en masse (dans des tubes : 2 tubes avec la solution mère et 2 tubes avec la dilution 10^{-2})	37°C 48h	Dénombrement de colonies caractéristiques de couleur noire. Calcul du nombre de bactéries par millilitre ou par gramme d'échantillon, à partir du nombre de colonies obtenues sur les tubes.
Salmonella	RV : Enrichissement sélectif dans milieu liquide 1 tube (10^{-1})	37°C 24h	Présence d'un trouble/noircissement du milieu
	XLD : Ensemencement en surface, par stries	37°C /24h	Présence de colonies rouges à centre noir

4.4.2. Recherche et dénombrement des micro-organismes :

A. Recherche et dénombrement des germes aérobies à 30°C:

• **Milieu de culture :** gélose trypticase soja (TSA)

• **Mode opératoire :** au sein de la zone stérile, on disperse 1 ml de la dilution au fond de chaque boîte Pétri vide (3 boîtes pour 3 dilutions : $10^{-1}, 10^{-2}, 10^{-3}$), on coule la gélose en surfusion (45 °C) dans les boîtes puis on mélange avec précaution par rotation lente et on laisse la gélose se solidifier, avant incubation à 37°C pendant 24 à 48h.

B. Recherche et dénombrement des coliformes thermo-tolérants :

- **Milieu de culture :** milieu lactosé biliée au cristal violet et au rouge neutre (VRBL)
- **Mode opératoire :** on suit les mêmes étapes précédentes. Incubation à 42-44°C

pendant 48h.

C. Recherche et dénombrement des moisissures et des levures :

- **Milieu de culture :** Gélose à l'oxytétracycline glucose (OGA)
- **Mode opératoire :** on coule la gélose en surfusion (45 °C) dans les boîtes (3 boîtes pour 3 dilutions : 10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3}) et on la laisse se solidifier ; on prélève, avec une pipette stérile, 1 ml de la dilution qu'on met sur la surface de la gélose solide ; étaler le liquide sur la surface de la boîte de gélose avec une pipette stérile en forme râteau jusqu'à ce que le liquide soit entièrement absorbé par les milieux. Incuber les boîtes, couvercles en haut, à 25°C pendant 4 à 5 jours (JORA n°52 2015).

D. Recherche et dénombrement des anaérobies sulfito-réducteurs (dans la poudre):

- **Milieu de culture :** Viande Foie (VF) + additifs (sulfite de sodium + alun de fer)
- **Mode opératoire :** Prendre 2 tubes stériles. A l'aide d'une pipette stérile, transférer dans chaque tube 1 ml de suspension mère. Prendre deux autres tubes stériles. A l'aide d'une nouvelle pipette stérile, transférer 1 ml de la dilution 10^{-2} dans un tube à vis, on met les tubes fermés dans un bain marie (80°C pendant 10min), en les sortant, on les met sous l'eau froide du robinet (le choc thermique est réalisé pour éliminer les formes végétatives de bactéries formant des spores et/ou les bactéries non sporulées) ; après, on coule la gélose VF+additifs dans les tubes (11ml), on ferme et homogénéise, avant incubation à 37°C pendant 24 à 48h (JORA n°51- 2013).

E. Recherche la *Salmonella* :

Afin de rechercher *Salmonella*, on procède à une méthode de 3 phases selon la norme **EN ISO 6579**.

-La première phase consiste en une revivification grâce à la réalisation d'une suspension mère de pré-enrichissement, dans laquelle l'échantillon dilué au dixième Le bouillon TSE a été utilisé comme diluant.

- La deuxième étape consiste en un enrichissement des Salmonelles par l'entremise d'un milieu dit « sélectif » dont la formulation a été spécialement mise au point pour favoriser la

multiplication de celles-ci au détriment de la flore compétitrice. Le milieu d'enrichissement Rappaport-Vassiliadis (**RV**) est le plus utilisé étant donné son excellente sélectivité due à son haut pouvoir osmotique, à son pH bas, à sa faible teneur en éléments nutritifs et au fait que les Salmonelles offrent une résistance importante au vert de malachite contenu dans ce milieu, incubé à 37°C pendant 24h.

- Les méthodes prévoient ensuite un isolement, qui consiste en un étalement sur boîtes de Pétri contenant également des milieux sélectifs. Cela permet de visualiser les colonies caractéristiques, dont le nombre aura été considérablement augmenté durant les phases précédentes. Le milieu qui a été utilisé est **la gélose XLD (xylose-lysine-désoxycholate)**. Après une incubation à 37°C pendant 24h, on recherche des colonies rouges à centre noir (**Ben Salem, 2007**).

4.5. Evaluation de l'activité antimicrobienne de l'huile essentielle et de poudre de *Thymus vulgaris L* en milieu solide

4.5.1. Méthode Antibiose : En milieu solide

L'évaluation de l'activité antibactérienne des extraits de *Thymus vulgaris L*. a été réalisée selon la méthode de diffusion par disque sur gélose (**NCCLS, 2002**). Nous avons choisi d'évaluer nos extraits sur un panel représentatif de bactéries Gram (-) et Gram (+). Les germes qui ont été testés pour déceler l'activité antimicrobienne des échantillons de *Thymus vulgaris L*. sont donnés par le **Tableau iii2**.

-But : C'est une méthode quantitative, permettant de tester l'existence de l'activité antimicrobienne, qui se traduit par la formation d'une zone d'inhibition autour de la source à caractère antimicrobien.

-Principe : Elle consiste à utiliser des disques buvards ; imprégnés dans la substance à tester à une dose bien déterminée. Les disques sont déposés à la surface d'une gélose uniformément ensemencée avec une suspension des germes utilisés. Après 24 heures d'incubation, il s'établit un gradient de concentration de la substance à tester, l'interaction entre les germes et cette dernière s'exprime par une zone d'inhibition (Amhis, 2001). Puis on mesure les diamètres des éventuelles zones d'inhibition observées autour des disques (Loubaki et *al.* 1999, a). Plus le diamètre de la ZI est grand, plus que les souches sont sensibles à la substance. Plus qu'il est petit, plus qu'elles sont résistantes (Faucher et *al.* 1997).

-Protocole expérimentale : Travail s'effectue dans des conditions aseptiques, à côté du bec benzène entouré du matériel stérilisé auparavant et déposé sur une paille bien nettoyées avec l'eau de javel.

1. Préparation de l'inoculum

a- Bactérien

L'inoculum est préparé à partir d'une culture de 18 heures sur milieu d'isolement comme suit : cinq colonies bien isolées et parfaitement identiques sont raclées à l'aide de l'anse de platine puis déchargées dans 10 ml d'eau physiologique stérile à 0,9%. La suspension bactérienne est ensuite homogénéisée. Son opacité doit être équivalente à 0,5 McFarland où à une DO de 0,08 à 0,10 à 625 nm pour les bactéries. L'inoculum peut être ajusté en ajoutant de la culture s'il est trop faible, ou bien de l'eau physiologique s'il est trop fort.

b- Levurien

A partir d'une culture pure, on prélève une colonie bien isolée de *Candida albicans* que l'on ensemence sur un milieu Sabouraud liquide incubé à 30°C pendant 18 h. On effectue ensuite des dilutions jusqu'à l'obtention de 10^5 cellules/ml c'est-à-dire DO varie entre 0,12 et 0,15 à la longueur d'onde $\lambda = 530$ nm pour les levures (turbidité équivalente à 0,5 McFarland)

c- fongique

On prélève 3 à 4 disques d'agar de 5 mm de diamètre avec la manche de la pipette Pasteur, à partir de la périphérie d'une culture fongique pure. Les disques sont ensuite déposés à la surface du milieu gélose Sabouraud et incubés à 25°C, pendant 3 à 4 jours.

2. Préparation des dilutions des extraits du *Thymus vulgaris L* :

- 1000µg la poudre de *Thymus vulgaris L*. a été mélangée avec 10mL de DMSO ; la concentration est de 100 µg/ml. (100%)
- 500µg de la poudre de *Thymus vulgaris L* a été mélangé avec 10ml de DMSO ; la concentration est de 50 ug/ml. (50%)
- 0.5 ml de l'huile essentielle de *Thymus vulgaris L* a été mélangé avec 0.5ml de DMSO pour avoir une concentration de 50% d'huile essentielle.
- Huile essentielle (100%)

3. Ensemencement

-Couler 15 ml de la gélose Mueller –Hinton (pour les bactéries) et Sabouraud (pour les champignons et les levures) sur les boîtes de pétri (25 mm) et laisser refroidir à la température ambiante.

- L'ensemencement des bactéries doit se faire dans les 15 minutes qui suivent la préparation de l'inoculum à l'aide d'un écouvillon stérile. Ce dernier est trempé dans la suspension bactérienne puis essoré en le pressant fermement sur la paroi interne du tube, afin de le décharger au maximum. Après ensemencement en frottant l'écouvillon sur la totalité de la surface gélosé (le frottement se fait de haut en bas, en stries serrées cette opération est répétée deux fois, en tournant la boîte de 60° à chaque fois)

-Les boîtes de Pétri contenant le milieu de culture approprié (milieu Sabouraud) sont ensemencées par la levure par écouvillonnage ou par un disque d'agar de 5 mm de diamètre issue de chaque culture fongique (2 à 3 disques ensemencés séparément et en parallèle/boîte).

4. Application des disques

1- Dépôt des disques imprégnés des extraits de poudre différentes concentrations (100µg/ml et 50µg/ml) ou de l'HE (100% ou 50%) ; au centre de la gélose à l'aide d'une pince permettant son adhésion sur la gélose (ensemencée soit par les bactéries, ou les champignons)

2- Dépôt des disques d'antibiotiques gentamycine , vancomycine pour les bactéries ou econazole pour les champignons (témoin positif) et des disques imprégnés de DMSO (témoin négatif) sur les boîtes ensemencées par les bactéries, et les champignons.

- Laisser diffuser pendant 30 minutes,

- Les boîtes renversées sont mises dans l'incubateur à 37°C pendant 24h (pour les bactéries) à 30°C pour les levures et à 25°C pour les champignons .

5. Lecture des antibiogrammes

La lecture des antibiogrammes a été faite par la mesure des diamètres des halos d'inhibitions autour des disques à l'aide d'un pied à coulisse. Les résultats sont exprimés par le diamètre de la zone d'inhibition et peut être symbolisé par des signes d'après la sensibilité des souches vis-à-vis des extraits (Moreira et al., 2005). La sensibilité aux différents extraits est classée selon le diamètre des zones d'inhibition (Tableau 6).

Tableau 6: Estimation de la sensibilité des souches

Diamètre (mm)	Activité antimicrobienne	Souche
D < 7	Nulle	Résistante
D [7-14]	Faible	Sensible
D [15-19]	Moyenne	Très sensible
D > 20	Forte	Extrêmement sensible

4.5.2- Détermination de la concentration minimale d'inhibition (CMI)

1- Préparation de l'inoculum

L'inoculum bactérien et fongique est préparé de la même manière que précédemment

2- Préparation des dilutions d'HE dans le milieu de culture

2,5 ml de tween 80 (c'est une polysorbate, hydrophile qui oriente les émulsions dans le sens "huile dans l'eau", autrement dit qui disperse la phase huileuse dans la phase aqueuse de manière obtenir une émulsion du type HE) sont ajoutés à 90 ml d'eau distillée. L'ensemble est stérilisé à 120 °C pendant 15 mn (solution A). On prépare ensuite une solution mère contenant 9 ml de la solution (A) et 1 ml d'HE que l'on agite fortement en utilisant le vortex pour une bonne dispersion de l'HE. A partir de cette dernière, on prépare des dilutions successives avec de l'eau distillée. On obtient ainsi différentes concentrations en HE (10^{-1} à 10^{-5}).

Dans des tubes à essai, on ajoute 13,5 ml du milieu Mueller-Hinton pour les bactéries ou Sabouraud pour les champignons (Gélose en surfusion) à 1,5 ml de la solution mère et à 1,5 ml des diverses dilutions. On obtient ainsi des concentrations en HE dans le milieu de culture de 10^{-1} à 10^{-5} .

Le tube témoin contenant 13.5 ml du milieu Mueller-Hinton et 1,5 ml de la solution A.

Les tubes à essai et le tube témoin sont bien agités au vortex puis leur contenu est versé dans des boîtes de Pétri.

3- Etape d'ensemencement

a- Ensemencement des Bactéries et *Candida albicans*

A la surface du milieu contenant les différentes dilutions d'HE, on ensemence les bactéries ou la levure par écouvillonnage. Les souches sont ensemencées séparément et en parallèle à raison de 5 à 6 /boîte de Pétri. Les boîtes sont ensuite incubées à 37°C pour les bactéries pendant 24h et à 30°C pour la levure pendant 48H.

La lecture de la CMI est la plus faible concentration d'huile essentielle inhibant toute croissance bactérienne ou de la levure.

b-Ensemencement des champignons filamenteux

Un disque d'agar de 5 mm de diamètre de chaque culture fongique pure et jeune est déposé à la surface du milieu Sabouraud en présence des différentes concentrations en HE. L'incubation se fait pendant 5 jours.

La CMI est la plus faible concentration d'HE inhibant toute croissance fongique.

4.6. Préparation des échantillons de la mayonnaise :

A. Ingrédients alimentaires :

Les ingrédients utilisés pour l'obtention des échantillons expérimentaux sont : l'huile alimentaire de soja (67,3%), le jaune d'œuf de poule(13,1%), le vinaigre à (10,9 %), la moutarde (4,4 %), le sel(2,2%) , le sucre(2,2 %) et la poudre ou l'HE du *Thymus vulgaris L.*

B. Formulation de la mayonnaise :

Dans l'objectif d'étudier l'impact de l'addition de poudre ou d'HE de *Thymus vulgaris L.* sur la qualité physicochimique, organoleptique et microbiologique d'une mayonnaise, 5 échantillons ont été préparés : 2 avec les taux de poudre 0,04% et 0,3%, 2 avec les taux d'HE 0,005% et 0,02% et 1 témoin.

Il est à signaler que la poudre et l'huile du *Thymus vulgaris L.* ont été mélangés à l'huile de soja avant la préparation de la mayonnaise pour éviter l'aspect granuleux et la forte saveur qu'ils peuvent donner à la mayonnaise. La masse de mayonnaise préparée est 500g pour chaque échantillon.

C. Préparation de la mayonnaise :

On prélève 5 échantillons de l'huile de préparation (100g pour chaque échantillon), on ajoute à 4 d'entre eux la quantité de poudre ou d'HE nécessaire pour l'obtention des taux définis au **Tableau 7**. On agite pour bien mélanger.

Tableau 7 : Les échantillons préparés

Echantillon	Masse de poudre ou d'HE de <i>T.vulgaris</i> L. (g)	Masse d'huile (g)	Taux (%) de la poudre ou l'HE
MZT (témoin)		100	-
MZ1	0,03 g d'HE	100	0,005
MZ2	0,12g d'HE	100	0,02
MZ3	0,2 g de poudre	100	0,04
MZ4	1,5 g de poudre	100	0,3

La mayonnaise a été préparée en suivant la méthode d'**Evanuarini et al. (2016)** avec modification. On mélange le sel, le sucre, la moutarde avec le jaune d'œuf à l'aide d'un mixeur à sens unique. On ajoute le vinaigre puis l'huile de soja mélangée précédemment avec la poudre ou l'HE du *T.vulgaris*. On règle la vitesse du mixeur au maximum jusqu'à l'obtention d'une masse dense (**Figure 5**). Les échantillons de mayonnaise préparés ont été placés dans des boîtes alimentaires stériles en verre et conservés à température ambiante $25 \pm 1^\circ\text{C}$.

4.6.1. Caractérisation et stabilité de la mayonnaise pendant le stockage :

Les analyses microbiologiques et physico-chimiques ont été effectuées sur les échantillons de mayonnaise placés à $25 \pm 1^\circ\text{C}$ après 15 et 30 jours de stockage. Cependant, les analyses sensorielles n'ont été effectuées qu'après 30 jours. La mayonnaise préparée a été comparée à une mayonnaise commerciale (MZC).

4.6.2. Analyses sensorielles :

L'analyse sensorielle est extrêmement importante dans la fabrication d'une mayonnaise. Les indicateurs de la qualité organoleptique des échantillons de la mayonnaise ont été déterminés selon les critères suivants: couleur, odeur, saveur et texture. L'évaluation organoleptique a été réalisée par un panel constitué de 10 dégustateurs.

A. Paramètres sensorielles :

Dans notre travail, nous avons étudié les caractéristiques sensorielles suivantes :

- **Odeur** : L'odeur du produit est détectée par les récepteurs olfactifs dans le nez si elle est agréable ou désagréable (Itab, 2019).

- **Saveur** : Elle est détectée après la dégustation du produit par les bourgeons gustatifs de la bouche, les saveurs qu'on peut déceler sont le sucré, salé, acide, amer et piquant (Briand, 2018).

- **Couleur** : La couleur d'un aliment est importante dans le choix de ce que l'on mange, détectée par la vue (Toussain, 2003).

- **Texture** : L'analyse de texture consiste donc à analyser un produit alimentaire du point de vue de la sensation ressentie lorsque ce produit est mis en bouche avant son ingestion (Picard, 2013).

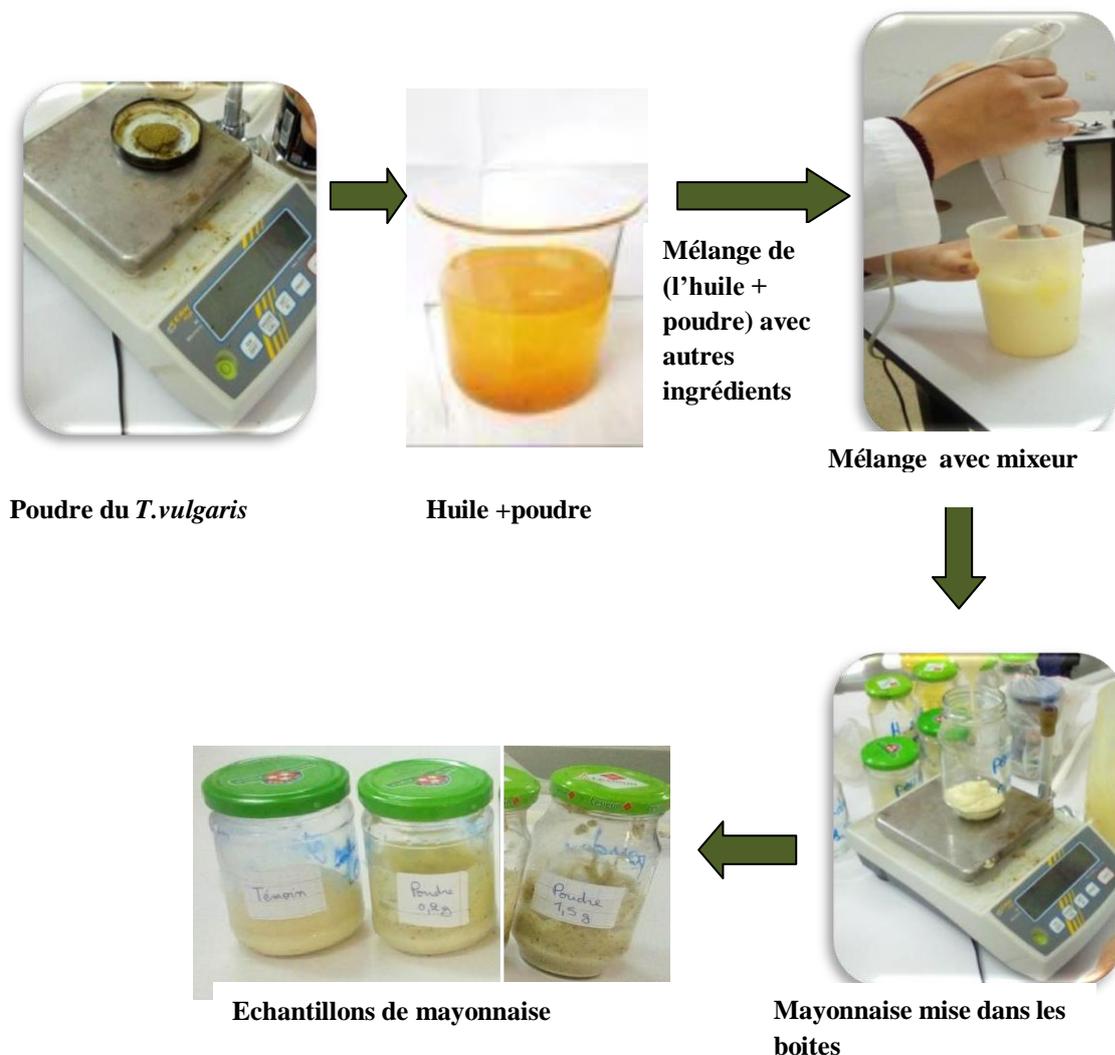


Figure 5 : Préparation de la mayonnaise avec la poudre de *Thymus vulgaris* L.

B. Déroulement de l'analyse

Le panel sensoriel est composé de 10 dégustateurs. Ces derniers ne sont pas des fumeurs et n'avaient consommé aucune nourriture ou boissons qui pourraient influencer leurs perceptions pendant une période d'une heure avant l'analyse.

4.6.3. Caractérisation physico-chimiques des mayonnaises préparées :

Les analyses physico-chimiques des échantillons ont été effectuées au niveau du laboratoire d'analyse Contrôle de la Qualité et de l'Emballage dans la commune de DIAR-ELBAHRI wilaya de BLIDA, correspondant à la détermination des paramètres suivants:

- A. Le pH.
- B. Teneur en sel.
- C. Teneur en humidité.
- D. Teneur en matière grasse.

A. Détermination du pH

La détermination du pH consiste à la mesure de l'acidité ou de l'alcalinité d'un produit. Dans notre étude, la mesure du pH est réalisée avec un pH-mètre en introduisant la sonde à l'intérieur de l'échantillon. Le résultat est directement lu sur l'écran de l'appareil « **NFV 05-108(1970)** », décrit par **AFNOR (1982)**.

B. Teneur en sel (NaCl)

La présente méthode de détermination de la teneur en chlorure de sodium est applicable à tous les corps gras.

- **Principe**

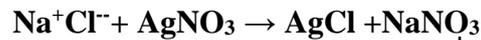
Après avoir fait fondre la mayonnaise par l'adjonction d'eau bouillante, en titre les chlorures du mélange avec une solution titrée de nitrate d'argent (AgNO_3), en présence de chromate de potassium (K_2CrO_4) comme indicateur colorée, selon la méthode de **MOHR (ISO 885/1.02.2004)**.

- **Mode opératoire**

Peser à 0,01 g près approximativement 5 g de l'échantillon dans un Erlenmeyer. Ajouter avec précaution 100 ml d'eau distillée bouillante. Laisser reposer pendant 5 à 10 min, en

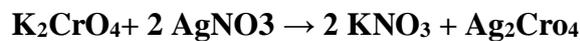
agitant périodiquement jusqu'à ce que le mélange atteigne 50 à 55°C (température de dosage). Ajouter ensuite sous agitation 2 ml de la solution de chromate de potassium. Titrer par la suite avec la solution de nitrate d'argent jusqu'à ce que le virage à la couleur rouge brique persiste pendant 30s.

La méthode se base sur la réaction entre les ions de Cl⁻ et le nitrate d'argent AgNO₃. Le chlorure d'argent se précipite.



Précipité blanc

Au point d'équivalence, une faible concentration en ion Ag⁺ provoque la coloration au rouge brique du K₂CrO₄ (chromate de potassium).



↓ Rouge brique

- **Méthode de calcul:**

$$\text{Sel (\%)} = 5.85 * [(\text{Volume (AgNO}_3)_{\text{échantillon}} - \text{Volume (AgNO}_3)_{\text{essai à blanc}}) * 0,1] / m_0$$

m₀ : est la masse, en grammes, de la prise d'essai.

C. Détermination de la teneur en humidité

La méthode utilisée pour estimer la teneur en humidité est la méthode de dessiccation par l'étuve à 103°C «NFT 60-306, Juin 1976», décrite par AFNOR (1982). Les matières sèches sont le résidu sec des produits alimentaires après l'évaporation de leur humidité qui sera la différence entre la masse initiale et la masse finale du produit.

***Loi de calcul d'humidité totale:**

$$\text{Taux d'humidité \%} = * (m_1 (\text{g}) + \text{prise d'essai (g)} - m_0(\text{g}) / \text{prise d'essai (g)}] * 100$$

m₀: masse de la capsule vide

m₁: masse finale

D. Teneur en matière grasse**D.1.Principe**

Dissoudre l'échantillon dans un solvant organique et en suite on possède au séchage de la matière restante pour éliminer la teneur en eau (**ISO : 3594 :1976**).

D.2.Mode opératoire

- _ Peser des creusets vides;
- _ Peser à 0,001g près, environ 5 ou 10 g de l'échantillon pour essai;
- _ Mettre les échantillons sur une plaque chauffante;
- _ Ajouter 25 ml de solvant organique (éther ou éthanol);
- _ Agiter bien et laisser reposer (nous avons répété 3 fois)
- _ Récupérer le surnageant;
- _ Introduit le reste dans l'étuve à 103°C pendant 2 h.

***Expression des résultats**

La teneur en matière grasse est déterminée selon la formule suivante :

$$\text{Matière non grasse (\%)} = [(masse initiale - masse finale)/prise d'essai + *100$$

$$\text{Matière grasse (\%)} = 100 - (\text{humidité} + \text{matière non grasse})$$

4.6.4. Analyses microbiologiques :

Les analyses microbiologiques ont été réalisées afin d'évaluer la qualité microbiologique de la mayonnaise.

A. Préparation de dilutions :

- La préparation de la solution mère se fait par introduction de 10 g d'échantillon dans un flacon stérile contenant 90 ml de TSE (Tryptone Sel Eau) , puis homogénéiser le mélange.

- A partir de la solution mère réaliser d'autres dilutions décimales, dont 1 ml de la dilution précédente dans 9 ml de TSE (Tryptone Sel Eau) jusqu'à 10^{-3} , avec changement de pipette entre chaque dilution.

B. Recherche et dénombrement des différents micro-organismes :

1. Recherche de levures et de moisissures
2. Recherche et dénombrement des germes aérobies à 30°
3. Recherche et dénombrement des *E.coli*
4. Recherche et dénombrement de Staphylocoque à coagulase +
5. Recherche et dénombrement de salmonelle

4.7. Analyse statistique :

Le traitement des résultats obtenus a été réalisé par XLSTAT 2007 .

Résultats et Discussion :**1. Calcul du rendement des l'huiles essentielles:**

Les rendements en pourcentage des huiles essentielles trouvées du *Thymus vulgaris L.* de la région d'Ain defla est de 1.38%

Ce résultat serait dû à l'un des (ou aux) facteurs suivants :

- Aux précipitations et températures élevées de juillet à décembre de cette station et qui sont favorables à une meilleure production d'HE,

- A la faible altitude en (m) de la station de Ain-Defla. Ce paramètre joue un rôle positif d'un meilleur rendement en HE comme cela a été rapporté par **Rolet(1930) et Bellakhdar et al.(1984)**,

- Et à son degré d'aridité plus faible qui implique un développement plus important de la plante et donc un meilleur rendement.

Ce résultat trouvé serait dû à l'un des (ou aux) facteurs suivants :

- Aux précipitations et températures élevées de juillet à décembre de la station de Ain-Defla et qui sont favorables à une meilleure production d'HE,

- A la faible altitude en (m) de la station de Ain Defla . Ce paramètre joue un rôle positif d'un meilleur rendement en HE comme cela a été rapporté par **Rolet(1930) et Bellakhdar et al.(1984)**,

- Au degré d'aridité plus faible qui implique un développement plus important de la plante et donc un meilleur rendement.

- et probablement il est dut au chémotype de la plante (**Garnero, 1975**).

Le rendement trouvé de la région d'Ain Defla est supérieure à ceux de *Thymus vulgaris et Thymus satueioides* (0,05% et 1,1%) trouvés par **Eloualilalami (2013)** et à celui trouvé (0,9%) par (Dob et al, 2006). Cependant il est inférieur à la valeur 2% établie par **Haddouchi et al (2009)**.

2. Caractères organoleptiques des huiles essentielles de *Thymus vulgaris L* :

Les caractéristiques organoleptiques des HE de *du Thymus vulgaris L.* de la région d'Ain-Defla obtenus par la méthode hydro distillation sont représentées dans **la figure 6 et le tableau 8** Selon Afnor les résultats trouvés répondent aux normes **AFNOR 1989**

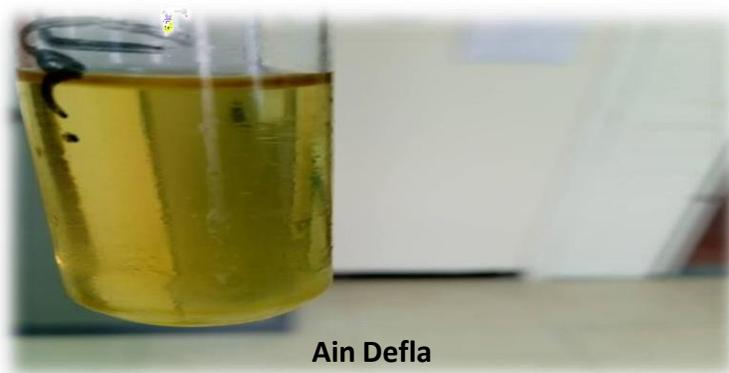


Figure 6 : Huile essentielle du *thymus vulgaris L.* de région d'Ain-Defla

Tableau 8: caractéristiques organoleptique de l'huile essentielle de *Thymus vulgaris L* récoltées à Ain Defla

Origine	Aspect	Couleur	Odeur
Huile essentielle du <i>Thymus vulgaris</i> (region d' Ain Defla)	Liquide mobile	Vert jaunâtre	odeur piquante et légèrement épicée
Norme Afnor (1989)	Liquide mobile	Couleur traditionnellement allant du brun au brun-rouge	Odeur caractéristique aromatique, phénolique (thymol) avec un fond légèrement épicé

3. Analyses physicochimique des échantillons de la poudre de *Thymus vulgaris L.*

Les paramètres étudiés sont : perte de masse à 103°C « humidité », la teneur en cendres totales, les cendres insolubles dans l'acide et les cendres insolubles dans l'eau.

L'humidité nous informe sur l'état de conservation de la poudre. L'humidité élevée favorise la croissance des moisissures dans la poudre. La détermination de la teneur en cendres totales aide à détecter les produits de qualité inférieure, les produits épuisés ou qui contiennent un excès en matière minérale. De même, la teneur en cendres insolubles en acides donne une idée sur la pureté du contenu inorganique totale, en déterminant s'il ya des cailloux, du sable et des particules similaires qui affecte la qualité du produit.

3.1. Humidité:

L'humidité nous informe sur l'état de conservation de la poudre ; une humidité élevée favorise la croissance des moisissures dans la poudre. Le taux d'humidité du thym broyé est important à la fois pour la stabilité et la valeur gustative. Il doit être suffisamment sec pour éviter une odeur et une saveur de moisi, tout en étant humide pour conserver le caractère optimal de l'odeur et de la saveur (Khelifi, 2022).

Les résultats de l'humidité sont inférieurs aux valeurs standards selon **ISO 6754 : 1996 (Tableau 9)**. Cependant, elle est supérieure à celle trouvée par **Yakhlef, G. (2010)** qui est de 9,40% ($\pm 0,03$). L'humidité supérieure à 10% ne peut pas assurer une bonne conservation, à long terme, de la poudre selon **Paris et Moyse, 1965**.

Tableau 9 : Résultats de l'analyse physico-chimiques de la poudre du *Thymus vulgaris* L.

	Echantillon	Spécifications chimiques du thym séché (ISO 6754 : 1996)
Humidité (%)	10,49 \pm 0,050	max 12,0
Les cendres totales (%)	9,07 \pm 0,037	max 14,0
Les cendres insolubles dans l'acide (%)	1,28 \pm 0,259	max 3,5
Les cendres insolubles dans l'eau (%)	7,30 \pm 0,158	–
Les cendres solubles dans l'eau (%)	1,69 \pm 0,078	–

3.2. Teneur en cendres :

La détermination de la teneur en cendres totales aide à détecter les produits de qualité inférieure, les produits épuisés ou qui contiennent un excès en matière minérale. De même, la teneur en cendres insolubles en acides donne une idée sur la pureté du contenu inorganique totale, en déterminant s'il ya des cailloux, du sable et des particules similaires qui affecte la qualité du produit (Eurolab, 2023).

Les résultats du **Tableau 9** montrent un taux de cendres total élevé de 9,07 \pm 0,037, et inférieur aux normes (max 14,0) **ISO 6754 de 1996**. La teneur en cendres est considérablement supérieure à celle de la poudre des feuilles de *Moringa oleifera* (2,38%).

Les valeurs des cendres solubles dans l'eau étaient de $1,69 \pm 0,078\%$ et des cendres insolubles dans l'acide de $1,28 \pm 0,259\%$, respectivement. Ces dernières valeurs sont inférieures aux normes (max 3,5) fixés par **ISO 6754 en 1996**. Cependant les cendres insolubles dans l'eau sont supérieures aux valeurs des cendres solubles dans l'eau et insolubles dans l'acide soit $7,30 \pm 0,158\%$.

4. Analyses microbiologiques

Nous avons réalisé deux types d'analyse : Analyse microbiologique de la poudre et celle de l'huile essentielle de *Thymus vulgaris L.* récoltée dans la région d'Ain Defla. Les résultats sont donnés par les **tableaux 10 et 11**.

A . Poudre du *Thymus vulgaris L.* :

Les résultats microbiologiques de la poudre sont illustrés dans le **tableau 10 et les figures de 7 et 8**

Tableau 10: Résultats microbiologiques de la poudre *Thymus vulgaris L.*

Germe	Résultats	Limites microbiologiques (UFC ⁽¹⁾ /g ou UFC/ml)		Références
		m ⁽²⁾	M ⁽³⁾	
Germe aérobies	10 ³ UFC/ml	10 ⁴	10 ⁵	J.O.R.A N° 39.2017
Coliformes thermotolérants	AB S	10	10 ²	J.O.R.A N° 39.2017
Anaérobies sulfite-réducteurs	108 UFC/ml	10 ²	10 ²	J.O.R.A N° 39.2017
Moisissures	11591UFC/ml	10	10 ²	J.O.R.A N° 39.2017
Salmonelle	AB S	Absence dans 25 g		J.O.R.A N° 39.2017

¹Unité formant colonie ; ² m : nombre de germes présents dans 1g ou 1ml de produit analysé, qui correspond à la valeur en dessous de laquelle la qualité du produit est considérée comme satisfaisante. M : nombre de germes présents dans 1g ou 1ml de produit analysé, qui correspond à la valeur au dessus de laquelle la qualité du produit est considérée comme inacceptable

Notre échantillon contient $1,7 \times 10^4$ de micro-organismes. Il est inférieur au nombre total de micro-organismes trouvé dans l'échantillon de *Thymus* ($1,2 \times 10^5$) découvert par **Baxter et Holzapfel (1982)**. les coliformes thermo tolérants et les salmonelles se montrent totalement

absents dans la poudre du *Thymus vulgaris L.*. Ces résultats sont en accord avec les normes (JORA N° 39/2017) et avec les résultats de **Noor et al. (2013)** sur les salmonelles. Cependant, **Sagoo et al. (2009)** ont trouvé des niveaux élevés d'*Escherichia coli* (2,1 % et au moins 10² UFC/g).

Le résultat des Germe aérobies (103 UFC/ml) correspond à la limite microbiologique à 30 °C. Cependant, l'analyse microbiologique des anaérobies sulfito-réducteurs et des moisissures a révélé des valeurs supérieures aux normes données **JORA No. 39.2017**, qui sont de 108 UFC/m et de 11591 UFC/ml, respectivement. Ces dernières valeurs dépassent les limites microbiologiques. Cela est probablement dû aux conditions de stockage et une charge microbienne initiale élevée. (**Figures 7 et 8**)(**le reste des photos voir l'annexe**)

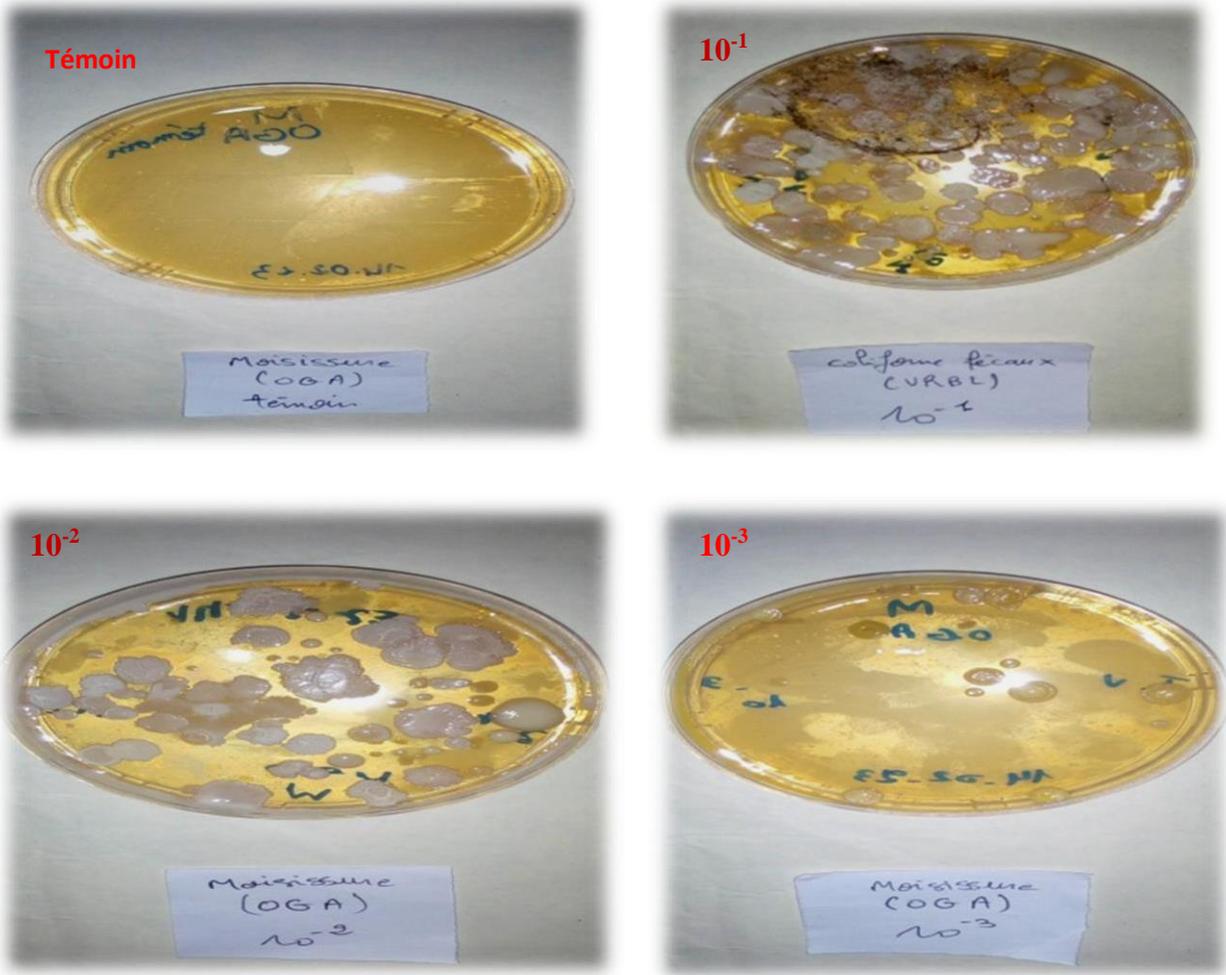


Figure 7: Résultats microbiologiques des levures et des moisissures

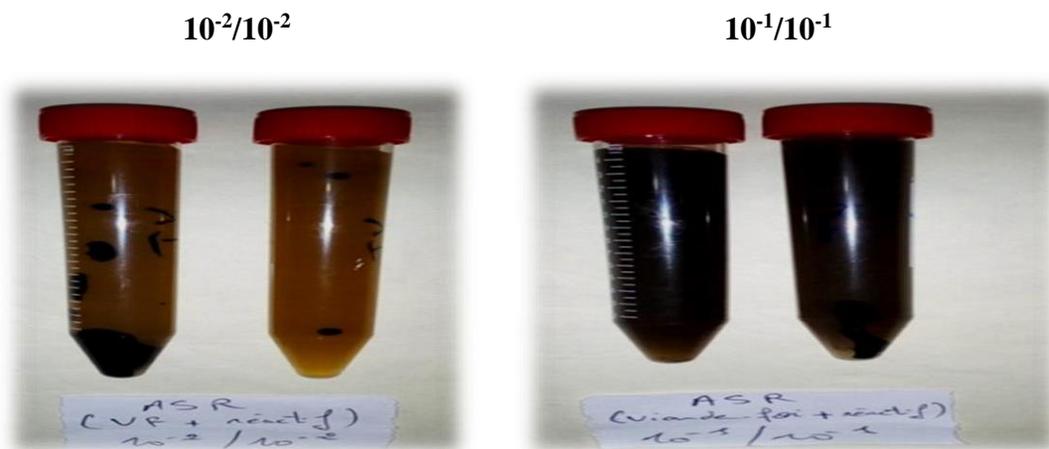


Figure 8 : Résultats microbiologiques des Anaérobies sulfito-réducteurs

B . Huile essentielle de *Thymus vulgaris L.* :

Les résultats de la recherche bactériologique des germes de contamination sont récapitulés dans le **tableau 11** et les **figures de 9 à 10 (le reste des photos dans l'annexe)**

Tableau 11 : Résultats microbiologiques de l'huile essentielle de *Thymus vulgaris L.*

Types de micro- organismes	Résultats	Limites microbiologiques		Références
		UFC/g ou UFC/ml		
		m	M	
Micro-organismes aérobies mésophile. Totaux	ABS	≤ 10 ²	≤ 2 x 10 ²	J.O.R.A N°16.2020
Levures et moisissures	ABS		≤ 10 ²	J.O.R.A N°16.2020
<i>Escherichia coli</i>	ABS	Absence dans 1 g ou 1 ml		J.O.R.A N°16.2020
<i>Salmonella</i>	ABS	Absence dans 25 g		J.O.R.A N°39 .2017

Les résultats obtenus dévoilent une absence totale des germes recherchés ce qui explique la bonne qualité hygiénique et microbiologique de huiles essentielles.

Ce résultat trouvé est dû à la richesse des huiles essentielles du *Thymus vulgaris L.* et également d'autres huiles essentielles en composés monoterpéniques oxygénés (cétones, aldéhydes, alcools éthers). Ces dernières sont caractérisées par un potentiel important en activités biologiques (antioxydantes, anti-inflammatoires, antiseptiques, antimicrobiennes, antivirales, antifongiques, et bactéricides) (**Dung et al., 2008**). La majorité des substances sont incluses dans la liste des substances GRAS (généralement reconnues comme sûres), ce qui les rend utiles en tant que conservateurs naturels dans les entreprises agroalimentaires (**Gachkar et al., 2007**). (**Figures 04 et 05**)(le reste des photos voir l'annexe)

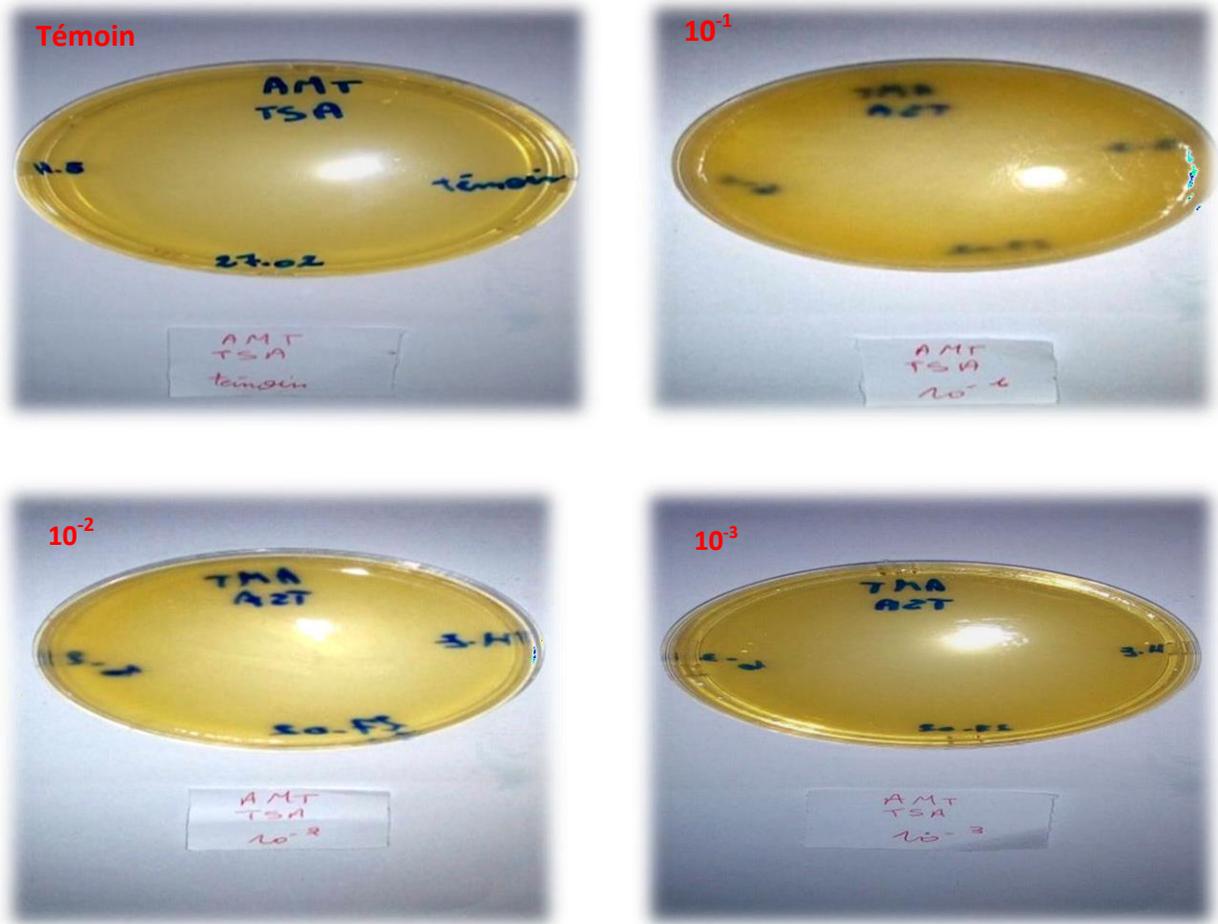
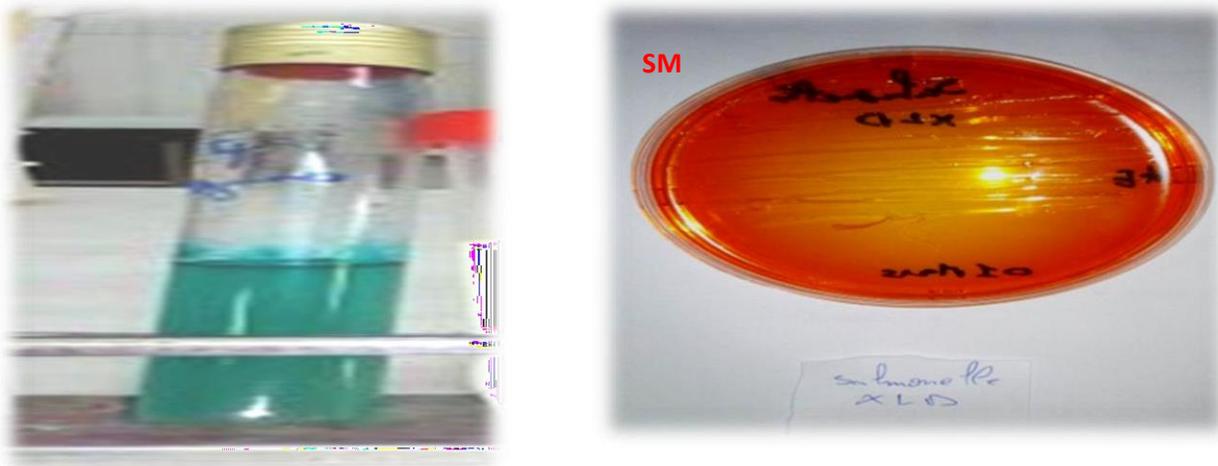


Figure 9 : Recherche des germes aérobies mésophiles totaux dans l'HE



RVS (après 24h)

SM : solution mère

Figure 10 : Recherche des *Salmonella* dans l'HE

5. Evaluation de l'activité antimicrobienne :

L'activité antimicrobienne de la poudre et de l'huile essentielle du *Thymus vulgaris L.* a été évaluée par la méthode de diffusion par disque et celle des huiles essentielles par la méthode CMI.

Les résultats relatifs à l'activité des bactéries et les champignons sont rapportés dans les **Tableaux de 13 à 16**, les **figures 11 et 13**.

A. Méthode d'antibiose

Les diamètres des zones d'inhibition nous ont permis d'évaluer la sensibilité ou la résistance des germes cible vis-à-vis des trois antibiotiques de référence, la poudre et de l'huile essentielle du *Thymus vulgaris L.* La gentamicine (10 µg) est utilisée comme antibiotique de contrôle des bactéries Gram-. La vancomycine (30 µg) est utilisée comme antibiotique de contrôle des bactéries Gram+ et l'Econazole (1%) est utilisé comme antibiotique de contrôle des champignons.

Les diamètres des zones d'inhibition (mm) ont été mesurés, y compris le diamètre des disques. Cette mesure est transcrite dans différents symboles proportionnels à l'activité (**tableau 12**) (Ponce et al.,2003 ; Biyiti et al.,2004).

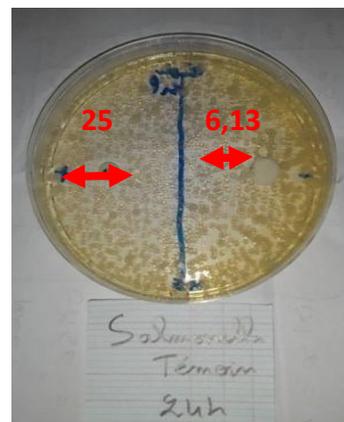
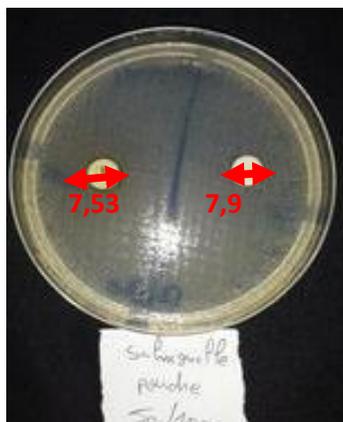
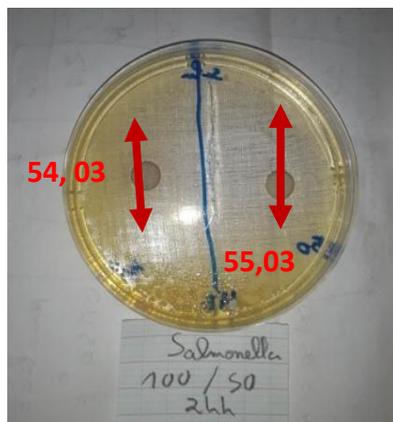
Tableau 12: Transcription des valeurs des diamètres d'inhibition

Inhibition	Transcription	Sensibilité
D < 8mm	-	Résistante
9mm >D < 14mm	+	Sensible
15mm >D < 19	++	Assez sensible
D > 20	+++	Trés sensible

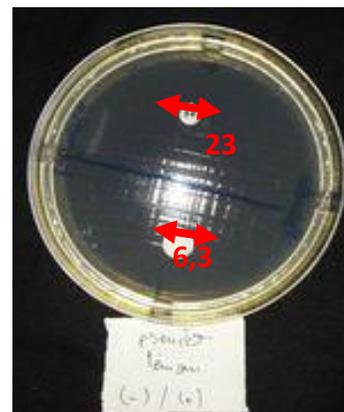
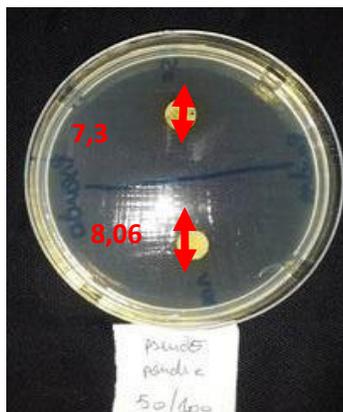
Tableau 13: photos originaux de l'activité antimicrobienne de l'HE et la poudre de *Thymus vulgaris L.* recolté dans la région Ain Defla

Souches ATCC	Activité antimicrobienne HE (50% /100%)	Activité antimicrobienne poudre (50% /100%)	Témoin (Vancomycine / Gentamicine /econazole)
--------------	---	---	---

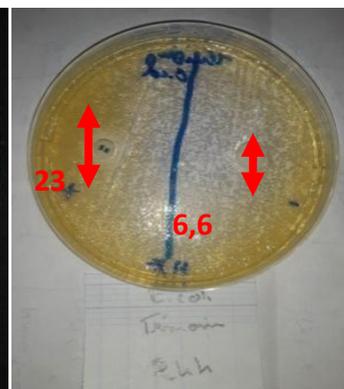
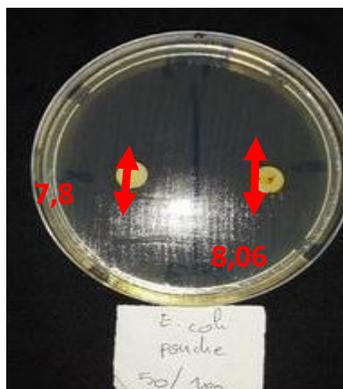
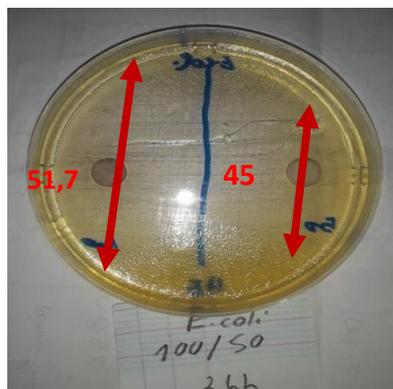
Salmonella



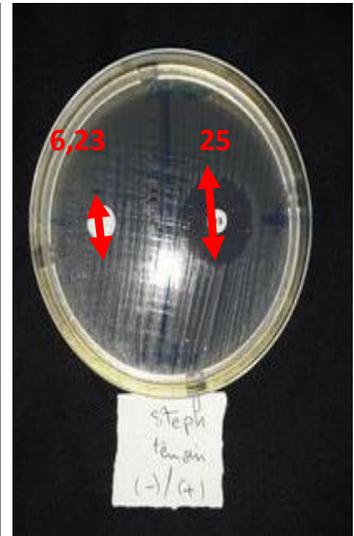
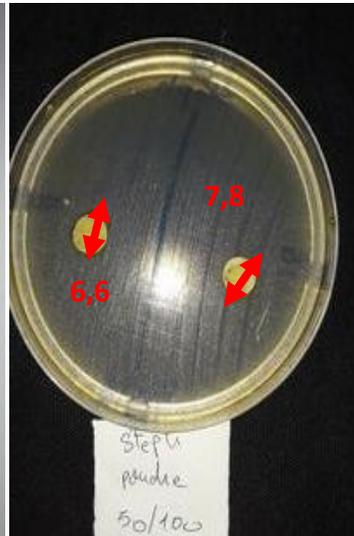
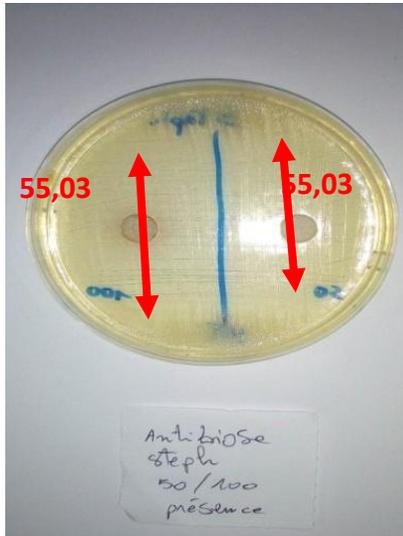
P. aeruginosa



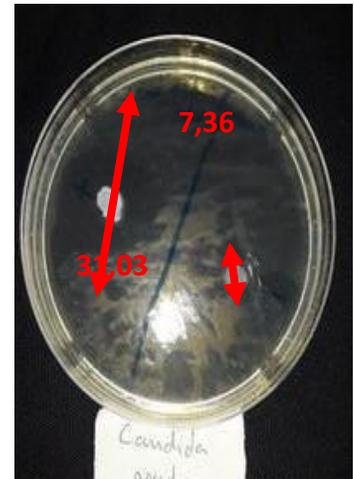
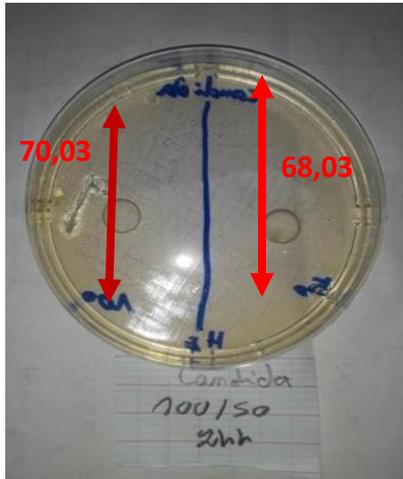
E.coli



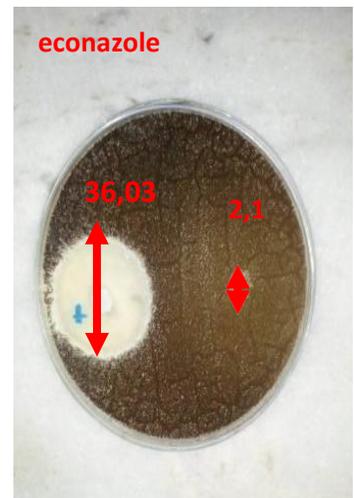
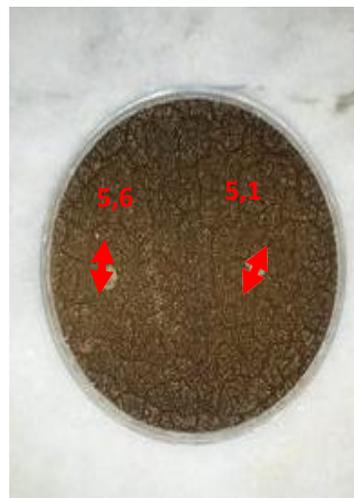
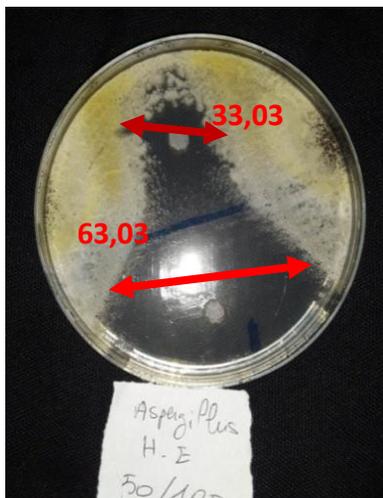
Staphylococcus aureus



Candida albicans



Aspergillus niger



Les huiles essentielles (100%) du *Thymus vulgaris L.* récoltée dans la région d'Ain Defla se montrent avec une activité très importante vis-à-vis des bactéries Gram+ , des Gram- et surtout à l'encontre des champignons avec des diamètres d'inhibition allant de 27 mm à 70 mm. En effet les bactéries gram- : *E.coli* ,*les Salmonella*, *les S.aureus* et surtout les *Aspergillus niger* et *les Candida albicans* se montrent très sensibles avec des valeurs respectives, $51,7 \pm 2,77$; $54,03 \pm 0,15$; $55,03 \pm 0,15$; $63,03 \pm 0,15$ et $70,03 \pm 0,15$. Les *P.aeruginosa* se révèlent sensibles avec des diamètres d'inhibition élevées $27,03 \pm 0,15$ mais ils sont moins importants par rapport à ceux des 03 bactéries et des champignons.

Les huiles essentielles (50%) du *Thymus vulgaris L.* se dévoilent avec une activité antimicrobienne importante et similaire à celle des huiles essentielles (100%) vis-à-vis des bactéries et des champignons dont les diamètres d'inhibition oscillent de 27 mm à 68 mm. Toutefois, les huiles essentielles (100%) se montrent avec un pouvoir antifongique très élevé vis à vis des *Aspergillus niger* ($DI=63,03 \pm 0,15$) par rapport aux huiles essentielles (50%)($DI=33,03 \pm 0,15$).

Les diamètres d'inhibition des bactéries Gram+,Gram- et des champignons générés par les huiles essentielles (100% et 50%) du *Thymus vulgaris L.* récoltée dans la région d'Ain Defla sont très nettement supérieurs à ceux produits par les antibiotiques : la gentamicine (10 ug) , la vancomycine (30 ug) et l'Econazole (1%).

Par ailleurs, l'évaluation de l'activité antimicrobienne des poudres de *Thymus vulgaris L.* se montre presque négligeable vis à vis de toutes les souches sans exception (**figures 11et 12**)

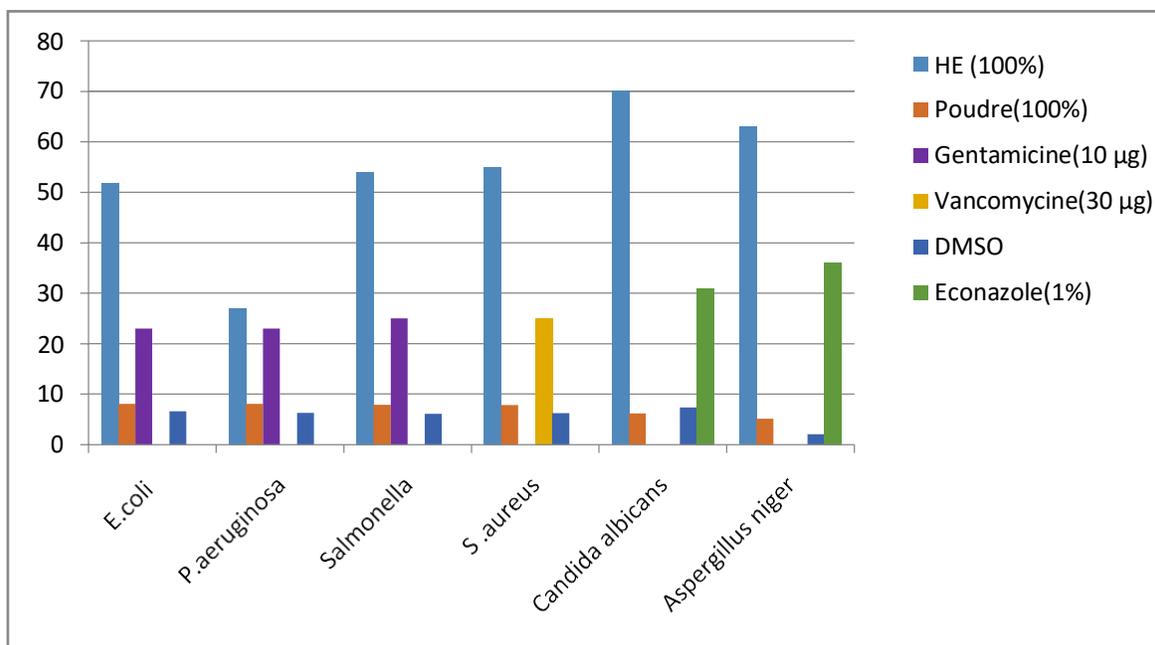


Figure 11: Diamètres des zones d’inhibition de la croissance des micro-organismes par l’HE (100%) et la poudre(100%), le DMSO et les antibiotiques de référence

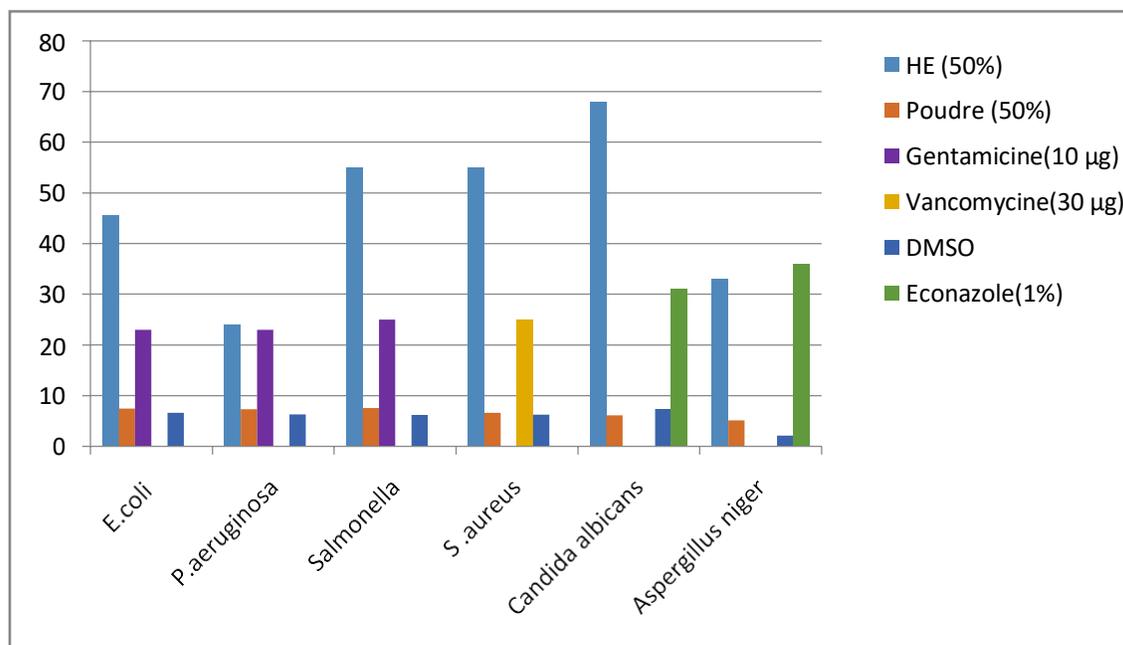


Figure 12: Diamètres des zones d’inhibition de la croissance des micro-organismes par l’HE (50%) et la poudre(50%), le DMSO et les antibiotiques de référence

Beaucoup de Travaux scientifiques ont testé le pouvoir antimicrobien des huiles essentielles de *Thymus vulgaris L.* Presque les résultats de la majorité des chercheurs confirment le pouvoir antimicrobien des huiles essentielles de cette espèce végétale dont les plus importants sont les suivants :

Tardugno et al., (2018) ont montré activité antibactérienne très élevée et significative contre toutes les souches testées. Les valeurs d'inhibition variaient d'une souche à une autre, une meilleure inhibition a été enregistrée sur les bactéries à Gram négatif *E.coli* dans les 24 h d'exposition, avec une réduction de 104 ufc /ml ($p < 0,03$). Cependant, **Al Maqtari et al., (2011)** de *T. vulgaris* a montré une activité antibactérienne, légèrement meilleure contre les *S. aureus* par rapport au médicament de référence. Ce dernier a montré une activité antifongique plus élevée que l'HE de *Thymus vulgaris L.*, contre *C. albicans* et *C. vaginalis*. Nos résultats trouvés sont similaires à ceux trouvés par **Tardugno et al., (2018)** et **Al Maqtari et al., (2011)**

Cheurfa et al., 2013 attestent par la méthode d'antibiogramme une forte activité antibactérienne vis-à-vis de cinq bactéries pathogènes (*Escherichia coli*, *Bacillus cereus*, *Citrobacter freundii*, *Klebsiella pneumoniae* et *Staphylococcus aureus*) responsables de gastroentérites dont leur diamètres d'inhibition varient de 22,00 à 45,00 mm. Ceux-ci suggèrent que l'utilisation de l'huile essentielle de thym permettrait de mieux protéger l'homme contre les bactéries responsables de gastroentérites.

L'huile de *Thymus vulgaris L.* témoigne d'une activité antibactérienne intéressante par rapport à la concentration utilisée (1,5µl) surtout contre la bactérie *Staphylococcus aureus*. En effet, la *S. aureus*, souche hautement pathogène et elle présente une sensibilité élevée à cette huile. Cette grande activité antibactérienne peut être reliée dans le cas de l'huile de *Thymus vulgaris* à la présence du thymol qui est majoritaire. Ce composé phénolique est en effet connu pour ses propriétés antimicrobiennes (**Ettayeb et al., 2000**).

Suivant **Boukrif et Boukabous, 2019**, l'huile de cette espèce était active sur trois souches bactériennes (*Escherichia Coli*, *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*) avec des diamètres d'inhibition variant entre 24mm et 34mm pour l'extrait brut et 13 mm à 32 mm pour l'huile essentielle. Les *Staphylococcus aureus* c'est les souches les plus sensibles En effet , la concentration minimale inhibitrice de l'extrait Brut de *Thymus vulgaris* vis à vis de *Escherichia Coli*, est de 1/16, de *Pseudomonas aeruginosa* 1/32, par contre *Staphylococcus aureus* a présenté une CMI de 1/8.

Sidali et Hemmerling, 2014 ont trouvé que l'huile de l'espèce *T. vulgaris* a donné une grande activité antifongique vis-à-vis de différentes souches fongiques, cette activité est due à l'action du thymol composé majoritaire combinée avec celle des constituants présents à des teneurs appréciables tels que γ -terpinène, p-cymène et linalool.

Giordani et al., (2004) et **Pina-Vaz et al. (2004)** ont révélé que l'huile essentielle de *Thymus vulgaris L.* pouvait inhiber la croissance d'un certain nombre de souches fongiques dont *Candida albicans*, *Cryptococcus neoformans*, *Aspergillus*, *Saprolegnia* et *Zygorhynchus*. Cette même huile pouvait potentialiser l'effet antifongique de l'amphotéricine B vis-à-vis de *C. albicans*.

Errouissi et al., (2014) ont déterminé l'effet antibactérien des huiles essentielles par la méthode de diffusion sur gélose Muller-Hinton pour les bactéries *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* et *Pseudomonas aeruginosa*. Les résultats mettent en évidence que l'huile essentielle a manifesté une activité vis-à-vis des bactéries : *E.coli* et *S.aureus*.

Selon **Mann et al., (2000)** la souche de *Pseudomonas aeruginosa* se montre moins sensible par rapport aux Gram- , Gram+ et les champignons. , cela est lié à leur grande capacité à développer des résistances vis-à-vis de nombreux agents antimicrobiens, d'où leur implication fréquente dans les infections hospitalières.

Selon **Yakhlef et al., (2011)**, concernant la levure *Candida albicans*, un seul antifongique (nystatine = Mycostatine®) a été utilisé et la zone moyenne d'inhibition est de $16,09 \pm 1,15$ mm.

B-Méthode Concentration Minimale inhibitrice CMI :

Des tests de détermination de la concentration minimale inhibitrice (CMI) ont été réalisés afin de préciser le caractère bactériostatique ou bactéricide de l'huile essentielle *Thymus vulgaris L*

Les résultats des CMI d'huile essentielle sur les bactéries sont rapportés dans le **tableau 14**

Les valeurs de CMI obtenus, révèlent l'inhibition des Gram + et des Gram- avec des CMI 10^{-2} tandis que les champignons s'inhibent avec des CMI 10^{-3} .

Nos résultats des CMI des Gram- sont semblables à ceux de **Zaghib et al., (2010)**, qui ont montré une sensibilité importante des bactéries gram- vis-à-vis des huiles essentielles de *Thymus hirtus L.* Quoique ces dernières se révèlent moins actives à l'encontre des Gram+ (CMI 10^{-1})

contrairement à nos huiles *Thymus vulgaris L* qui se montres actives contre les Gram+ avec des CMI 10^{-2} .

Nos huiles essentielles se montrent plus actives sur les Gram+ et les Gram- que celles de **Haddouchi et al.(2009)**, qui ont indiqué que l'HE de *Thymus fontanesii* possède un pouvoir bactéricide contre les bactéries gram (-) et bactériostatiques contre les bactéries gram (+). Cette sensibilité supérieures vis-à-vis des bactéries gram(-) par rapport aux bactéries gram (+) peut être expliquée par la relation structure- activité . (**Zeghib, 2010; Haddouchi et al., 2009**)

Selon les résultats de **Cabral et al., (2009)** la détermination de la concentration minimale inhibitrice et bactéricide (CMI/CMB) a montré un effet inhibiteur sur les bactéries à Gram négatif et à Gram positif. Les valeurs CMI et CMB sont de l'ordre de 0.1 mg/ml pour les quatre bactéries testées *S.typhimurium* ,*L.monocytogenes*, *S.aureus* et *E.coli*.

Les valeurs très faibles des CMI démontrent que nos huiles essentielles *Thymus vulgaris L* peuvent être utilisées comme antiseptique et remède naturel aux infections à Gram+ et à Gram- et comme conservateur en agroalimentaire.

Tableau 14 : Résultats de l'étude quantitative : détermination des Concentrations minimales Inhibitrices (CMI) des huiles essentielles du *Thymus vulgaris L*

Les souches	DC				
	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵
Salmonelle	-	-	+	+	+
<i>p.aeruginosa</i>	-	-	+	+	+
<i>E.coli</i>	-	-	+	+	+
<i>S.aureus</i>	-	-	+	+	+
<i>Candida albicans</i>	-	-	-	+	+
<i>Aspergillus niger</i>	-	-	-	+	+

Les souches bactériennes et fongiques testées vis-à-vis différentes concentrations d'HE du *Thymus vulgaris L.* sont représentées dans les **tableaux 15 et 16** ci-dessous.

Tableau 15: Photos des souches bactériennes testées vis-à-vis différentes concentrations d'HE du *Thymus vulgaris L.*

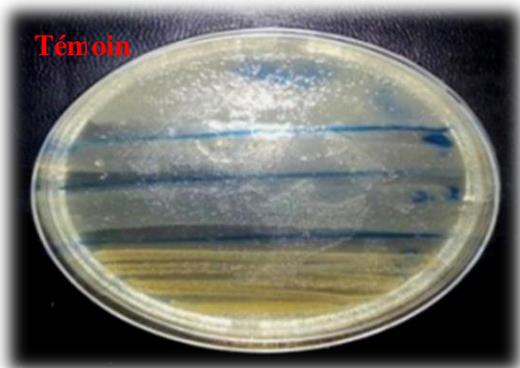
Souches

bactériennes
testées

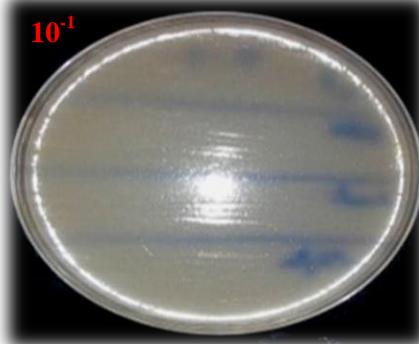
Dilutions: 10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4} , 10^{-5} et Témoin

1-Salmonella

Témoin



10^{-1}



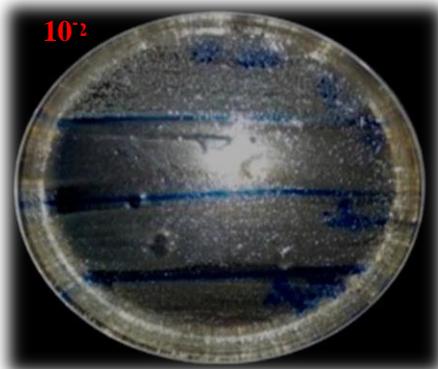
2-P.aeruginosa

3-E.coli

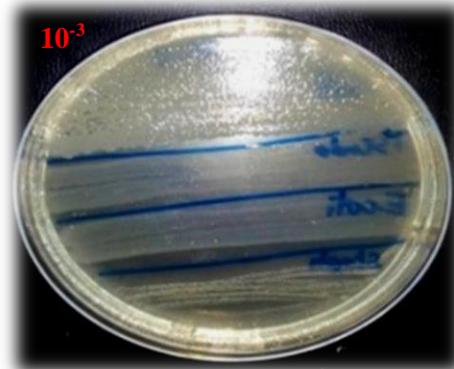
4-S.aureus

1-Salmonella

10^{-2}



10^{-3}



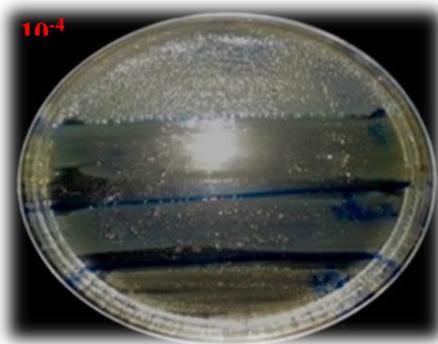
2-P.aeruginosa

3-E.coli

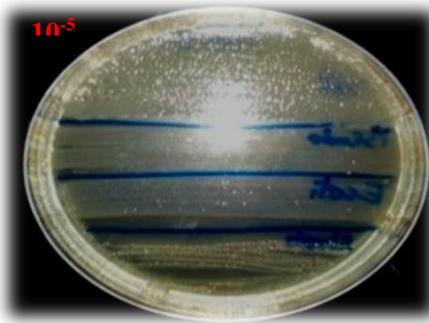
4-S.aureus

1-Salmonella

10^{-4}



10^{-5}



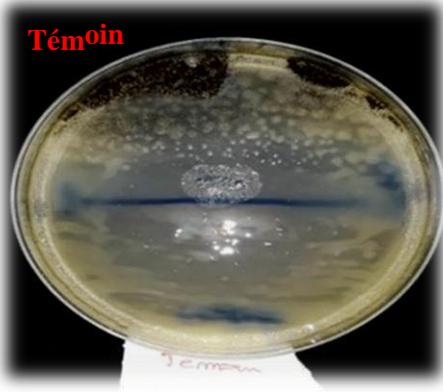
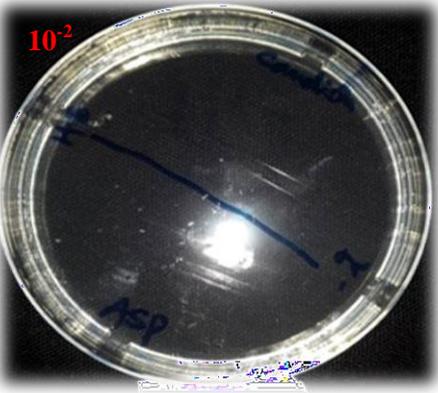
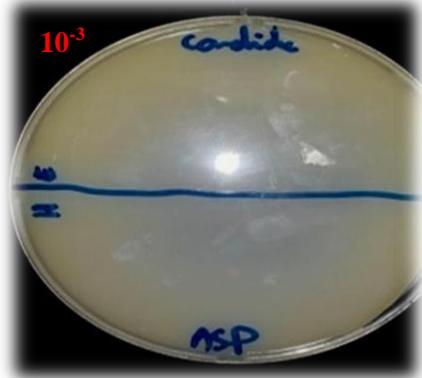
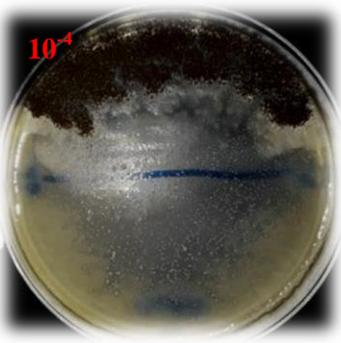
2-P.aeruginosa

3-E.coli

4-S.aureus

1,2,3,4 sont organisés du haut vers le bas dans les boites Pétri

Tableau 16 : Photos des souches fongiques testées vis-à-vis différentes concentrations d'HE du *Thymus vulgaris L.*

Souches fongiques testées	Dilutions: , 10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4} , 10^{-5}	Témoin
1- <i>Aspergillus niger</i>		
2- <i>Candida albicans</i>		
1- <i>Aspergillus niger</i>		
2- <i>Candida albicans</i>		

1,2 sont organisés du haut vers le bas dans les boites Pétri

6. Analyses sensorielles, physicochimique et microbiologiques de la mayonnaise

La mayonnaise a été préparée dans le laboratoire de Microbiologie de Blida selon la méthode d'Evanuarini et *al.* (2016). Les résultats sensoriels, physicochimiques et microbiologiques sont donnés par les **tableaux 18, 19, 20, 21 et les figures de 13 à 15.**

6.1. Analyses sensorielles de la mayonnaise:

Les échantillons de la mayonnaise analysés sont donnés par le **Tableau 17**

Tableau 17 : Les échantillons de mayonnaise analysés

Numéro des Echantillons	04 mayonnaises préparées (+ poudre ou huile essentielle) Témoin positif et Témoin négatif
MZC	Témoin positif : mayonnaise commercial
MZ T	Témoin négatif: mayonnaise préparée sans produits (poudre ou huile essentielle)
MZ 1	mayonnaise avec 1 goutte (0,03g) d'huile essentielle <i>Thymus vulgaris L.</i>
MZ 2	mayonnaise avec 4 gouttes (0,12g) d'huile essentielle <i>Thymus vulgaris L.</i>
MZ 3	mayonnaise avec 0.2g de poudre <i>Thymus vulgaris L.</i>
MZ 4	mayonnaise avec 1.5g de poudre <i>Thymus vulgaris L.</i>

Les résultats de l'analyse sensorielle sont présentés dans le **tableau 18.**

Tableau 18: Résultats de l'analyse sensorielle des échantillons de mayonnaise

Echantillons	MZC	MZT	MZ1	MZ2	MZ3	MZ4
Texture	4,2 ±0,79	3,4±0,97	2,7±1,25	2,6 ±0,70	3,3 ±1,43	1,8 ±0,79
Couleur	4,3 ±0,67	3,4±0,52	1,8±0	1,5±0,53	2,3 ±1,16	1,2 ±0,42
Odeur	4,2 ±0,79	3,6±0,70	2,6±0,84	2,3 ±0,82	3,4 ±0,84	2,3 ±0,67
Saveur	4,4 ±0,52	4,3±0,67	2,9±0,99	2,4 ±0,52	3,2 ±0,92	1,1 ±0,32

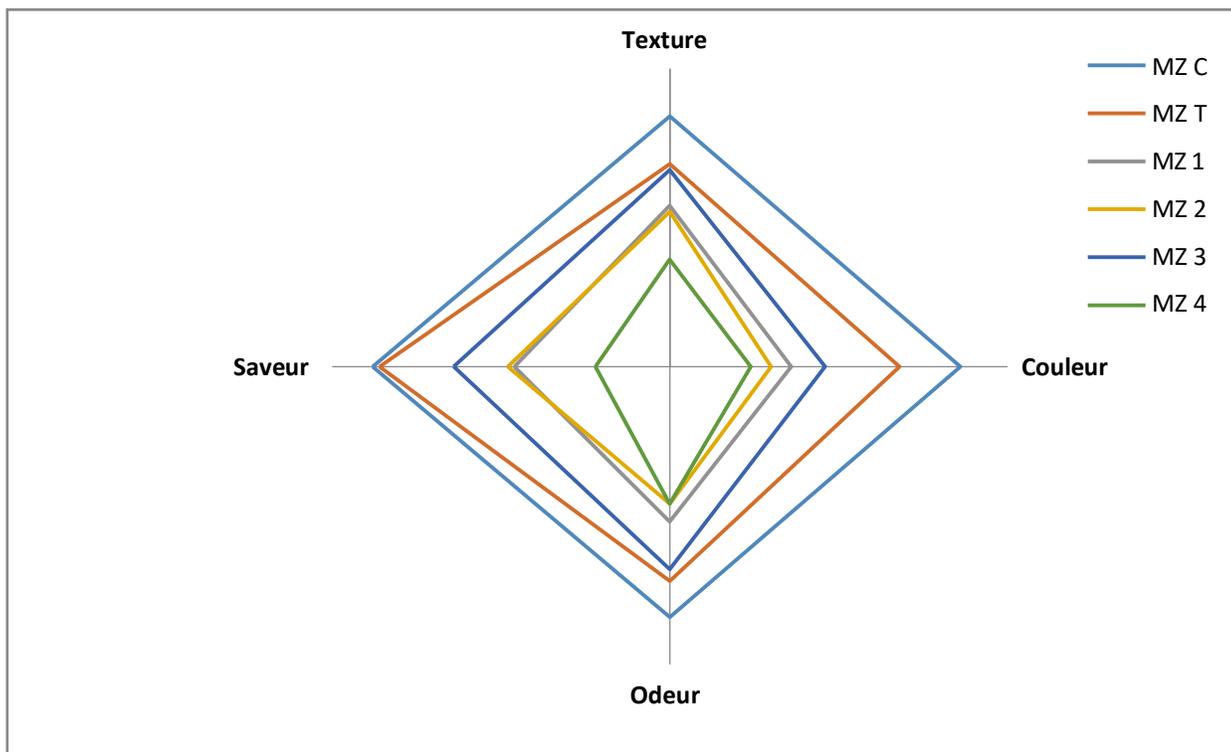
Les moyennes ± écart-type

Les résultats des analyses sensorielles des échantillons de mayonnaise, montrent clairement que l'ajout de l'HE et de la poudre du *Thymus vulgaris* a induit des changements sur les caractéristiques organoleptiques du produit fini.

L'analyse statistique des résultats montrent que les paramètres sensoriels ont été significativement influencés par le type de l'extrait de *Thymus vulgaris* (poudre ou huile essentielle). La dose de l'HE ajoutée à MZ 1 et MZ 2 n'a pas eu une influence significative sur l'odeur, la texture et la saveur, cependant, elle a eu un effet significatif sur la couleur de la mayonnaise. La dose de la poudre ajoutée à MZ 3 et MZ 4 a eu un effet significatif sur tous les paramètres sensoriels de la mayonnaise.

Tenant compte des propriétés sensorielles analysées pour les différents échantillons, on constate que parmi nos échantillons de mayonnaise MZT représente les meilleurs caractéristiques organoleptiques suivi de MZ3 et enfin MZ1 .

La **Figure 13** suivante récapitule l'ensemble des appréciations pour les critères: odeur, saveur , couleur , texture .



Les valeurs sont les moyennes des résultats de dégustation (nombre des dégustateurs = 10)

Figure 13: Profil sensoriel des échantillons de mayonnaise

Selon le profil sensoriel des échantillons de mayonnaise, les caractéristiques de MZ1 sont proches de celles de MZ2. La saveur est le critère dont nous avons enregistré les plus grandes différences entre les échantillons.

Kishk and Elsheshetawy (2013) ont trouvé que l'addition du gingembre à la mayonnaise a significativement ($p < 0,05$) influencé les paramètres sensoriels et que les dégustateurs les ont préféré au témoin. Selon **El-Kholany et al., (2016)** les échantillons de mayonnaise préparés en ajoutant les huiles essentielles de citronella, et de geranium étaient mieux classés que la mayonnaise témoin par rapport à l'odeur et l'apparence. Généralement, plusieurs auteurs ont observé que l'ajout d'huiles essentielles d'herbes aromatiques donner à la mayonnaise des caractéristiques sensorielles supérieures.

6.2. Analyses physico-chimiques de la mayonnaise :

Nous avons effectué des analyses physico-chimiques sur la mayonnaise après 15 jours et 30 jours de stockage dans un lieu sec et à température ambiante 25 ± 1 . Les propriétés physico-chimiques de la mayonnaise additionnée avec la poudre ou huile essentielle de *Thymus vulgaris L.* telles que la le p H ; la teneur en sel, l'humidité et la teneur en matière grasse. (**Tableau 19 et 20**)

Tableau 19: Les résultats des analyses physico-chimiques des différents échantillons de mayonnaise (après 15 jours).

Echantillons	MZC	MZT	MZ1	MZ2	MZ3	MZ4
pH	3,6 \pm 0,06	3,7 \pm 0,25	3,8 \pm 0,3	3,9 \pm 0,3	3,9 \pm 0,4	4 \pm 0,2
Humidité	28,7 \pm 0,2	26,5 \pm 0,35	26,5 \pm 0,45	26,6 \pm 0,3	26,8 \pm 0,25	26,1 \pm 0,3
Teneur en sel	1,9 \pm 0,26	6,5 \pm 0,2	7,3 \pm 0,2	7,4 \pm 0,2	6,9 \pm 0,3	6,4 \pm 0,26
Teneur en matière grasse	72,3 \pm 1,53	61,7 \pm 1,52	64,3 \pm 0,58	73 \pm 1,52	65,5 \pm 1,5	63 \pm 1

Moyenne \pm écart-type

Tableau 20 : Les résultats des analyses physico-chimiques des différents échantillons de mayonnaise (après 30 jours)

Echantillons	MZC	MZT	MZ1	MZ2	MZ3	MZ4
pH	3,6 ±0,06	3,5 ±0,15	3,4 ±0,2	3,5 ±0,2	3,5 ±0,25	3,8 ±0,15
Humidité	28,7 ±0,15	26,4 ±0,35	26,5 ±0,46	26,6 ±0,3	26,7 ±0,25	26,1 ±0,3
Teneur en sel	1,9 ±0,26	6,4 ±0,3	7,3 ±0,1	7,4 ±0,15	6,7 ±0,66	6,4 ±0,2
Teneur en matière grasse	71,7 ±1,15	60,3 ±0,58	63,7 ±0,58	71 ±1	64 ±1	62 ±2

Moyenne ±écart-type

- **Détermination du pH :**

La mesure du pH a été effectuée par un pH-mètre à une température 24±1°C.

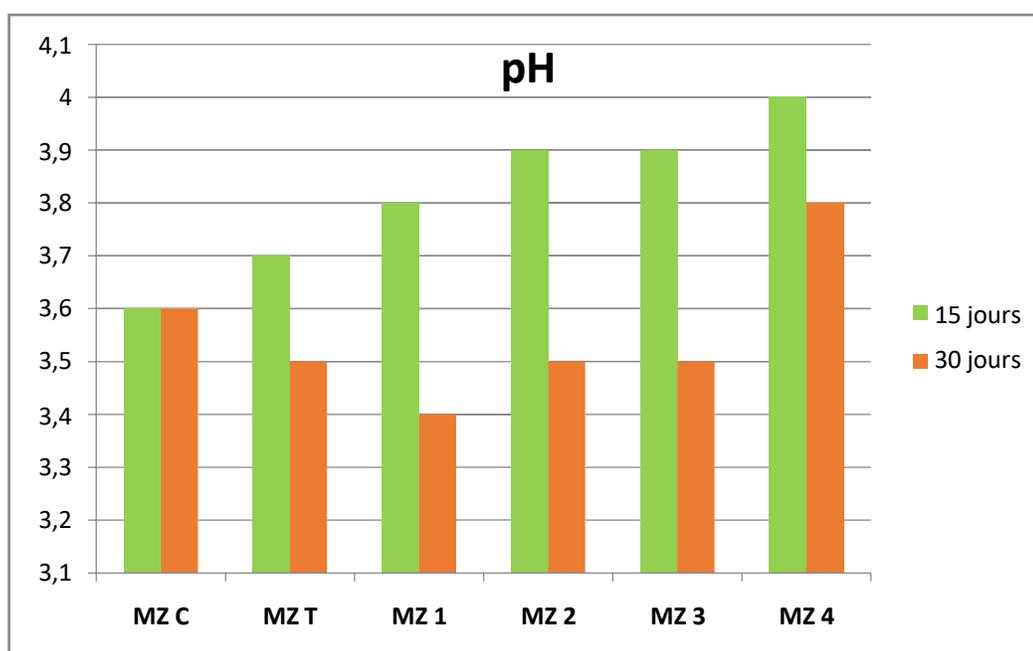


Figure 14 : les valeurs du pH des différents échantillons de mayonnaise

D'après l'analyse statistique des résultats, la différence entre les valeurs du pH des échantillons est non significative ($p > 0,05$). Le pH a diminué après 30 jours de stockage pour atteindre des valeurs entre 3,4 et 3,8. (**figure 14**)

Les valeurs du pH sont proches de celles des échantillons de la mayonnaise préparée par l'huile des pépins de courge (entre 3,34 et 4,01) après stockage (**Rezig et al., 2022**). Cependant, elles sont inférieures aux valeurs de pH de la mayonnaise stabilisée par l'addition de la farine de peau de banane (entre 4,65 et 4,78) (**Evanuarini et Susilo, 2020**) et à ceux de la mayonnaise

additionnée d'extrait de thym, extrait de lavande et extrait de romarin (4 à 5) (Gallego *et al.*, 2013). Selon Gomes *et al.*, (2017), le pH de la mayonnaise peu acide varie de 3.6 à 4.0. La meilleure viscoélasticité et stabilité sont observées lorsque le pH est proche du point isoélectrique du jaune d'œuf. La surveillance du pH est indispensable pour assurer la qualité de la mayonnaise, car une diminution du pH peut avoir un effet pro-oxydant.

- **Teneur en sel :**

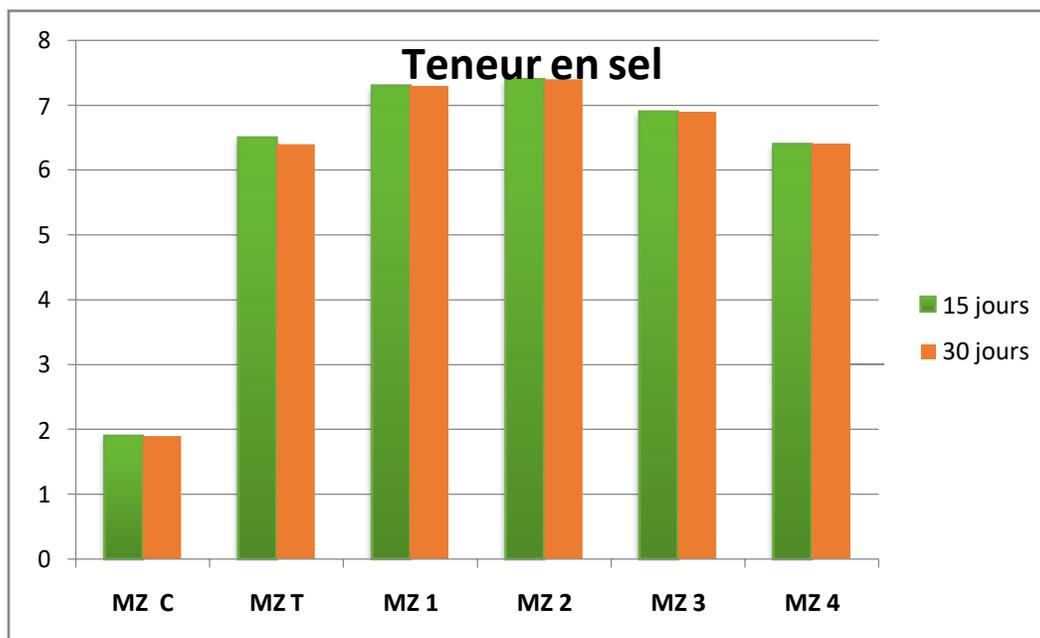


Figure 15: Les valeurs de la teneur en sel des échantillons de mayonnaise

La dose de l'HE ajoutée à MZ 1 et MZ 2 n'a pas eu une influence significative sur la teneur en sel, de même que la dose de poudre ajoutée à MZ 3 et MZ 4. La mayonnaise qui contient le moins de sel est MZC. La différence de la teneur en sel entre 15 et 30 jours de stockage dans chaque échantillon est non significative. (Figure 15)

La teneur en sel de nos échantillons de mayonnaise est limitée entre 6,4 et 7,4 (%).

- **Détermination de l'humidité :**

L'humidité est un facteur qui influence la qualité de la mayonnaise, une humidité élevée durant le stockage induit la lipolyse suivi par l'hydrolyse des lipides et l'accumulation des acides

gras (Koczoñ et al., 2008).

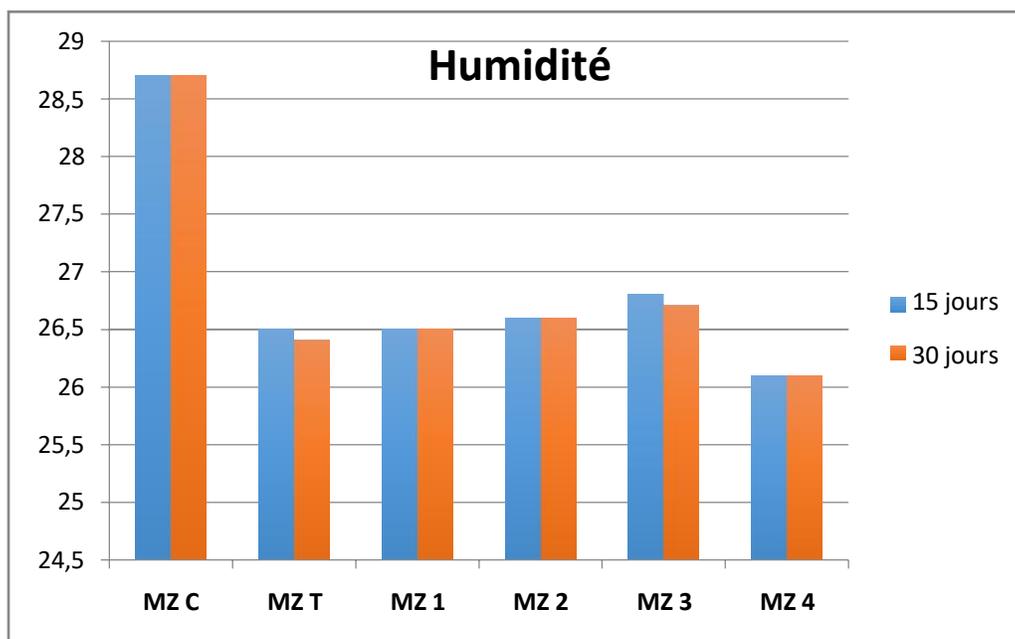


Figure 16 : Les valeurs de l'humidité des échantillons de mayonnaise

La dose de poudre a influencé l'humidité de la mayonnaise (MZ3 et MZ4). La différence de l'humidité entre 15 et 30 jours de stockage dans chaque échantillon est non significative. Les valeurs de l'humidité enregistrées sont inférieures à la norme BSN (1998) qui est de 30% au maximum. La valeur d'humidité la plus élevée est celle MZC. (**Figure 16**)

Nos valeurs d'humidité sont supérieures en comparaison à ceux d'autres mayonnaises formulées : la mayonnaise enrichie par les extraits de divers variétés de gingembre (la plus élevée étant 14,85%) (Safitri et al., 2019), la mayonnaise additionnée de HE de citronella (*Cymbopogon nardus*), et de geranium (*Pelargonium graveolens*) (21.81-21.96 %) (El-Kholany et al., 2016). Cependant elles sont inférieures à ceux de la mayonnaise réduite en matières grasses et enrichie en flaveur de cardamome (35,5%) (Gaikwad et al., 2017).

- **Teneur en matière grasse :**

La matière grasse a une influence positive sur la qualité organoleptique de la mayonnaise, et lui confère une résistance contre la croissance microbienne (Safitri et al., 2019).

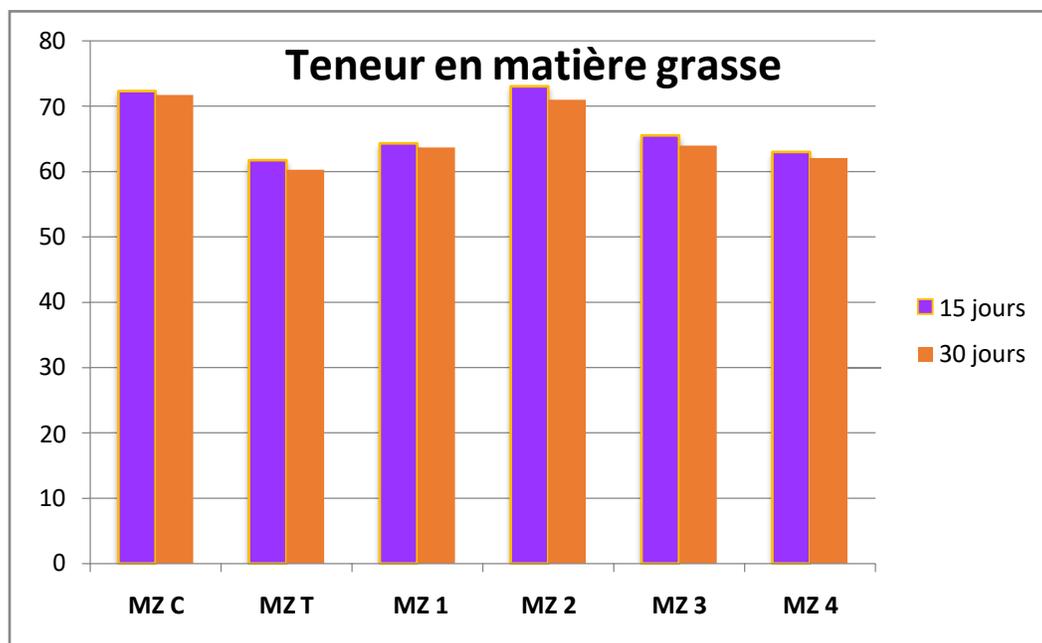


Figure 17 : Les valeurs de la teneur en matière grasse des échantillons de mayonnaise

Parmi les échantillons analysés, MZ2 a la plus grande teneur en matière grasse (73%) car elle contient 4 gouttes (0,12g) d'HE. La dose de poudre dans MZ3 et MZ4 n'a pas eu d'influence sur la teneur en matière grasse. On remarque une faible diminution de la teneur en matière grasse après 30 jours de stockage. (**Figure 17**)

La teneur en matières grasse de MZ2 est proche de celle de la mayonnaise additionnée de HE de citronella, et de geranium (72,4-72,5) (**El-Kholany et al., 2016**).

7. Analyses microbiologiques de la mayonnaise :

Les résultats de l'analyse microbiologique des échantillons de la mayonnaise sont représentés dans le **Tableau 21** suivant :

Tableau 21: Résultats des analyses microbiologiques de la mayonnaise

Stockage (jours)	Micro-organismes	Résultats				Limites microbiologiques (ufc/g) ou (ufc/ml) (JORA n°39 2017)	
		MZ 1	MZ 2	MZ 3	MZ 4	m	M
15 jours	Germes aérobies à 30°C	0	0	0	0	10 ⁴	10 ⁵
	Levures et moisissures	0	0	0	0	10 ²	10 ³
	<i>Escherichia coli</i>	0	0	0	0	10	10 ²
	Staphylocoques à coagulase +	0	0	0	0	10 ²	10 ³
	<i>Salmonella</i>	ABS	ABS	ABS	ABS	Absence dans 25 g	
30 jours	Germes aérobies à 30°C	0	0	0	0	10 ⁴	10 ⁵
	Levures et moisissures	0	0	0	0	10 ²	10 ³
	<i>Escherichia coli</i>	0	0	0	0	10	10 ²
	Staphylocoques à coagulase +	0	0	0	0	10 ²	10 ³
	<i>Salmonella</i>	ABS	ABS	ABS	ABS	Absence dans 25 g	

ABS : absence

Les résultats d'analyse obtenus, montrent une absence totale d'*Escherichia coli*, *Salmonella*, Staphylocoques coagulase +, des germes aérobies et des levures et moisissures au niveau des échantillons de la mayonnaise après 15 jours de stockage.

Après 30 jours, les résultats montrent une absence totale des microorganismes. Les résultats sont en accord avec ceux de **Madi et Idir (2022)**.

Conclusion et Perspectives

Conclusion et Perspectives

L'objectif de notre étude était d'évaluer la qualité organoleptique, physico-chimique et microbiologique d'une mayonnaise formulée en ajoutant de la poudre ou de l'huile essentielle (HE) du *Thymus vulgaris L.* récoltée dans la région d'Ain Defla.

Nous avons utilisé une méthodologie qui nécessite des étapes aussi importantes les unes que les autres pour atteindre l'objectif, ce qui nous a permis de tirer les conclusions suivantes:

La région d'Ain defla a des rendements en pourcentage d'huiles essentielles de *Thymus vulgaris L.* de 1,38%. La teneur en cendres totales (9,07%) et l'humidité de la poudre (10,49).

L'analyse microbiologique de l'huile essentielle et de la poudre a révélé des nombres de micro-organismes inférieurs aux limites microbiologiques, à l'exception des valeurs supérieures aux normes pour les anaérobies sulfito-réducteurs et les moisissures dans la poudre. Les huiles essentielles de *Thymus vulgaris L.* (100 % et 50 %) cultivées dans la région d'Ain Defla possèdent une forte capacité à combattre les bactéries. Les bactéries gram-négatives (*E. coli*, *Salmonella*, *Pseudomonas aeruginosa*) et *S. aureus* (Gram+) sont inhibées avec des diamètres allant de 27 mm à 55 mm. De plus, elles inhibent *Aspergillus niger* et *Candida albicans* avec des diamètres d'inhibition de $63,03 \pm 0,15$ mm et $70,03 \pm 0,15$ mm, démontrant un pouvoir fongicide supérieur aux bactéries. Les poudres de *Thymus vulgaris L.* ont presque aucune activité antimicrobienne contre toutes les souches microbiennes.

Les résultats des CMI d'huile essentielle montrent l'inhibition des Gram + et Gram - avec des CMI de 10-2 tandis que les champignons s'inhibent avec des CMI de 10-3.

Les résultats des analyses sensorielles des échantillons de mayonnaise préparés avec des doses différentes d'huile essentielle ou de poudre montrent clairement que l'ajout d'HE ou de poudre de *Thymus vulgaris* a modifié les caractéristiques organoleptiques du produit fini..

Enfin, l'analyse microbiologique des échantillons de mayonnaise a révélé qu'il n'y avait aucun germe altérant ou pathogène dans les échantillons, ce qui suggère que les composants de nos échantillons ont permis de conserver la mayonnaise pendant 30 jours.

L'incorporation des extraits de *Thymus vulgaris L.* dans la mayonnaise est une approche novatrice et concluante qui incite à la valorisation de cette plante aromatique et médicinale dans l'objectif d'élaborer un aliment fonctionnel.

Il est envisageable de poursuivre l'étude (suivi microbiologique) pendant plus d'un mois afin de confirmer l'efficacité de l'huile essentielle et de la poudre de *Thymus vulgaris L.* en tant que conservateurs.

- Examiner l'activité antioxydante des huiles et des extraits d'huiles essentielles
- Réaliser des tests pour évaluer la toxicité potentielle ou confirmer son non toxicité.
- Etudier la CMB de l'HE du *Thymus vulgaris L.* de la région d'Ain Defla.

Références Bibliographiques

Références Bibliographiques

A

Abdelli W., 2017 Caractérisation chimique et étude de quelques activités biologiques des huiles essentielles de *Juniperus phoenicea* et de *Thymus vulgaris* (Doctoral dissertation, Université de Mostaganem-Abdelhamid Ibn Badis).

Abdelouahab N., Amamra N., 2020, Etude de la composition chimique des huiles essentielles de trois plantes médicinales - Thèse de Master- Université des Frères Mentouri, Constantine. 62 p

Abdollah Ghasemi Pirbalouti, Masoud Hashemi, Fatemeh Taherian Ghahfarokhi, 2013 Essential oil and chemical compositions of wild and cultivated *Thymus daenensis Celak* and *Thymus vulgaris L.*, Industrial Crops and Products, Volume 48, 2013, Pages 43-48, ISSN 0926-6690

Abou-salem Ferial, M. , Azza A, Abou-arab. (2008). Chemical, microbiological and sensory evaluation of mayonnaise prepared from ostrich eggs. *Grasas y Aceites*, 59 (4). P. 352- 360

Al Maqtari, M. A. A., Alghalibi, S. M., & Alhamzy, E. H. (2011). Chemical composition and antimicrobial activity of essential oil of *Thymus vulgaris* from Yemen. *Turk. J. Biochem*, 36(4), 342-349.

Amamra S., 2019 Phytochimie Et Activités Antioxydante Et Antimicrobienne Des Extraits Et Des Fractions Du *Fraxinus Excelsior* Et Du *Thymus Vulgaris*. [Thèse de Doctorat, Université Ferhat Abbas - Sétif 1].

Amhis, W., Benslimane, A., Tiouit, D., & Naim, M. (2001). Tests de sensibilité utile au traitement antibiotique. *Médecine du Maghreb*, 91, 22-25.

Amiot J. , 2005 *Thymus vulgaris*, un cas de polymorphisme chimique pour comprendre l'écologie évolutive des composés secondaire . Thèse de doctorat -Ecole nationale supérieure d'Agronomie de Montpellier.

Anonyme. (2012). Mayonnaise biologique
kivinat.www.markal.fr/media/Mayonnaisesqueeze- KIVINAT. pdf.

Archambaud, M. (2009). Les antibiotiques. *Mode d' action. Mécanismes de Résistance. Laboratoire Bactériologie-Hygiène CHU Rangueil Toulouse.*

Arditty S., Schmitt V., Giermanska-Kahn J., Leal-Calderon F. (2004). Materials based on solid-stabilized emulsions. *J. Colloid and Interface Science*, 275(2), 659-664.
doi:10.1016/j.jcis.2004.03.001

Références Bibliographiques

Arnold A. (2014/2016). Fiche pédagogique «Mayonnaise».

[https://www.enil.fr/images/doc/pralim/11.Fiche_p%C3%A9dagogique_Mayonnaise.p df](https://www.enil.fr/images/doc/pralim/11.Fiche_p%C3%A9dagogique_Mayonnaise.pdf)

B

Banerjee P, Mukherjee S, Bera K, Ghosh K, Ali I, Khawas S, Ray B, Ray S., 2019 Polysaccharides from *Thymus vulgaris* leaf: Structural features, antioxidant activity and interaction with bovine serum albumin. *Int J Biol Macromol.* 2019;125:580-7.

Barbosa LN, Rall VLM, Fernandes AAH, Ushimaru PI, da Silva Probst I, Fernandes A., 2009 Essential Oils Against Foodborne Pathogens and Spoilage Bacteria in Minced Meat. *Foodborne Pathogens and Disease.* 1 juill 2009;6(6):725-8.

Beloued, A., 2009 Plantes médicinales d'Algérie. Offices des publications universitaires.

Benourad, F., 2015 Etude Des Pouvoirs Antimicrobiens Et Pharmacologiques Des Extraits De *Thymus Vulgaris L.* Et L'induction De La Défense Chez La Tomate Vis-à-vis De *Fusarium Oxysporum*, *Botrytis Cinerea*, Et *Phytophthora Parasitica*. [Thèse de Doctorat, Université Abdelhamid Ibn Badis - Mostaganem].

Bensmin K., 2017, Essai de conservation d'un yaourt brassé par l'extrait de myrte, Thèse de Master . 115 p.

Borugă O, C Jianu, C Mișcă, I Golet, AT Gruia, FG Horhat , 2014 *Thymus vulgaris* essential oil: chemical composition and antimicrobial activity , *J Med Life.* 2014; 7(Spec Iss 3): 56–60. PMID: 25870697

Bouabdallah A., Maamri A., 2020, Etude de l'impact de l'incorporation de curcuma (*Curcuma Longa L.*) sur la qualité physicochimique et organoleptique d'une mayonnaise, Thèse de Master, Université Blida 1. 78p

Boukhatem, M.N., Kameli, A, Ferhat, M.A, Saidi, F., Tayebi, H., 2014 Le potentiel conservateur alimentaire des huiles essentielles: la citronnelle est-elle la réponse? *J Verbr Lebensm;* 9: 13-21.

Boukhatem, M.N., Kameli, A., Ferhat, M.A., Saidi, F., Tayebi, H.Teffahi, D., 2014 Valorisation de l'essence aromatique du Thym (*Thymus vulgaris L.*) en aromathérapie anti-infectieuse. *ULIAS;* 8 (4): 1418-1431.

Références Bibliographiques

Boukrif, R., Boukabous, S., (2014) Etude de l'activité antibactérienne de *Thymus Vulgaris*

Brette I., 2009 Ces épices qui nous guérissent Alpen Editions 2009 978-2-916784-62-5

Burt S. , 2004 Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods—a review. *International Journal of Food Microbiology*. 1 août 2004; 94(3):223-53

BRIAND, L. (2018) La Chimie du Goût, Article publié par Claire VILAIN, responsable éditoriale du site Culture Sciences-Chimie.

Bellakhdar J Holman , M ; Berrada, M; Gorrichon, J. P; Ildrissi, A; Pinel, R., 1984 Analyse chimique de l'huile essentielle de *Mentha-Gattefossei* Maire Num 59, pp 61-62 ; ref : 7 ref CODE NP CARD VISSN0337-3029.

C

Cabral, C. S., Henz, G. P., Moreira, A. J., & Reis, A. (2009). New cucurbitaceous hosts of *Myrothecium roridum* in Amazonas State, Brazil. *Tropical Plant Pathology*, 34, 402-405.

Chaib, S. & Arhab, R., 2021. Encapsulation D'une Huile Essentielle Extraite De *Thymus Vulgaris* [Thèse de Master, Université Larbi Ben M'hidi - Om-el-bouaghi].

Chami M.F. et Benkhedir M.C., 2019, Effet de l'incorporation de l'extrait aqueux de thym sur la qualité hygiénique du yaourt, Thèse de Master, 76p

Cheurfa, M., Allem, R., Sebahia, M., & Belhireche, S., 2013. Effect of essential oil of *Thymus vulgaris* on bacterial pathogens responsible for gastroenteritis. *Phytothérapie*, 11, 154-160.

Commission Implementing Regulation (EU). 2014/890/ EU Authorising the placing on the market of chia oil (*Salvia hispanica*) as a novel food ingredient under Regulation (EC) No 258/97 of the European Parliament and of the Council 2014. *Official Journal of the European Union*, 10 December 2014.

D

Deschepper, R. (2017). Variabilité de la composition des huiles essentielles et intérêt de la notion de chémotype en aromathérapie (Doctoral dissertation).

Dorman, H.J.D., Deans, S.G., 2000 Antimicrobial agents from plants: antibacterial activity of plant volatile oils. *J Appl. Microbiol.* 88, 308–316.

Dob P , D. Dahmane , T. Benabdelkader , C. Chelghoum 2006 .Studies on the essential oil composition and antimicrobial activity of *Thymus algeriensis* Boiss. et Reut . Pages 95-100

Références Bibliographiques

E

Ebtehal A. El-Kholany., 2016 Utilization of Essential Oils from Citronella and Geranium as Natural Preservative in Mayonnaise. *International Journal of Microbiology and Biotechnology*. Vol. 1, No. 1, 2016, pp. 49-59. doi: 10.11648/j.ijmb.20160101.18

Ekoh, S., Akubugwo, E., Chibueze Ude, V., Edwin, N., 2014 Anti-hyperglycemic and anti-hyperlipidemic effect of spices (*Thymus vulgaris*, *Murraya koenigii*, *Ocimum gratissimum* and *Piper guineense*) in alloxan-induced diabetic rats. *Int. J. Biosci.* 4 (2), 179–187.

European Food Safety Authority (EFSA), 2013 . Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies. Scientific Opinion on the safety of -coriander seed oil as a Novel Food ingredient. *EFSA J.* 2013, 11, 3422.

Evanuarini, H., & Susilo, A., 2020 The quality of low fat mayonnaise using banana peel flour as stabilizer. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 478, No. 1, p. 012091). IOP Publishing

ER-ROUISSI B , KRIBII A , KRIBII A , HABSAOUI A, OUNINE K ., 2014 Etudes de l'activité antioxydante et antibactérienne des extraits du Geranium rosat du Gharb . DOI: 10.13140/2.1.1059.1047

Eloualilalami O., Fouad, E. A., Ouedrhiri, W., Chahdi, F. O., Guemmouh, R., & Grache, H. (2013). Composition chimique et activité antibactérienne des huiles essentielles de deux plantes aromatiques du centre nord marocain: *Thymus vulagris* et *Thymus satureioïdis*. *Les technologies de laboratoire*, 8(31).

F

Fabian, F. W., Wetherington, M C. (1950). Spoilage in salad and French dressing due to yeasts. *Food Res.* 15, 135-137.

Fachini-Queiroz, F. C., Kummer, R., Estevao-Silva, C. F., Carvalho, M. D. D. B., Cunha, J. M., Grespan, R., ... & Cuman, R. K. N., 2012 Effects of thymol and carvacrol, constituents of *Thymus vulgaris L.* essential oil, on the inflammatory response. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2012.

Farràs M, Arranz S, Carrión S, Subirana I, Muñoz-Aguayo D, Blanchart G, Kool M, Solà R, Motilva MJ, Escolà-Gil JC, Rubió L, Fernández-Castillejo S, Pedret A, Estruch R, Covas MI, Fitó M, Hernáez Á, Castañer O., 2019 A Functional Virgin Olive

Références Bibliographiques

Oil Enriched with Olive Oil and Thyme Phenolic Compounds Improves the Expression of Cholesterol Efflux-Related Genes: A Randomized, Crossover, Controlled Trial. *Nutrients*. 2019;11(8). pii: E1732.

Fennane M., Ibn Tattou M., Ouyahya A. et El Oualidi J., 2007 Flore pratique du Maroc - Volume 1 -Leguminosae – Lentibulariaceae. - Institut Scientifique, Université Mohammed V -Agdal, Rabat. 558 p.

G

Gaikwad MP, Syed HM and Shinde DD., 2017 To study the physico chemical properties of flavoured mayonnaise. *J Pharmacogn Phytochem* 2017;6(5):06-09.

Gallego, M. G., Gordon, M. H., Segovia, F. J., Skowrya, M., & Almajano, M. P., 2013 Antioxidant properties of three aromatic herbs (rosemary, thyme and lavender) in oil-in-water emulsions. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 90(10), 1559– 1568. <https://doi.org/10.1007/s11746-013-2303-3>

Galovičová, Lucia, Petra Borotová, Veronika Valková, Nenad L. Vukovic, Milena Vukic, Jana Štefániková, Hana Ďúranová, Przemysław Łukasz Kowalczewski, Natália Čmiková, and Miroslava Kačániová, 2021 "Thymus vulgaris Essential Oil and Its Biological Activity" *Plants* 10, no. 9: 1959.

Giordani, R., Regli, P., Kaloustian, J., Mikail, C., Abou, L., & Portugal, H. (2004). Antifungal effect of various essential oils against *Candida albicans*. Potentiation of antifungal action of amphotericin B by essential oil from *Thymus vulgaris*. *Phytotherapy Research*, 18(12), 990-995.

Gomes, I. A., Gomes, F. D. S., Freitas-Silva, O., & da Silva, J. P. L., 2017 Ingredients of mayonnaise: Future perspectives focusing on essential oils to reduce oxidation and microbial counts.

Garnero J, Raffaele T, Pierre B ., 1975 . la présence d'un ester du décadiénol-2(E), 4(Z) et de diterpènes dans l'huile essentielle de cyprès (*Cupressus sempervirens* L.) . Pages 1184- 1187

Références Bibliographiques

H

- Haddouchi, F., Lazouni, H. A., Meziane, A., & Benmansour, A. (2009).** Etude physicochimique et microbiologique de l'huile essentielle de *Thymus fontanesii* Boiss & Reut. *Afrique science: Revue internationale des sciences et technologie*, 5(2).
- Hans, W. K., 2007** 1000 plantes aromatiques et médicinales. *Terre édition*, 6-7.
- Harrison, L J., Cunningham, F. E. (1985).** Factors influencing the quality of mayonnaise. *J. Food Quality* 8, 1-20 pages
- Heidari Z, Salehzadeh A, Sadat Shandiz SA, Tajdoost S., 2018** Anti-cancer and anti-oxidant properties of ethanolic leaf extract of *Thymus vulgaris* and its bio-functionalized silver nanoparticles. *3 Biotech.* 2018;8(3):177.
- Heni S., 2016** Sélection d'extraits bioactifs des espèces du genre *Thymus* comme conservateurs antibactériens naturels , thèse de doctorat ,Universite Badji Mokhtar Annaba , algérie , 210 P.
- Hiroyuki Haraguchi , Takashi Saito , Harumi Ishikawa , Hideyuki Date , Shizuko Kataoka, Yukiyoishi Tamura , Kenji Mizutani ,1996** Antiperoxidative Components in *Thymus vulgaris* *Planta Med* 1996; 62(3): 217-221 DOI: 10.1055/s-2006-957863
- Hossain MA, AL-Raqmi KA, AL-Mijizy ZH, Weli AM, Al-Riyami Q., 2013** Study of total phenol, flavonoids contents and phytochemical screening of various leaves crude extracts of locally grown *Thymus vulgaris*. *Asian Pac J Trop Biomed.* 2013;3(9):705-10.
- Hosseinzadeh, S., Jafarikukhdan, A., Hosseini, A. and Armand, R., 2015** The Application of Medicinal Plants in Traditional and Modern Medicine: A Review of *Thymus vulgaris*. *International Journal of Clinical Medicine*, 6,635-642. <http://dx.doi.org/10.4236/ijcm.2015.69084>
- Hyldgaard, M., Mygind, T., & Meyer, R. L. (2012).** Essential oils in food preservation: mode of action, synergies, and interactions with food matrix components. *Frontiers in microbiology*, 3, 12.

Références Bibliographiques

K

Khelifi, H., 2022. Effets Inhibiteurs Des Extraits De Thymus Vulgaris Sur Streptococcus Thermophilus Et Lactobacillus Bulgaricus, Impact Sur La Qualité Et La Stabilité D'un Lait Fermenté Étuvé. [Thèse de Doctorat, Université Abdelhamid Ibn Badis - Mostaganem].

Kohiyama, C.Y., Yamamoto, M., Ribeiro, M., Aparecida, S., Mossini, G., Bando, E., da Silva Bomfim, N., Botião Nerilo, S., Oliveira Rocha, G.H., Grespan, R., Mikcha, J.M.G., Machinski, M., 2015 Antifungal properties and inhibitory effects upon aflatoxin production of *Thymus vulgaris* L. by *Aspergillus flavus* Link. *Food Chem.* 173, 1006–1010.

Kones (2001). Fabrication artisanale de la mayonnaise.
pmb.sicac.org/opac_css/doc_num.php?explnum_id=474

Kuete V., 2017 Medicinal Spices and Vegetables from Africa.
<http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-809286-6.00028-5> Copyright © 2017 Elsevier Inc.

L

Lambert, R. J. W., Skandamis, P. N., Coote, P. J., & Nychas, G. J., 2001 A study of the minimum inhibitory concentration and mode of action of oregano essential oil, thymol and carvacrol. *Journal of applied microbiology*, 91(3), 453-462.

LEBRES E., AZIZI D., HAMZA A. et TAOUCHICHET B., 2002. Cours national d'hygiène et de microbiologie des aliments: microbiologie des eaux, des boissons et des produits de la mer. Institut Pasteur d'Algérie

Lee, C.J., Chen, L.J., Chang, T.L., Ke, W.M., Lo, Y.F., Wang, C.C., 2011 The correlation between skin-care effects and phytochemical contents in Lamiaceae plants. *Food Chem.* 124, 833–841.

Link, A., Balaguer, F., Goel, A., 2010 Cancer chemoprevention by dietary polyphenols: promising role for epigenetics. *Biochem. Pharmacol.* 80,1771–1792

Loubaki, B. C., Outtara, A. S., Ouedraogo, C. A. T., & Traore, A. S. (1999). Antimicrobial Activities of aqueous extracts of *Detarium microcarpum* Cesalpinaceae on eight species of bacteria involved in infectious diseases at Burkina Faso. *Science et Médecine, Rev. CAME*, 1, 67.

Références Bibliographiques

Lucera A, Costa C, Conte A, Del Nobile MA. 2012 Food applications of natural antimicrobial compounds. *Frontiers in Microbiology*. 2012;3:287.

M

MA, L., BARBOSA-CANOVAS, G. V. (1995). Rheological characterization of mayonnaise. Part II: Flow and viscoelastic properties at different oil and xanthan gum concentrations. *J. Food Eng.* 25 (3), 409-425.

Mann, C. M., Cox, S. D., & Markham, J. L. (2000). The outer membrane of *Pseudomonas aeruginosa* NCTC 6749 contributes to its tolerance to the essential oil of *Melaleuca alternifolia* (tea tree oil). *Letters in Applied Microbiology*, 30(4), 294-297.

MANN, J., TRUSWELL, S. (2002). *Essentials of Human Nutrition*. 2nd edition. Buch. P682. Softcover Oxford University Press. ISBN 978-0-19-850861-8

María C. Rota, Antonio Herrera, Rosa M. Martínez, Jose A. Sotomayor, María J. Jordán, 2007 Antimicrobial activity and chemical composition of *Thymus vulgaris*, *Thymus zygis* and *Thymus hyemalis* essential oils, *Food Control*, Volume 19, Issue 7, 2008, Pages 681-687, ISSN 0956-7135 :

Marino, M., Bersani, C., & Comi, G. ,1999. Antimicrobial activity of the essential oils of *Thymus vulgaris* L. measured using a bioimpedometric method. *Journal of Food Protection*, 62, 1017-1023

Martins Alexandra., 2020 Les huiles essentielles antibactériennes : exemple du thym (thymus). *Sciences pharmaceutiques*. 2020. (dumas-03230057)

Morales, R., 2002 The history, botany and taxonomy of the genus *Thymus*. In : *Thyme : the genus Thymus*. Ed. Taylor & Francis, London. pp. 1-43.

Moreira, M. R., Ponce, A. G., Del Valle, C. E., & Roura, S. I. (2005). Inhibitory parameters of essential oils to reduce a foodborne pathogen. *LWT-Food Science and Technology*, 38(5), 565-570

N

Nateqi M, Mirghazanfari SM. 2018 Determination of total phenolic content, antioxidant activity and antifungal effects of *Thymus vulgaris*, *Trachyspermum ammi* and *Trigonella foenum-graecum* extracts on growth of *Fusarium solani*. *Cell Mol Biol* (Noisy-le-grand).

Références Bibliographiques

2018;64(14):39-46.

Navarrete, A., Herrero, M., Martín, A., Cocero, M.J., Ibáñez, E., 2011 Valorization of solid wastes from essential oil industry. *J. Food Eng.* 104, 196–201.

Nikolić, M., Glamočlija, J., Ferreira, I. C., Calhelha, R. C., Fernandes, Â., Marković, T., ... & Soković, M., 2014 Chemical composition, antimicrobial, antioxidant and antitumor activity of *Thymus serpyllum* L., *Thymus algeriensis* Boiss. and *Reut* and *Thymus vulgaris* L. essential oils. *Industrial Crops and Products*, 52, 183-190.

O

Osakabe, N., Yasuda, A., Natsume, M., Yoshikawa, T., 2004 Rosmarinic acid inhibits epidermal inflammatory responses: anticarcinogenic effect of *Perilla frutescens* extract in the murine two-stage skin model. *Carcinogenesis* 25, 549–557.

P

Panizzi L, Flamini G, Cioni PL, Morelli I , 1993 Composition and antimicrobial properties of essential oils of four Mediterranean Lamiaceae. *Journal of Ethnopharmacology*. août 1993;39(3):167-70.

Pina-Vaz, C., Gonçalves Rodrigues, A., Pinto, E., Costa-de-Oliveira, S., Tavares, C., Salgueiro, L., ... & Martinez-de-Oliveira, J. (2004). Antifungal activity of *Thymus* oils and their major compounds. *Journal of the European Academy of Dermatology and Venereology*, 18(1),73-78

PICARD, C. (2013). Peut-on imaginer remplacer l'analyse sensorielle des produits cosmétiques par des instruments de laboratoire ? Présentation, Académie Nationale de Pharmacie, Université le HAVRE

Références Bibliographiques

Q

Quílez, María, Federico Ferreres, Santiago López-Miranda, Eva Salazar, and María J. Jordán. 2020 "Seed Oil from Mediterranean Aromatic and Medicinal Plants of the Lamiaceae Family as a Source of Bioactive Components with Nutritional" *Antioxidants* 9, no. 6: 510. <https://doi.org/10.3390/antiox9060510>

R

Ramos, S., 2008 Cancer chemoprevention and chemotherapy: dietary polyphenols and signalling pathways. *Mol. Nutr. Food Res.* 52, 507–526.

Rasooli, I., Fakoor, M. H., Yadegarinia, D., Gachkar, L., Allameh, A., & Rezaei, M. B. (2008). Antimycotoxigenic characteristics of *Rosmarinus officinalis* and *Trachyspermum copticum* L. essential oils. *International journal of food microbiology*, 122(1-2), 135-139.

Reddy, P., Kandisa, R., Varsha, P., Satyam, S., 2014 Review on *Thymus vulgaris* traditional uses and pharmacological properties. *Med. Aromat. Plants* 3, 164.

Rezig, L., Harzalli, Z., Gharsallah, K., Mahfoudhi, N., Chouaibi, M., Majdoub, H., & Oueslati, I., 2022 Microwave and Roasting Impact on Pumpkin Seed Oil and Its Application in Full-Fat Mayonnaise Formula. *Foods*, 11(18), 2732.

Rolet A., 1930 viticultural sulphurs *Vie Agricole et Rurale* 1930 Vol.19 No.24 pp.395-397
Pp

S

SAARELA, A. M., PAULA, H., SINIKKA, M., ATTE, V. W. (2010). Elintarvikeprosessit. 3. uudistettu painos. Savonia-ammattikorkeakoulun julkaisusarja. D5/9/2010. Kuopio: Savonia- ammattikorkeakoulu.

Sánchez-Campillo, M., Gabaldon, J.A., Castillo, J., Benavente-García, O., Del Bano, M.J., Alcaraz, M., Vicente, V., Alvarez, N., Lozano, J.A., 2009. Rosmarinic acid, a photoprotective agent against UV and other ionizing radiations. *Food Chem. Toxicol.* 47, 386–392.

Satyaj, Prabodh, Brittney L. Murray, Robert L. McFeeters, and William N. Setzer. 2016 "Essential Oil Characterization of *Thymus vulgaris* from Various Geographical Locations" *Foods* 5, no. 4: 70.

Sehari M., 2020 Extraction Et Utilisation Des Propriétés Antimicrobiennes Et Anti

Références Bibliographiques

Oxydantes D'extraits Aqueux Et D'huile Essentielle De Plusieurs Plantes Aromatiques (Thèse Doctorat- Université Ibn Khaldoun – Tiaret)

Shazia Shabnum and Muzafar G. Wagay ,2011Essential Oil Composition of *Thymus Vulgaris* L. and their Uses *Journal of Research & Development*, Vol. 11 (2011) ISSN 0972-5407

Shen , R., LuoS., Dong J. (2011). Application of oat dextrin for fat substitute in mayonnaise. *Food Chem.* 126, 65-71.

Sidali Laura, K., & Hemmerling, S. (2014). Developing an authenticity model of traditional food specialties: Does the self-concept of consumers matter?. *British Food Journal*, 116(11), 1692-1709.

Spichiger, R.-E., Vincent, V.-S., Figeat M., et Jeanmonod D. ,2004. Botanique systématique des plantes a fleurs « une approche polygénétique nouvelle des angiospermes des régions tempères et tropicales. 3eme Ed.press polytechniques et universitaire romandes Lausanne, Suisse, p.328.329

Stahl-Biskup, E., Saez, F. (Eds.), 2002 Thyme—The Genus *Thymus*. Taylor & Francis, London.

Stahl-Biskup, E.,Venskutonis, R.P., 2012.Thyme. In: Peter, K.V. (Ed.), *Handbook of Herbs and Spices*.second ed. Woodhead Publishing, Abington, Cambridge, UK, pp. 499–525.

Stansbury, J., 2014.Rosmarinic acid as a novel agent in the treatment of allergies and asthma. *J. Restorative Med.* 3, 121–126.

Stefanis I, Hadjipavlou-Litina D, Bilia AR, Karioti A., 2019.LC-MS- and NMR-Guided Isolation of Monoterpene Dimers from Cultivated *Thymus vulgaris* Varico 3 Hybrid and Their Antityrosinase Activity. *Planta Med.* 2019;85(11-12):941-6.

Swarup, V., Ghosh, J., Ghosh, S., Saxena, A., Basu, A., 2007. Antiviral and anti-inflammatory effects of rosmarinic acid in an experimental murine model of Japanese encephalitis. *Antimicrob. Agents Chemother.* 51, 3367–3370

T

Tardugno, R., Pellati, F., Iseppi, R., Bondi, M., Bruzzesi, G., & Benvenuti, S. (2018). Phytochemical composition and in vitro screening of the antimicrobial activity of essential oils on oral pathogenic bacteria. *Natural product research*, 32(5), 544-551.

Tiwari, B. K., Valdramidis, V. P., O'Donnell, C. P., Muthukumarappan, K., Bourke, P.,

Références Bibliographiques

& Cullen, P. J. (2009). Application of natural antimicrobials for food preservation. *Journal of agricultural and food chemistry*, 57(14), 5987-6000.

Touhami A., 2017 Etude chimique et microbiologique des composants des huiles essentielles de différents genres *Thymus* récoltées dans les régions de l'Est Algérien pendant les deux périodes de développement , Thèse de doctorat , Université Badji Mokhtar Annaba , Algérie , p.173.

Trivellini, Alice & Lucchesini, Mariella & Maggini, Rita & Mosadegh, Haana & Villamarin, Tania & Vernieri, Paolo & Mensuali, Anna & Pardossi, Alberto. , 2016 Lamiaceae phenols as multifaceted compounds: Bioactivity, industrial prospects and role of "positive-stress". *Industrial Crops and Products*. 83. 241-254. 10.1016/j.indcrop.2015.12.039.

Y

Yakhlef, G. ,2010 . Etude De L'activite Biologique Des Extraits De Feuilles De *Thymus Vulgaris L.* Et *Laurus Nobilis L.* [Mémoire de Magister, Université Mustapha Ben Boulaid - Batna 2].95 p

Yousfi M. et Benabed, K. H. ,2018 Composition chimique et activité antioxydante des huiles essentielles et extraits phénoliques de deux espèces de la famille des Lamiaceae (Doctoral dissertation).

Z

Zabka, M., Pavela, R., Prokinova, E., 2014 Antifungal activity and chemical composition of twenty essential oils against significant indoor and outdoor toxigenic and aeroallergenic fungi. *Chemosphere* 112, 443–448.

Zeghib,A., 2013 Etude phyto-chimique et activite antioxydante, antiproliférative, antibactérienne et antivirale d'extraits et d'huiles essentielles de quatre espèces endémiques du genre *thymus*. Thèse Doctorat. Univ. Constantine 1

Zhao, F., Chen, YP., Salmaki, Y. , 2021 An updated tribal classification of Lamiaceae based on plastome phylogenomics. *BMC Biol* 19, 2 (2021). <https://doi.org/10.1186/s12915-020-00931-z>

Références Bibliographiques

Sites Web

Aprifel :

<https://www.aprifel.com/fr/fichenutritionnelle/thym>

Ciqua **Table de composition nutritionnelle des aliments-ANSES-CIQUAL 2020** food composition table 2020-Consulté le 09/02/23

Gastonomayo. (1901). La Mayonnaise. <http://gastronomayo.centerblog.net>

ITAB., SITE WEB. http://www.itab.asso.fr/downloads/colloque-peuv/9_moisseeff.pdf
Consulté le 10.06.2019.

Lamiaceae in Catalogue of life checklist-COL Checklist 2023-01-12 doi:10.48580/dfqz

Lamiaceae Martinov in Döring M 2022 . English Wikipedia - Species Pages. Wikimedia Foundation. Checklist dataset <https://doi.org/10.15468/c3kkgh> accessed via GBIF.org on 2023-02-10.

Annexes

Annexes

Annexe 1

- Extraction des huiles du thymus vulgaris L.



Le montage d'hydrodistillation (type cleverger)

Annexe 2

Matériel non biologique :

Tableau : Verrerie et réactifs (analyses microbiologiques)

Verrerie	
Eprouvette graduée	Pipettes Pasteur
Flacons stériles	
Réactifs	
Tween 80	réactif de Kovacs
Eau distillée	DMSO* (diméthylsulfoxyde)
sulfite de sodium	tellurite de potassium
alun de fer	sélénite de sodium

* un liquide incolore et légèrement huileux dérivé de végétaux et prenant la forme d'un sous-produit de la fabrication du papier, un solvant polaire organo-sulfuré, aprotique qui dissout à la fois des composés polaires et non-polaires, et qui est miscible dans une large gamme de solvants organiques, ainsi que dans l'eau.

Milieux de culture :

- Bouillon TSE (Tryptone Sel Eau)
- TSA (gélose trypticase soja)
- Gélose VRBL (milieu lactosé biliée au cristal violet et au rouge neutre)
- OGA (Gélose à l'oxytétracycline glucose)
- Gélose VF (Viande Foie)
- Bouillon Rappaport-Vassiliadis (RV)
- Gélose XLD (xylose-lysine-désoxycholate)
- Bouillon Giolitti Cantoni (GC)
- Milieu Chapman
- Bouillon Müller Kaufmann
- Gélose SFB (Sélénite F Broth)
- Gélose Mueller Hinton
- Gélose Sabouraud

<p>Figure : préparation des milieux de culture</p>	<p>Figure : les tubes contenant les dilutions, dans un bain marie (80°C pendant 10min) - Recherche et dénombrement des anaérobies sulfito-réducteurs -</p>

Matériels : Appareillage

<p>Figure : Bain-marie</p>	<p>Figure : Balance analytique</p>	<p>Figure : Etuve 37°C</p>
<p>Figure : Etuve 25°C</p>	<p>Figure : Etuve 42°C</p>	

Annexe 3

Tableau : Diamètres des zones d'inhibition des micro-organismes testés vis-à-vis l'HE et la poudre du *Thymus vulgaris* L.

	HE		Poudre		Témoins			
	50%	100%	50%	100%	gentamicine (10 µg)	vancomycin e (30 µg)	Témoin (-) DMSO	Econazole(1 %)
<i>E.coli</i>	45,5 ±0,14	51,7 ±2,77	7,83 ±0,28	8,06 ±0,2	23 ±0,15		6,6 ±0,1	
<i>P.aeruginosa</i>	24,03 ±0,15	27,03 ±0,15	7,3 ±0,2	8,06 ±0,2	23 ±0,14		6,3 ±0,1	
<i>Salmonella</i>	55,03 ±0,15	54,03 ±0,15	7,53 ±0,35	7,9 ±0,26	25 ±0,15		6,13 ±0,15	
<i>S.aureus</i>	55,03 ±0,15	55,03 ±0,15	6,6 ±0,1	7,8 ±0,15		25,03 ±0,15	6,23 ±0,06	
<i>Candida albicans</i>	68,03 ±0,15	70,03 ±0,15	6,1 ±0,1	6,2 ±0,1			7,36 ±0,47	31,03 ±1,62
<i>Aspergillus niger</i>	33,03 ±0,15	63,03 ±0,15	5,06 ±0,15	5,1± 0,1			2,1 ±0,17	36,03 ±0,15

Annexe 4

(Analyses physico-chimiques de la poudre du *Thymus vulgaris L.*)

1. Appareillage :

Dessiccateur, garni d'un agent déshydratant efficace

Etuve à température constante, réglable à $103 \pm 2^\circ\text{C}$

Balance analytique

Four réglable à $525 \pm 25^\circ\text{C}$

Plaque chauffante

pH-mètre

Bain d'eau bouillante

2. Matériels et réactifs :

-Capsule, de 50 à 100 ml de capacité, en platine, en porcelaine ou en tout autre matériau inaltérable dans les conditions de l'essai .

- Vase à peser, de forme basse, muni d'un couvercle ajusté

-Papier-filtre, sans cendres.

-Béchers

-Erlenmeyers

- verre de montre

-Eau distillée

-Acide chlorhydrique, solution. Diluer 1 volume d'acide chlorhydrique concentré (1,16 à 1,18 g/ml) avec 2,5 volumes d'eau.

-Nitrate d'argent, solution à environ 17 g/l.

-25 ml de solvant organique (éther ou éthanol)

3. Calculs et application des formules :

Détermination de la perte de masse à 103°C :

Tableau : Mesures pour la détermination de la perte de masse à 103°C de la poudre

	Prise d'essai 1	Prise d'essai 2
masse du vase à peser vide (g)	81,120	79,527
Prise d'essai (g)	4,001	4,001
m après 6h (g)	84,704	83,107
m après 7h (g) = m ₁	84,703	83,106
la teneur en matière sèche RS (%)	89,56	89,46

$m_0 = \text{masse du vase à peser vide} + \text{Prise d'essai}$

Détermination des cendres totales :

Tableau : Mesures pour la détermination des cendres totales de la poudre

	Prise d'essai 1	Prise d'essai 2
Capsule vide (g)	59,677	67,090
Prise d'essai (g)=m ₀	5,001	5,003
Capsule vide+ Cendres totales (g)	60,082	67,498
Cendres totales (g)=m ₁	0,405	0,408

$m_0 : \text{masse capsule vide} + \text{Cendres totales}$

Exemple d'application de la formule (2) :

Prise d'essai 1 : $0,405 \times (100/5,001) \times (100 / 89,56) = 9,042$

Prise d'essai 2 : $0,408 \times (100/5,003) \times (100/89,46) = 9,115$

Détermination des cendres solubles et insolubles dans l'eau :

Tableau : Mesures pour la détermination des cendres solubles et insolubles dans l'eau de la poudre

Capsule vide (g)	67,090
Prise d'essai (g) =m ₀	5,003
Cendres totales (g)=m ₁	0,408
Capsule vide + Cendres insolubles dans l'eau (5)	67,421
Cendres insolubles dans l'eau (g)=m ₂	0,331

Exemple d'application de la formule (3) :

$$0,331 \times 100/5,003 \times 100/89,46 = 7,395$$

Exemple d'application de la formule (4) :

$$m_1 - m_2 = 0,408 - 0,331 = 0,077g$$

$$0,077 \times (100/5,003) \times (100/89,46) = 1,720$$

Détermination des cendres insolubles dans l'acide :

Tableau : Mesures pour la détermination des cendres insolubles dans l'acide de la poudre

Capsule vide m_0 (g)	59,677
Prise d'essai (g)	5,001
Cendres totales (g)	60,082
$m_0 + m_3$	59,735
Cendres insolubles dans l'acide (g) = m_3	0,058

Exemple d'application de la formule (5)

$$0,058 \times (100/5,001) \times (100/89,56) = 1,294$$

4. Résultats de l'analyse physico-chimiques de la poudre du *Thymus vulgaris*

Tableau : Résultats de l'analyse physico-chimiques de la poudre du thym *Thymus vulgaris*

	Echantillon		
Humidité (%)	10,44	10,49	10,54
Les cendres totales (%)	9,042	9,067	9,115
Les cendres insolubles dans l'acide (%)	1,022	1,294	1,540
Les cendres insolubles dans l'eau (%)	7,124	7,395	7,402
Les cendres solubles dans l'eau (%)	1,605	1,720	1,755

Annexe 5

(analyses physicochimiques de la mayonnaise)

Calculs et application des formules :

Tableau : Mesures pour la détermination de l'humidité de la mayonnaise

	MZ 3		MZ4		MZ 1		MZ 2	
	4	4'	5	5'	2	2'	3	3'
Prise d'essai (PE) (g)	5,084	4,641	5,411	4,980	5,065	5,119	4,963	5,143
m ₀ (g)	80,924	60,622	81,809	59,934	79,527	59,128	76,720	60,357
m ₁ (g)	84,644	64,016	85,810	63,616	83,247	62,894	80,360	64,131
Humidité (%)	26,83	26,87	26,06	26,06	26,55	26,43	26,66	26,62
Moyenne de l'humidité des deux PE (%)	26,85		26,06		26,49		26,64	

m₀ : masse de la capsule vide ; m₁ : masse finale après 4h 30min

Exemple du calcul du pourcentage en humidité :

$$\text{Humidité (\%)} = [((84,644 + 5,084) - 80,924) / 5,084] \times 100 = 26,83\%$$

Tableau : Mesures pour la détermination de la teneur en matière grasse de la mayonnaise

Echantillons	MZ 3	MZ 4	MZ 1	MZ 2
Prise d'essai (g)	1,054	2,384	2,342	2,094
Matière non grasse (%)	34,5	37	36	28
Teneur en matières grasse (%)	65,5	63	64	72

Tableau : Mesures pour la détermination de la teneur en sel de la mayonnaise

Echantillons	MZ 3	MZ 4	MZ 1	MZ 2
Prise d'essai m ₀ (g)	4,580	4,743	4,627	4,687
V _s (ml)	2,5	2,5	2,7	2,8
Teneur en sel (%)	6,94	6,47	7,35	7,42

V_s : volume (AgNO₃) échantillon --- V_0 : Volume (AgNO₃) essai à blanc

$V_0 = 0,2$ ml

Teneur en sel (%) = $[5,844 \times C_s \times (V_s - V_0)] / m_0$

$C_s = 0,1$ mol/l

Résultats des analyses physico-chimiques de la mayonnaise :

Tableau : les résultats du pH des différents échantillons de mayonnaise (après 15 jours)

Teneur en matière grasse	Teneur en sel	Humidité	pH	
71	1,7	28,5	3,6	MZC
72	1,8	28,7	3,7	
74	2,2	28,9	3,7	
60	6,3	26,1	3,5	MZT
62	6,4	26,5	3,7	
63	6,7	26,8	4	
64	7,1	26	3,5	MZ 1
64	7,4	26,5	3,7	
65	7,5	26,9	4,1	
70	7,2	26,3	3,6	MZ 2
72	7,4	26,6	3,8	
73	7,6	26,9	4,2	
64	6,6	26,5	3,5	MZ 3
65,5	6,9	26,8	3,9	
67	7,2	27	4,3	
62	6,1	25,8	3,9	MZ 4
63	6,5	26,1	4	
64	6,6	26,4	4,3	

Tableau : les résultats du pH des différents échantillons de mayonnaise (après 30 jours)

Teneur en matière grasse	Teneur en sel	Humidité	pH	
71	1,7	28,6	3,6	MZC
71	1,8	28,7	3,7	
73	2,2	28,9	3,7	
60	6,1	26,1	3,3	MZT
60	6,4	26,4	3,5	
61	6,7	26,8	3,6	
63	7,2	26	3,2	MZ 1
64	7,3	26,6	3,4	
64	7,4	26,9	3,6	
70	7,2	26,3	3,3	MZ 2
71	7,4	26,6	3,4	
72	7,5	26,9	3,7	
63	6,5	26,5	3,2	MZ 3
64	6,6	26,7	3,5	
65	6,8	27	3,7	
60	6,2	25,8	3,6	MZ 4
62	6,5	26,2	3,8	
64	6,6	26,4	3,9	

Annexe 6

Résultats analyses sensorielles mayonnaise

Tableau : Résultats du test de dégustation : Saveur

Echantillons Dégustateurs	MZ C	MZ T	MZ 1	MZ 2	MZ 3	MZ 4
1	5	4	3	3	4	1
2	4	5	4	2	3	1
3	5	4	2	3	3	1
4	4	5	3	3	2	1
5	4	3	1	2	4	2
6	5	4	4	2	2	1
7	4	5	2	2	4	1
8	4	5	4	2	4	1
9	4	4	3	3	4	1
10	5	4	3	2	2	1
Somme des rangs	44	43	29	24	32	11
Moyenne	4,4	4,3	2,9	2,4	3,2	1,1

Tableau : Résultats du test de dégustation : Odeur

Dégustateurs	MZC	MZ T	MZ 1	MZ 2	MZ 3	MZ 4
1	3	3	4	1	3	2
2	4	3	3	3	4	2
3	5	3	3	2	3	3
4	5	3	2	2	4	3
5	4	4	2	3	3	2
6	4	4	3	3	3	2
7	4	4	3	3	2	3
8	5	5	3	2	3	1
9	5	3	2	1	4	2
10	3	4	1	3	5	3

Somme des rangs	42	36	26	23	34	23
Moyenne	4,2	3,6	2,6	2,3	3,4	2,3

Tableau : Résultats du test de dégustation : Couleur

Dégustateurs	MZC	MZ T	MZ 1	MZ 2	MZ 3	MZ 4
1	5	4	2	2	1	2
2	5	3	2	1	4	1
3	5	4	2	2	3	1
4	4	3	3	1	1	1
5	4	3	2	2	3	1
6	4	3	2	1	1	1
7	5	4	2	2	3	2
8	4	3	2	1	1	1
9	3	3	2	2	3	1
10	4	4	2	1	3	1
Somme des rangs	43	34	18	15	23	12
Moyenne	4,3	3,4	1,8	1,5	2,3	1,2

Tableau : Résultats du test de dégustation : Texture

Dégustateurs	MZC	MZ T	MZ 1	MZ 2	MZ 3	MZ 4
1	4	4	3	2	4	2
2	3	5	3	2	1	2
3	5	2	3	3	3	2
4	5	3	1	4	5	3
5	4	4	2	2	4	1
6	5	4	4	3	5	1
7	4	3	5	2	2	1
8	5	3	3	3	5	2
9	3	2	2	3	3	3
10	4	4	1	2	2	1

Annexes

Somme des rangs	42	34	27	26	33	18
Moyenne	4,2	3,4	2,7	2,6	3,3	1,8

Tableau : Echelle de dégustation (Agustin et al., 2021)

Note	1	2	3	4	5
Texture	Très désagréable	désagréable	normale	bonne	Très bonne
Odeur	Très désagréable	désagréable	normale	agréable	Très agréable
Couleur	verte	Jaune-verte	jaune	blanc-jaunâtre	blanche
Saveur	Très désagréable	désagréable	normale	bonne	Très bonne

Annexe 7

(Résultats microbiologiques des mayonnaises)

Tableau : Recherche d'*E.coli* dans les échantillons de mayonnaise :

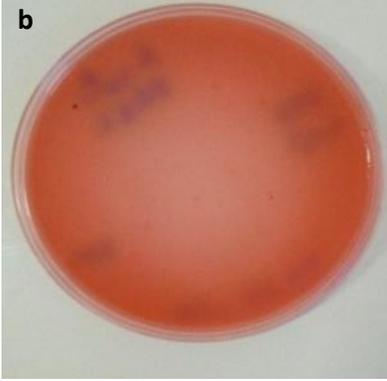
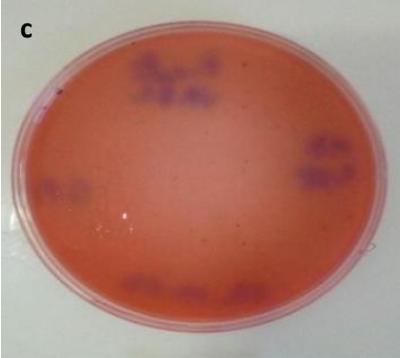
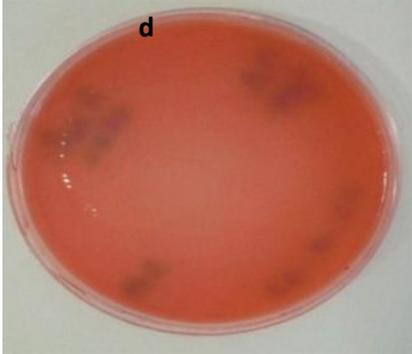
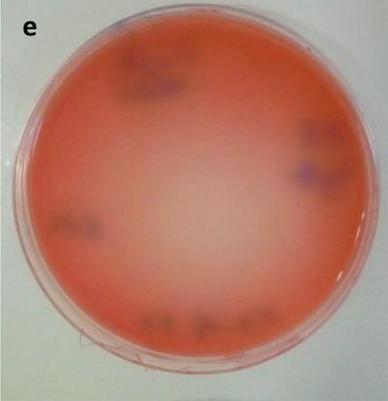
 <p>a</p>	 <p>b</p>
 <p>c</p>	 <p>d</p>
 <p>e</p>	
<p>a : témoin ; b : Mayonnaise additionnée de 0,2g de poudre ; c : Mayonnaise additionnée de 1,5g de poudre ; d : Mayonnaise additionnée de 0,03g d'HE ; e : Mayonnaise additionnée de 0,12 g d'HE</p>	

Tableau : Recherche des levures et des moisissures dans les échantillons de mayonnaise :

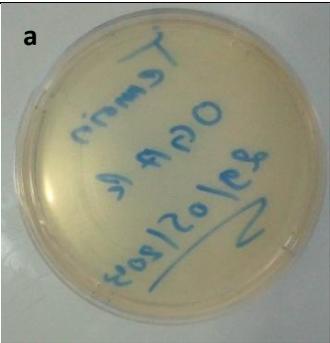
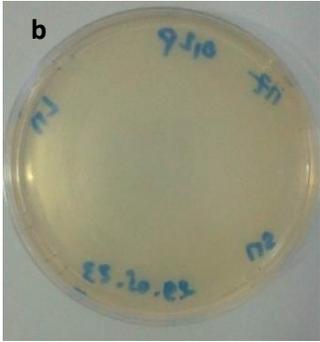
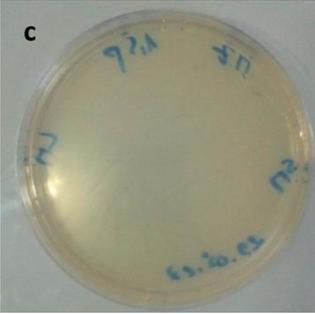
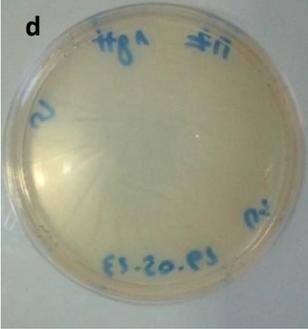
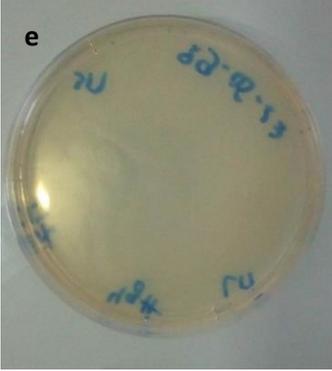
	
	
	
<p>a : témoin ; b : Mayonnaise additionnée de 0,2g de poudre ; c : Mayonnaise additionnée de 1,5g de poudre ; d : Mayonnaise additionnée de 0,03g d'HE ; e : Mayonnaise additionnée de 0,12 g d'HE</p>	

Tableau : Recherche de Staphylocoques dans les échantillons de mayonnaise :

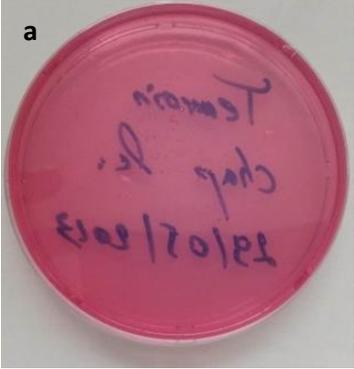
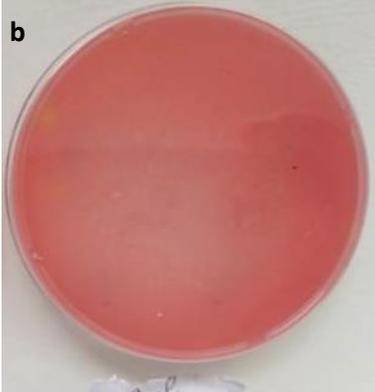
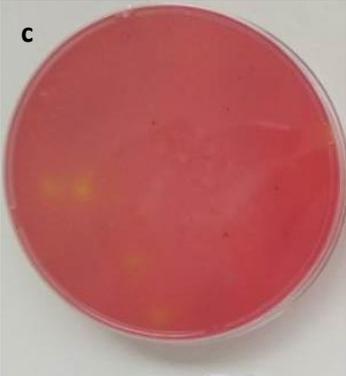
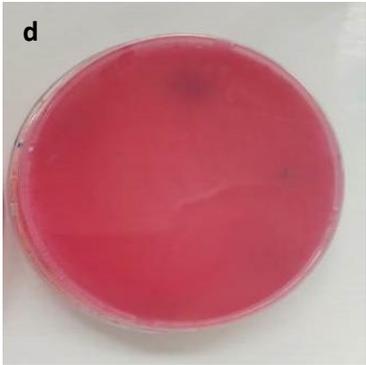
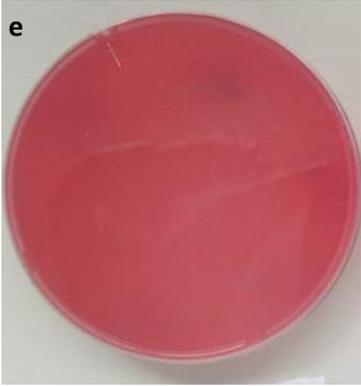
	
	
	
<p>a : témoin ; b : Mayonnaise additionnée de 0,2g de poudre ; c : Mayonnaise additionnée de 1,5g de poudre ; d : Mayonnaise additionnée de 0,03g d'HE ; e : Mayonnaise additionnée de 0,12 g d'HE</p>	

Tableau : Recherche de germes aérobie à 30°C dans les échantillons de mayonnaise :

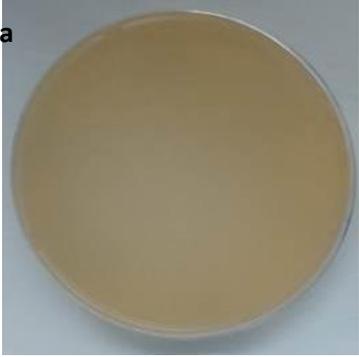
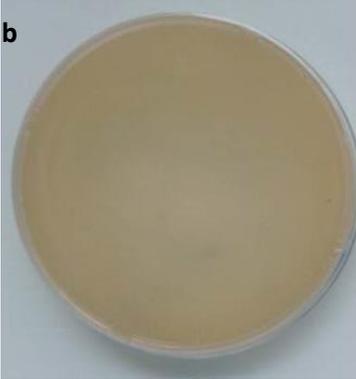
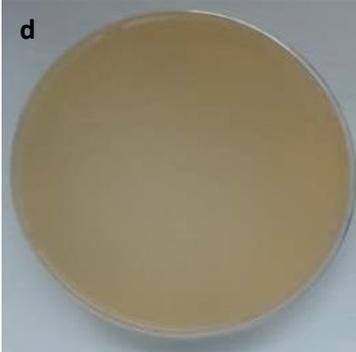
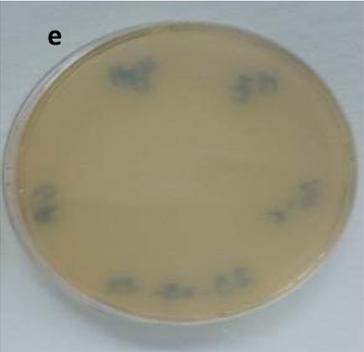
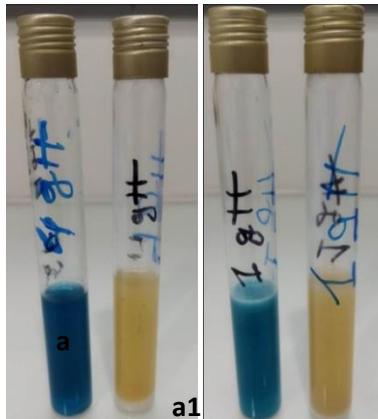
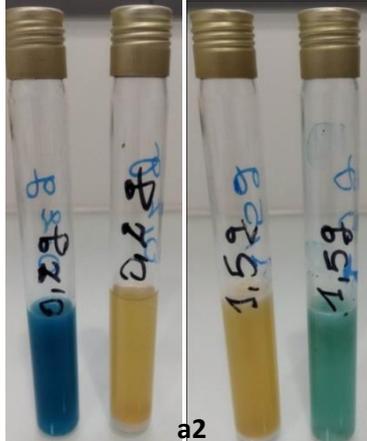
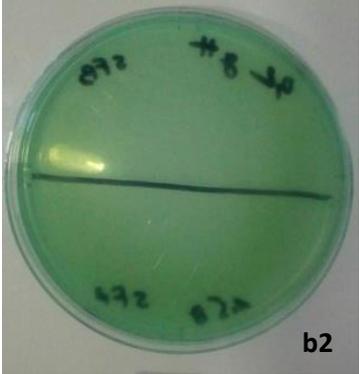
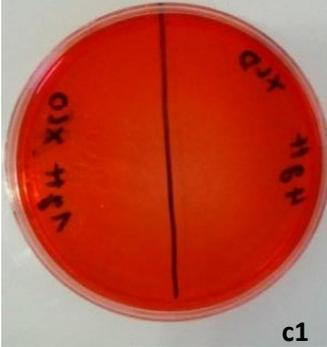
	
	
	
<p>a : témoin ; b : Mayonnaise additionnée de 0,2g de poudre ; c : Mayonnaise additionnée de 1,5g de poudre ; d : Mayonnaise additionnée de 0,03g d'HE ; e : Mayonnaise additionnée de 0,12 g d'HE</p>	

Tableau : Recherche de *Salmonella* dans les échantillons de mayonnaise

 <p>a1</p>	 <p>a2</p>
 <p>b1</p>	 <p>b2</p>
 <p>c1</p>	 <p>c2</p>
<p>a 1 : enrichissement (Mayonnaise additionnée de 0,03g d'HE + Mayonnaise additionnée de 0,12 g d'HE) b1 : isolement sur milieu SFB c1 : isolement sur milieu XLD</p>	<p>a 2 : enrichissement (Mayonnaise additionnée de 0,2g de poudre +Mayonnaise additionnée de 1,5 g de poudre) b2 : isolement sur milieu SFB c2 : isolement sur milieu XLD</p>