

N°Ref :.....

Centre Universitaire Abdelhafid Boussouf, Mila

Institut des Sciences et de la Technologie
Département des Sciences de la Nature et de la Vie

Mémoire préparé en vue de l'obtention du diplôme de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité : Biochimie Appliquée

Analyse sensorielle du lait cru bovin additionné d'extraits naturels

Présenté par :

- TALOUB Cheima
- BENLOUCIF Nadjiba
- BOULEMGHADER Abdelhak

Devant le jury

Présidente : BENSERRADJ Ouafa

Grade : Maître de Conférences « A »

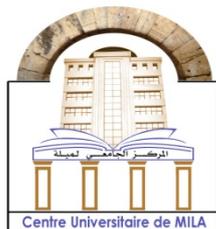
Examineur : BOUTELLAA Saber

Grade : Maître de Conférences « A »

Promoteur : BOUBENDIR Abdelhafid

Grade : Professeur

Année Universitaire : 2022/2023



N°Ref :.....

Centre Universitaire Abdelhafid Boussouf, Mila

Institut des Sciences et de la Technologie
Département des Sciences de la Nature et de la Vie

Mémoire préparé en vue de l'obtention du diplôme de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité : Biochimie Appliquée

Analyse sensorielle du lait cru bovin additionné d'extraits naturels

Présenté par :

- TALOUB Cheima
- BENLOUCIF Nadjiba
- BOULEMGHADER Abdelhak

Devant le jury

Présidente : BENSERRADJ Ouafa

Grade : Maître de Conférences « A »

Examineur : BOUTELLAA Saber

Grade : Maître de Conférences « A »

Promoteur : BOUBENDIR Abdelhafid

Grade : Professeur

Année Universitaire : 2022/2023

Remerciements

Avant tout, nous remercions **Dieu** le tout puissant qui nous a donné l'envie, la santé, le courage, la patience, et la force pour mener à terminer ce travail.

Merci ALLAH

On veut exprimer par ces quelques lignes de remerciements, notre gratitude envers tous ceux, qui par leurs présences, leurs soutiens, leurs disponibilités, nous ont permis de réaliser ce travail.

Tout d'abord, Ce travail ne serait pas riche et n'aurait pas pu voir le jour sans l'aide et l'encadrement de **Pr. BOUBENDIR Abdelhafid**, malgré vos obligations professionnelles et pédagogiques, vos qualités humaines et votre gentillesse sont pour nous un modèle. Votre disponibilité permanente et votre intérêt ont toujours suscité notre admiration. Veuillez bien Professeur recevoir nos remerciements pour le grand honneur que vous nous avez fait d'accepter l'encadrement de ce travail au cours duquel vos précieux conseils ont éclairé notre chemin.

A **Dr. BENSERRADJ Ouafa**, Maître de conférences à notre institut. Nous vous remercions de l'honneur que vous nous avez fait en acceptant de présider notre jury. Nous vous sommes très reconnaissants de bien vouloir porter intérêt à ce travail. Un grand merci encore pour la qualité de votre enseignement.

A **Dr. BOUTELLAA Saber**, Nous vous remercions infiniment pour avoir accepté d'examiner et d'évaluer ce travail ainsi pour votre aide et vos précieux conseils au sein de laboratoire de recherche. Depuis notre premier cours de Biochimie Appliquée, vous nous avez transmis l'admiration de cette belle spécialité. Un grand merci encore pour la qualité de votre enseignement.

A **Pr. BOUCHELAGHEM Amirouche**, Recteur de centre universitaire Abdelhafid Boussouf, MILA. Votre présence et votre évaluation de notre travail pendant nos expériences, et vos encouragements ont constitué pour nous un grand honneur.

A **Mr. KEMMOUKH Sami**, Directeur d'institut de Sciences et Technologie, votre aide nous a facilité la réalisation de nos expériences au niveau de la bibliothèque de notre institut.

A **Dr. TALOUB Salah**, Docteur vétérinaire qui nous a accompagné pendant l'échantillonnage du lait au niveau de ferme laitière. Vos précieux conseils nous ont aidé à réaliser un bon travail. Nous vous remercions de bien vouloir porter intérêt à ce travail.

A Mr. BOULEKROUNE Ibrahim, Propriétaire de la ferme laitière qui nous a accueilli
chaleureusement dans sa ferme.

Nous remercions également tous ceux qui ont aidé de près ou de loin à élaborer cette modeste
étude. En particulier les participants des séances sensorielles que nous remercions pour leur
disponibilité et leur application.

Enfin, nous remercions le personnel administratif et pédagogique en particulier les enseignants,
les techniciens des laboratoires pédagogiques, et les administrateurs de notre département des
Sciences de la Nature et de la Vie.

Dédicace

Le chemin du succès n'est pas droit, il existe des virages nommés "erreurs", des feux de signalisation nommés "amis", des lumières de précaution nommées "famille". Tout se paie comme un péage... Mais tout peut être accompli si tu as un pneu de rechange nommé "décision", un puissant y moteur nommé "amour" et beaucoup de carburant nommé "patience"... Et il te faut surtout un conducteur expert nommé "courage".

Ce n'était pas facile, mais je l'ai fait, C'est grâce à "Dieu"

Mon chemin était inconnu, tu m'as guidé vers le chemin juste et bon, **MERCI ALLAH**

À moi

Oui à moi-même : j'ai enfin trouvé ma voie, enfin j'ai pu ouvrir la première porte pour réaliser mes rêves, INCHALLAH.

Quant aux bénédictions de Dieu, le premier d'entre eux est mon père, le plus beau d'entre eux est ma mère, et les plus précieux d'entre eux sont ma sœur et mes frères. Ma famille est la meilleure bénédiction de Dieu pour moi.

A celui qui m'a ouvert le premier chemin de la connaissance. À mon premier professeur, pour le premier qui m'appris une lettre, puis un mot puis une phrase, et des leçons de vie. Aux yeux du monde tu es mon père mais à mes yeux tu es le monde.

Que DIEU te protège PAPA « Driss ».

Chaque bonne chose qui m'est venue dans ma vie, et chaque mal qui m'a été détourné, a été précédée par les prières de ma mère. A ma professeure de force, à ma professeure de patience, à ma professeure de courage, à qui même dans sa maladie elle m'a donné la foi et la volonté et j'ai dit je le ferai pour elle, à qui elle porte le paradis sous ses pieds,

Pour mon merveilleux modèle dans la vie.

A celle qui m'a donné la vie.

A qui je vois toujours la dame des femmes.

Que DIEU te protège MAMA « Farida ».

A vous deux : Pour votre amour et votre bienveillance, pour ce que vous nous avez transmis, Votre soutien inconditionnel et vos innombrables sacrifices. Vous avez toujours été là pour nous, sans vous je ne serai pas arrivé là. Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour éternel et ma reconnaissance. Puisses dieu, vous accorder santé, bonheur et longue vie. Je vous aime éternellement « **PAPA et MAMA** ».

Le frère et la sœur sont des compagnons d'enfance et des premiers amis, ils sont le dos qui ne se brise pas, ils sont le soldat inconnu qui vous protège comme si tu étais sa belle patrie, la sœur et le frère sont une bénédiction. Dieu a multiplié ma bénédiction six fois.

A ma précieuse et adorable, ma seule sœur "AIDA",

A mon grand frère "SALAH", A "OUSSAMA", A "ABDERAOUF", A "Mohamed Amine", et A mon petit frère "FIRASS ABD EL REZAK" :

C'est vrai que la distance est loin, mais les joies et les peines communes, chaque merveilleux souvenir, passé ou futur, nous rapproche toujours. Je vous souhaite une vie pleine de succès et de bonheurs, et toujours ensemble.

A "Mohamed EL Islam SILABDI"

Tu m'écoutes quand j'ai des soucis, tu me remontes le moral quand je suis triste, tu m'encourage quand j'hésite et tu me consoles quand je subis un échec. Je te souhaite une vie pleine de bonheur et de réalisation de rêves, et tout le succès dans votre vie professionnel Docteur.

A mes neveux : **Mohamed Islam, Adam, Akram, Tadj Eddine, et Acil.**

A ma nièce : **Razane.**

Aux Femmes de mes frères : **"Ikram", "Asrar" et "Wissam",** Merci pour vos aides.

À Toute ma famille **TALOUB et GHELIMA.**

À Mes Enseignants : **Pr. BOUBENDIR Abdelhafid, Dr. BOUTELLAA Saber, et Dr. BOUCHEKRITE Moufida**

Tous mes collègues de Promo 2023, En particulier **Nihad, Wissal, et Safa,** nos collègues qui nous ont aidé dans la préparation des expériences de la dégustation.

À tous ceux qui sont gentils avec moi, comme ça sans raison, sans que je ne demande rien. La gentillesse encourage le succès.



Cheima-TAL

Dédicace

À la mémoire de mon père qui nous a quittés très tôt... Que Dieu repose son âme en paix.

Au bonheur de ma vie « ma mère » qui a fait de moi ce que je suis aujourd'hui, merci pour ta confiance, ton soutien et ton amour chère maman ... Que Dieux te protège et t'accorde une longue vie pleine de bonne santé et de bonheur.

À tous ceux qui croient en ma volonté et mon amour de savoir et me souhaitent le succès....

Nadjiba

Table des Matières

Liste des Tableaux	I
Liste des Figures	II
Liste des Abréviations	III
Introduction	1

Partie I : Recherche Bibliographique

Chapitre I : Plantes étudiées

1.	Généralités	5
2.	Myrtaceae	5
2.1.	Aire de distribution du genre <i>Myrtus</i>	6
2.2.	Systématique	7
2.3.	Description botanique de Myrte	9
2.4.	Composition chimique de l'extrait éthanolique des feuilles de Myrte	10
2.5.	Composition chimique en huile essentielle des feuilles de Myrte	10
2.6.	Utilisation du Myrte en médecine traditionnelle	13
2.7.	Métabolites secondaires de Myrte et leurs activités	15
2.8.	Activité antimicrobienne des feuilles de Myrte	20
2.8.1.	Activité antibactérienne des feuilles de Myrte	21
2.8.2.	Activité antifongique de Myrte	28
3.	Lamiaceae	29
3.1.	Description de l'arbre du genre <i>Thymus</i>	29
3.2.	Description de l'espèce <i>Thymus numidicus</i> Poiret	30
3.3.	Aire de distribution du genre <i>Thymus</i>	31
3.4.	Métabolites secondaires des plantes de genre <i>Thymus</i>	33
3.5.	Activité antimicrobienne des espèces de genre <i>Thymus</i>	36
3.5.1.	Activité antibactérienne des extraits de genre <i>Thymus</i>	37
3.5.2.	Activité antimicrobienne des huiles essentielles du genre <i>Thymus</i>	40
3.6.	Utilisation de Thym	41

Chapitre II : Analyse sensorielle

1.	Généralités	43
2.	Définition de l'évaluation sensorielle	44
3.	Plantes dans les produits laitiers	45
4.	Métabolites secondaires et leurs effets nutritifs et sensorielles	47
4.1.	Terpènes	47
4.1.1.	Composés terpéniques	49
4.1.2.	Pigments terpéniques	51
4.2.	Composés phénoliques	54
4.2.1.	Tannins	54
4.3.	Flavonoïdes	58

Partie II : Recherche Expérimentale

Chapitre III : Matériel et Méthodes

1.	Matériel végétale	62
1.1.	Récolte de Thym	62
1.2.	Séchage	63
1.3.	Broyage	64

2.	Préparation de l'extrait hydro-éthanolique des plantes étudiées	64
2.1.	Préparation de l'extrait hydro-éthanolique de Thym	64
2.2.	Préparation de l'extrait hydro-éthanolique de Myrte	68
3.	Préparation des solutions mères des extraits hydro-éthanolique de Myrte et de Thym	68
3.1.	Solution mère de Myrte	68
3.2.	Solution mère de Thym	69
4.	Lait cru	70
4.1.	Collecte de lait cru	70
5.	Évaluation sensorielle	73
5.1.	Choix de la salle de la dégustation	74
5.2.	Préparation de la salle de l'évaluation	74
5.3.	Dégustateurs	75
5.4.	Méthodes de la dégustation	75
5.5.	Fiche d'analyse sensorielle	76

Chapitre IV : Résultats et discussion

1.	Résultats des analyses sensorielles	77
2.	Analyse statistique des données	79
2.1.	Analyse des résultats du lait additionné d'extrait de Myrte	81
2.2.	Analyse des résultats du lait additionné d'extrait de Thym	83
3.	Discussion	84
3.1.	Couleur	85
3.2.	Odeur	87
3.3.	Saveur	88
3.4.	Texture	90
4.	Conclusion	92
	Références Bibliographiques	

Liste des Tableaux		
Partie I : Recherche Bibliographique		
Tableau 1	Coordonnées géographiques des sites de Myrte en Algérie (Mohamadi et al., 2021).	7
Tableau 2	Différentes dénominations de Myrte (Goetz et Ghedira, 2012).	8
Tableau 3	Classification phylogénétique de Myrte (APG III, 2009).	8
Tableau 4	Classification phylogénétique de Myrte (Goetz et Ghedira, 2012).	9
Tableau 5	Variabilité de la composition chimique des huiles essentielles des feuilles et des fruits de Myrte en Algérie	11
Tableau 6	Comparaison en pourcentage des principaux composés de feuilles de Myrte de diverses origines.	13
Tableau 7	Utilisations ethnobotaniques de Myrte.	14
Tableau 8	Résultats de screening phytochimique effectué sur la poudre et l'infusé des feuilles de Myrte (Bouchenak et al., 2020).	16
Tableau 9	Résultats des analyses phytochimiques des extraits phénoliques de Myrte (Belmimoune et al., 2020).	17
Tableau 10	Constituants chimiques de Myrte et leurs activités biologiques.	18
Tableau 11	Activité antibactérienne des extraits des feuilles de Myrte.	22
Tableau 12	Activité antibactérienne de l'huile essentielle des feuilles de Myrte.	26
Tableau 13	Activité antifongique des feuilles de Myrte	29
Tableau 14	Classification du genre <i>Thymus</i> (Mebarki, 2010)	31
Tableau 15	La classification de <i>Thymus numidicus</i> (Quezel et Santa (1963), et Guignard et Dupont (2004)).	31
Tableau 16	Localisation des principales espèces de genre <i>Thymus</i> en Algérie (Quezel et Santa, 1963 ; Saidj, 2006 ; Mebarki, 2010).	33
Tableau 17	Acides phénoliques du genre <i>Thymus</i> .	34
Tableau 18	Les flavonoïdes présents dans les différentes espèces de Thym	35
Tableau 19	Composition chimique de l'huile essentielle de quelques espèces de Thym	36
Tableau 20	Activité antibactérienne des extraits de feuilles de Thym	38
Tableau 21	Ajout d'extraits naturels aux produits laitiers et leurs effets sensorielles	46
Partie II : Recherche Expérimentale		
Tableau 1	Concentrations et volumes d'extrait de Myrte ajoutés au lait.	68
Tableau 2	Concentrations et volumes d'extrait de Thym ajoutés au lait.	70
Tableau 3	Analyse sensorielle du lait additionné de l'extrait de Myrte (5 et 10 mg/mL)	77
Tableau 4	Analyse sensorielle du lait additionné de l'extrait de Thym (2,5 ; 5 et 10 mg/mL)	78
Tableau 5	Résumé des résultats des deux expériences « Myrte, Thym »	79
Tableau 6	Le meilleur produit dans chaque expérience « Myrte, Thym »	83

Liste des Figures		
Partie I : Recherche Bibliographique		
Figure 1	La répartition des Myrtaceae dans le monde (Grattapaglia et al., 2012).	6
Figure 2	Sites de Myrte (Mohamadi et al., 2021).	7
Figure 3	Baies et feuilles de Myrte (Yangui et al., 2021).	9
Figure 4	Pourcentage relatif des composés détectés dans l'extrait éthanolique de feuilles de Myrte par GC-MS (Mir et al., 2020).	10
Figure 5	Composition chimique de Myrte en 19 localités de la côte algérienne. (Mohamadi et al., 2021).	12
Figure 6	Rendement en polyphénols des extraits de feuilles de Myrte (Bouchenak et al., 2020).	17
Figure 7	<i>Thymus numidicus</i> Poiret (Messara et al. 2018).	30
Figure 8	Distribution géographique de Thym dans le monde (Stahl-biskup et al. 2002).	32
Figure 9	Biosynthèse des terpènes (Wink, 2010).	48
Figure10	Structures de quelques terpènes (Dhifi et al., 2016).	50
Figure11	Structure de Chlorophylle a et b (Benoît Schoefs, 2002).	52
Figure12	Représentation schématique du mécanisme de la transduction du signal du goût amer (Ma et al., 2013).	56
Figure13	Représentation schématique du mécanisme d'interaction entre les polyphénols et les protéines de la salive (Soares et al., 2020).	57
Figure14	Biosynthèse des flavonoïdes (Saito et al., 2013).	59
Partie I : Recherche Expérimentale		
Figure 1	Le Thym photographié dans la région de Hamala, Grarem Gouga, MILA	63
Figure 2	Localisation du site de collecte de Thym	63
Figure 3	La partie aérienne de Thym (les feuilles séchées)	64
Figure 4	Poudre de Thym	64
Figure 5	Macération, addition eau/éthanol (50:50) et agitation	65
Figure 6	Filtration de l'extrait sur papier filtre (*3)	65
Figure 7	Concentration de l'extrait au rotavapor	66

Figure 8	Séchage de l'extrait à l'étuve à 45°C	66
Figure 9	Récupération de l'extrait sec	67
Figure 10	Schéma descriptif du mode opératoire	67
Figure 11	Extrait hydro-éthanolique de Thym	69
Figure 12	Ferme laitière de Ferdoua, Sidi Merouane, Mila (coordonnées spatiales)	71
Figure 13	L'emplacement de la ferme par rapport à l'université	71
Figure 14	Bovins français de race noire Prim'Holstein	72
Figure 15	Échantillonnage du lait cru dans la ferme laitière de Ferdoua, Sidi Merouane, MILA	72
Figure 16	Préparation du test de dégustation	74
Figure 17	Préparation de la salle d'évaluation sensorielle	74
Figure 18	Conduite du test de dégustation	75
Figure 19	Fiches d'évaluation sensorielle des deux expériences	76
Figure 20	Résultats de l'analyse sensorielle exprimés en pourcentage du lait additionné de l'extrait de Myrte (5 et 10 mg/mL)	80
Figure 21	Résultats de l'analyse sensorielle exprimés en pourcentage du lait additionné de l'extrait de Thym (2,5 ; 5 et 10 mg/mL)	82

Liste des Abréviations

- AA** : Absence d'Activité.
- APG III** : Angiosperm Phylogeny Group.
- ATP** : Adénosine Triphosphate.
- CG** : Chromatographie en phase gazeuse.
- Chl** : Chlorophylle.
- CMB** : Concentration Minimale Bactéricide.
- CMF** : Concentration Minimale Fongicide.
- CMI** : Concentration Minimale Inhibitrice.
- Da** : Dalton.
- DAG** : Diacylglycérol.
- DAG** : Diacylglycérol.
- DPPH** : Diphényl Pycrilhydrazyle.
- EACC** : Ehrlich Ascites Carcinoma Cells.
- FRAP** : Ferric ion reducing antioxidant power.
- G β γ** : Protéine G hétérométrique.
- HE** : Huile Essentielle.
- HRP** : Protéines salivaires riche en histidine.
- IP3** : Inositol-1,4,5- triphosphate.
- LDL** : Low Density Lipoprotein.
- MEP** : Voie du methylerythritol phosphate.
- ND** : Non Déterminée.
- PIP2** : phosphatidylinositol-4,5- biphosphate.
- PLC- β 2** : Phospholipase (1-phosphatidylinositol-4,5-bisphosphate phosphodiesterase β -2).
- PLC** : Phospholipase C biphosphate.
- PMA** : Plantes aromatiques médicinales.
- PRP** : Protéines salivaires riche en proline.
- RCPG** : Récepteurs couplés à la protéine G.
- SM** : Solution Mère.
- T2R** : Récepteur de molécule amère.
- TrpM5** : Transient Receptor Potential Cation Channel Subfamily M.

INTRODUCTION

Introduction

Selon la réglementation européenne (le Règlement (CE) N°1333/2008), « Les additifs alimentaires sont des substances qui ne sont normalement pas utilisées en tant qu'aliments, mais qui sont délibérément ajoutées à des denrées alimentaires à des fins technologiques ». Les additifs alimentaires sont donc des substances ajoutées à différents stades (fabrication, transformation, préparation, traitement, conditionnement) aux aliments pour préserver ou améliorer leur innocuité, leur odeur, leur goût, leur texture ou leur aspect. Ils se retrouvent donc dans la composition du produit fini (Nesslany, 2019). Les additifs alimentaires sont souvent perdus au cours de la transformation. Il est évident que les additifs alimentaires peuvent apporter à l'homme un grand plaisir sensoriel et une grande commodité commerciale, mais ils peuvent également présenter des risques potentiels pour la santé humaine (Long et al., 2022).

Dans les années 1980, les additifs alimentaires ont été considérés comme dangereux pour la consommation, ce qui a suscité des craintes généralisées et l'exclusion de certains additifs, ce sont des substances qui peuvent provoquer des réactions indésirables comme n'importe quel autre médicament, l'interaction entre certains additifs alimentaires et le grand public n'a pas été très pacifique (Linke et al., 2018). De nombreux additifs chimiques ont été interdits au fil des années, certains au niveau mondial et d'autres uniquement dans certains pays (Branen et al., 2001).

Selon Robin (2011) et de nombreuses études scientifiques, mais aussi sur les témoignages de chercheurs et de représentants des agences de réglementation, elles montrent que c'est la cause principale de l'allergie, cancer, la progression des leucémies et des tumeurs cérébrales chez l'enfant qui a été d'environ 2 % par an et on constate une évolution similaire pour les maladies neurologiques (Parkinson et Alzheimer) et auto-immunes, ou pour les dysfonctionnements de la reproduction est d'origine environnementale ; elle est due aux dizaines de milliers des additifs chimiques qui ont envahi notre quotidien et notre alimentation depuis la fin de la seconde guerre mondiale.

D'autre part, les expositions aux additifs alimentaires pourraient perturber le microbiote intestinal, acteur clé de la santé humaine, et ainsi participer directement ou indirectement à l'établissement de diverses affections chroniques telles que l'obésité, le diabète de type 2, les

désordres métaboliques, les cancers, les maladies inflammatoires, les pathologies reproductives, immunitaires mais aussi neurologiques (**Comtet-Marre et al., 2020**).

Les consommateurs sont récemment devenus plus informés sur les additifs alimentaires et ont tendance à préférer les additifs d'origine naturelle à leurs analogues synthétiques, la demande de plus en plus accrue en produits naturels fait que les plantes aromatiques sont l'alternative disponible (**Bearth et al., 2014**). En suivant cette nouvelle voie, l'utilisation d'additifs alimentaires naturels est devenue une tendance de développement durable, les recherches suggèrent que le mélange des huiles essentielles et des extraits des plantes aromatiques à différentes concentrations pourrait être une alternative prometteuse pour remplacer les agents antimicrobiens synthétiques et conduire à de nouvelles recherches sur les produits naturels pour améliorer leurs propriétés antibactériennes (**Burt, 2004 ; Martínez-Graciá et al., 2015**).

L'utilisation d'extraits et des huiles naturels a fait l'objet de centaines de recherches qui démontrent leur efficacité dans les denrées alimentaires, tant pour la prolongation de la durée de conservation que pour l'aromatisation, aussi l'utilisation d'extraits et des huiles de plantes comme source de composés bioactifs devient une stratégie attrayante pour améliorer la qualité des aliments, le goût, l'odeur et la couleur surtout leur richesse en composés phénolique (**Hayaloglu et Farkye, 2011 ; Dupas et al., 2019 ; El-Sayed et al., 2019**).

Le Thym et le Myrte, sont des plantes aromatiques et médicinales appartenant à la famille des Lamiaceae et Myrtaceae renfermant le plus grand nombre des plantes à propriétés aromatiques et médicinales, revêtent des avantages importants pour la santé, démontrés surtout par les effets bénéfiques (anti-inflammatoires, antimicrobiens, anticancérogènes, antiviraux et antiallergiques) caractérisant leurs principaux composés bioactifs constitutifs (**Bouzabata et al., 2015 ; Mahmoodi et al., 2019**). En raison de leurs teneurs élevées en composés phénolique à fort pouvoir antioxydant l'usage des extraits naturels de Thym et de Myrte dans certains produits alimentaires transformés peut sans doute constituer une alternative intéressante à l'usage abusifs et non autorisé d'additifs synthétiques ayant montré des effets néfastes pour la santé et peut même contribuer à l'élaboration de nouveaux aliments alicaments capables de satisfaire la demande sans cesse croissante des consommateurs.

En raison de son large consommation dans le monde en générale et en Algérie spécialement (**El Hassani, 2013 ; Meribai et al., 2016**), le lait cru peut, sans doute, constituer une matrice alimentaire tant soit peu originale pour la conception de nouveaux produits diététiques pouvant allier les bienfaits de santé des cultures starter et des polyphénols contenus dans certaines plantes médicinales dont ceux provenant de la plante objet de l'étude à savoir le Thym et le Myrte. De nombreuses études sur l'effet antibactérien de l'addition des extraits de ces plantes aux aliments ont été conduites (**Zantar et al., 2013 ; Zantar et al., 2014 ; Dupas et al., 2019**).

Le lait cru (sans conservateur) est périssable et a généralement une durée de vie relativement courte, car il offre un environnement idéal pour le développement des micro-organismes (**El-Deeb, 2017**), il peut contenir des bactéries qui sont des agents pathogènes avec les bactéries lactiques, Les principales bactéries pathogènes présentes dans le lait cru sont *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli* producteur de vérocytotoxine, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella sp.* et *Campylobacter sp.* (**Boyazoglu et Morand-Fehr, 2001 ; Claeys et al., 2013 ; Pesavento et al., 2014 ; Hammad et al., 2015 ; Verraes et al., 2015**), chauffer le lait cru est la manière la plus efficace pour le consommateur d'éliminer presque entièrement les risques dus aux bactéries pathogènes. Ainsi, la durée de la conservation du lait est aussi prolongée mais un traitement thermique industriel du lait a un effet négatif sur sa valeur nutritive ; le chauffage du lait cru jusqu'au point d'ébullition détruit les bactéries lactiques et probiotiques, tout comme les bactéries pathogènes, aussi des effets sur les vitamines, nutriments et les sels minéraux dans le lait cru tel que la dénaturation possible des protéines, perte de calcium soluble et d'iode, et des effets organoleptiques sur le goût et la couleur (**Thérèse, 2014**).

Ces dernières années, les produits naturels d'origine végétale qui peuvent améliorer les propriétés des produits laitiers telle que le yaourt et les fromages ont été considérés, en raison des préoccupations des consommateurs concernant les ingrédients synthétiques, pour cette raison, les produits laitiers ont été enrichis avec plusieurs extraits de plantes pour améliorer les propriétés bioactives, la qualité nutritionnelle et les attributs physiques et sensoriels du produit final (**Dupas et al., 2019**). **Zantar et al. (2013)** ont ajouté le Thym et le Myrte au fromage frais et suivi les préférences des consommateurs.

Dans ce contexte, l'objectif principal du présent travail est de tester l'effet de la supplémentation du lait cru avec des extraits naturels de plantes aromatiques médicinales sur

la qualité sensorielle. Pour cela, l'extrait hydro-éthanolique de Myrte et Thym a été additionné au lait cru à différentes concentrations, dans le but de remplacer les additifs chimiques synthétiques et éliminer le traitement thermique.

Ce manuscrit est divisé en deux grandes parties, l'une bibliographique et l'autre consacrée à l'évaluation sensorielle expérimentale du lait cru additionné d'extraits naturels de Myrte et Thym. La partie bibliographique est développée en deux chapitres, le premier chapitre sur les Plantes étudiées, le deuxième chapitre aborde l'analyse sensorielle. La partie expérimentale est développée en deux chapitres à savoir Matériel et méthodes, Résultats et discussion, et enfin une conclusion générale.

Partie I :
Recherche Bibliographique

CHAPITRE I

Chapitre I : Plantes étudiées

1. Généralités

La diversité végétale sert à l'humanité en tant que ressource naturelle renouvelable par une grande variété de produits chimiques biologiquement actifs. En Algérie, comme dans tous les pays du monde, plus de 20000 plantes aromatiques et médicinales (PAM) sont utilisées en médecines traditionnelle (**Reguieg, 2011**). La richesse de la flore algérienne en plantes médicinales et les plantes aromatiques est indéniable et leur utilisation dans la médecine traditionnelle cherche l'intérêt récent pour études scientifiques (**Basli et al., 2012**).

Bien que les plantes aromatiques se répartissent sur un grand nombre de familles botaniques, certaines concentrent un grand nombre d'espèces concernées. Citons par exemple Lamiaceae, Astéraceae, Apiaceae, Cupressaceae, Rutaceae, Lauraceae, et Myrtaceae (**Baser et al., 2009 ; D'Aquila et al., 2023**), donc la valorisation des plantes aromatiques et médicinales nécessite leur parfaite connaissance (**Jamaledine et al., 2017**). Beaucoup des plantes utilisées dans ce mode de traitement peuvent s'avérer toxiques (**Moreau, 2003**).

Dans ce contexte, nous allons étudier les deux plantes : Myrte et Thym, qui appartiennent aux deux grandes familles : Myrtaceae et Lamiaceae respectivement.

2. Myrtaceae

La famille des Myrtacées est une famille de plantes dicotylédones qui comprend plus de 5650 espèces réparties en 48 à 134 genres environ. Ce sont des arbres et des arbustes, souvent producteurs d'huiles aromatiques (**Govaerts et al., 2008**).

Les Myrtaceae constituent un modèle de choix pour l'étude de l'évolution chez les Angiospermes, puisque les genres sont caractérisés par un nombre important d'espèces. Nous citons quelques exemples, le genre *Syzygium* contient entre 1200 et 1500 espèces (**Biffin et al., 2010**). *Eugenia* inclut approximativement 1050 espèces, et *Eucalyptus* environ 700 espèces (**Brooker, 2000**).

Les Myrtaceae sont économiquement de première importance pour les industries pharmaceutiques, agroalimentaires ou cosmétiques, sans compter les nombreux composés potentiellement bioactifs qui restent à analyser et valoriser (**Migliore et al., 2012**).

Myrtus communis L. communément appelé Myrte est un arbuste aromatique appartient à la famille des Myrtacées (**Snow et al., 2011 ; Alipour et al., 2014**). Il est répandu tout autour du bassin méditerranéen (**Figure 1**). En plus de ces croyances, on lui prête depuis longtemps des propriétés médicinales (**Bouchenak et al., 2020**). Il est originaire d'Europe du Sud,

d'Afrique du Nord et d'Asie de l'Ouest et est également présent en Amérique du Sud, dans le nord-ouest de l'Himalaya et en Australie (Sumbul et al., 2012).

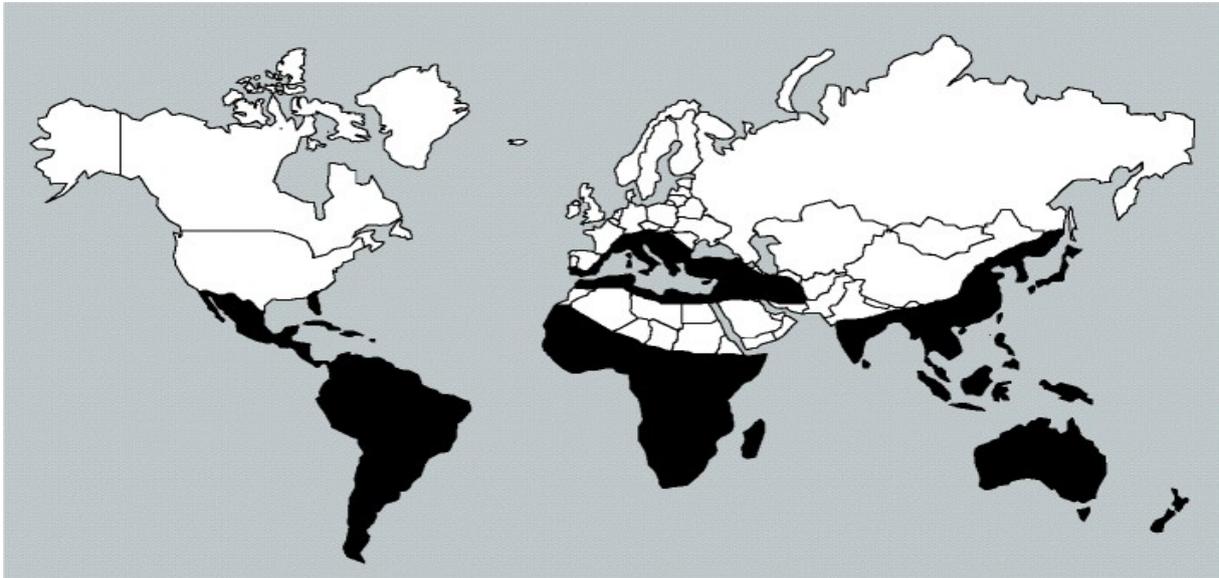


Figure 1 : La répartition des Myrtaceae dans le monde (Grattapaglia et al., 2012).

2.1. Aire de distribution du genre *Myrtus*

➤ Myrte dans le monde

Le genre *Myrtus* est le seul genre qui soit indigène en Méditerranée et au Sahara (Figure 1). Au sein de cette famille d'affinité tropicale, le Myrte a une distribution autour de la méditerranée, puisqu'il s'étend en Micronésie (Açores et Madère), mais aussi en zone irano-touranienne (montagnes de l'Alborz, du Zagros et région de Kerman en Iran), et même, peut-être, en Asie (en Afghanistan voire au Pakistan) (Migliore et al., 2012).

➤ Myrte en Algérie

En Algérie, il pousse spontanément sur l'Atlas tellien (Figure 2) et les régions côtières d'Alger et de Constantine (Tableau 1), où il est connu sous le nom de « Rihan » ou « Mersin » (Bouchenak et al., 2020).



Figure 2 : Sites de Myrte (Mohamadi et al., 2021).

Tableau 1 : Coordonnées géographiques des sites de Myrte en Algérie (Mohamadi et al., 2021).

Province	Localités		Coordonnées GPS		Altitude (m)
			Nord	Est	
El Tarf	1	El Kala	36°51'54.74"	8°26'38.16"	54
	2	Berrihane	36°50'32.46"	8°08'37.45"	9
Annaba	3	Annaba	36°55'43.18"	7°42'54.75"	500
	4	Séraïdi	36°54'56.17"	7°37'14.93"	650
	5	Oued El Aneb	36°54'35.38"	7°33'16.46"	95
Skikda	6	Laouinet	36°58'55.38"	6°18'20.06"	650
Jijel	7	El khémis	36°48'04.66"	6°17'10.62"	44
	8	Timdiouan	36°50'40.58"	6°01'41.65"	35
	9	Taza	36°41'54.58"	5°31'53.29"	42
Béjaïa	10	Darguine	36°34'45.07"	5°20'30.72"	100
	11	Azémour	36°38'39.53"	5°12'49.73"	22
	12	Ibourassen	36°42'43.77"	5°00'09.91"	27
	13	Boulimat	36°48'36.07"	4°59'18.79"	60
	14	Béni Ksila	36°53'09.78"	4°38'58.35"	30
Tizi-ouzou	15	Isoumaten	36°52'43.37"	4°20'40.60"	123
Boumerdès	16	Zemmouri	36°45'43.20"	3°34'42.41"	233
Blida	17	Talaougouni	36°35'27.26"	3°29'31.38"	400
	18	Hamam Mélouan	36°29'18.32"	3°03'02.90"	169
Tlemcen	19	Honaïn	35°08'10.27"	1°40'34.34"	647

2.2. Systématique

Noms vernaculaires

Selon Goetz et Ghedira (2012), le Myrte est connu sous différentes dénominations selon les pays (Tableau 2).

Tableau 2 : Différentes dénominations de Myrte (Goetz et Ghedira, 2012).

Français	Myrte commun
Anglais	Common myrtle, Greek myrtle, myrtle, sweet myrtle
Arabe	Arrayan, A'as, Rihan
Berbère	Tarihant
Corse	Morta, Mortula
Espagnol	Arrayan, Mirto, Mortella, Mortin.

➤ **Classification APG III de Myrte**

La plus récente des classifications établies par Angiosperms Phylogeny Group est la classification APG III datant de 2009 (**Tableau 3**). Cette récente classification est basée sur deux gènes chloroplastiques et un gène nucléaire de ribosome (**APG III, 2009**).

Tableau 3 : Classification phylogénétique de Myrte (APG III, 2009).

Embranchement	Spermatophyte
Clade	Angiospermes
Clade	Dicotylédones vraies
Clade	Rosidées
Clade	Malvidées
Ordre	Myrtales
Famille	Myrtaceae
Genre	Myrtus

➤ **Classification botanique de Myrte**

Selon Goetz et Ghedira (2012), la classification botanique de Myrte est représentée dans le **Tableau 4**.

Tableau 4 : Classification phylogénétique de Myrte (Goetz et Ghedira, 2012).

Embranchement	Spermaphytes
Sous-embranchement	Angiospermes
Règne	Plantae
Sous-règne	Eucaryote
Division	Magnoliophyta
Classe	Dicotylédones
Ordre	Myrtales
Famille	Myrtacées
Genre	Myrtus
Espèce	<i>Myrtus communis</i> L.
Variétés	<i>M. communis</i> var. <i>italica</i> L. <i>M. communis</i> var. <i>baetica</i> L. <i>M. communis</i> var. <i>lusitanica</i> L.

2.3. Description botanique du Myrte

C'est un arbrisseau de 1 à 3 mètres, inerme, aromatique, toujours vert (**Figure 3**). Les feuilles opposées, très rapprochées, subsessiles, ovales-lancéolées aiguës, sont entières, coriaces, persistantes, glabres et luisantes, sans stipules. Les fleurs, blanches, axillaires, solitaires sont longuement pédonculées et odorantes. Le calice à tube soudé à l'ovaire présente 5 lobes étalés et la corolle 5 pétales. Les étamines sont nombreuses. Le style, unique, présente un stigmate simple. L'ovaire est infère et le fruit est une baie à peine charnue, ovoïde, d'un noir bleuâtre, couronnée par le calice, à graines peu nombreuses (Goetz et Ghedira, 2012).



Figure 3 : Baies et feuilles de Myrte (Yangui et al., 2021).

Les graines sont nombreuses avec des irrégularités de formes et de tailles. La floraison peut débuter à partir de mai-juin et s'étale jusqu'en août sous la forme de fleurs odorantes, aux pétales d'un blanc éclatant ou taché de rose (Quézel et Santa, 1962).

2.4. Composition chimique de l'extrait éthanolique des feuilles de Myrte

Les constituants chimiques de Myrte provenant de différentes parties du monde sont signalés comme différant de manière significative (Chalchat et al., 1998).

L'analyse GC-MS de l'extrait éthanolique de Myrte par chromatographie en phase gazeuse et spectrométrie de masse a permis de détecter 50 composés qui constituent 71% de l'extrait total, dont la plupart se trouvent dans le même type de plante d'origine étrangère. Les composés les plus dominants (Figure 4) de tous les composés identifiés étaient le 1,1,8-triméthyl-octahydro-2,6-naphtalènedione, le pyrogallol, le 1,8-cinéole, tandis que les composés les plus représentatifs identifiés étaient l' α -terpinéol, le linalool, le squalène, l'acétate d' α -terpinyle, le D-limonène et l'acétate de linalyle. Les autres constituants présents en quantités appréciables (Mir et al., 2020).

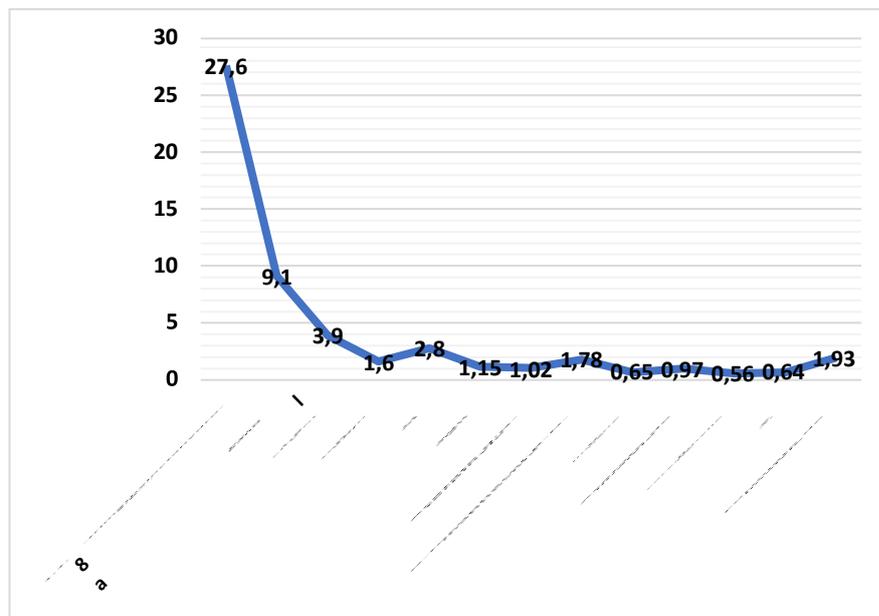


Figure 4 : Pourcentage relatif des composés détectés dans l'extrait éthanolique de feuilles de Myrte par GC-MS (Mir et al., 2020).

2.5. Composition chimique en huile essentielle des feuilles de Myrte

L'huile essentielle de Myrte est une huile jaune pâle, très parfumée, avec un rendement moyen de $0,68 \pm 0,6$ % (Mohamadi et al., 2021). En Algérie, Bouzabata et al. (2015) en examinant la composition chimique de l'huile essentielle des feuilles de Myrte ont également trouvé que l' α -pinène, le 1,8-cinéole et le linalol sont les principaux composants.

Tableau 5 : Variabilité de la composition chimique des huiles essentielles des feuilles et des fruits de Myrte en Algérie.

Partie de la plante utilisée, stade physiologique et site de la récolte	Principaux composants (> 5%)	Référence
- Feuilles - Mi-novembre (pleine fructification) - Forêt de Baïnem (banlieue nord-ouest d'Alger)	- α -pinène 50,81 - 1,8-cinéole 24-32	Zougali et al. (2010)
- Feuilles - Mi-novembre (pleine fructification) - Forêt de Baïnem (banlieue nord-ouest d'Alger)	- α -pinène 44,62 - 1,8-cinéole 25,46	Zougali et al. (2012)
- Feuilles et fruits - Novembre - Miliana (Nord-ouest de l'Algérie)	Feuilles - α -pinène 46,9 - 1,8 cinéole 25,2 - Linalool 5,6 Fruits - Linalool 36,2 - Estragole 18,4 - 1,8-cinéole 11,4 - α -bergamolène 5,9	Brada et al. (2012)
- Feuilles et rameaux de Myrte à fruits bleu-violacé et blancs - Stade de fructification - Région de Gouraya (Nord-est de l'Algérie)	Feuilles des fruits blancset bleu-violacé, respectivement : - 1,8-cinéole 42,4-33,3 - α -pinène 33,4-39,3 - Linalool 1,0-6,5	Foudil-Cherif et al. (2013)
- Feuilles et fleurs (parties aériennes) - Mai et juin (stade de floraison) - 16 sites de l'Est algérien (Jijel, Skikda, Seraidi, Bouchegout, Mechroha et Bouhadjar) au Centre algérien (Tadma, Adekkar, Bouira, Tazmalt, Mansoura, Saoula, forêt de Baïnem, Mouzaïa et Hammam Righa) et Ouest algérien (Nedroma).	- α -pinène 27,4-59,2 - 1,8-cinéole 6,1-34,3 - Limonène 2,9-24,3 - Linalool 0,6-1,2 - Linalyl acétate (Jusqu'à 13,1) - α -terpinéol 1,8-5,5 - Geranyl acétate 1,4-6,0	Bouzabata et al. (2013b)
- Feuilles et fleurs (parties aériennes) - Mai et juin (stade de floraison) - Deux groupes d'endroits : MCI (Forêt de Baïnem - Tipaza -, Mechroha -Tell Atlas, Guelma - et Saoula -Alger -); MCI (Hammam Righa -Aïn Defla -).	MCI-MCI - α -pinène 50,8-33,6 - 1,8-cinéole 21,9-13,3 - Linalool 2,7-14,8 - Linalyl acétate 0,3-9,5	Bouzabata et al. (2015)

Des résultats récents sur la composition chimique de l'huile essentielle de Myrte en Algérie dans dix-neuf localités de la côte algérienne ont été rapportés (**Figure 5**), quarante-six composés ont été identifiés, représentant en moyenne $99,17 \pm 0,6$ % des huiles totales. L' α -pinène était le composant le plus abondant dans les huiles essentielles de toutes les populations étudiées, avec une moyenne de $50,1 \pm 10,3$ %, suivi du 1,8-cinéole ($22,27 \pm 4,32$ %), du

limonène ($5,16 \pm 2,67$ %), du linalool ($3,79 \pm 2,97$ %), de l' α -terpinéol ($2,75 \pm 1,12$ %), de l'acétate de géranyle ($1,95 \pm 0,7$ %) et du méthyle eugénol ($1,40 \pm 0,98$ %). L'acétate de myrtényle n'a été observé que dans quatre populations avec des niveaux significatifs (de 10,66 à 20,94%) (Mohamadi et al., 2021).

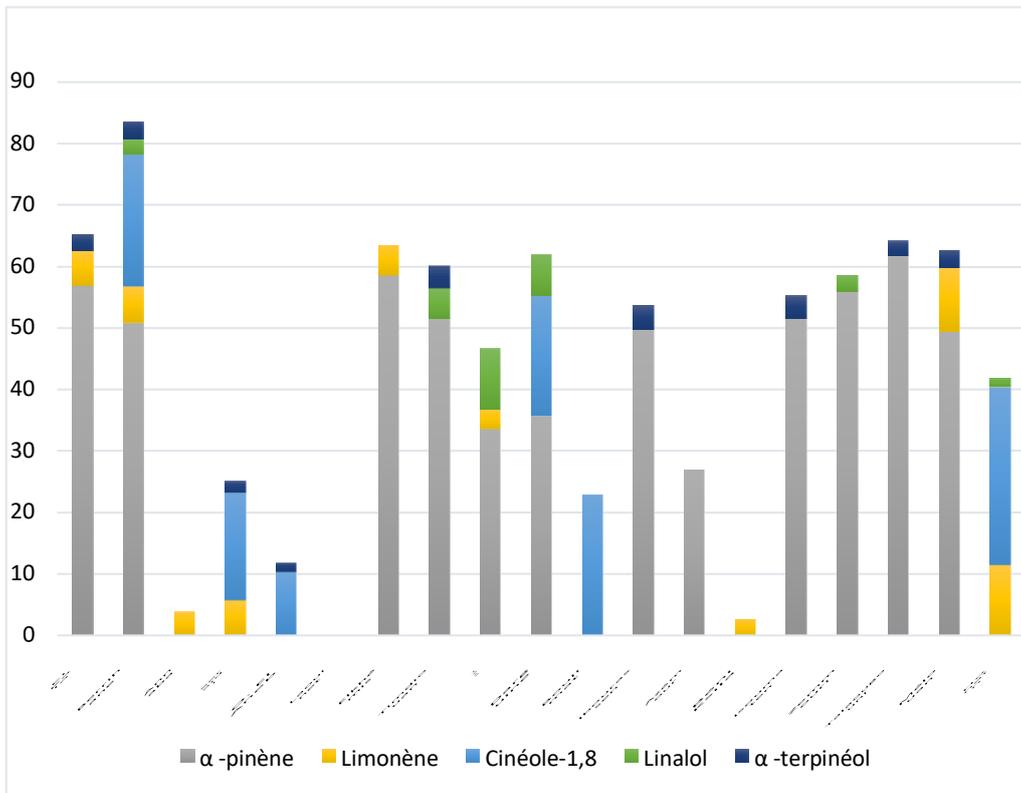


Figure 5 : Composition chimique de Myrte en 19 localités de la côte algérienne. (Mohamadi et al., 2021).

Par ailleurs, des recherches plus poussées dans la région méditerranéenne ont révélé que l'huile de myrte algérienne se caractérise par l'absence d'acétate de myrtényle, et ce fait est apparu utile pour examiner la composition de l'huile de myrte dans le contexte méditerranéen. En effet, des compositions exemptes d'acétate de myrtényle ont été rapportées pour des huiles de myrte provenant d'autres pays que l'Algérie, tels que la Tunisie et l'Iran, ainsi que de diverses îles méditerranéennes, à savoir Chypre, la Sardaigne et la Corse. En revanche, des huiles de feuilles de myrte contenant des quantités appréciables d'acétate de myrtényle ont été signalées au Maroc, en Italie centrale et méridionale, en Grèce et en Turquie (Ashnagar et al., 2009 ; Bajalan et al., 2014 ; Belmimoune et al., 2020 ; Mohamadi et al., 2021).

Tableau 6 : Comparaison en pourcentage des principaux composés de feuilles de Myrte en diverses origines.

Références	Italie	Grèce	Turquie	Algérie		Maroc	Égypte	Tunisie
Composés (%)	[A]	[B]	[C]	[E]	[F]	[G]	[H]	[G]
α -pinène	28,9-41,6	10,1-11,6	6,4-9,0	22,11	39,02	18,5-25,0	25,5	51,1-52,9
P-cymène	0-1,8	/	0,8-1,3	/	/	/	/	1,7-1,8
Limonène	5,2-9,5	/	/	30,45	7,75	8,9-11,0	1,6	6,1-7,3
1,8-cinéole	24,2-25,5	12,7-19,6	10,5-18,2	24,3	43,58	32,5-37,5	27,2	24,2-24,6
α -terpinolène	/	/	/	/	/	/	/	/
β -linalool	2,9-11,7	7,0-15,8	16,3-18,6	1,3		1,7-2,3	11,8	2,3-2,5
α -terpinéol	2,8-3,6	1,6-2,9	/	2,5	3,49	/	/	/
Myrténol	/	0,8-3,5	4,3-6,5	/	/	/	/	/
Linalyle acétate	0,7-2,9	2,5-6,0	/	/	/	/	3,4	/
Myrtényle acétate	/	23,7-39,0	/	/	/	14,8-21,1	4,2	/
α -terpinyle acétate	1,1-1,6	/	/	0,9	/	3,7-4,4	1,4	1,7-1,9
Eugénol	/	/	/	00	/	/	/	/
Néryl acétate	/	0,4-3,1	/	/	/			
Géranyl acétate	/	0,3-1,8	/	2,1	/	1,8-2,2	/	1,7-2,1
Méthyle eugénol	0,8-1,1	/	/	2,3	/	/	/	/
Eugényle méthyle éther	/	/	/	/	/	/	/	/
β -caryophyllène	/	/	/	0,9	/	/	/	/

A Flamini et al. (2004) ; B Gardeli et al. (2008) ; C Mozek et al. (2000) ; D Boelens et al. (1992) ; E Nabti et Tichati (2022) ; F Belmimoune et al. (2020) ; G Chalchat et al. (1998).

2.6. Utilisation du Myrte en médecine traditionnelle

Les différentes parties de la plante de Myrte ont traditionnellement diverses applications spécifiques (**Tableau 7**) (**Ziyyat et al., 1997**). Dans certaines études ethnobotaniques antécédentes, les feuilles sont la partie la plus utilisée car elles sont en même temps un siège de réactions photochimiques et un réservoir de matière organique et des principes actifs (métabolites secondaires) qui en découlent (**Aabdouse et al., 2020**).

Les infusions faites à partir des feuilles et des jeunes branches sont approuvées pour être stimulantes, antiseptiques, astringentes et hypoglycémiantes, et elles sont considérées comme un remède contre l'asthme, l'eczéma, le psoriasis, la diarrhée, les troubles gastro-intestinaux et les infections urinaires (**Ziyyat et al., 1997**).

Aussi, la décoction de feuilles de myrte est utilisée pour le lavage vaginal et contre les maladies respiratoires (**Marchini et Maccioni, 1998**), tandis que la décoction de fruits est utilisée comme antidiarrhéique, antihémorroïdaire et dans le traitement des maladies de la bouche et des yeux (**Ziyyat et al., 1997**), aussi la consommation des fruites verts ou desséchés

fortifier le cœur et utilisés comme condiment, ils sont un remède pour l'estomac contre l'entérite, la dysenterie et les hémorragies. Pour les fleurs, ils sont traditionnellement utilisés contre les affections herpétiques et l'érysipèle (Beloued, 2009).

Tableau 7 : Utilisations ethnobotaniques de Myrte.

Partie utilisée	Application	Pays	Références
Feuilles	Boisson	Italie	Ozkan et Guray (2009) Tadesse et Mesfin (2010)
	Stress et anxiété	Turquie	Akaydin et al. (2013)
	Dépression, polyménorrhée et plaie.	Iran	Farzae et al. (2014)
	Hypertension, diabète, eczéma, et autres maladies de la peau.	Algérie	Boudjelal et al. (2013) Sarri et al. (2014) Bouzabata et al. (2015)
	Troubles respiratoires et hémorroïdes, douleurs abdominales et diarrhée.	Pakistan, Inde, Turquie, Iran, Éthiopie	Teklehaymanot et Giday (2007) Akaydin et al. (2013) Bouzabata et al. (2015)
	Cosmétique (contrôle de la chute des cheveux) Pellicules Gale Mal de tête	Éthiopie	Teklehaymanot et Giday (2007) Tadesse et Mesfin (2010) Gebeyehu et al. (2014) Getaneh et al. (2014)
	Infections des sinus	Chine, France	Jabri et al. (2016) Mahmoudvand et al. (2016)
	Agent antipyrétique et sédatif	Éthiopie	Jansen (1981)
Feuilles, baies et l'huile de Myrte	Diarrhée, dysenterie, ulcère gastrique, Vomissements, rhumatismes, hémorragies, Sinus profonds, leucorrhée Hémorroïde,	Algérie, Inde, Pakistan, Turquie,	Beloued (2009) Sumbul et al. (2011) Alipour et al. (2014) Sen et al. (2016)

	inflammation, pulmonaire et maladies de la peau, Astringent, antiseptique, désinfectant ethypoglycémiant.	Éthiopie et Iran	
Feuilles et fruits	Nourriture et boissons	Europe (Italie)	Sumbul et al. (2011) Sen et al. (2016)
	Adjuvant pour le traitement de l'insomnie, effets vulnérables, antitussifs et digestifs.	Éthiopie, Inde, Pakistan	Tiwari (2008) Birhanie et al. (2016)

2.7. Métabolites secondaires de Myrte et leurs activités

Les polyphénols constituent une grande famille de composés issus du métabolisme secondaire des plantes, qui constituent une défense chimique contre les prédateurs et les agressions environnementales. Les polyphénols sont classiquement divisés en non-flavonoïdes (par exemple, les acides phénoliques et les stilbènes) et en flavonoïdes (par exemple, les anthocyanes et les flavan-3-ols). Parmi les non-flavonoïdes alimentaires les plus courants figurent les acides phénoliques, à savoir l'acide gallique, les acides hydroxy cinnamiques et leurs dérivés conjugués, ainsi que les stilbènes. Les flavonoïdes présentent un noyau flavanique typique en C6-C3-C6 et sont les plus abondants des polyphénols largement répandus dans le règne végétal et donc abondants dans l'alimentation humaine. Les principaux sous-groupes de flavonoïdes alimentaires sont les flavones, les anthocyanidines, les flavanols, les (iso)-flavanones et les flavan-3-ols. Les tanins constituent un groupe spécifique de polyphénols qui ont la capacité particulière d'interagir et de précipiter les alcaloïdes, la gélatine et d'autres protéines. Cela signifie que tous les tanins sont des polyphénols, mais l'inverse n'est pas vrai (Soares et al., 2020).

Les anthocyanes, les flavonoïdes et les acides gras sont les principaux composés phytochimiques des baies de Myrte (Tuberoso et al., 2010 ; Messaoud et Boussaid, 2011). Les feuilles sont riches en acides phénoliques, en flavonoïdes, en tanins, et principalement en huiles essentielles (Belmimoune et al., 2020).

Les résultats de screening phytochimique effectué sur la poudre et l'infusé des feuilles de Myrte par Bouchenak et al. (2020), montrent une diversité moléculaire sur le plan des métabolites primaires et secondaires en déférents couleurs (Tableau 8). Ils ont démontré la présence des flavonoïdes, des tanins et des coumarines. De même, ils ont signalé que le Myrte est fortement riche en tanins totaux et galliques, leuco anthocyanes, coumarines, saponosides,

polyphénols, sucres réducteurs et glucosides, les alcaloïdes sont moyennement présents. Aussi, ils ont noté une absence totale des tanins catéchiques, anthocyanes, caroténoïdes, irridoïdes, protéines stérols, polyterpènes, amidon et des lipides.

Tableau 8 : Résultats du screening phytochimique effectué sur la poudre et l'infusé des feuilles de Myrte (Bouchenak et al., 2020).

Substances	Résultats	
Tanins totaux	Couleur bleu noir	+++
Tanins galliques	Couleur bleu foncé	+++
Tanins catéchiques	Couleur rouge	-
Anthocyanes	Couleur rouge	-
Leuco-Anthocyanes	Couleur rouge	+++
Flavonoïdes	Couleur rouge orangé	++
Coumarines	Formation d'un trouble	+++
Saponosides	Formation d'un précipité blanc	+++
Caroténoïdes	Couleur vert- bleu	-
Alcaloïdes	Précipité rouge orangé ou brun rougeâtre	++
Quinones	Coloration rouge	-
Protéines	Couleur violette avec une teinte rougeâtre	-
Sucres réducteurs	Formation d'un précipité rouge brique	+++
Glucosides	rouge brique ensuite violette	+++

Les auteurs ont déterminé le rendement en polyphénols (**Figure 6**) pour 1g de poudre végétale et obtenu des résultats plus importants pour l'extrait acétonique de Myrte.

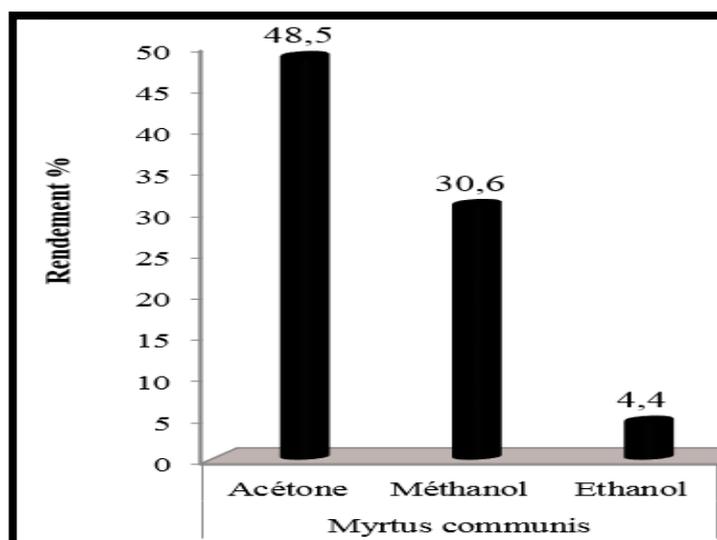


Figure 6 : Rendement en polyphénols des extraits de feuilles de Myrte (Bouchenak et al., 2020).

Les études du Kanoun (Kanoun, 2011) et du Belmimoune (Belmimoune et al., 2020) ont montrés des résultats comparables, confirmant la présence des tanins avec un extrait aqueux de haute intensité de feuilles de Myrte provenant de la même région de Honaine (Tlemcen), sauf pour les alcaloïdes qui se révèlent plus élevés dans les résultats du Belmimoune (Tableau 9). De même, les tests phytochimiques de Hosseinzadeh et al. (2011) ont également montré que les feuilles de Myrte contiennent des tanins, des flavonoïdes et des huiles volatiles. Cependant, dans les deux autres extraits (méthanol et dichlorométhane), la présence des principaux groupes chimiques est faible, ce qui est confirmé par les travaux de Hayder (Hayder et al., 2004).

Tableau 9 : Résultats des analyses phytochimiques des extraits phénoliques de Myrte (Belmimoune et al., 2020).

	Extrait aqueux	Extrait éthanolique	Extrait de dichlorométhane	Extrait méthanolique
Alcaloïdes	+++	-	-	-
Anthocyanes	+++	+	+	+
C-hétérosides	+	+	+	+
Saponines	-	+++	-	-
Tanins	+++	+	-	+
Flavonoïdes	+++	+	-	+

Les propriétés médicinales de Myrte sont principalement dues à sa richesse en métabolites secondaires biologiquement actifs (Yangui et al., 2017). Plusieurs avantages pour la santé ont été associés à ces composés (Tableau 10), notamment la prévention du cancer, des maladies cardiovasculaires, des allergies, de la maladie d'Alzheimer et de la maladie de Parkinson (Panzella et Napolitano, 2017).

Tableau 10 : Constituants chimiques de Myrte et leurs activités biologiques.

Familles de constituants chimiques	Constituants chimiques (A)	Activités
Huile essentielle de composition variable (chimiotypes)	α -pinène, 1,8-cinéole, myrténol, linalol, α -terpinéol, limonène, acétate de myrtényl, acétate de bornyl, acétate de linalyl, acétate de géranyl.	Antiseptique Antimicrobien Antioxydant (A)
Flavonoïdes	Myricétine, myricétine-3-O-arabinoside, myricétine-3-O-galactoside, quercétine 3-O-galactoside, quercétine 3-O-rhamnoside, myricétine-3-O-rhamnoside ou myricitrine, hespérétine-7-O-rhamnoglucoside ou hespéridine, hespérétine-2'-O-méthyl-chalcone-4'-O-rhamnoglucoside et esculetine-6-O-glucoside ou esculine.	Antioxydantes, Vasculo protectrices, Anti-hépatotoxiques, Antiallergiques, Anti-inflammatoires, Anti-ulcéreuses et antitumorales significatives, Anticancéreuse. (B)
Anthocyanosides	Malvidine-3-O-glucoside	Protectrices capillaro-veineux (activité pharmacologique sur la circulation), Anticancéreuse et Antioxydants. (C)
Acides phénoliques	Acides caféique, quinique, ellagique et gallique ; acide 3,5-di-O-gallate quinique.	Antibactériennes Antifongiques Antioxydantes (D)
Tanins	Tanins hydrolysables : oenothéine B, eugéniflorine D, tellimagrandines I et II, épigallocatechine, épigallocatechine 3-O-gallate, épicatechine 3-O-gallate	Antioxydantes Anticancéreuse (E)

<p>Phloroglucinols</p>	<p>Myrtucommulone, gallomyrtucommulone B.</p>	<p>Effets stabilisants sur le collagène Antioxydantes Anticancéreuse Antitumorales Antifongiques, Anti-inflammatoires. (D)</p>
-------------------------------	---	---

(A) : Goetz et Ghedira (2012) ; (B) : Ghedira (2005) ; (C) : Goetz (2008) ; (D) : Bahorun (1998) ; (E) : Kanoun et al. (2014).

➤ **Effet antioxydant**

La preuve de l'effet antioxydant des épices et des herbes dans les systèmes alimentaires a été initialement établie par **Chipault et al. (1952)**, qui ont étudié 32 épices, parmi lesquelles le romarin et la sauge ont été considérés comme les plus efficaces. Par la suite, la fonction antioxydante a également été confirmée pour le Myrte, l'Origan, le Thym, le Gingembre, le Poivre, la Moutarde et la cannelle, entre autres.

Plusieurs études ont montré l'effet antioxydant de Myrte et de ses molécules bioactives ; l'étude de **Romani et al. (2004)** a démontré que les extraits de feuilles du Myrte inhibent l'oxydation des LDL (low density lipoprotein). Cette activité est due aux tanins. Dans la même étude. **Gardeli et al. (2008)** à partir des extraits méthanoliques de feuilles de Myrte, ils ont démontré une activité antioxydante par le dosage DPPH° et FRAP (ferric ion reducing antioxidant power). Les extraits présentent de très bonnes activités de piégeage des radicaux.

Un an plus tard, **Amensour et al. (2009)** ont évalué le contenu phénolique total et l'activité antioxydante des extraits méthanoliques, éthanoliques et aqueux de Myrte à partir des feuilles et des baies, La teneur en polyphénols totaux des extraits de feuilles contenaient une quantité significativement plus élevée de composés phénoliques totaux que les extraits de baies. Tous les extraits présentaient une capacité antioxydante évaluée par les trois méthodes et qui dépend de la concentration (50-250 µg/mL), du solvant d'extraction et de la partie de la plante utilisée. En général, les extraits de feuilles ont montré des activités antioxydantes plus élevées que les extraits de baies. Le contenu phénolique a montré une corrélation positive avec l'activité antioxydante.

D'autres études plus récentes ont confirmé cette propriété antioxydantes des extraits des feuilles de Myrte (**Belmimoune et al., 2016 ; Serreli et al., 2017 ; Cruciani et al., 2019 ; Maggio et al., 2019 ; Abdulqawi et Quadri, 2020**).

➤ **Effet anticancéreux**

Romeilah (2016), a testé l'effet anticancéreux de Myrte in vitro contre deux lignées cellulaires de leucémie promyélocytaire humaine (HL-60 et NB4) et des cellules cancéreuses des animaux de laboratoire (EACC : Ehrlich Ascites Carcinoma Cells). Et in-vivo sur des souris femelles transplantées de tumeur (EACC). Les résultats du test in-vitro ont montré que l'activité anticancéreuse de Myrte sur les cellules EACC était plus élevée que sur les cellules HL-60 et NB4 avec un pourcentage de mort cellulaire de (96,75 et 100%) pour des concentrations de 100 et 200 µg/mL. Le Myrte a systématiquement réduit la viabilité cellulaire dans toutes les lignées cellulaires cancéreuses par la présence de Myrtucommulone dans les feuilles de Myrte, donc, il induit l'apoptose des cellules cancéreuses.

2.8. Activité antimicrobienne des feuilles de Myrte

Aujourd'hui, les infections microbiennes et la résistance aux médicaments antibiotiques sont les plus grands défis à relever (**WHO, 2021**). Les problèmes liés à l'application des antibiotiques conventionnels, notamment la résistance aux antimicrobiens, ont renforcé la tendance à remplacer les antimicrobiens synthétiques par des agents alternatifs naturels (**Gortzi et al., 2008**). Les substances phytochimiques ont exercé des activités antibactériennes potentielles contre des agents pathogènes sensibles et résistants par le biais de différents mécanismes d'action (**Khameneh et al., 2019**). Donc, les produits d'origine végétale font partie des agents alternatifs examinés en vue de remplacer les antibiotiques conventionnels (**Bonjar, 2004**). En Algérie, la majorité des infections humaines sont notamment provoquées par la consommation d'aliments contaminés, en particulier par *Salmonella sp.* et *Escherichia coli*, qui représentent les bactéries Gram-négatives les plus répandues dans la nature ainsi que dans un grand nombre d'aliments algériens (**Badra et al., 2016**).

Selon Amensour et al. (2010) en général il existe six mécanismes possibles d'action antimicrobienne :

- La perturbation de la membrane cytoplasmique,
- L'interaction avec les protéines membranaires (par exemple les ATPases),
- La perturbation de la membrane externe des bactéries à Gram-négatif avec libération de lipopolysaccharides,
- La déstabilisation de la force motrice des protons avec fuite d'ions,
- La coagulation du contenu cellulaire,
- L'inhibition de la synthèse enzymatique.

Les substances antibactériennes peuvent facilement détruire la paroi cellulaire bactérienne et la membrane cytoplasmique et entraîner une fuite du cytoplasme et sa coagulation (**Kalemba et Kunicka, 2003**).

Selon **Muanda (2010)**, l'activité antimicrobienne peut revêtir plusieurs aspects dont :

- **L'effet bactériostatique** : il ne montre aucune destruction bactérienne mais induit une inhibition de la croissance bactérienne. Cet effet est évalué par la concentration minimale inhibitrice (CMI), qui est définie comme la plus faible concentration des composés actifs (mg/mL) pour laquelle il n'y a pas de croissance visible de la souche bactérienne étudiée, les conditions de culture étant standardisées.
- **L'effet bactéricide** : il se traduit par une accélération de la mort des bactéries ;
- **L'effet antifongique** : les substances antifongiques manifestent un effet fongicide ou fongistatique et sont efficaces sur les levures et les champignons, en particulier sur les dermatophytes et les moisissures.

2.8.1. Activité antibactérienne des feuilles de Myrte

Actuellement, les plantes médicinales sont connues pour leurs propriétés dues à leurs huiles essentielles et à leurs composés phénoliques. Elles ont été utilisées de manière empirique comme agents antimicrobiens (**Belmimoune et al., 2020**). En conséquence, des recherches approfondies ont été menées afin d'évaluer l'effet antibactérien des huiles essentielles et des extraits de Myrte, qui ont montré leur capacité à inhiber la croissance de diverses bactéries.

Les zones d'inhibition ont varié en fonction des différentes concentrations d'extraits de Myrte (**Keven-Karademir et Avunduk, 2015**) et aussi selon les bactéries (**Kivanc et Akgul, 1986**). Les résultats obtenus (**Tableau 11**) ont prouvé une activité antibactérienne intéressante de la majorité des extraits de Myrte, traduite par des zones d'inhibition de diamètres importants.

Tableau 11 : Activité antibactérienne des extraits des feuilles de Myrte.

Nature de l'extrait	Origine	Microorganisme	CMI	Diamètre (mm)	Références
Extrait méthanolique	Algérie : Mostaganem	<i>Proteus mirabilis</i> ATCC 43862	3,75 à 15 mg/mL	28	Belhadji et al. (2022)
	Maroc	<i>Enterococcus faecium</i> CECT 410	2,5 mg/mL	45 ± 1,34	Amansour et al. (2011)
		<i>Escherchia coli</i> K12	AA	8 ± 0,00	
		<i>Proteus vulgaris</i> CECT 484	> 5 mg/mL	20 ± 1,77	
		<i>Pseudomonas aeruginosa</i> CECT 118	5 mg/mL	22 ± 0,07	
		<i>Pseudomonas aeruginosa</i> CECT 110T	5 mg/mL	22 ± 0,71	
	Iran	<i>S. epidermidis</i>	2 / 4 / 8 mg/mL	ND	Alizadeh Behbahani et al. (2016)
		<i>E. faecalis</i>	2 / 4 / 8 / 16 mg/mL		
Extrait Éthanolique	Arabie Saoudite	<i>Enterococcus faecalis</i> ATCC29212	78 µg/mL	9 ± 1,2	Mir et al. (2020)
		<i>Enterococcus faecalis</i>	19,5 µg/mL	9 ± 1,2	
		<i>Staphylococcus aureus</i>	9,7 µg/mL	25	
		<i>Staphylococcus epidermidis</i> ATCC12228	4,87 µg/mL	15 ± 1	
		<i>Mycobacterium smegmatis</i>	19,5 µg/mL	17,6 ± 0,7	
	Maroc	<i>E. coli</i> K12	> 8 mg/mL	12 ± 0,8	Bouyahya et al. (2016)
		<i>S. aureus</i>	0,5 mg/mL	28 ± 0,46	
		<i>L. monocytogenes</i>	4 mg/mL	27 ± 0,54	
		<i>P. aeruginosa</i>	4 mg/mL	15 ± 0,60	
	Iran	<i>S. aureus</i>	>2 mg/mL	18	Mansouri et al. (2001)
		<i>E coli</i>	>2 mg/mL	12	
		<i>P. aeruginasa</i>	>2 mg/mL	15	
		<i>P. vulgaris</i>	>2 mg/mL	13	
	Maroc	<i>Enterococcus faecium</i> CECT 410	0,3 mg/mL	30 ± 1,13	Amensour et al. (2010)
		<i>Escherchia coli</i> K12	AA	8 ± 0,00	
<i>Proteus vulgaris</i> CECT 484		>5 mg/mL	15 ± 0,00		

Extrait aqueux		<i>Pseudomonas aeruginosa</i> CECT 118	5 mg/mL	15 ± 0,42			
		<i>Pseudomonas aeruginosa</i> CECT 110T	5 mg/mL	16 ± 1,27			
		<i>Pseudomonas fluorescens</i> CECT 378	5 mg/mL	13 ± 0,28			
		Iran	<i>Escherichia coli</i> O157:H7	>10 mg/mL		AA	Ghasemmi et al. (2010)
			<i>Bacillus cereus</i>	0,625 mg/mL		19	
			<i>Listeria monocytogenes</i>	2,5 mg/mL		12	
	Algérie : Mostaganem	<i>Proteus mirabilis</i>	3,75 à 15 mg/ml	25	Belhadji et al. (2022)		
	Algérie : Tlemcen	<i>E. coli</i>	100 µg/mL	09,5 ± 0,02	Belmimoune et al. (2016)		
		<i>S. typhi</i>	100 µg/mL	08,5 ± 0,03			
		<i>Shigella sp</i>	50 µg/mL	10 ± 0,1			
		<i>B. subtilis</i>	100 µg/mL	11 ± 0,01			
		<i>Clostridium sp</i>	50 µg/mL	10 ± 0,01			
		<i>S. aureus</i>	50 µg/mL	10 ± 0,07			
	Tunisie	<i>E. coli</i> ATCC 25922	25 mg/mL	23 ± 0,5	Messaoud et al. (2012)		
		<i>E. coli</i>	25 mg/mL	25 ± 0,3			
<i>P. mirabilis</i>		12.5 mg/mL	24 ± 0,2				
<i>K. pneumoniae</i>		25 mg/mL	21 ± 0,5				
<i>S. typhi</i>		25 mg/mL	22 ± 0,3				
<i>S. flexneri</i>		12,5 mg/mL	22 ± 0,4				
<i>S. aureus</i>		25 mg/mL	0 ± 0,00				
		50 mg/mL	0 ± 0,00				
		100 mg/mL	6 ± 0,28				
<i>P. aeruginosa</i>		25 mg/mL	8 ± 0,33				
		50 mg/mL	13 ± 0,55				
		100 mg/mL	5 ± 0,09				

		<i>E. coli</i>	25 mg/mL	7 ± 0,12		
			50 mg/mL	8 ± 0,33		
			100 mg/mL	0 ± 0,00		
		<i>K. pneumoniae</i>	25 mg/mL	7 ± 0,12		
			50 mg/mL	12 ± 0,41		
			100 mg/mL	14 ± 0,62		
	Iran	<i>S. epidermidis</i>	2	ND	Alizadeh Behbahani et al. (2016)	
			<i>E. faecalis</i>			2/4
			<i>E. coli</i>			2/4/8
			<i>S. flexneri</i>			2 / 4 / 8 / 16 / 32 / 128 mg/mL
		<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	500 mg/mL			5
	750 mg/mL		11			
	1000 mg/mL		14			
Extrait hydroalcoolique	Iran	<i>S. aureus</i>	10 mg/mL	11 ± 0,3	Taheri et al. (2013)	
			20 mg/mL	15,8 ± 0,2		
			40 mg/mL	17,24±0,25		
			80 mg/ml	20,4 ± 0,3		
		<i>P. aeruginosa</i>	10 mg/mL	AA		
			20 mg/mL	AA		
			40 mg/mL	AA		
			80 mg/mL	AA		
		<i>E. coli</i>	10 mg/mL	AA		
			20 mg/mL	AA		
			40 mg/mL	AA		
			80 mg/mL	8,74 ± 0,0		
		<i>Vibrio cholerae</i>	10 mg/mL	6,08±0,04		
			20 mg/mL	7,5 ± 0,1		

			40 mg/mL	9,62 ± 0,2	
			80 mg/mL	12,4 ± 0,3	
Extrait brut	Iran	<i>S. aureus</i>	0,1 mg/mL	ND	Mansouri et al. (2001)
		<i>M. luteus</i>	0,1 mg/mL		
		<i>E. coli</i>	>2 mg/mL		
		<i>P. vulgaris</i>	1 mg/mL		
		<i>P. aeruginosa</i>	1,25 mg/mL		
	Éthiopie	<i>S. aureus,</i>	0,5 mg/mL	ND	
		<i>P. mirabilis</i>	2,5 mg/mL		
		<i>P. vulgaris</i>	2,5 mg/mL		
		<i>Klebsiella</i>	15 mg/mL		
		<i>S. typhi</i>	15 mg/mL		
		<i>P. aeruginosa</i>	20 mg/mL		
N-Hexane	Éthiopie	<i>Escherichia coli</i> ATCC 25922	3,125 mg/mL	ND	Besufekad et al. (2017)
		<i>Pseudomonas aeruginosa</i> ATCC 27853	3,125 mg/mL		
		<i>Salmonela typhi</i> ATCC 19430	12,5 mg/mL		
		<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC25923	12,5 mg/mL		
Acétate d'éthyle	Maroc	<i>Bacillus subtilis</i> DCM 3366	2,5 mg/mL	35 ± 0,00	Amensour et al. (2010)
		<i>Enteroccus faecium</i> CECT 410	5 mg/mL	36 ± 1,41	
		<i>Escherchia coli</i> K12	AA	8 ± 0,00	
		<i>Listeria innocua</i> CECT 4030	0,15 mg/mL	15 ± 0,42	
		<i>Listeria monocytogenes</i> CECT 4032	>5 mg/mL	35 ± 0,84	
		<i>Staphylococcus aureus</i> CECT 976	< 0,075 mg/mL	32 ± 2,82	

		<i>Staphylococcus aureus</i> CECT 794	< 0,075 mg/mL	33 ± 1,13	
--	--	--	------------------	-----------	--

Les principaux constituants de l'huile de Myrte algérien extraite en juin étaient les suivants : limonène, linalol, α -pinène, acétate de géranyle, acétate de linalyle et 1,8-cinéole. Ces résultats suggèrent que les huiles essentielles étudiées ont une forte activité antibactérienne contre les bactéries pathogènes humaines testées et doivent être exploitées comme source alternative d'agents antibactériens naturels (**Bouzaabata et al., 2016**). Quelle que soit la méthode d'extraction, les huiles essentielles des feuilles fraîches du myrte pourraient inhiber la croissance des bactéries (**Tableau 12**) des champignons et des levures. Elles présentent donc un large spectre d'activité antimicrobienne (**Kokoska et al., 2002**).

Tableau (12) : Activité antibactérienne de l'huile essentielle des feuilles de Myrte.

Origine	Microorganisme	CMI	Diamètre (mm)	Références
Maroc	<i>Staphylococcus aureus</i> CECT976	8 mg/mL	24,2 ± 2,1	Cherrat et al. (2014)
	<i>Listeria monocytogenes</i> EGD-e	2 mg/mL	21,5 ± 1,5	
	<i>Listeria monocytogenes</i> CECT4031	1 mg/mL	11,5 ± 2,5	
	<i>Enterococcus faecium</i> CECT4932	4 mg/mL	22,0 ± 2,0	
	<i>Bacillus subtilis</i> CECT4071	14 mg/mL	21,1 ± 0,7	
	<i>Escherichia coli</i> O157 :H7	56 mg/mL	7,4 ± 0,4	
	<i>E.coli</i> CECT471	56 mg/mL	10,8 ± 2,6	
	<i>Yersinia enterocolitica</i> CECT4315	56 mg/mL	7,2 ± 0,2	
	<i>Salmonella senftenberg</i> CECT4563	56 mg/mL	11,7 ± 2,3	
	<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 25923	0,078 μ g/mL	25 ± 0,8	
<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 6536	0,625 μ g/mL	22 ± 0,9		
<i>Bacillus cereus</i> ATCC 14579	0,625 μ g/mL	26 ± 0,6		
<i>Staphylococcus</i> <i>epidermis</i> ATCC 12228	1,25 μ g/mL	15 ± 0,4		
<i>Enterococcus faecalis</i> ATCC 29212	1,25 μ g/mL	17 ± 0,6		

	<i>Bacillus subtilis</i> ATCC 6633	1,25 µg/mL	20 ± 0,7		
	<i>Salmonella enteritidis</i>	1,25 µg/mL	20 ± 1,2		
	<i>E. coli</i> ATCC 25922	2,5 µg/mL	16 ± 0,3		
	<i>E. coli</i> ATCC 8739	2.5 µg/mL	16 ± 0,4		
	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> ATCC 9027	1.25 µg/mL	20 ± 0,2		
	<i>Klebsiella pneumoniae</i> ATCC 10031	2,5 µg/mL	16 ± 1		
Algérie					
Chlef	<i>Proteus mirabilis</i> ATCC 43862	0,12	ND	Hennia et al. (2015)	
	<i>Proteus mirabilis</i>	0,25	ND		
	<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 25923	4	ND		
	<i>Klebsiella pneumoniae</i> ATCC 35657	4	ND		
Tlemcen	<i>S. aureus</i>	250 µl/mL	07 ± 0,2	Belmimoune et al. (2016)	
	<i>Clostridium sp.</i>	250 µl/mL	09 ± 0,01		
	<i>S. typhi</i>	250 µl/mL	AA		
	<i>E. coli</i>	250 µl/mL	07 ± 0,01		
	<i>Shigella sp.</i>	250 µl/mL	AA		
	<i>B. subtilis</i>	250 µl/mL	AA		
ND		HD	SFME	Zougali et al., 2012	
	<i>B. subtilis</i> ATCC 6633	20	10		
	<i>S. Enterica</i> <i>P. aeruginosa</i> <i>K. pneumoniae</i> <i>S. aureus</i> CIP 7625 <i>Klebsiella pneumoniae</i> E40 <i>E. coli</i>	30	20		
Tizi Ouzou	<i>S. aureus</i>	0,12%	14,79	Djenane et al. (2011)	
	<i>E. coli</i>	0,22%	10,69		
Algérie et Tunisie			Algérie	Tunisie	Ghnaya et al. (2013)
	<i>Escherichia coli</i> ATCC10536	ND	15	20	
	<i>Salmonella</i>	ND	14	12	

	<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC6538	ND	10	23	
	<i>Bacillus subtilis</i> ATCC 6633	ND	9	12	
	<i>Listeria</i>	ND	10	15	
Italie	<i>S. aureus</i>	0,5mg/mL	15		Akin et al. (2010)
	<i>E. coli</i>	0,5 mg/mL	15		
	<i>Salmonella</i> Typhi	0,5 mg/mL	15		
	<i>P. aeruginosa</i>	>0,1 mg/mL	7		
Iran	Bactéries Gram +	0,5 et 32 µl/mL	ND		Zomorodian et al. (2013)
	Bactéries Gram -	8-64 µl/mL	ND		

ND : Non déterminé

AA : Absence d'activité

Notons enfin que de nombreuses études ont mis l'accent sur le fait que les huiles essentielles et les extraits avaient plus d'impact sur les bactéries à Gram positif que sur les bactéries à Gram négatif. La résistance de ces dernières n'est pas surprenante ; en fait, ces bactéries possèdent une résistance intrinsèque aux agents biocides qui est en relation avec la nature de leurs membranes externes composées de lipopolysaccharides (**Yakhlef et al., 2011**).

En effet, les bactéries à Gram négatif ont une membrane externe rigide, riche en lipopolysaccharides et plus complexe, limitant ainsi la diffusion de composés hydrophobes à travers elle, alors que cette membrane supplémentaire complexe est absente chez les bactéries à Gram positif expliquant la sensibilité des bactéries à Gram positif ainsi que la résistance des bactéries à Gram négatif (**Hyldgaard et al., 2012**).

Les constituants chimiques des huiles essentielles, en particulier les monoterpènes, augmenteraient la perméabilité de la membrane cytoplasmique en perturbant l'ordre des protéines intégrées à la membrane, inhibant ainsi la respiration cellulaire, les processus de transport des ions et l'absorption des nutriments (**Reichling et al., 2009 ; Amensour et al., 2010**).

3.6.1 Activité antifongique de Myrte

Les infections fongiques ont augmenté ces dernières années en raison du nombre croissant de patients à haut risque, en particulier les hôtes immunodéprimés. Quelle que soit la méthode d'extraction, les huiles essentielles des feuilles fraîches du myrte pourraient inhiber la

croissance des champignons et des levures (**Tableau 13**). Elles présentent donc un large spectre d'activités antimicrobiennes (**Kokoska et al., 2002**).

Tableau 13 : Activité antifongique des feuilles de Myrte.

Nature de l'extrait	Origine	Microorganismes	CFM	Diamètre	Références
Extrait aqueux	Algérie	<i>Candida albicans</i>	250 mg/mL	14±0,02	Belmimoune et al. (2020)
		<i>Aspergillus fumigatus</i>	125 mg/mL	10±0,5	
Huile essentielle	Algérie	<i>Candida albicans</i> ATCC 10231	2,5 mg/mL	ND	Bouzabata et al. (2015)
		<i>Aspergillus fumigatus</i> ATCC 46645	2,5 mg/mL	ND	
		<i>Cryptococcus neoformans</i>	0,64 mg/mL	ND	
		<i>Epidermophyton floccosum</i> FF 9	0,64 mg/mL	ND	
		<i>Candida albicans</i>	250	10,5 ± 0,01	Belmimoune et al. (2020)
		<i>Aspergillus fumigatus</i>	250µL/mL	8,5 ± 0,3	

3. Lamiaceae

La famille des Lamiaceae (lamiacées) connue également sous le nom des labiées, comporte environ 258 genres pour 6900 espèces cosmopolites ; mais dont la plupart se concentrent dans le bassin méditerranéen tel que le Thym, la Lavande et le Romarin. Les lamiacées sont des herbacées ayant la consistance et la couleur de l'herbe, parfois sous arbrisseaux ou ligneuses. (**Botineau, 2010**).

Les Lamiacées sont l'une des familles les plus importantes pour la production d'huiles essentielles et des extraits aux propriétés antioxydantes et antimicrobiennes avec leur intérêt économique, comme le Thym qui a fait l'objet d'études approfondies et surtout son utilisation à la conservation des aliments (**Nieto, 2017**).

3.1. Description de l'arbre du genre *Thymus*

Le mot « Thym » provient du terme grec « Thymos » qui signifie « odeur ». Son parfum est agréable, fort, frais et balsamique (**Pariente, 2001**). *Thymus* est un vaste genre divisé en huit sections, comprenant environ 215 espèces particulièrement répandus dans la région méditerranéenne. Dans la flore algérienne ce genre est représenté par 11 espèces qui ne se prêtent pas aisément à la détermination, en raison de leur variabilité et de leur tendance à s'hybrider facilement, parmi lesquelles : *T. numidicus* Poiret (**Hazzit et al., 2009**).

➤ **Nomenclature**

En grecque « Thymus » qui signifie parfumer « Thymos » qui signifie force : plante aromatique et stimulante (Pariante, 2001).

En Arabe : Ziitra ou Zaïtra, zaatar ;

En Tamazighth : Azukni, Tazuknite (Belmalha et al., 2015), on peut trouver d'autres noms vernaculaires arabe comme : djertil, hamria, hamzoucha, khieta et mazouqach (Beloued, 2001).

3.2. Description de l'espèce *Thymus Numidicus* Poiret

Fait partie de la famille des Lamiacées, une plante médicinale aromatique d'importance économique croissante en Amérique du Nord, en Europe, en Afrique du Nord et en Asie. Comme beaucoup de Lamiacées, elles sont connues pour leurs huiles essentielles aromatiques (Golmakani et Rezaei, 2008).

Thymus numidicus Poiret (Figure 7) est une plante de tiges érigées, buissonnante, a des feuilles en général lancéolées, 2 à 5 fois plus longues que larges, ses feuilles florales nettement plus larges, fleurs roses sessiles ou presque (Quezel et Santa, 1963).



Figure 7 : *Thymus numidicus* Poiret (Messara et al., 2018).

➤ **Classification botanique**

Selon Madi (2010) et Mebarki (2010), la classification botanique de *Thymus* est représentée dans le Tableau 14.

Tableau 14 : Classification du genre *Thymus* (Madi, 2010 ; Mebarki, 2010).

Règne	Plantae
Sous règne	Tracheobionta
Division	Magnoliophyt
Embranchement	Phanérogames ou Spermaphytes
Sous embranchement	Angiospermes
Classe	Magnoliopsida
Sous classe	Astéridae
Ordre	Lamiale
Famille	Lamiaceae (labiées)
Genre	<i>Thymus</i>

Et la classification botanique de l'espèce *Thymus numidicus* est la suivante : (Tableau 15).

Tableau 15 : La classification de *Thymus numidicus* (Quezel et Santa, 1963 ; Guignard et Dupont, 2004).

Embranchement	Phanérogames ou Spermaphytes
Sous embranchement	Angiospermes
Classe	Eudicots
Sous classe	Astéridées
Ordre	Lamiales
Famille	Lamiacées
Genre	<i>Thymus</i>
Espèce	<i>Thymus numidicus</i> Poiret

3.3. Aire de distribution du genre *Thymus*

➤ Dans le monde

Il existe environ 350 espèces de Thym en Europe, en Asie occidentale et en Méditerranée (Dob et al., 2006). Largement distribué dans le nord-ouest de l'Afrique de l'Ouest (Maroc, Algérie, Tunisie et Libye), également en Éthiopie, du sud-ouest de l'Arabie à travers la

péninsule égyptienne du Sinaï. On le trouve aussi en Sibérie, et même dans l'Himalaya et les tropiques, ainsi qu'au Japon (Jalas, 1971 ; Mebarki, 2010). On les trouve aussi dans les plaines ou les montagnes, les rocailles, les buissons, les pelouses ou les buissons (Figure 8).

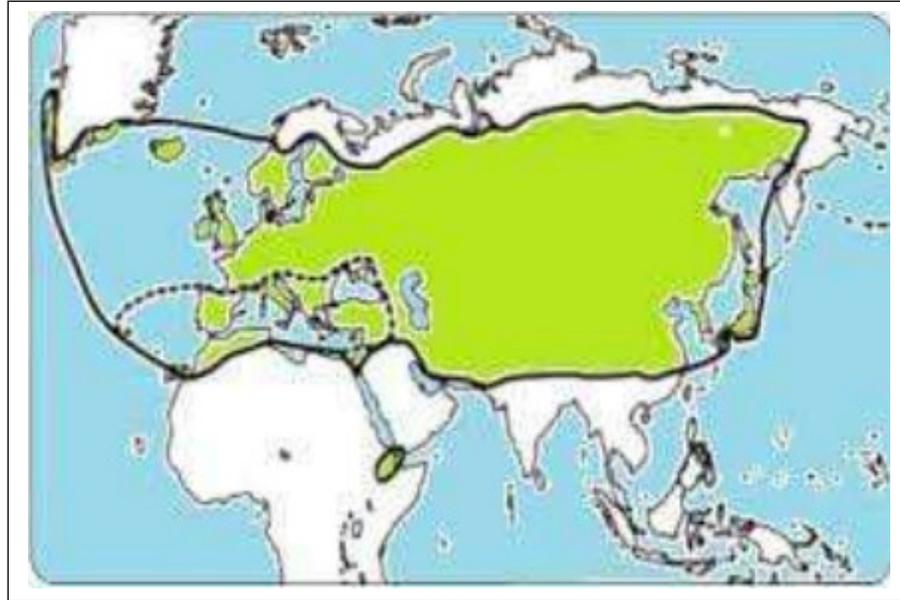


Figure 8 : Distribution géographique de Thym dans le monde (Stahl-biskup et al., 2002).

➤ **En Algérie**

L'Algérie est connue pour sa richesse géographique en plantes médicinales et sa diversité bioclimatique. Le thym comprend plusieurs espèces difficilement identifiables du fait de leur variabilité et de leur tendance à s'hybrider facilement, dont 12 sont réparties sur l'ensemble des régions côtières et même à l'intérieur des régions arides de l'Algérie (Saidj, 2006 ; Mebarki, 2010). Neuf entre elles sont endémiques (Kabouche et al., 2005 ; Dob et al., 2006), telles que *Thymus pallescens* de Noé, *Thymus dreatensis* Batt, *Thymus guyoniide* Noé et *Thymus lanceolatus* Desf, *T. pallescens* sont communes et endémiques du nord de l'Algérie, alors que, *T. dreatensis* est rare et endémique des montagnes Aurès (Batna) et les montagnes du Djurdjura (Kabylie région de l'Est) (Quezel et Santa, 1963). Le Tableau 16 montre la localisation des principales espèces de Thym en Algérie.

Tableau 16 : Localisation des principales espèces de genre *Thymus* en Algérie (Quezel et Santa, 1963 ; Saidj, 2006 ; Mebarki, 2010).

Espèce	Découverte par	Localisation
<i>Thymus capitatus</i>	Hoffman et Link	Rare dans la région de Tlemcen
<i>Thymus fontanesii</i>	Boiss et Reuter	Commun dans le Tell Endémique Est Algérie-Tunisie
<i>Thymus numidicus</i>	Poiret	Assez rare dans : Le sous-secteur de l'atlas tellien. La grande et la petite Kabylie. De Skikda à la frontière tunisienne et Tell constantinois
<i>Thymus commutatus</i>	Battandier	Endémique Oran
<i>Thymus guyoni</i>	Noé	Rare dans le sous-secteur des hauts plateaux algérois, oranais et constantinois
<i>Thymus lancéolatus</i>	Desfontaine	Rare dans : Le secteur de l'atlas tellien (Terni de Médéa Benchicao) et dans le sous-secteur des hauts plateaux algérois, oranais (Tiaret) et constantinois
<i>Thymus pallidus</i>	Coss	Très rare dans le sous-secteur de l'Atlas Saharien et constantinois
<i>Thymus hirtus</i>	Willd	Commun sauf sur le littoral
<i>Thymus glandulosus</i>	Lag	Très rare dans le sous-secteur des hauts plateaux algérois
<i>Thymus algériensis</i>	Boiss et Reuter	Très commun dans le sous-secteur des hauts plateaux algérois, oranais
<i>Thymus munbyanus</i>	Boiss et Reuter	Endémique dans le secteur Nord algérois

3.4. Métabolites secondaires des plantes de genre *Thymus*

La grande variété d'espèces du genre *Thymus* a fait d'elles, l'objet de nombreuses études phytochimiques, celles-ci ont permis l'isolement d'une large gamme de métabolites secondaires tels que les acides phénoliques, les flavonoïdes, des huiles essentielles (terpénoïdes et autres) dont la teneur varie selon la variabilité des conditions géographiques, climatiques, de séchage, de stockage et des méthodes d'études (extraction et détection). L'hybridation facile de l'espèce mène à une grande variabilité intra-spécifique, qui affecte l'homogénéité du rendement d'extrait et sa composition en produits chimiques (Balladin et headley, 1999).

➤ Acides phénoliques

Le genre *Thymus* est riche en acides phénoliques dérivés des deux acides benzoïque et cinnamique, leurs noms et les plantes sources correspondantes sont répertoriés dans le Tableau 17 (Zeghib, 2013 ; Li et al., 2019).

Tableau 17 : Acides phénoliques du genre *Thymus*.

Espèce	Région	Acide phénolique	Références
<i>T. numidicus</i>	Algérie, El-Kala	Acide Fumarique, Acide Gentisique, Acide Caféique, Acide Vanillique,	Ait Kaki et al. (2021)
<i>T. zygis</i>	Maroc	Acide Quinique, Acide Caféique, Acide Rosmarinique, Acide Féruloylyquinique	Bouymajane et al. (2022)
<i>T. munbyanus</i>	Algérie, Bordj Bou Arreridj	Acide Quinique, dérivé d'acide Caféique, Acide Rosmarinique, Acide Férulique	Bendif et al. (2020)
<i>T. algeriensis</i>	Tunisie	Acide Rosmarinique, Acide Salvianolique	Jaouadi et al. (2019)
<i>T. algeriensis</i>	Algérie, M'Sila	Acide Syringin, Acide-o-Coumarique, Acide férulique, Acide 2,3-dimethoxy-benzoïque	Boutaoui et al. (2018)
<i>T. vulgaris</i>	Algérie, Constantine	Acide Caféique, Acide Gallique, Acide Ascorbique, Acide Férulique	Koksal et al. (2017)

➤ Flavonoïdes

La recherche bibliographique réalisée sur les flavonoïdes du genre *Thymus*, montre la présence de plus de 60 flavonoïdes. Il convient de mentionner que la lutéoline et la 6-hydroxylutéoline sont des chémomarqueurs des espèces *Thymus* (Bazylko et Strzelecka, 2007).

En 2014, Benayache et al, ont mené une étude phytochimique sur *Thymus numidicus* Poiret région de Constantine à partir d'un extrait hydroéthanolique ; et dans les résultats ils ont obtenu 6 composés chimiques, dont 4 ont été décrits pour la première fois à partir de cette espèce : Cirsilineol, Circimaritin, Apigenin 7-O β -glucopyranoside, Luteolin 7-O- β glucopyranoside (Tableau 18).

Tableau 18 : Les flavonoïdes présents dans les différentes espèces de Thym.

Espèce	Flavonoïdes	Références
<i>T. numidicus</i> (Algérie, Constantine)	Circimaritin Cirsilineol Apigénine Lutéoline Apigénine-7-O-βglucuropranoside Lutéoline 7-βglucopyranoside	Benayache et al. (2014)
<i>T. numidicus</i> (Algérie, El-Kala)	Polydatine Catéchine Naringine Hespéridine Néohespéridine Apigénine	Ait Kaki et al. (2021)
<i>T. Zygis</i> (Maroc)	Apigénine Cirsimaritine Naringénine Hispiduline Lutéoline	Bouymajane et al. (2022)
<i>T. munbyanus</i> (Algérie, Bordj Bou Arreridj)	Gallocatechol Lutéoline-7-o-glucuronide Quercétine -3-o glucuronide Eriodicytyol 7-o-hexoside	Bendif et al. (2020)
<i>T. algeriensis</i> (Tunisie)	Cirsimaritine Naringénine Apigénine-o-hexuronide Lutéoline-o- hexuronoide	Jaouadi et al. (2019)
<i>T. algeriensis</i> (Algérie, M'Sila)	Epicatechine Rutine Naringinine	Boutaoui et al. (2018)
<i>T. vulgaris</i> (Algérie, Constantine)	Cirsilinéol, Lutéoline, Apigénine 8-méthoxycirsilinéol 6-hydroxylutéoline Lutéoline-7-O-β-D-glucoside, Lutéoline-7-rutinoside, Lutéoline-7,3'-diglucoside, Lutéoline-7-O-glucuronide, Apigénine-6,8-di-Cglucoside, Apigénine-7-O-rutino, Apigénine-7-O-glucuronide, Sideritoflavone , Gardenin B, Acacétine	Regnault-Roger et al. (2003) Li et al. (2019)

➤ Terpénoïdes

Les terpénoïdes sont des métabolites généralement synthétisés par les plantes, comme on peut les trouver chez les insectes, et même chez les organismes marins tels que les coraux mous, les champignons et les animaux (Takeuchi et al., 2004). Ce type de métabolites joue un rôle important dans la signalisation écologique et la défense chimique et sont responsables de la plupart des odeurs et des saveurs des plantes (Gallagher et al., 2010).

Les huiles essentielles, qui sont les métabolites secondaires les plus abondants dans ce genre ce sont des terpènes et des composés phénoliques volatils et de faible poids moléculaire facilement isolés par distillation à la vapeur de matière végétale. Les monoterpènes sont le groupe le plus contenu dans les HE du genre *Thymus*, tandis que les sesquiterpènes ont tendance à être moins importants (Li et al., 2019). Les composants dominants dans les huiles essentielle de certaines espèces de *Thymus* sont indiqués dans le Tableau 19.

Tableau 19 : Composition chimique de l'huile essentielle de quelques espèces de *Thym*.

Composant%	<i>T. numidicus</i>	<i>T. fontanesii</i>	<i>T. algeriensis</i>	<i>T. Vulgaris</i>	<i>T. capitatus</i>	<i>T. ciliatus</i>
P-cymène	1.0	13.0	3	9,3	6,34	-
γ -terpinene	0.3	15.9	0.5	12,6	4,92	-
Linalol	11.5	0.3	-	3,9	3,86	-
α -terpinene	-	-	-	2,8	-	12,3
Thymol	68.2	67.8	71	-	-	44,2
Carvacrol	16.92	1.7	4	55,2	70,92	2,4
β -E-ocimène	-	-	-	-	-	25,8
β -pinene	-	-	-	-	2,48	-
δ -3-carène	-	-	-	-	-	3,1
1,8-cinéole	-	-	-	-	-	2,63
Ecaryophyllene	-	-	-	-	3,57	-
Pays d'origine	Algérie			Maroc		
Référence	Kabouche (2005)		Chemat et al. (2012)	Sidali et al. (2014)	Amarti et al. (2011)	Amarti et al. (2010)

3.5. Activité antimicrobienne des espèces du genre *Thymus*

De nombreuses recherches ont permis de vérifier que les extraits, les huiles essentielles et les composés dérivés des plantes du genre *thymus* possèdent une forte activité antimicrobienne à large spectre contre de nombreux micro-organismes.

3.5.1. Activité antibactérienne des extraits du genre *Thymus*

Plusieurs études ont été portées sur l'activité antimicrobienne des extraits de genre *Thymus* et parmi elles une étude faite en Palestine par **El Astal et al. (2005)** sur l'activité antimicrobienne des extraits aqueux, éthanolique, méthanolique et phénoliques, des feuilles de ces plantes et leur activité antimicrobienne contre dix micro-organismes pathogènes. Les résultats indiquent que les différentes concentrations d'extrait aqueux de thym, en général, ont eu une action inhibitrice sur *E. coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Enterobacter cloacae*, *Acinetobacter haemolyticus* et *S. aureus*, mais aucun effet sur *Candida albicans*, *Proteus mirabilis* et *Salmonella typhi* n'a été observé. Cependant, *S. aureus* était l'organisme le plus sensible aux différentes concentrations de l'extrait aqueux de thym. L'extrait phénolique de thym, généralement à la plupart des concentrations testées, a montré une activité antibactérienne contre *S. aureus* et *Enterococcus sp.* La zone d'inhibition produite par l'action de l'extrait aqueux de thym (40 mg/mL) sur *Escherichia coli* et *Enterobacter cloacae* était très significative ($p < 0,01$). D'autre part, la concentration élevée (40 mg/mL) d'extrait éthanolique de thym a montré une activité significative ($p < 0,01$) contre *Klebsiella pneumoniae*, *S. aureus* et *Enterococcus sp.* Alors que la concentration minimale (2,5 mg/mL) n'était efficace que sur *S. aureus*.

D'un autre côté, L'activité antimicrobienne des extraits aqueux et éthanoliques de quatre plantes de ce genre utilisées en médecine traditionnelle en Arabie Saoudite et dans d'autres pays du Moyen-Orient a été évaluée contre sept espèces bactériennes et deux espèces de champignons par **Al-Juraifani (2011)**. Les résultats ont montré que l'activité inhibitrice augmente avec l'augmentation des concentrations d'extraits de plantes. L'extrait de *Thymus vulgaris* présentait les activités les plus élevées. La concentration minimale inhibitrice variait de 4 à 6 % (v/v) pour le Thym.

Le travail de **Yakhlef et al. (2011)** est porté sur l'étude de l'activité antimicrobienne des extraits bruts de feuilles de deux plantes aromatiques *Thymus vulgaris* (Lamiaceae) et *Laurus nobilis* (Lauraceae). Les extraits : aqueux (Aq), éther de pétrole (EP), dichlorométhane (DCM) et méthanol (MeOH) des deux plantes ont été étudiés. Globalement, l'activité antimicrobienne de *Thymus vulgaris* est plus importante que celles de *Laurus nobilis*, avec un spectre antimicrobien plus large et à des doses plus faibles (**Tableau 20**). L'extrait de l'éther de pétrole EEP et l'extrait de dichlorométhane EDCM de *Thymus vulgaris* agissent de façon très active sur l'ensemble des souches testées. Dans le cas de *Candida albicans*, les résultats sont spectaculaires. En revanche, aucune activité anticandidosique (sur *Candida albicans*) n'a été observée avec les extraits polaires (méthanol EMeOH et aqueux EAq). Par ailleurs, leurs

résultats montrent une grande variabilité des qualités bactériostatiques des extraits vis- à-vis des différentes souches.

Tableau 20 : Activité antibactérienne des extraits de feuilles de Thym.

Nature de l'extrait	Espèce et origine	Microorganisme	CMI	Diamètre (mm)	Références
Extrait hydro-éthanolique de	<i>T. numidicus</i> Algérie Constantine	<i>S. aureus</i>	10 mg/mL	17	Zeghib (2013)
		<i>E. faecalis</i>	10 mg/mL	18	
		<i>E. coli</i>	10 mg/mL	17.5	
		<i>P. aeruginosa</i>	10 mg/mL	21	
	<i>T. algeriensis</i> Algérie Sud- ouest	<i>S. aureus</i>	65 µg/mL	18.5	Messaoudi et al. (2019)
		<i>E. faecalis</i>	105 µg/mL	17	
		<i>E. coli</i>	270 µg/mL	10	
		<i>P. aeruginosa</i>	150 µg/mL	14	
		<i>S. typhimurium</i>	130 µg/mL	12	
Extrait hydro-méthanolique	<i>T. zygis subsp. gracilis</i> Maroc	<i>S. aureus</i>	2.60 mg/mL	ND	Bouymajane et al. (2022)
		<i>E. faecalis</i>	5.20 mg/mL	ND	
		<i>E. coli</i>	10.41 mg/mL	ND	
		<i>P. aeruginosa</i>	10.41 mg/mL	ND	
		<i>S. typhimurium</i>	20.83 mg/mL	ND	
		<i>Listeria monocytogenes</i>	2.60 mg/mL	ND	
		<i>P. aeruginosa</i>	10 mg/mL	11	
Extrait méthanolique	<i>T. algeriensis</i> Algérie Sud- ouest	<i>S. aureus</i>	40 µg/mL	19	Messaoudi et al. (2019)
		<i>E. faecalis</i>	80 µg/mL	12.5	
		<i>E. coli</i>	220 µg/mL	13	
		<i>P. aeruginosa</i>	185 µg/mL	16.5	

		<i>S. typhimurium</i>	110 µg/mL	9	
		<i>E. cloacae</i>	160 µg/mL	7	
	<i>T. vulgaris</i> Iraq	<i>S. aureus</i>	15.6 µg/mL	ND	Al-Bayati. (2007)
		<i>E. coli</i>	250 µg/mL	ND	
		<i>P. aeruginosa</i>	>500 µg/mL	ND	
		<i>S. aureus</i>	250 µg/mL	ND	
	<i>T. numidicus</i> Algérie Bouira	<i>E. coli</i>	50 % 75 %	11,5	Behidj- Benyounesse N. (2015)
<i>P. fluorescences</i>		50 % 75 %	12		
Extrait butanolique	<i>T. numidicus</i> Algérie, EL kala	<i>S. aureus</i>	500 µg/mL	8.25	Zeghib. (2013)
			2000 µg/mL	9.5	
		<i>E. faecalis</i>	500 µg/mL	7.5	
			2000 µg/mL	8.75	
		<i>E. coli</i>	500 µg/mL	7	
<i>P. aeruginosae</i>	200 µg/mL	8			
Extrait aqueux	<i>T. numidicus</i> Algérie Constantine	<i>S. aureus</i>	10 mg/mL	18,5	Zeghib. (2013)
		<i>E. faecalis</i>	2.5 mg/mL	19	
		<i>E. coli</i>	10 mg/mL	18	
		<i>P. aeruginosa</i>	10 mg/mL	21	

Extrait éther de pétrole	<i>T. vulgaris</i> Algérie Batna	<i>S. aureus</i>	156 µg/mL	≥ 20 mm	Yakhelaf et al. (2011)
		<i>E. coli</i>	2500 µg/mL	≥ 20 mm	
Extrait dichloro-méthane	<i>T. vulgaris</i> Algérie Batna	<i>S. aureus</i>	312 µg/mL	≥ 20 mm	
		<i>E. coli</i>	5000 µg/mL	≥ 20 mm	

3.5.2. Activité antimicrobienne des huiles essentielles du genre *Thymus*

Selon les études faites sur l'activité antimicrobienne des huiles essentielles du genre *Thymus* sur 36 bactéries gram-positives, 34 bactéries gram-négatives, 62 champignons et 27 levures, qui sont les principaux agents pathogènes de l'homme, des animaux, des plantes et des aliments (Giweli et al., 2013 ; Li et al., 2019) ont testé l'activité antimicrobienne de l'huile de *T. algeriensis* sauvage poussant en Libye contre huit bactéries et huit champignons, cela a montré une activité inhibitrice contre les bactéries testées à 0,001-0,05 mg/mL, tandis que l'activité bactéricide (CMB) a été obtenue à 0,0025-0,05 mg/mL. Pour l'activité antifongique, les CMI variaient de 0,0005 à 0,025 mg/mL et de CMF de 0,001 à 0,05 mg/mL.

Chemat et al. (2012) qui ont travaillé sur la même espèce *T. algeriensis*, ont trouvé que l'huile essentielle extraite présentait une haute activité inhibitrice contre huit souches bactériennes jusqu'à 75 mm et deux espèces de champignons jusqu'à 45 mm de diamètre d'inhibition. AitOuazzou et al. (2010), dans leur travail ont montré que l'huile essentielle de *T. algeriensis* a le meilleur effet bactériostatique et bactéricide, par rapport à *Eucalyptus globulus* et *Rosmarinus Officinalis*.

Rota et al. (2008) ont étudié l'activité antimicrobienne in vitro des sept huiles essentielles de trois espèces de *Thymus* contre 10 micro-organismes pathogènes en utilisant la technique de diffusion en gélose sur disque de papier filtre. Les résultats ont montré une variation des propriétés antimicrobiennes des huiles essentielles des plantes. À cet égard, une efficacité majeure a été obtenue par les huiles essentielles de *T. hyemalis* (chimiotype thymol) suivies de *T. zygis* (chimiotype thymol) et *T. vulgaris*.

Concernant l'inhibition de la croissance, toutes ces huiles essentielles citées ont montré une forte activité contre neuf des dix souches testées. Les huiles essentielles les plus bactéricides et bactériostatiques étaient : *T. hyemalis* (chimiotypes thymol et carvacrol), *T. zygis* (thymol ch.) et *T. vulgaris* (thymol ch.) avec CMI < 0,2 µl/mL et CMB < 0,2 µl/mL contre la plupart des souches testées, respectivement.

Les résultats de **Al Maqtari et al. (2011)** concernant le dépistage antibactérien et antifongique de l'huile essentielle de *Thymus vulgaris* du Yémen contre sept bactéries et contre deux espèces de champignons humains, ont révélés une activité bactéricide et antifongique très efficace avec des concentrations minimales inhibitrices (CMI) allant de 75 à 1100 g/mL pour les bactéries et 80 et 97 µg/mL, pour les champignons *C. albicans* et *C. vaginalis* respectivement.

L'huile essentielle de *Thymus vulgaris* extraite par **Sidali et al. (2014)** représente une activité antimicrobienne intéressante vis-à-vis des bactéries et levure testées sauf la bactérie, *S. streptococcus* qui se révèle un peu résistante avec une concentration minimale d'inhibition de 75 % (V/V). Ainsi, la concentration de 25 % (V/V) a été suffisante pour arrêter la croissance des autres bactéries testées (*Staphylococcus aureus*, *Klebsiella*, *E. coli* et la levure testée *Candida albicans*).

3.6. Utilisation de Thym

➤ En médecine traditionnelle

Grâce à ses diverses propriétés importantes, le thym possède un large spectre d'utilisations, parmi lesquelles on peut citer : En raison de ses effets notables pour soulager les spasmes gastro-intestinaux, la stomatite et aussi l'expulsion des gaz intestinaux, les nausées de mauvaise digestion, l'inflammation des gencives, le Thymus est également recommandé comme un régulateur de l'estomac (**Carrió et Vallès, 2012 ; Ahmed et al., 2016**).

Il possède encore des propriétés antioxydantes, anti inflammatoires, antibactériennes, antivirales et antifongiques (**Golmakani et Rezaei, 2008**), dont une étude récente a révélé que les extraits méthanoliques et hexaniques des parties aériennes de *Thymus vulgaris* inhibent la croissance de *Mycobacterium tuberculosis* (bactérie qui cause la tuberculose) (**Jiménez-Arellans et al., 2006**).

De plus, il peut être utilisé comme antiseptique, antispasmodique, sédatif, stimulant, pour guérir les maux de tête et la fièvre, pour soigner les infections et inflammations pulmonaires, thoraciques, respiratoires et les infections dues au froid, il est recommandé contre tous les types de faiblesse et l'arthrite (**Rasooli et al., 2006**).

Le Thym est très reconnu comme désinfectant dermique, soulage les blessures cutanées superficielles, les plaies et même dans le traitement de l'inflammation de la peau, l'acné et l'eczéma (**Gilca et al., 2018**).

➤ En alimentation

Les plantes du genre *Thymus* aromatiques connues par leur odeur agréable sont couramment utilisées en cuisine pour assaisonner les aliments (poisson, de la volaille, des soupes et des légumes) et les boissons en raison de leurs qualités gustatives et aromatiques. Aussi, le Thym est utilisé comme un conservateur afin de prolonger la durée de conservation des poissons durant leur stockage (**Özcan et Chalchat, 2004 ; Selmi et Sadok, 2008**).

Les polyphénols sont les composés les plus abondants des feuilles du thym, mais leur proportion varie de 20 à 36 % selon leur maturité, ils jouent le rôle d'un agent conservateur qui limite au maximum la prolifération bactérienne, il permet de garder la fraîcheur des aliments et d'augmenter leur durée de vie tout en limitant les détériorations causées par l'oxydation, il évite également la détérioration de la couleur des fruits et légumes (**Ait Kaki et al., 2020**).

Les Romains utilisaient la plante de Thym comme arôme pour le fromage et les boissons alcoolisées (**Salehi et al., 2019**). Avec ses avantages en saveur, arôme et conservation, il est utilisé comme assaisonnement et condiment pour les aliments (**Ündeğer et al., 2009**).

➤ En l'industrie

Le Thym entre dans la composition des produits cosmétiques. Son HE riche en thymol est couramment utilisé pour la confection de savons, des produits de beauté, des parfums, détergents et articles de toilette, produits d'hygiène, et d'autres produits, ainsi que les huiles essentielles de Thym lutteraient contre la perte de cheveux (**Saidj, 2007**).

Les HE de Thym entrent aussi dans la composition de divers produits pharmaceutiques (pommades antiseptiques et cicatrisantes, sirops pour le traitement des affections des voies respiratoires, préparations pour l'antiseptie buccale). Le Thym est utilisé sous forme de bains aromatiques ainsi qu'en traitement complémentaire en cas d'affections aiguës ou chroniques des voies respiratoires ou de prurit lié à une dermatose. On l'utilise aussi en frictions, diluée à 10 %, pour traiter les douleurs rhumatismales et les névralgies (**Arvy et Gallouin, 2007**).

CHAPITRE II

Chapitre II : Analyse sensorielle

1. Généralités

Un aliment sans consommateur n'a pas de saveur. L'un des principaux objectifs de tout programme d'analyse sensorielle doit donc être de comprendre l'importance des caractéristiques sensorielles et le rôle qu'elles jouent dans l'acceptation par le consommateur (**Piggott et al., 1998 ; Symmank, 2019**).

L'homme utilise ses sens pour évaluer les aliments depuis plusieurs milliers d'années. Étant donné que de nombreuses phytotoxines et métabolites bactériens sont amers, acides, ou rances, l'humanité a probablement utilisé l'évaluation sensorielle avant même que l'homo sapiens ne soit un être humain (**Drak et al., 2008**). Au début des années 1900, l'utilisation de dégustateurs et de consultants professionnels a commencé dans différentes industries alimentaires et de boissons (**Meilgaard et al., 1999**).

La recherche sur la saveur vise à mettre au point des méthodes améliorées la caractérisation et la mesure de la qualité globale de saveur et de ses attributs individuels, pour étudier l'influence sur la saveur, les changements apportés aux matériaux, et les procédures alimentaires à tous les stades de la chaîne alimentaire afin de protéger les normes établies de qualité de la saveur (**Land, 1977 ; Oconnor, 2020**).

La discipline de l'analyse sensorielle utilise des principes scientifiques tirés de la science alimentaire, de la physiologie et des statistiques. Son but est de susciter des réponses objectives aux propriétés des aliments (**Piggott, 1998**). Elle fait appel à tous les sens que ce soit l'olfaction, le gustatif, le toucher, l'ouïe ou la vue. L'homme est utilisé comme « instrument de mesure, et cet outil particulier nécessite des protocoles de tests rigoureux afin d'obtenir une bonne fiabilité des résultats. La plupart des tests sensoriels sont menés dans le but de prévoir à la fois le comportement du produit et celui du consommateur dans la réalité (**Lefebvre et al., 2003**).

Les composés phénoliques contribuent grandement à la nutrition, à la couleur et aux propriétés sensorielles (**Dupas et al., 2019**). Leurs propriétés antioxydantes uniques et puissantes ont plusieurs effets bénéfiques sur la santé humaine, notamment la prévention du cancer, de l'ostéoporose, de la cataracte, des maladies cardiovasculaires, des maladies cérébrales et des problèmes immunologiques (**Carocho et Ferreira, 2013**).

Les composés végétaux des herbes et les épices sont utilisés depuis l'antiquité pour aromatiser les aliments, dans les matrices alimentaires complexes, les composés naturels actifs peuvent se lier à d'autres composés hydrophobes tels que certaines protéines et certains lipides. Cette interaction pourrait limiter la disponibilité du composé naturel en tant qu'antimicrobien.

En outre, les étapes de transformation peuvent également réduire l'activité antimicrobienne de ces composés (Gyawali et Ibrahim, 2014).

2. Définition de l'évaluation sensorielle

L'évaluation sensorielle a été définie comme une méthode scientifique utilisée pour évoquer, mesurer, analyser et interpréter les réponses aux produits telles qu'elles sont perçues par les sens de la vue, de l'odeur, la texture, le goût et l'ouïe (Stone et Sidel, 2004). Les principes et les pratiques de l'évaluation sensorielle impliquent chacune des activités mentionnées dans cette définition (Lawless et Heymann, 2010).

Aucun instrument ne peut reproduire ou remplacer la réaction humaine, ce qui fait que l'élément « évaluation sensorielle » de toute étude alimentaire est essentiel. L'analyse sensorielle s'applique à toute une gamme de domaines comme le développement et l'amélioration des produits, le contrôle de la qualité, l'entreposage et le développement des processus.

Un panel d'analyse sensorielle doit être considéré comme un instrument scientifique si on veut obtenir des résultats fiables et valides. Les tests faits avec ces panels doivent être réalisés dans des conditions contrôlées, en se servant de plans d'expériences, de méthodes de vérification et d'analyses statistiques bien conçues. C'est la seule façon pour l'analyse sensorielle de fournir des données uniformes et reproductibles (Watts et al., 1991 ; Symmank et al., 2019). L'être humain, même s'il n'est ni calibré ni répétable, reste le premier instrument de mesure l'analyse sensorielle (Drak et al., 2008).

L'évaluation sensorielle peut donc avoir différents objectifs (Branger et al., 2007 ; Darke, 2007 ; Deneulin et Pfister, 2013) :

- Décrire les produits afin d'établir un profil sensoriel,
- Comprendre les préférences des consommateurs,
- Étudier l'impact des conditions de fabrication,
- Suivre les effets du stockage et déterminer une date limite d'utilisation optimale
- Maintenance des produits,
- Amélioration/optimisation du produit,
- Développement de nouveaux produits,
- Évaluation du potentiel du marché,
- Examen des catégories de produits,
- Soutien aux allégations publicitaires.

Les attributs des produits alimentaires sont généralement perçus dans l'ordre suivant : Apparence, odeur/arôme/fragrance, consistance et texture, et saveur (Meilgaard et al., 2006).

3. Plantes dans les produits laitiers

Ces dernières années, la tendance mondiale est à l'utilisation des substances d'origine antimicrobiennes et antioxydantes naturelle comme bioconservateurs est de plus en plus appréciée par les consommateurs comme alternative aux produits chimiques hautement dangereux pour la santé humaine en raison de leur sécurité et de leurs effets nutritionnels (Gyawali et Ibrahim, 2014 ; Tavakoli et al., 2017). C'est pourquoi l'industrie et les chercheurs s'efforcent d'optimiser les technologies de production alimentaire afin d'améliorer la qualité, le goût, la fonctionnalité et la biodisponibilité des produits alimentaires (Dziki, 2014 ; Dupas et al., 2019). Cette tendance croissante a remarquablement influencé l'industrie du lait et des produits laitiers car les conservateurs présents dans le lait sont considérés comme des contaminants, fixant un objectif particulier pour le marché des aliments fonctionnels, qui doit relever le défi d'offrir de nouveaux produits dotés de propriétés fonctionnelles et organoleptiques appropriées pour satisfaire les consommateurs (Fazilah et al., 2018). De nombreux efforts ont été déployés pour trouver des substituts antimicrobiens naturels afin de prévenir la croissance bactérienne et fongique dans les aliments et les produits laitiers (Tableau 21).

Les extraits antimicrobiens des plantes ont été directement appliqués dans les systèmes alimentaires sous forme de poudre ou de liquide. Toutefois, seuls quelques antimicrobiens naturels ont trouvé une application pratique dans l'industrie alimentaire et leur utilisation dans les aliments en tant que conservateurs est souvent limitée en raison de la forte odeur et du goût qu'ils confèrent à ces aliments. En outre, la solubilité des antimicrobiens naturels dans les matrices alimentaires complexes constitue une autre limite (Tiwari et al., 2009).

Tableau 21 : Ajout d'extraits naturels aux produits laitiers et leurs effets sensorielles.

Produit alimentaire	Plante additionné	Concentration (%)	Effet sensorielle			Références
			Odeur	Saveur	Couleur	
Fromage	Romarin	0,06 et 0,13	Acceptable	Acceptable	ND	Noutfia et al. (2021)
	Myrte	0,025 et 0,05	ND	Le moins apprécié	ND	Zantar et al. (2013)
	Thym	0,025 et 0,05	ND	Apprécie	ND	
	Origan	0,025 et 0,05	ND	Le plus apprécié	ND	
Lait cru	Propolis	5 ;10, et 20	Excellent	ND	Excellent	El-Deeb (2017)
		40	Inacceptable	ND	Inacceptable	
	<i>Olea europaea L.</i>	ND	Agréable	Agréable	ND	Yemane et al. (2016)
	<i>Vernonia amygdalina</i>		Très agréable	Très agréable		
	<i>Solanum schimperianum hochst</i>		Agréable	Agréable		
	<i>Acacia etbaica schweinf</i>		Agréable	Agréable		
	<i>Aoe elegans</i>		Agréable	Agréable		

Selon Lapointe Vignola (2002), La qualité sensorielle du lait est définie par son goût agréable et légèrement sucrée, ce qui est principalement due à la présence de la matière grasse, ainsi que l'apparence et la couleur peuvent être évaluées à l'œil qui est généralement opaque d'un blanc mat, cela est dû à la diffusion de la lumière par les micelles des colloïdes. Et une richesse particulière en graisse ce qui lui confère par fois une teinte jaunâtre, la texture peut être évaluée par la bouche, mais aussi par le toucher et l'instrument à travers des mesures rhéologiques, ce qui s'explique souvent par la viscosité et généralement le lait est considérablement plus visqueux que l'eau, car il contient beaucoup de matière grasse en émulsion et des particules colloïdes. Il existe également des contaminations microbiennes qui sont responsable de la viscosité. La flaveur, notamment l'odeur, est évaluée par le nez et par différents récepteurs de la cavité buccale.

4. Métabolites secondaires et leurs effets nutritifs et sensorielles

L'activité antimicrobienne des extraits de plantes peut être due à la présence de composés phénoliques ou d'autres composants hydrophobes dans les huiles essentielles (**Dorman et Deans, 2000**), qui est très probablement due à la rupture de la membrane cellulaire (**Kayaci et al., 2010**). Les composés polyphénoliques présentent une grande diversité structurale et des variations dans la composition chimique, et diffèrent donc dans leur efficacité antibactérienne contre les micro-organismes pathogènes (**Tiwari et al., 2009**).

Les composés phénoliques ont notamment été signalés comme possédant diverses bioactivités bénéfiques, y compris des propriétés anti-allergiques, antivirales, anti inflammatoires et antimutagènes (**Boudet, 2007 ; Soto-Vaca et al., 2012**). Les polyphénols (tels que les anthocyanes, les tanins et les flavonols) et les huiles essentielles (composées principalement de terpènes) sont les principales fractions/composants bioactifs trouvés dans les plantes largement utilisés (**Munekata et al., 2020**). Il présente leurs réactions dans les aliments et les boissons et les structures qui en résultent, et met en lumière certains aspects liés à leur impact sur la couleur, la saveur et les propriétés sanitaires (**Cheyrier, 2012**).

4.1. Terpènes

Ce sont des métabolites secondaires végétaux produits particulièrement au niveau des organes foliaires. Les différentes voies métaboliques dont ils sont issus sont la glycolyse, le cycle de Krebs et la voie du shikimate (**Figure 9**) ainsi que la voie du MEP (voie du methylerythritol phosphate) (**Soualeh et Soulimani, 2016**). Ces composés ont été découverts en 1818 comme un mélange d'hydrocarbures avec un rapport carbone-hydrogène de 5 :8 ($C_5 H_8$). Depuis, plusieurs huiles essentielles présentant le même rapport carbone-hydrogène ont été identifiées et classées comme terpènes (**Ruzicka, 1953**), qu'ils sont subdivisés selon le nombre d'entités isoprènes ; en monoterpènes formés de deux isoprènes ($C_{10} H_{16}$), les sesquiterpènes formés de trois isoprènes ($C_{15} H_{24}$), les diterpènes formés de quatre isoprènes ($C_{20} H_{32}$), les tétraterpènes ont huit isoprènes qui conduisent aux caroténoïdes, et les polyterpènes ($C_5 H_8$).

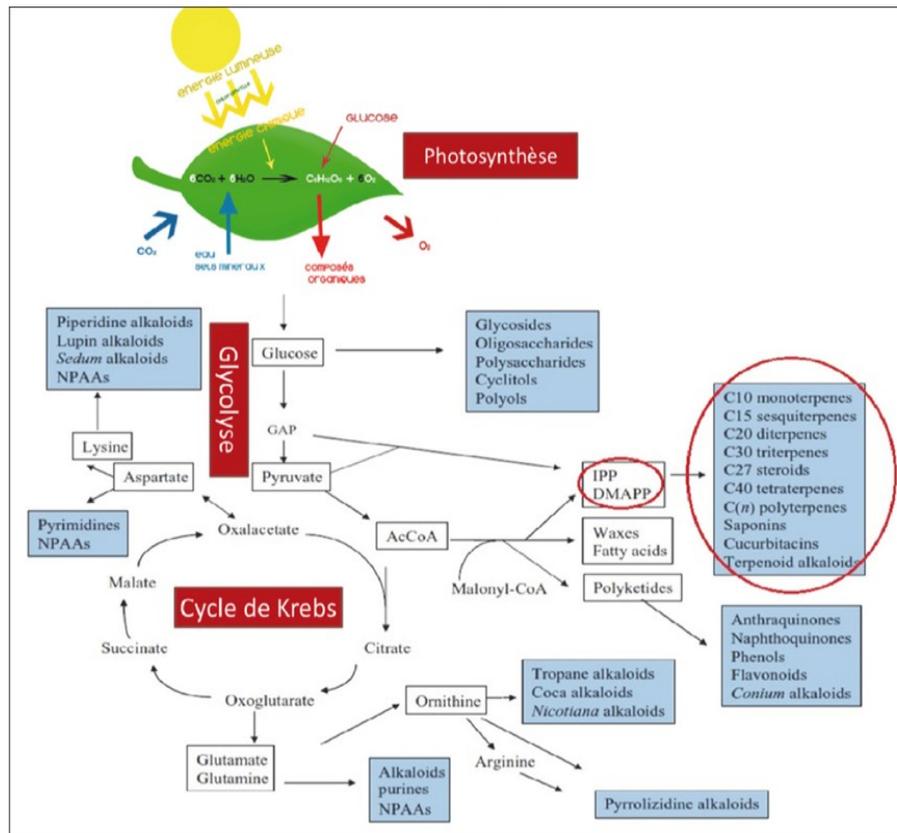


Figure 9 : Biosynthèse des terpènes (Wink, 2010).

Les terpènes constituent entre autres le principe odoriférant des végétaux. Cette odeur est due à la libération des molécules très volatiles contenant 10, 15, 20 atomes de carbones (Yang et al., 2019). Donc, la principale application des terpènes en tant que parfums et arômes dépend de la configuration absolue des composés, car les énantiomères présentent des propriétés organoleptiques différentes (Carvalho et al., 2006), ils sont utilisés aussi pour affiner la saveur, et la conservation des aliments et des boissons (Ben Salha et al., 2021).

La chaîne carbonée insaturée des terpènes est modifiée par oxydation, réduction ou élimination de carbone. De cet assemblage résulte une grande variété de dérivés tels que : huiles essentielles, résines, stéroïdes, caroténoïdes, ubiquinone, dolichol, tocophérol, phytol et des polymères comme le caoutchouc (Zhou et Pichersky, 2020).

Bien que les terpènes au sens strict ne soient que des hydrocarbures, de nombreux dérivés porteurs de fonctions diverses sont également considérés comme des composés terpéniques. Il n'y a pas de fonction chimique commune aux terpènes, seule leur structure et leur biosynthèse en font une catégorie, aussi se contente-t-on ici d'en citer quelques exemples et certaines de leurs propriétés.

4.1.1. Composés terpéniques

Selon **Hmaied et al. (2019)**, seuls les monoterpènes en C₁₀ et les sesquiterpènes en C₁₅ peuvent être extraits par la distillation, les autres terpènes (diterpènes en C₂₀ et triterpènes en C₃₀) n'étant pas entraînés par la vapeur d'eau.

Ils sont classés selon leurs structures et leurs fonctions ; les terpénoïdes sont des terpènes avec une ou plusieurs fonctions chimiques (alcool, aldéhydes, cétone, acide, etc), ainsi que les monoterpènes sont volatils entraînés à la vapeur d'eau, d'odeur souvent agréable et représentent la majorité des constituants des HE, parfois plus de 90%. Ils peuvent être acyclique (myrcène et ocymène), monocyclique (terpinène et p-cimène) ou bicyclique (pinène, et sabinène). A ces terpènes se rattachent un certain nombre de substances à fonction chimique : alcools (géraniol, citronellol, et sinensol), cétones (carvone, menthone, et β -vétinone), et des esters (acétate de geranyl, acétate de géranyl, acétate de linalyl, acétate de cédryl, et acétate α -terpinyl), et les sesquiterpènes s'agit de la classe la plus diversifiée des terpènes. Elle contient plus de 3000 molécules comme par exemple : β -caryophyllène, β -bisabolène, α -humulène, et α -bisabolol (**Ashour et al., 2010**).

Cependant, certains d'entre eux jouent un rôle important dans des processus fondamentaux, notamment la croissance et le développement de la chaîne latérale du pigment photosynthétique qu'est la chlorophylle, comme le phytol qui est le terpénoïde le plus abondant dans les plantes (**Davis et Croteau, 2000**).

➤ Composés aromatiques

Les composés aromatiques volatils (**Figure 10**) possèdent de nombreuses propriétés biologiques de médiateur d'interaction entre plantes et microorganismes, et les monoterpènes sont les plus volatiles que les sesquiterpènes (**Kaloustian et Hadji-Minaglou, 2012**).

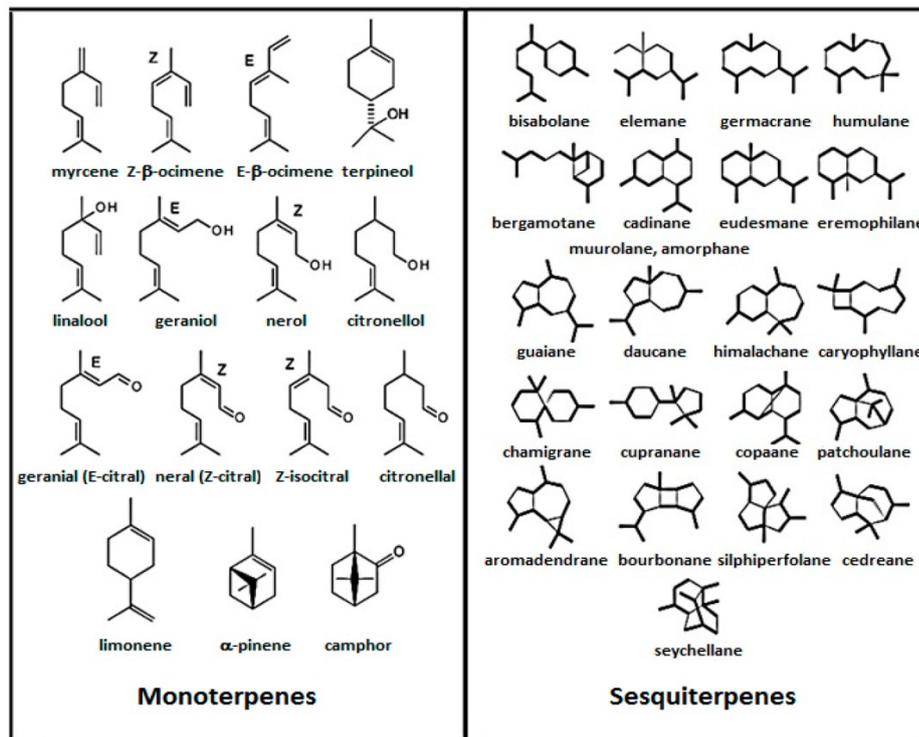


Figure 10 : Structures de quelques terpènes (Dhifi et al., 2016).

➤ Huiles essentielles

Les huiles essentielles en général sont un liquide à température ambiante, volatiles, d'odeur très forte, incolores, jaunes pâles ou quelque fois bleues. Le terme huile s'explique par la propriété de la solubilité dans les graisses et par leur caractère hydrophobe. Le terme « essentielle » fait référence au parfum, à l'odeur plus au moins forte dégagée par la plante (Dhifi et al., 2016).

D'autre part, une huile essentielle, ou parfois essence végétale (latin : *essentia*, « nature d'une chose ») est un liquide concentré en substances et molécules issues du métabolisme végétal (terpénoïdes et molécules aromatiques), ces composés présentent des caractéristiques physico-chimiques particulières, et jouent un rôle important dans les propriétés pharmacologiques conférées aux plantes (Baser et Buchbauer, 2009).

Selon la Commission de la Pharmacopée européenne (2008), une huile essentielle est définie comme la suite « Produit odorant, généralement de composition complexe, obtenu à partir d'une matière première végétale botaniquement définie, soit par entraînement à la vapeur d'eau, soit par distillation sèche, soit par un procédé mécanique approprié sans chauffage. L'HE est le plus souvent séparée de la phase aqueuse par un procédé physique n'entraînant pas de changement significatif de sa composition » (Bruneton, 2016).

Les huiles essentielles sont utilisées dans le domaine de la cosmétique, afin de donner une odeur agréable au produit, masquage de l'odeur des principes actifs, meilleure régularité dans l'utilisation du produit du fait de la sensation agréable apportée, mais aussi comme conservateurs, du fait des propriétés antimicrobiennes fréquemment rencontrées (**Lang et Buchbauer, 2012**), de même, dans le domaine alimentaire, les huiles essentielles ont pour objectif de développer les arômes, le plus souvent dans des plats préparés (**Bakkali et al., 2008**).

Les monoterpènes et les sesquiterpènes volatils sont les principaux composants des huiles essentielles caractéristiques des Lamiaceae et des Myrtaceae, ces composés ne se trouvent pas seulement dans les tissus végétatifs (dans des cellules sphériques ou dans différents canaux ou lacunes situés dans les tissus parenchymateux), mais aussi dans des glandes florales odoriférantes où ils sont libérés et fonctionnent souvent comme attractifs floraux (**Hernandez-Leon et al., 2021**).

Les huiles essentielles sont connues et utilisées depuis plus de 6000 ans, ils odorants de plantes ont de multiples vertus thérapeutiques, en plus de leurs actions bactéricides et fongicides, elles ont la particularité d'avoir des effets psychophysiologiques (**Durraffourd et Lapraz, 2002**). Les premières utilisations des plantes aromatiques par l'homme se sont faites pour enrichir la cuisine. Les Egyptiens diffusaient des odeurs par le chauffage de mélanges contenant des huiles essentielles dans le but d'augmenter l'appétit des personnes malades (**Baser et Buchbauer, 2009**).

4.1.2. Pigments terpéniques

Le terme "pigment végétal" est une expression générique utilisée pour désigner un grand nombre de molécules colorées. Sur la base de leurs structures chimiques, elles peuvent être classées en cinq familles : les tétrapyrroles (par exemple la chlorophylle), les caroténoïdes (par exemple le β -carotène), les flavonoïdes (par exemple les anthocyanes), les composés phénoliques (par exemple la teaflavine) et les composés N-hétérocycliques (par exemple les bétalaïnes) (**Schoefs, 2002**).

➤ Chlorophylle

Les chlorophylles (chls) sont des composés tétrapyrroliques planaires et hautement conjugués qui sont naturellement synthétisés par les plantes, et présentes dans toutes les algues autotrophes, car elles permettent la conversion de la lumière en énergie biologique, elles sont des pigments verdâtres et non polaires qui contiennent un anneau de porphyrine ou d'hydroporphyrine lié de manière centrale à un atome de magnésium (**Senge et al., 2014**).

ont fait que, pendant longtemps, leur présence dans les aliments a été valorisée presque exclusivement pour cette fonction esthétique (**Minguez et al., 2007**).

La chlorophylle se trouve dans presque toutes les parties vertes des plantes, c'est-à-dire les feuilles et les tiges, à l'intérieur du chloroplaste, l'organite principal qui en contient la plus grande quantité. Elles ont fait l'objet d'efforts de recherches considérables en raison de leurs rôle éminent dans la physiologie des plantes et de leur rôle en tant que dérivés dans le secteur alimentaire jouent un rôle majeur dans l'interruption de diverses maladies telles que le cancer, les maladies cardiovasculaires et d'autres maladies chroniques. L'unité porphyrine joue un rôle crucial dans la nature car elle participe au squelette fondamental de la chlorophylle. Les chlorophylles sont très susceptibles d'être dégradées dans les conditions de transformation, ce qui entraîne des changements de couleur dans les aliments. La dégradation de la chlorophylle dans les aliments peut se produire par le biais de réactions chimiques et biochimiques. La recherche a révélé que les chlorophylles sont des tétrapyrroles, une forme cyclique de porphyrine et de chlorine. Cette forme cyclique crée un anneau isocyclique à l'aide de ponts CH (**Pareek et al., 2017**).

La chlorophylle est à l'origine de la photosynthèse. Pour les organismes vivants qui possèdent de la chlorophylle, la photosynthèse est la production de composés organiques en utilisant l'énergie lumineuse, avec la présence nécessaire du soleil, elle absorbe l'énergie lumineuse et la transforme en énergie chimique (**Chen, 2014**). Ainsi, elle assure la photosynthèse qui produit l'oxygène et les nutriments nécessaires à la vie de toutes les autres créatures vivantes (**Zhong et al., 2021**).

➤ Caroténoïdes

Les caroténoïdes (environ 600) constituent le groupe principal des tetraterpènes dans la nature (**Britton et al., 2004**). Ils caractérisent à la fois les organismes végétaux et les animaux. Cependant ils ne peuvent être synthétisés que par les végétaux, les champignons et les bactéries (**Maoka, 2020**).

Les caroténoïdes sont des substances colorées, ce qui implique leur rôle comme pigment responsable de la coloration des fleurs et des fruits, soit comme pigment accessoires (photorécepteurs) de la photosynthèse contribuant de même que les flavonoïdes aux relations plantes-animaux (attraction des insectes et des oiseaux, conséquences sur la pollinisation et la dissémination des graines, etc.). Ils constituent aussi un écran protecteur contre les dommages que pourraient causer les excès de lumière notamment les rayons ultra-violet. Ces composés ce

sont aussi des pigments assimilateurs accessoires qui peuvent transmettre à la chlorophylle l'énergie lumineuse (**Sandmann, 2019**).

Donc, les chlorophylles et les caroténoïdes sont des pigments très courants qui donnent leurs couleurs aux végétaux, et en raison de leurs couleurs et de leurs propriétés physico-chimiques ils sont également utilisés comme additifs dans les produits alimentaires. Ces deux types de pigments sont fragiles et peuvent être facilement altérés ou détruits, ce qui modifie la perception et la qualité des produits. Pour contrôler la teneur en pigments des produits alimentaires, des procédés analytiques, y compris des méthodes non destructives, ont été mis au point.

4.2. Composés phénoliques

Les composés phénoliques ou polyphénols sont des métabolites secondaires caractérisés par la présence d'un cycle aromatique portant des groupements hydroxyles libres ou engagés avec un glucide. Ils sont présents dans toutes les parties des végétaux supérieurs (racines, tiges, feuilles, fleurs, pollens, fruits, graines et bois) et sont impliqués dans de nombreux processus physiologiques comme la croissance cellulaire, la rhizogenèse, la germination des graines ou la maturation des fruits. Les plus représentés sont les anthocyanes, les flavonoïdes, et les tanins (**Boizot et Charpentier, 2006**).

Avec plus de 8000 structures phénoliques connues, les composés phénoliques constituent l'une des grandes familles de molécules largement répandues dans le règne végétal (**Beta et al., 2005**). Chaque classe de composés phénoliques possède une structure chimique spécifique qui conditionne leur activité biologique.

La composition phénolique des aliments est très variée, reflétant la diversité de la composition des plantes et la complexité supplémentaire apportée par les réactions des phénols végétaux au cours de la transformation et du stockage. Il est donc essentiel de comprendre la structure des composés phénoliques des plantes et des aliments, les relations entre la structure et les propriétés particulières et l'impact des processus sur les changements de composition pour contrôler la qualité des aliments.

4.2.1. Tannins

Les tanins sont un groupe unique de métabolites phénoliques dont le poids moléculaire est compris entre 500 et 30 000 Da, et qui sont largement répandus dans presque tous les aliments et boissons d'origine végétale, la plupart des données bibliographiques sur les tanins alimentaires ne concernent que les composés oligomériques extraits à l'aide de solvants

organiques aqueux (Serrano et al., 2009). Les tanins peuvent être définis comme un groupe unique de métabolites phénoliques d'un poids moléculaire relativement élevé ayant la capacité de se complexer fortement avec les carbohydrates et les protéines (Porter, 1989 ; Soares et al., 2020).

L'intérêt de la recherche scientifique porté aux tannins augmente de plus en plus. D'une part, pour le rôle biologique important de ces polyphénols ; ils possèdent une activité antioxydante, anticancéreuse, antimicrobienne et même un rôle préventif contre les maladies cardiovasculaires (Pourcel et al., 2007 ; Aron et al., 2008 ; Quideau et al., 2011). D'autre part, pour le rôle important des tannins sur le plan organoleptique, surtout en œnologie ; ils sont responsables des sensations d'amertume et d'astringence comme évoqué plus haut, mais également de leurs couleurs et leurs saveurs qui sont difficiles à éliminer de l'eau, ils peuvent provoquer une coloration jaune à brune de l'eau et peuvent également en altérer le goût et l'odeur (Ashok et Upadhyaya, 2012).

Les tanins se présentent sous la forme de poudres amorphes jaune clair ou blanches ou de masses libres brillantes, presque incolores, avec une odeur étrange caractéristique et un goût astringent (Falbe et Regitz, 1995).

L'astringence et l'amertume sont des propriétés organoleptiques largement liées aux composés tanniques. En raison de leur importance pour la chimie alimentaire, l'industrie alimentaire, la nutrition humaine et la santé, les propriétés gustatives de ces tanins ont fait l'objet de recherches dans le monde entier. Ces dernières années, des progrès significatifs ont été réalisés dans la compréhension de la perception moléculaire de l'astringence, mettant en évidence la contribution de différents acteurs oraux clés. Il est bien connu des œnologues que les tanins sont à l'origine des sensations d'amertume et d'astringence lors de la dégustation des vins rouges. Bien que les avancées scientifiques aient permis de comprendre les mécanismes moléculaires et physiologiques de la perception gustative, l'analyse sensorielle reste la seule approche existante pour établir les caractéristiques organoleptiques de ces composés (Soares et al., 2020).

➤ Tannins et sensation d'amertume

La sensation d'amertume est provoquée par différents types de molécules telles que les acides aminés, les peptides, les alcaloïdes et les polyphénols comme les tanins. Le goût amer est détecté par une famille d'environ 30 différents récepteurs couplés aux protéines G (RCPG), identifiés comme la famille des récepteurs T2Rs (Chandrashekar et al., 2000 ; Ma et al., 2014). Le mécanisme de transduction du signal du goût amer est bien identifié et étudié dans la

littérature. Il est initié par la fixation de molécules amères au niveau du récepteur T2R, qui va activer la protéine G hétérotrimérique, conduisant à la libération du complexe (G $\beta\gamma$) (**Figure 12**). Le complexe G $\beta\gamma$ active la phospholipase C (PLC- β_2), qui induit l'hydrolyse du phosphatidylinositol-4,5- biphosphate (PIP₂) en inositol-1,4,5-triphosphate (IP₃) et en diacylglycérol (DAG). L'IP₃ entraîne la libération de calcium du compartiment intracellulaire. L'augmentation du calcium provoque l'ouverture du canal ionique TrpM5 et la réintroduction du sodium Na⁺, ce qui entraîne une augmentation de la charge positive et une dépolarisation de la cellule, les cellules libèrent alors des neurotransmetteurs. L'adénosine triphosphate (ATP) est sécrétée, ce qui conduira à la transmission du signal par les fibres nerveuses au cerveau, qui le reconnaîtra comme un goût amer (**Kinnamon, 1996 ; Ma et al., 2014**).

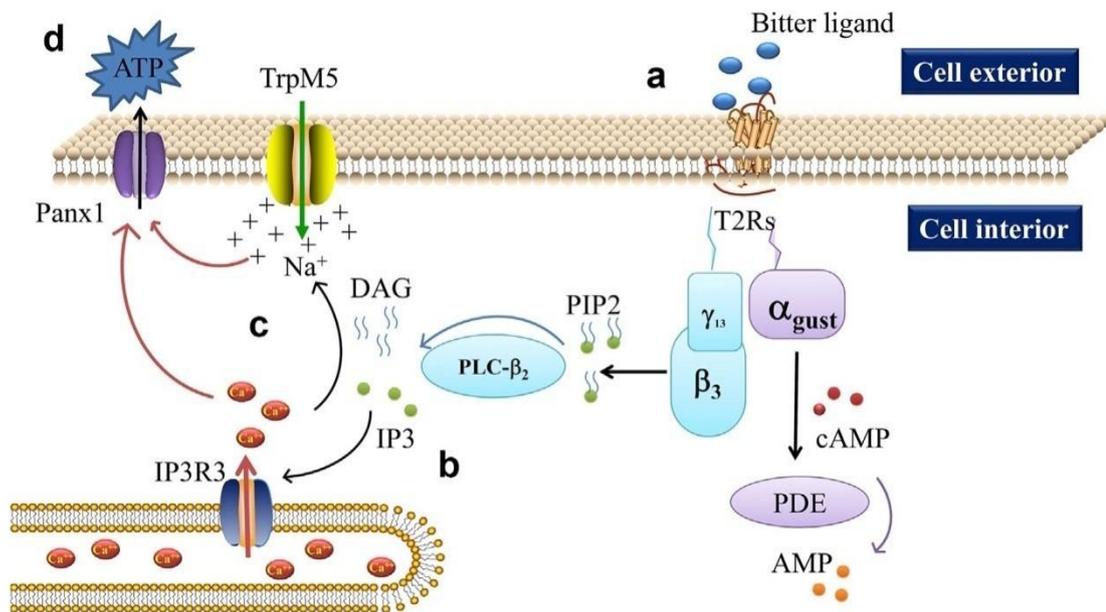


Figure 12 : Représentation schématique du mécanisme de la transduction du signal du goût amer (**Ma et al., 2013**).

➤ Tannins et sensation d'astringence

L'astringence est définie comme une sensation tactile qui se traduit par une perception de sécheresse, de rugosité et de plissement de la muqueuse buccale. Elle est ressentie lors de l'ingestion d'aliments ou de boissons généralement riches en tanins tels que le raisin, le chocolat, le thé noir et le vin rouge (**Lee et Lawless, 1991 ; Green, 1993**). Bien que d'autres composés ou molécules tels que les sels de cations multivalents (aluminium, zinc, calcium), les acides, les agents déshydratants et les polyphénols soient capables de générer cette sensation gustative (**Haslam et al., 1988**). Elle résulte d'une forte interaction entre les tanins et les protéines

salivaires riches en proline (PRP) et en histidine (HRP), impliquées notamment dans la lubrification de la cavité buccale. La précipitation des complexes tanins-protéines est à l'origine d'une modification de la lubrification de la bouche, suite à une augmentation de la friction entre les épithéliums buccaux. Il en résulte des sensations de plissement, de dureté et de sécheresse (Charlton et al., 2002).

Selon Charlton et al. (2002), le mécanisme d'interaction entre les tanins et les protéines dans la salive peut être résumé en trois étapes (Figure 13). Tout d'abord, il y a la formation de liens entre les tanins et les protéines salivaires. Plusieurs molécules de tanin peuvent se lier à la même protéine, par le biais d'interactions hydrophobes entre les anneaux aromatiques des tanins et les anneaux de pyrrolidine des résidus de proline des protéines salivaires, ce qui entraîne la formation de complexes solubles composés d'une seule protéine liée à plusieurs tanins. Ensuite, le complexe protéine-tannin s'assemble avec un autre complexe, par l'intermédiaire de liaisons intermoléculaires formées par les tanins, ce qui conduit à la formation d'un dimère insoluble plus grand. Enfin, ces dimères s'agrègent pour former des complexes plus importants, ce qui favorise leur précipitation.

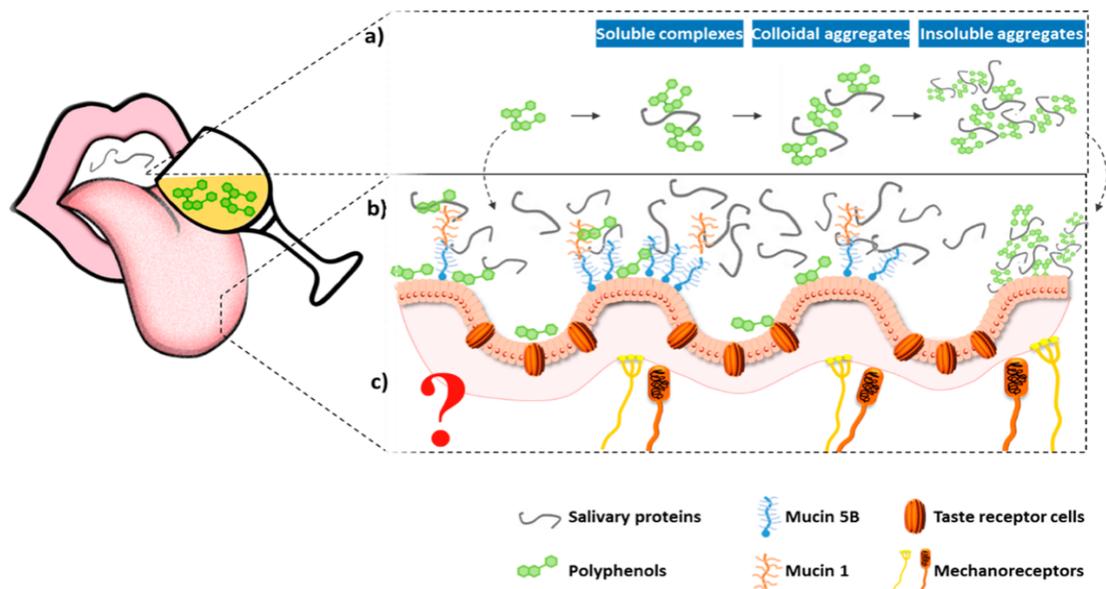


Figure 13 : Représentation schématique du mécanisme d'interaction entre les polyphénols et les protéines de la salive. (A) L'addition des polyphénols aboutit à la formation d'un complexe soluble entre les tannins et les protéines salivaires riches en proline. (B) En ajoutant plus de polyphénols, deux complexes s'assemblent entre eux et forment des dimères insolubles. (C) Les dimères s'agrègent entre eux, et forment des grands complexes tannins- protéine salivaires (Soares et al., 2020).

En revanche, d'autres études ont montré que certaines molécules comme l'alun ou des solutions de tanins hydrolysables connues pour leur caractère astringent ne sont pas capables de précipiter les protéines salivaires (**Obrique-Slier et al., 2010 ; Lee et al., 2012**). En outre, une autre étude a rapporté qu'une réduction du volume de salive dans la bouche entraîne une augmentation de l'astringence perçue après l'ingestion d'une solution de thé noir riche en tanins, les auteurs concluent que l'astringence n'impliquerait pas les protéines salivaires présentes dans la salive mais celles qui adhèrent à la muqueuse buccale. Ainsi, la salive en formant un film protecteur empêcherait l'exposition directe de la muqueuse buccale aux molécules astringentes. Ces travaux indiquent que la sensation d'astringence est un phénomène complexe et que l'augmentation de la friction au niveau de l'épithélium buccal n'est pas seulement causée par la précipitation des protéines salivaires mais pourrait être liée à une interaction des molécules astringentes avec les composants de la muqueuse buccale (**Nayak et Carpenter, 2008**).

D'autre part, une corrélation positive entre la viscosité et l'astringence (**Laguna et al., 2019**). Ces auteurs ont étudié la densité et les propriétés rhéologiques d'un mélange entre six formulations différentes de vin modèle contenant un ou plusieurs composants du vin (éthanol, mannoprotéines, glycérol et tanins) avec de la salive humaine. Ils ont constaté que la viscosité des échantillons contenant des tanins était la plus élevée en raison de la formation de complexes entre le vin modèle et les protéines salivaires.

En fin de compte, l'astringence et l'amertume des tanins sont des propriétés gustatives qui vont de pair, et les études futures devraient être adaptées pour comprendre comment la perception correcte d'un goût peut affecter la perception de l'autre (**Soaras et al., 2020**).

4.3. Flavonoïdes

Les flavonoïdes sont des substances naturelles synthétisées dans plusieurs parties des plantes qui présentent une capacité antioxydante élevée (**Dias et al., 2021**), ils sont des métabolites secondaires très abondants dans les plantes, les fruits et les graines, responsables de leurs couleurs, de leurs parfumes et de leurs saveurs. Dans les plantes, les flavonoïdes remplissent de nombreuses fonctions telles que la régulation de la croissance cellulaire, l'attraction des insectes pollinisateurs et la protection contre les stress biotiques et abiotiques, les antioxydants synthétiques ont des effets toxiques secondaires, tandis que les antioxydants naturels, tels que les flavonoïdes d'origine naturelle, ont une toxicité relativement faible (**Rodríguez De Luna et al., 2020**).

En outre, les flavonoïdes ont plusieurs applications dans l'industrie alimentaire en tant que conservateurs, pigments et antioxydants, il est donc important d'incorporer des flavonoïdes

dérivés de sources naturelles dans plusieurs produits tels que les aliments, les cosmétiques et les médicaments (Dias et al., 2021).

Les flavonoïdes font partie de la grande famille des composés phénoliques et comprennent plus de 6 000 structures différentes (Šamec et al., 2021). Chez les plantes, les flavonoïdes proviennent de deux voies de biosynthèse (Nabavi et al., 2020) : la voie des phénylpropanoïdes et celle des polykétides, l'enzyme chalcone synthase catalyse la formation de l'échafaudage 2'-hydroxychalcone (Figure 14), à partir de p-coumaroyl CoA et de malonyl CoA, qui sont ensuite utilisés dans plusieurs étapes enzymatiques pour produire d'autres flavonoïdes (Saito et al., 2013).

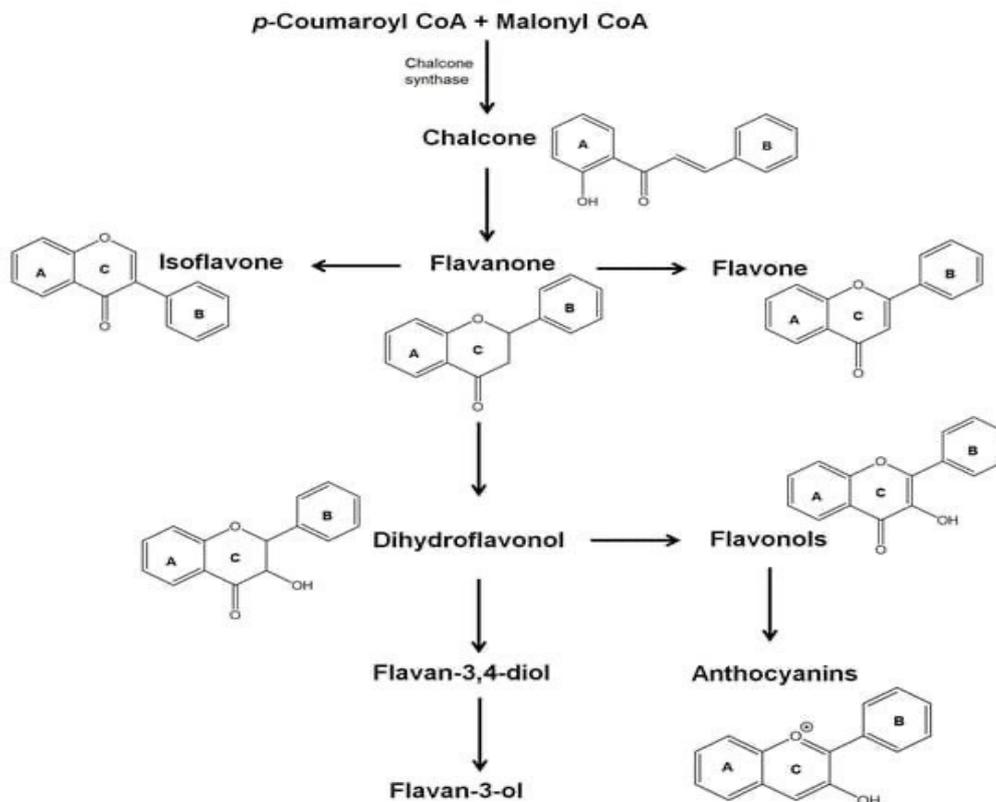


Figure 14 : Biosynthèse des flavonoïdes (Saito et al., 2013).

En outre, dans les plantes, les flavonoïdes peuvent se trouver sous forme libre (aglycones) ou liés à des sucres. En fait, ces flavonoïdes glycosylés sont les plus courants et, par exemple, les anthocyanidines glycosylées qui sont reconnues comme une classe essentielle de flavonoïdes, les anthocyanines. En effet, les anthocyanidines sont sensibles à la lumière et se trouvent liées à des sucres, la forme la plus abondante des glycosides de flavonoïdes est le O-glycoside, mais on peut également trouver des C-glycosides (Šamec et al., 2021).

➤ Anthocyanes

Dans la coloration des plantes, les anthocyanes, des flavonoïdes colorés, jouent un rôle très important. Les anthocyanes se répartissent dans divers tissus végétaux, notamment les fleurs, les fruits, les feuilles, les tiges, les tubercules et les téguments des graines (**Cortez et al., 2017 ; Khoo et al., 2017**). Ces parties sont donc les plus utilisées pour l'extraction, en revanche, l'écorce et les feuilles fraîches sont des sources moins appropriées et sont plus difficiles à manipuler pour l'extraction des flavonoïdes car ces tissus contiennent des cires et des résines. En particulier, les feuilles fraîches contiennent des quantités considérables de chlorophylle, qui sont consommés par l'homme dans le cadre d'un régime alimentaire classique (**Karakurt et al., 2008**).

Généralement, selon **Khoo et al. (2017)**, les anthocyanes sont des pigments sous forme glycosylée colorés solubles dans l'eau appartenant au groupe des phénols, elles responsables à les couleurs rouge, violette et bleue se trouvent dans les fruits et les légumes, Parmi les pigments anthocyaniques, le cyanidine-3-glucoside est le principal anthocyanique présent dans la plupart des plantes. Les pigments anthocyaniques colorés sont traditionnellement utilisés comme colorants alimentaires naturels. La couleur et la stabilité de ces pigments sont influencées par le pH, la lumière, la température et la structure. En milieu acide, les anthocyanes apparaissent en rouge mais deviennent bleues lorsque le pH augmente. La recherche sur le développement de la couleur des anthocyanes a commencé il y a plus de 100 ans (**Willstatter et Mallison, 1915**), et les progrès récents des études synthétiques sur les anthocyanes et les polyphénols apparentés ont ouvert la voie à la compréhension des mécanismes chimiques du développement de la couleur par elle (**Yoshida et al., 2012**).

Donc, les flavonoïdes apportent la couleur et la protection contre la lumière UV (**Mierziak et al., 2014**), et sont considérés comme les pigments les plus abondants avec la chlorophylle et les caroténoïdes (**Karakurt et al., 2008**).

Les feuilles qui présentent des couleurs différentes du vert pendant la période de développement ont une grande importance en tant que plantes ornementales. Beaucoup d'entre elles sont jaunes, rouges ou lavande (**Karakurt et al., 2008**). La chlorophylle, les caroténoïdes et l'anthocyanines sont responsables de la formation de ces couleurs (**Ju et al., 1999**). Ces plantes ont suffisamment de chlorophylle pour la photosynthèse, mais elles comprennent un taux élevé de caroténoïdes et d'anthocyanines qui pourraient conserver leurs couleurs caractéristiques même en l'absence de chlorophylle. En outre, la couleur des plantes peut occasionnellement varier en fonction de l'augmentation ou de la diminution de la quantité de chlorophylle. En automne, par exemple, la formation de chlorophylle diminue en raison de la

baisse de la concentration de soleil ou de sa quantité. Au fur et à mesure que l'automne passe, le taux de pureté de la chlorophylle diminue de façon fractionnée. Les caroténoïdes, qui apparaissent pendant la saison de développement, ne se résorbent pas pendant cette période ; lorsque les chlorophylles sont décomposées, les feuilles deviennent partiellement jaunes **(Karakurt et al., 2008)**.

Partie II :
Recherche Expérimental

CHAPITRE III :

Matériel et Méthodes

Chapitre III : Matériel et Méthodes

La présente étude a porté sur l'analyse sensorielle des échantillons de lait cru additionnés des extraits de Myrte et Thym. La stratégie adoptée est la préparation des extraits hydro-éthanoliques des feuilles des deux plantes et leur addition au lait à différentes concentrations.

Dans ce contexte, pour chaque lait additionné d'extraits, quatre paramètres sensoriels (couleur, odeur, goût, et texture) ont été testés et évalués par des dégustateurs par rapport au témoin (lait non additionné).

Il est important de résumer tout d'abord la phase expérimentale réalisée. Cette phase passe par six étapes :

- Collecte des plantes du Myrte et Thym : la collecte a été effectuée dans la région du Mila.
- Préparation des extraits hydro-éthanoliques : après le séchage des plantes, des extraits des feuilles ont été préparés.
- Préparation des solutions mères des extraits.
- Collecte du lait cru : la collecte a été effectuée dans la même ferme de Ferdoua, Sidi Marouane, Mila.
- Ajout des extraits au lait cru avec deux concentrations : 5 et 10 mg/mL pour le Myrte, et trois concentrations 2,5 ; 5, et 10 mg/mL pour le Thym.
- Une évaluation sensorielle du lait cru a été réalisée en deux expériences (le 22 Mars 2023 pour le lait additionné de Myrte et le 08 Mai 2023 pour le lait additionné de Thym) avec un nombre de dégustateurs selon un protocole bien étudié.

1. Matériel végétale

1.1 Récolte de Thym

La plante a été récoltée (**Figure 1**) au mois de Mars de l'année 2023, dans la région de Hamala, Grarem Gouga wilaya de Mila au Nord Est d'Algérie (36°34'31.3"N 6°24'50.3"E), zone subhumide (**Figure 2**).



Figure 1 : Le Thym photographié dans la région de Hamala, Grarem Gouga, MILA.

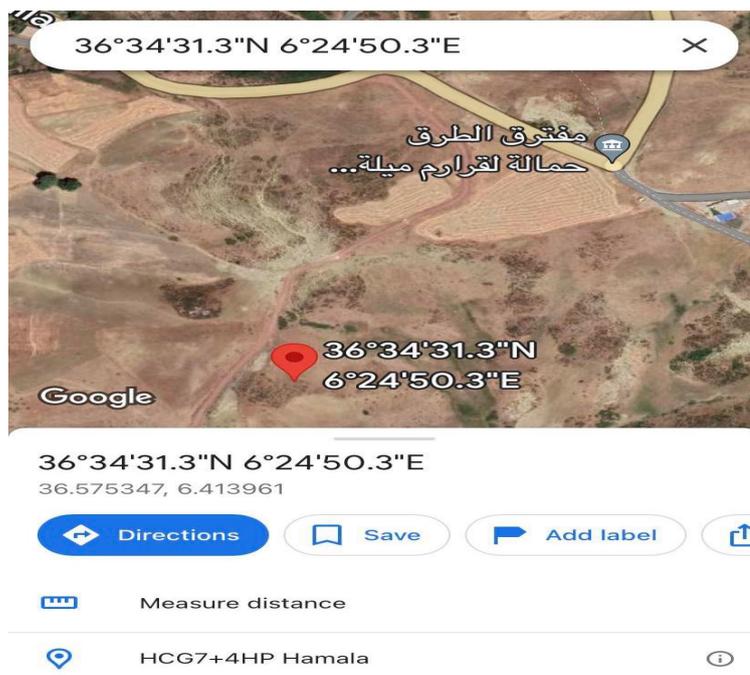


Figure 2 : Localisation du site de collecte du Thym.

1.2. Séchage

La partie aérienne du Thym (les feuilles) est dépoussiérée et séchée (**Figure 3**) à l'ombre sur du papier propre, non exposée à l'humidité, à l'abri des rayons solaires et sans recourir à un traitement thermique pour réduire la perte de composants actifs. Elles sont ensuite stockées dans des sacs en papier propres jusqu'à leur utilisation.



Figure 3 : La partie aérienne de Thym (les feuilles séchées).

1.3. Broyage

Après le séchage des feuilles de Thym dans un endroit sec et aéré, pendant 15 jours elles sont broyées jusqu'à obtention d'une poudre fine, qui est conditionnée dans un bocal en verre propre et sec. Les parties aériennes sont pesées ($m = 80 \text{ g}$) (**Figure 4**).



Figure 4 : Poudre de Thym.

2. Préparation de l'extrait hydro-éthanolique des plantes étudiées

2.1. Préparation de l'extrait hydro-éthanolique de Thym.

Dans ce travail nous avons extrait l'extrait hydro-éthanolique du Thym selon un protocole bien étudié (**Figure 10**), Selon **Macheix et al., (2005)** : le principe consiste à dissoudre le principe actif à l'intérieur du solide et l'entraîner à l'extérieur en utilisant un solvant. Donc nous avons utilisé l'éthanol comme solvant.

- Une pesée de 80 g de poudre végétale des feuilles de Thym a été extraite avec 420 mL d'un mélange eau/éthanol (50 :50) (**Figure 5**) (le mélange a été préalablement agité, pendant 24 heures).

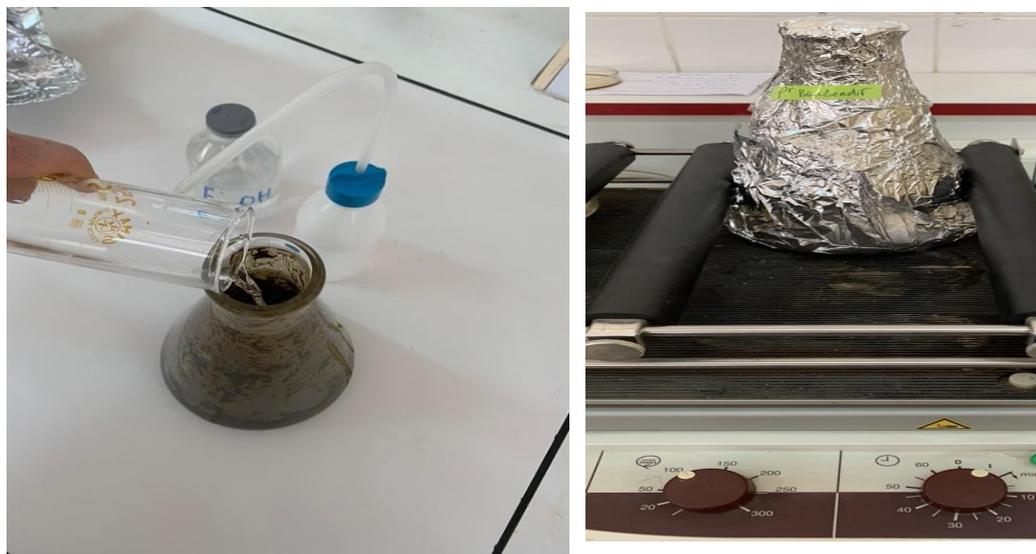


Figure 5 : Macération, addition eau/éthanol (50:50) et agitation.

- L'extrait obtenu a été filtré 03 fois en utilisant le papier filtre standard (c'est à dire retremper le marc restant dans un nouveau volume d'eau et d'éthanol (50 : 50) jusqu'à ce que le mélange soit saturé et le mettre à l'agitateur 2 jours, filtrer à nouveau et répéter l'opération une troisième fois, afin d'obtenir une plus grande quantité d'extrait).

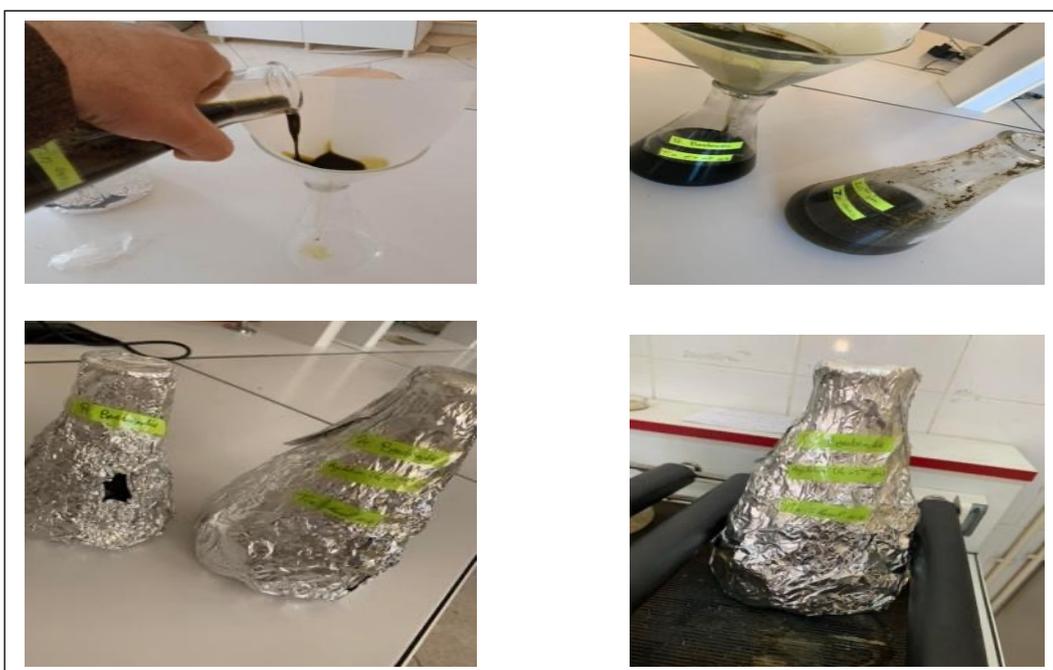


Figure 6 : Filtration de l'extrait sur papier filtre (*3).

- Le filtrat est concentré sous pression réduite à l'aide d'un rotavapor (63°C /1h), afin d'éliminer toute trace de l'éthanol.



Figure 7 : Concentration de l'extrait au rotavapor.

- Le concentré est mis à l'étuve à 45 °C dans des boîtes de Pétri jusqu'à évaporation totale du solvant (15 jours).



Figure 8 : Séchage de l'extrait à l'étuve à 45°C.

- L'extrait sec est gratté avec une spatule suivie d'un léger broyage manuel avec un mortier pour obtenir une poudre très fine.



Figure 9 : Récupération de l'extrait sec.

- L'extrait obtenu (**7g**) est pesé et stocké dans un petit bocal en verre bien ombragé et fermé hermétiquement jusqu'à son utilisation dans les plus brefs délais.

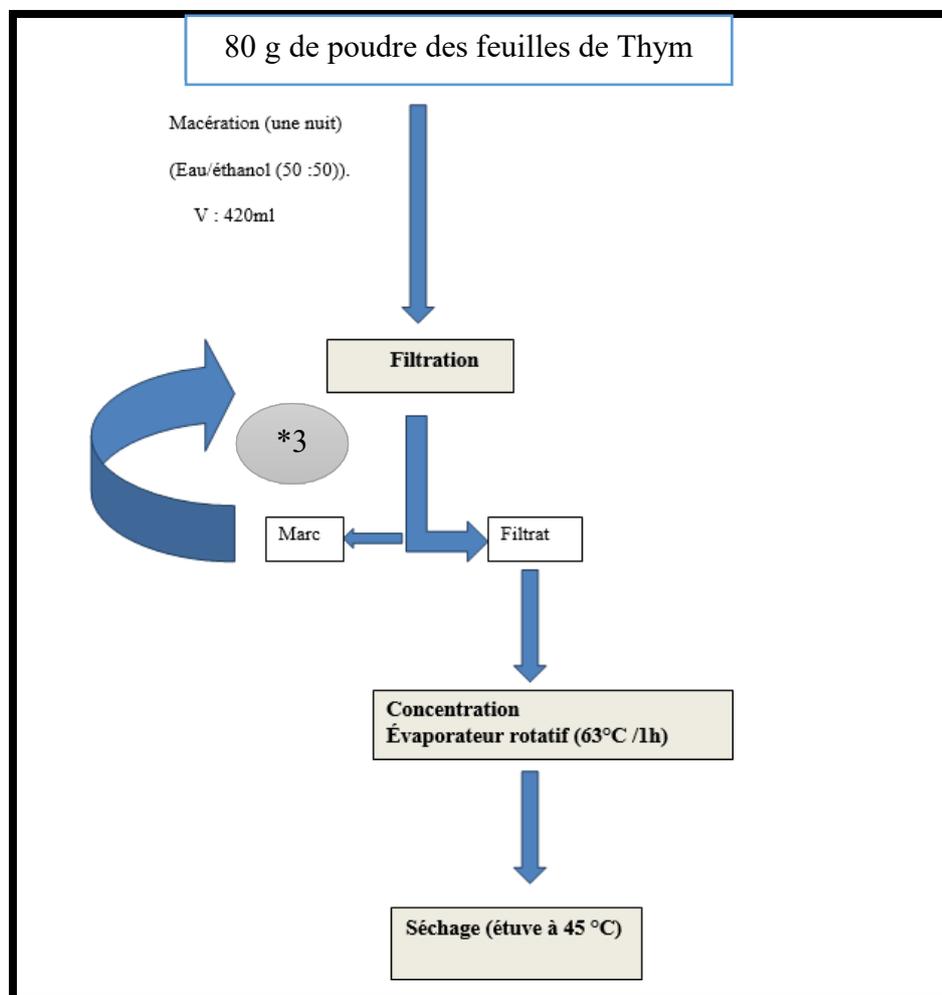


Figure 10 : Schéma descriptif du mode opératoire.

2.2. Préparation de l'extrait hydro-éthanolique de Myrte

L'extrait a été préparé au niveau des laboratoires pédagogiques de biologie le moi janvier et nous avons récupéré **10 g** sous forme de poudre fine de couleur marron.

3. Préparation des solutions mères des extraits hydro-éthanolique de Myrte et de Thym

Pour additionner les extraits des plantes déjà préparés au lait cru, nous avons préparé des solutions mères en utilisant la poudre des extraits et l'eau distillée stérile, puis nous avons additionné des volumes bien déterminés à chaque échantillon de lait pour avoir les concentrations choisis par respect aux CMI étudiées en bibliographie.

3.1. Solution mère de Myrte

Peser 10g de la poudre de l'extrait hydro-éthanolique de Myrte sec sur la balance de précision et ajouter 100 mL d'eau distillée stérile dans un erlenmeyer stérile, puis bien agiter pour homogénéiser le mélange.

Chaque gobelet de dégustation contient 8 mL d'échantillon, nous aurons donc besoin de 480 mL du lait cru pour 60 dégustateurs, donc un volume de 600 mL et largement suffisant pour chaque concentration testée.

Les concentrations choisis sont 5 et 10 mg/mL ; le Tableau 1 résume la méthode suivie pour calculer les volumes de l'extrait de Myrte ajoutés au lait.

Tableau 1 : Concentrations et volumes d'extrait de Myrte ajoutés au lait.

	Calcul
Concentration de la solution mère de l'extrait (SM)	$10 \text{ g} / 100 \text{ mL} = 10000 \text{ mg} / 100 \text{ mL} = \mathbf{100 \text{ mg/mL}}$
Volumes d'extrait additionné	$C_1V_1 = C_2V_2$ $100 \text{ mg} / \text{mL} \times V_1 = \mathbf{5 \text{ mg/ mL}} \times 600 \text{ mL}$ $100 \text{ mg} / \text{mL} \times V_1 = 5 \text{ mg/ mL} \times 600 \text{ mL}$ $V_1 = 5 \times 600 / 100 = \mathbf{30 \text{ mL}}$
	$C_1V_1 = C_2V_2$ $100 \text{ mg} / \text{mL} \times V_1 = \mathbf{10 \text{ mg/ mL}} \times 600 \text{ mL}$ $100 \text{ mg} / \text{mL} \times V_1 = 10 \text{ mg/ mL} \times 600 \text{ mL}$ $V_1 = 10 \times 600 / 100 = \mathbf{60 \text{ mL}}$

Les échantillons	T	P ₁	P ₂
Concentration de l'extrait dans le lait (mg/mL)	0	5	10
Volume (V ₁) ajouté au lait (mL)	0	30	60

3.2. Solution mère de Thym

Peser 7 g de la poudre de l'extrait hydro-éthanolique de Thym sec sur la balance de précision (**Figure 11**) et ajouter 70 mL d'eau distillée stérile dans un erlenmeyer stérile, puis bien agiter pour homogénéiser le mélange.



Figure 11 : Extrait hydro-éthanolique du Thym.

Chaque gobelet de dégustation contient 7 mL d'échantillon, nous aurons donc besoin de 380 à 400 mL du lait cru pour 55 à 58 dégustateurs, donc un volume de 1600 mL au maximum et largement suffisant pour chaque concentration testée, mais le volume collecté est 3 litres comme réserve (**Figure 15**).

Les concentrations choisies sont 2,5 ; 5 et 10 mg/mL ; le Tableau 2 résume la méthode suivie pour calculer les volumes de l'extrait de Thym ajoutés au lait.

Tableau 2 : Concentrations et volumes d'extrait de Thym ajoutés au lait.

	Calcul			
Concentration de la solution mère de l'extrait (SM)	$7 \text{ g} / 70 \text{ mL} = 7000 \text{ mg} / 70 \text{ mL} = \mathbf{100 \text{ mg/mL}}$			
Volumes d'extrait additionné	$C_1V_1 = C_2V_2$ $100 \text{ mg/mL} \times V_1 = \mathbf{2,5 \text{ mg/mL}} \times 400 \text{ mL}$ $V_1 = 2,5 \times 400 / 100 = \mathbf{10 \text{ mL}}$			
	$C_1V_1 = C_2V_2$ $100 \text{ mg/mL} \times V_1 = \mathbf{5 \text{ mg/mL}} \times 400 \text{ mL}$ $V_1 = 5 \times 400 / 100 = \mathbf{20 \text{ mL}}$			
	$C_1V_1 = C_2V_2$ $100 \text{ mg/mL} \times V_1 = \mathbf{10 \text{ mg/mL}} \times 400 \text{ mL}$ $V_1 = 10 \times 400 / 100 = \mathbf{40 \text{ mL}}$			
Les échantillons	T	P₁	P₂	P₃
Concentration de l'extrait dans le lait (mg/mL)	0	2,5	5	10
Volume (V₁) ajouté au lait (mL)	0	10	20	40

4. Lait cru

4.1. Collecte de lait cru

Le lait cru pour les deux expériences a été collecté dans la même ferme qui est localisée dans la région de Ferdoua, Sidi Merouane à Mila (**Figure 12**).



Figure 12 : Ferme laitière de Ferdoua, Sidi Merouane, Mila (coordonnées spatiales).

Cette ferme a été sélectionnée due au respect des règles d'hygiène et de qualité, son environnement propre, et l'alimentation saine des vaches et aussi pour sa localisation à proximité du centre universitaire Abdelhafid Boussouf, Mila (site d'expérimentation) (Figure 13).

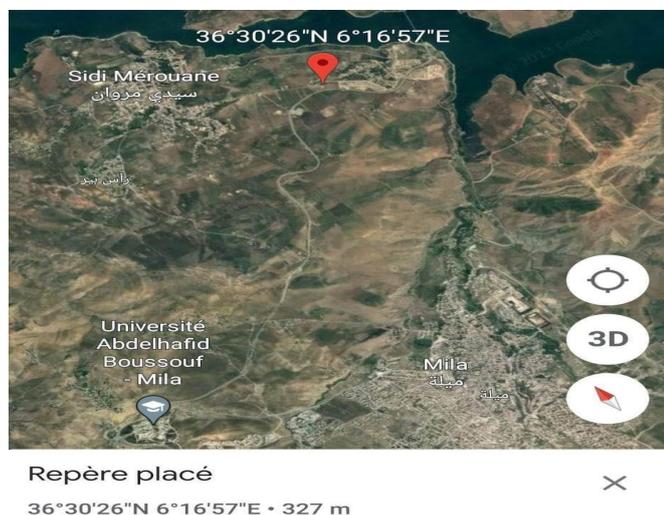


Figure 13 : L'emplacement de la ferme par rapport à l'université.

➤ **Description du site d'élevage**

Aération	4 fenêtres et 2 portes
Éclairage	Naturel et électrique
État de propreté	Propre

La ferme contient dix vaches laitières, nous avons choisi trois vaches d'une même race « Prim'Holstein » (**Figure 14**), qui ont été diagnostiquées saines par un docteur vétérinaire.



Figure 14 : Bovins français de race noire Prim'Holstein.

Un litre de lait cru a été recueilli de chaque vache pour obtenir trois litres, le 21 Mars 2023 à cinq heures du soir, un jour avant le test de dégustation du lait additionné à l'extrait de Myrte ; et le 08 Mai 2023 à 7 h du matin au même jour de la dégustation du lait additionné à l'extrait de Thym. Les premiers jets sont éliminés avant la récolte du lait en respectant les conditions d'hygiène et d'aseptise.



Figure 15 : Échantillonnage du lait cru dans la ferme laitière de Ferdoua, Sidi Merouane, MILA.

➤ L'alimentation des vaches

Des herbes vertes à savoir tourteau de soja, maïs, grains du lin et l'avoine, qui ont été bien sélectionnées par le propriétaire de la ferme par précaution d'être mélangé à des herbes nuisibles contenant des pathogènes d'une part et qui pourraient altérer le goût du lait.

➤ **Les règles d'hygiène et de qualité suivies**

Le lait est un produit très fragile. C'est pourquoi, doit maintenir un niveau d'hygiène suffisant :

- Travailler proprement : être propre, se laver les mains à l'eau savonneuse avant de transformer,
- Travailler avec des habits propres,
- Il est important de commencer le nettoyage des extrémités de trayons à l'eau froide car l'utilisation d'eau chaude dès le début entraîne la coagulation du lait qui est ensuite plus difficile à éliminer, les 10 premiers jets ont été éliminés et les échantillons de lait cru ont été prélevés des quatre mamelles dans un flacon stérile (**Figure 15**).

Pour assurer la conservation et la qualité des échantillons, nous nous sommes assurés de les maintenir à froid tout au long de leur parcours jusqu'à la salle de dégustation :

- durant le stockage,
- durant le transport jusqu'au point de l'évaluation sensorielle.

Le docteur vétérinaire a vérifié et confirmé que le lait cru collecté est de bonne qualité apparente par teste des mammites de california .

5. Évaluation sensorielle

Pour la première évaluation nous avons trois échantillons (un témoin et deux échantillons de lait additionné d'extrait hydro-éthanolique de Myrte) (T, P₁, et P₂) donc on aura besoin de 180 gobelets en plastique ($60 \times 3 = 180$) pour la dégustation. Nous avons préparé 300 gobelets (comme réserve) et de l'eau minérale pour les dégustateurs pour diminuer les interférences résiduelles sensorielles (**Figure 16**).

Pour la deuxième évaluation nous avons quatre échantillons (un témoin et trois échantillons de lait additionné d'extrait hydro-éthanolique de Thym) (T, P₁, P₂, et P₃) donc on aura besoin de 232 gobelets 180 gobelets ($58 \times 4 = 232$). Nous avons préparé 300 gobelets (comme réserve) et de l'eau minérale pour les dégustateurs (**Figure 16**).



Figure 16 : Préparation du test de dégustation.

5.1. Choix de la salle de la dégustation

➤ Les distractions intempestives

La musique, image, bruits, parfums intempestifs doivent être radicalement éliminés. L'endroit choisi pour le test de dégustation doit être calme, lumineux, exempt d'odeurs et de bruits et à une température ambiante moyenne.

5.2. Préparation de la salle d'évaluation

La grande salle de dégustation utilisée pour la réalisation de notre étude se situe au niveau de la bibliothèque de l'institut des Sciences et de Technologie. Elle a été sélectionnée et aménagée d'une manière qu'elle assure les conditions nécessaires de succès de cette opération. Nous avons préparé quatre tables ; une table de préparation et trois tables pour la dégustation (Figure 17).



Figure 17 : Préparation de la salle d'évaluation sensorielle.

5.3. Dégustateurs

On a fait appel à un groupe de dégustateurs constitué de 60 personnes pour la première évaluation du le 22 Mars 2023 ; et 57 personnes pour la deuxième évaluation le 08 Mai 2023, composés d'étudiants, enseignants et employés, des femmes et des hommes âgés de 18 à 65 ans. Le dégustateur doit aussi être dans un bon état psychologique pour apprécier le lait à sa juste valeur.

5.4. Méthodes de dégustation

La séance de dégustation a été organisée à 09:00 h jusqu'à midi. Après avoir bien expliqué le but et toutes les conditions de ce test aux dégustateurs, les sujets sont invités à apprécier les échantillons (**Figure 18**). Devant le dégustateur les gobelets contenant les échantillons du lait ajouté de l'extrait des plantes avec différentes concentrations. Cette opération se fait en rinçant la bouche avec de l'eau minérale entre chaque dégustation pour pouvoir éliminer le goût de l'échantillon précédent, tout en rapportant leurs appréciations sur la fiche d'évaluation sensorielle en évaluant selon les couleurs, les odeurs, les saveurs et la texture.



Figure 18 : Conduite du test de dégustation.

L'évaluation sensorielle est réalisée sous les conditions suivantes :

- Traitement uniquement de la partie hédonique (c'est-à-dire agréable, très agréable, désagréable, très désagréable, et ni agréable ni désagréable).
- Tout le monde est capable de dire s'il aime ou non un produit et donner leurs sensations perçues (goût amer, salé, acide et sucré).

5.5. Fiche d'analyse sensorielle

Chaque dégustateur doit sentir, puis déguster les échantillons soumis à l'examen afin d'analyser les perceptions olfactives et gustatives. Il doit ensuite porter sur la fiche d'évaluation sensorielle (**Figure 19**) à sa disposition, l'intensité d'agrément à laquelle il perçoit à l'échantillon. La fiche d'évaluation sensorielle des échantillons rassemble les 04 paramètres ciblés : couleur, odeur, saveur et texture.

Produit	Lait cru additionné de l'extrait de Myrte			
	Concentration	Témoin	P ₁	P ₂
Couleur				
Agréable				
Très agréable				
Désagréable				
Très désagréable				
Ni agréable ni désagréable				
Odeur				
Agréable				
Très agréable				
Désagréable				
Très désagréable				
Ni agréable ni désagréable				
Saveur				
Agréable				
Très agréable				
Désagréable				
Très désagréable				
Ni agréable ni désagréable				
Texture				
Agréable				
Très agréable				
Désagréable				
Très désagréable				
Ni agréable ni désagréable				
Produit préféré				

Produit	Lait cru additionné de l'extrait de Thym				
	Concentration	Témoin	P ₁	P ₂	P ₃
Couleur					
Agréable					
Très agréable					
Désagréable					
Très désagréable					
Ni agréable ni désagréable					
Odeur					
Agréable					
Très agréable					
Désagréable					
Très désagréable					
Ni agréable ni désagréable					
Saveur					
Agréable					
Très agréable					
Désagréable					
Très désagréable					
Ni agréable ni désagréable					
Texture					
Agréable					
Très agréable					
Désagréable					
Très désagréable					
Ni agréable ni désagréable					
Produit préféré	P ₁		P ₂		P ₃

Figure 19 : Fiche d'évaluation sensorielle des deux expériences « Myrte, Thym ».

CHAPITRE IV :

Résultats et discussion

1. Résultats d'analyses sensorielles

Après les deux expériences d'analyse sensorielle du lait cru additionné par les extraits des feuilles de Myrte et de Thym, nous avons obtenu les avis des dégustateurs sur 68 fiches d'analyse sensorielle pour l'expérience de l'extrait de Myrte et 57 fiches pour l'extrait de Thym. Les Tableaux 3 et 4 rassemblent les résultats après calcul des avis similaires de chaque paramètre : couleur, odeur, saveur, et texture ainsi que les pourcentages de chaque paramètre.

Tableau 3 : Analyse sensorielle du lait additionné de l'extrait de Myrte (5 et 10 mg/mL).

Produit	Lait cru additionnés de l'extrait de Myrte					
	Témoin (C ₀ =0 mg/mL)		P ₁ (C ₁ = 5mg/mL)		P ₂ (C ₂ =10 mg/mL)	
Paramètres	Σ	%	Σ	%	Σ	%
Couleur						
Agréable	40	58,82	35	51,47	27	39,71
Très agréable	25	36,77	03	4,41	03	4,41
Désagréable	00	00	18	26,47	24	35,29
Très désagréable	01	1,47	04	5,88	08	11,77
Ni agréable ni désagréable	02	2,94	08	11,77	06	8,82
Odeur						
Agréable	40	58,82	36	52,94	30	44,12
Très agréable	21	30,89	09	13,24	09	13,24
Désagréable	03	4,41	12	17,65	15	22,06
Très désagréable	00	00	01	1,47	12	17,64
Ni agréable ni désagréable	04	5,88	10	14,70	02	2,94
Saveur						
Agréable	35	51,47	16	23,52	04	5,88
Très agréable	25	36,77	03	4,42	04	5,88
Désagréable	04	5,88	28	41,18	25	36,77
Très désagréable	00	00	15	22,06	32	47,06
Ni agréable ni désagréable	04	5,88	06	8,82	04	5,88
Texture						
Agréable	45	66,17	43	63,24	33	48,53
Très agréable	18	26,47	07	10,29	05	7,35
Désagréable	03	4,42	14	20,59	18	26,47
Très désagréable	01	1,47	02	2,94	10	14,71
Ni agréable ni désagréable	01	1,47	02	2,94	02	2,94
Produit préféré	53	77,94	18	26,47	02	2,94

Tableau 4 : Analyse sensorielle du lait additionné de l'extrait de Thym (2,5 ; 5 et 10 mg/mL)

Produit	Lait cru additionné de l'extrait de Thym											
	Témoin (C ₀ =0 mg/mL)		P ₁ (C ₁ =2,5 mg/mL)		P ₂ (C ₂ =5 mg/mL)		P ₃ (C ₃ =10 mg/mL)					
Couleur	Σ	%	Σ	%	Σ	%	Σ	%				
Agréable	34	59,65	37	64,91	28	49,12	11	19,30				
Très agréable	18	31,58	4	7,02	4	7,02	7	12,28				
Désagréable	0	0	3	5,26	19	33,33	25	43,86				
Très désagréable	0	0	1	1,75	1	1,75	11	19,29				
Ni agréable ni désagréable	5	8,77	12	21,05	5	8,77	3	5,26				
Odeur												
Agréable	29	50,88	34	59,65	26	45,61	17	29,82				
Très agréable	19	33,33	11	19,30	11	19,30	9	15,79				
Désagréable	1	1,75	4	7,02	9	15,79	17	29,82				
Très désagréable	1	1,75	0	0	2	3,50	12	21,05				
Ni agréable ni désagréable	7	12,28	8	14,03	9	15,78	2	3,50				
Saveur												
Agréable	29	50,87	31	54,38	20	35,08	11	19,30				
Très agréable	20	35,08	12	21,05	9	15,79	6	10,52				
Désagréable	2	3,50	7	12,28	16	28,07	25	43,85				
Très désagréable	1	1,75	2	3,50	3	5,26	11	19,30				
Ni agréable ni désagréable	5	8,77	5	8,77	9	15,79	4	7,02				
Texture												
Agréable	37	64,91	41	71,93	40	70,18	28	49,12				
Très agréable	13	22,81	6	10,52	9	15,79	4	7,02				
Désagréable	1	1,75	3	5,26	3	5,26	11	19,30				
Très désagréable	0	0	0	0	0	0	6	10,52				
Ni agréable ni désagréable	6	10,53	7	12,28	5	8,77	8	14,03				
Produit préféré	P ₁ = 38		61,29%		P ₂ = 22		35,48%		P ₃ = 02		3,22%	

Par simple comparaison des résultats rassemblés dans les tableaux ci-dessus nous avons sélectionné les meilleurs pourcentages de chaque paramètre dans les deux expériences, et le tableau 5 résume ces résultats.

Tableau 5 : Résumé des résultats des deux expériences « Myrte, Thym ».

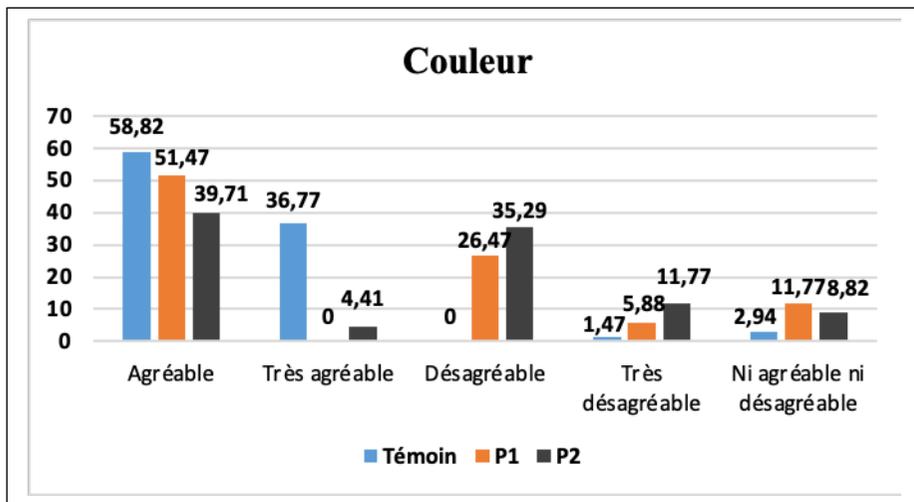
	Meilleurs pourcentages				
	Myrte		Thym		
Paramètres	P ₁ (C ₁ =5 mg/mL)	P ₂ (C ₂ =10 mg/mL)	P ₁ (C ₁ =2,5 mg/mL)	P ₂ (C ₂ =5 mg/mL)	P ₃ (C ₃ =10 mg/mL)
Couleur	Agréable	Agréable	Agréable	Agréable	Désagréable
	51,47%	39,71%	64,91%	49,12%	43,86%
Odeur	Agréable	Agréable	Agréable	Agréable	Agréable
	52,94%	44,12%	59,65%	45,61%	29,82%
Saveur	Désagréable	T. Désagréable	Agréable	Agréable	Désagréable
	41,18%	47,06%	54,38%	35,08%	43,85%
Texture	Agréable	Agréable	Agréable	Agréable	Agréable
	63,24%	48,53%	71,93%	70,18%	49,12%
Produit préféré	26,47%	2,94%	61,29%	35,48%	3,22%

L'analyse du Tableau 5 donne une idée claire et nette sur le meilleur produit choisi par les dégustateurs dans chaque expérience. Alors le produit qui a eu les pourcentages les plus élevés dans les quatre paramètres avec un avis agréable en totalité ou en majorité est le meilleur produit.

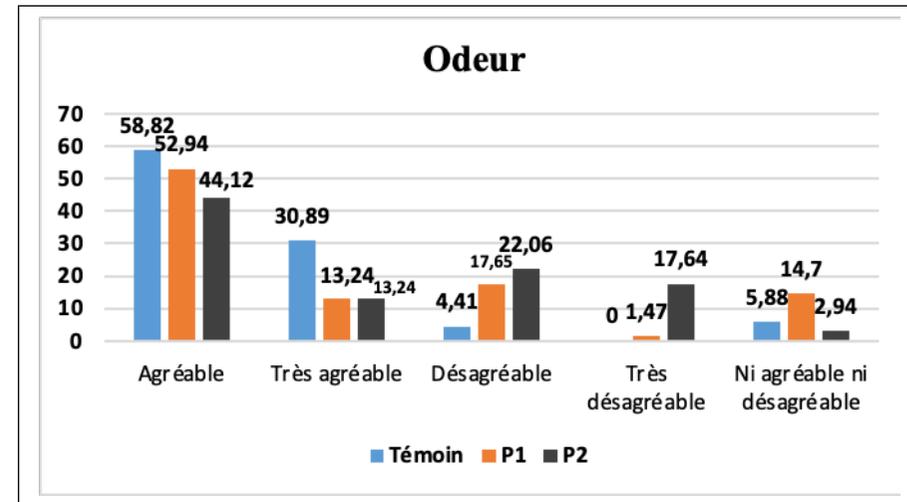
2. Analyse statistique des données

Pour étudier en profondeur les résultats des analyses sensorielles nous avons transféré ces résultats en analyse statistique réalisée à l'aide du programme Excel (Microsoft) comme une interface de récupération des données et d'affichage des résultats sous forme d'histogrammes.

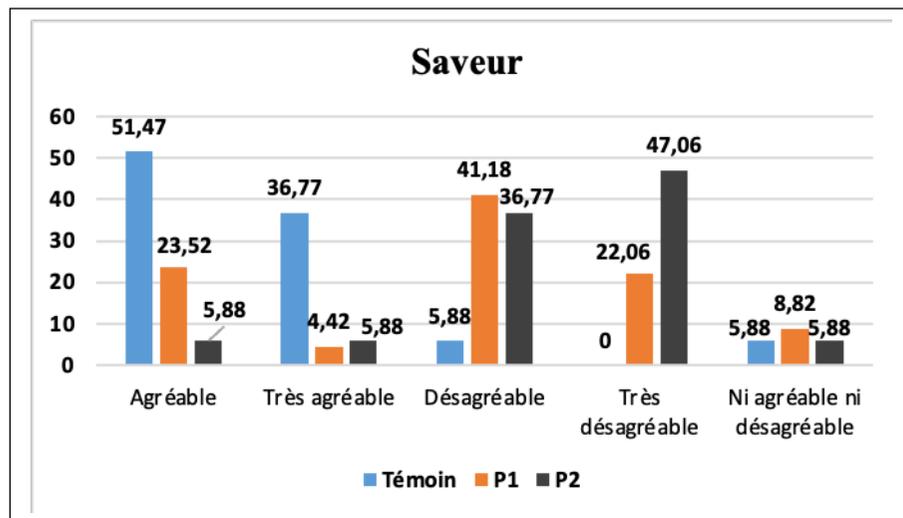
Chaque histogramme représente les variations des pourcentages de l'un des paramètres sensoriels étudiés (couleur, odeur, saveur, et texture) en fonction de la concentration de chaque échantillon (T, P₁, et P₂) pour la première expérience (**Figure 20**) et (T, P₁, P₂, et P₃) pour la deuxième expérience (**Figure 21**).



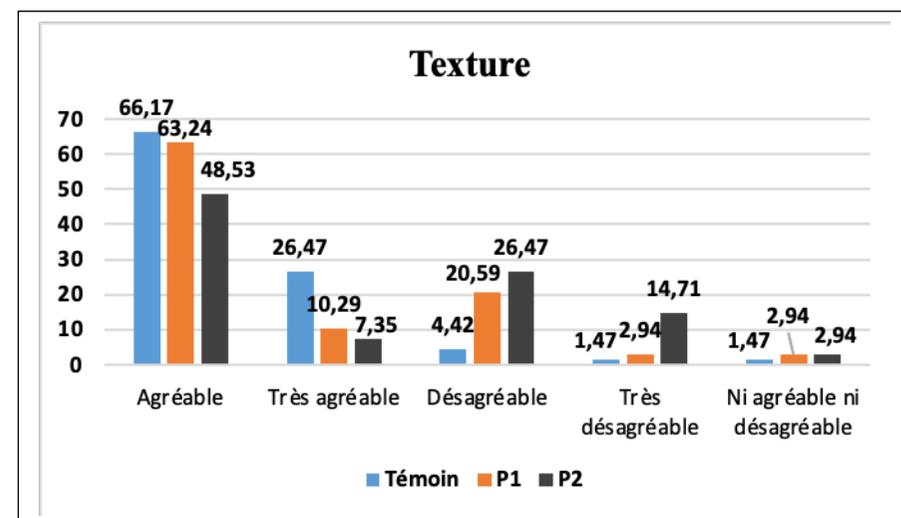
a



b



c



d

Figure 20 : Résultats de l'analyse sensorielle exprimés en pourcentage du lait additionné d'extrait de Myrte (5 et 10 mg/mL).

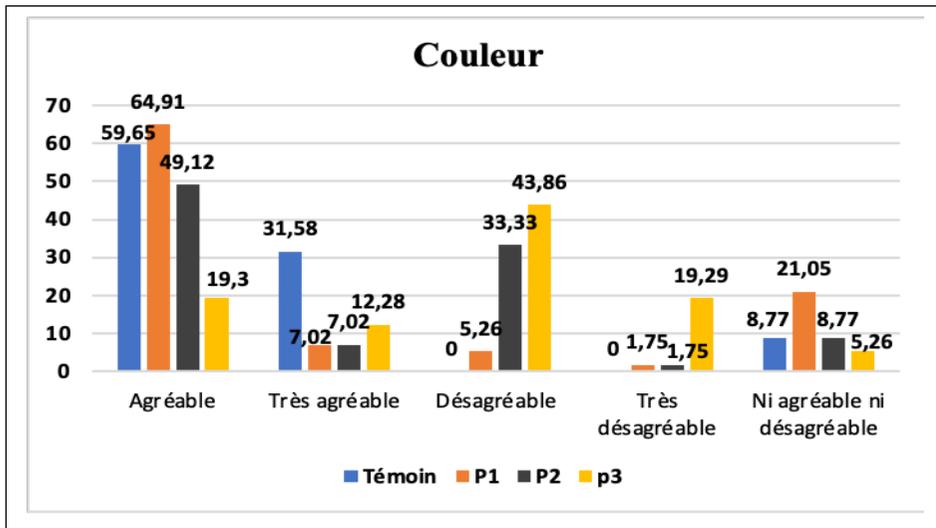
2.1. Analyse des résultats du lait additionné d'extrait de Myrte

Figure (20) a : montre que la couleur de lait additionné de l'extrait de Myrte à la concentration est $C_1= 5 \text{ mg/mL}$ était agréablement appréciée par **51,47 %** des dégustateurs alors que la couleur de la concentration $C_2=10 \text{ mg/mL}$ n'était agréable que pour **39,71 %** des dégustateurs.

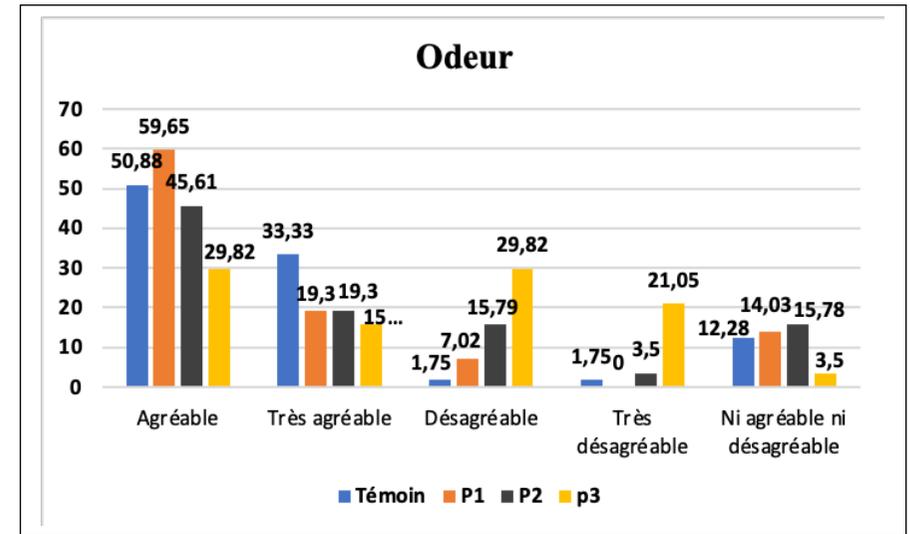
Figure (20) b : montre que l'odeur de lait additionné de l'extrait de Myrte à la concentration est $C_1= 5 \text{ mg/mL}$ était agréablement appréciée par **52,94 %** des dégustateurs alors que l'odeur de la concentration $C_2= 10 \text{ mg/mL}$ n'était agréablement appréciée que par **44,12 %** des dégustateurs.

Figure (20) c : montre que la saveur de lait additionné de l'extrait de Myrte à la concentration est $C_1= 5 \text{ mg/mL}$ était agréablement appréciée par **23,52%** des dégustateurs et désagréablement appréciée par **41,06 %** des dégustateurs alors que la saveur de la concentration $C_2= 10 \text{ mg/mL}$ était très désagréablement appréciée par **47,06 %** des dégustateurs.

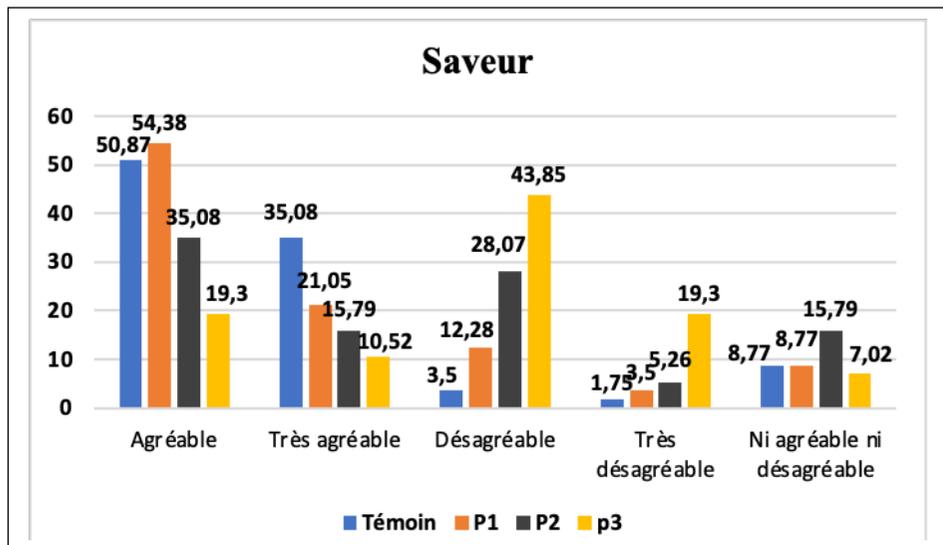
Figure (20) d : montre que la texture de lait additionné de l'extrait de Myrte à la concentration est $C_1= 5 \text{ mg/mL}$ été agréablement appréciée par **63,24 %** des dégustateurs alors que la concentration $C_2= 10 \text{ mg/mL}$ n'était agréablement appréciée que par **48,53 %** des dégustateurs.



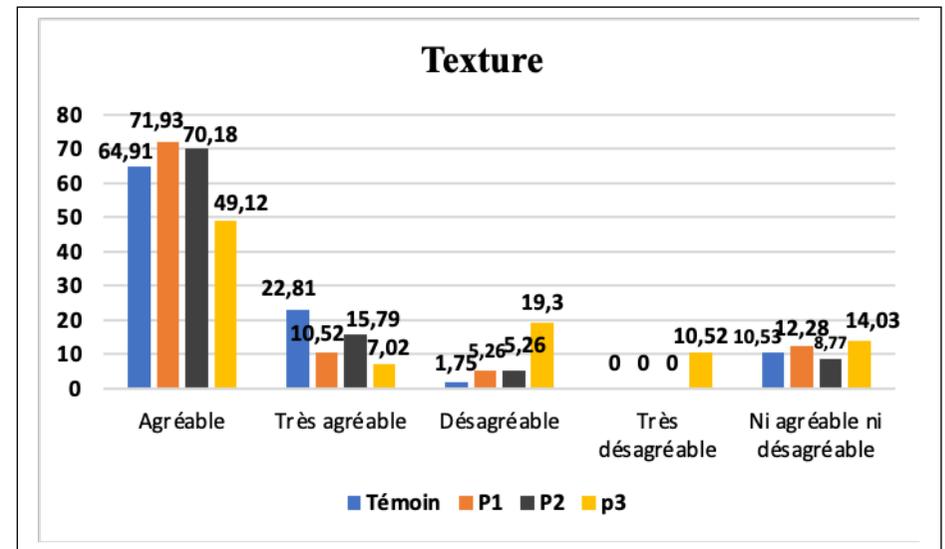
a



b



c



d

Figure 21 : Résultats de l'analyse sensorielle exprimés en pourcentage du lait additionné d'extrait de Thym (2,5 ; 5 et 10 mg/mL).

2.2. Analyse des résultats du lait additionné d'extrait de Thym

Figure (21) a : montre que la couleur de lait additionné de l'extrait de Thym dont la concentration est $C_1 = 2,5 \text{ mg/mL}$ était agréablement appréciée par **64,91 %** des dégustateurs, de même la couleur de la concentration $C_2 = 5 \text{ mg/mL}$ était agréable pour **49,12%** des dégustateurs, mais celle de la concentration $C_3 = 10 \text{ mg/mL}$ était désagréable à **43,86%**

Figure (21) b : montre que l'odeur de lait additionnés de l'extrait de Thym dont la concentration est $C_1 = 2,5 \text{ mg/mL}$ était agréablement appréciée par **59,65 %** des dégustateurs, de même la couleur de la concentration $C_2 = 5 \text{ mg/mL}$ était agréable pour **45,61%** des dégustateurs. Les deux concentrations ont eu un avis très agréable avec un pourcentage équivalent à **19,3 %**.

Figure (21) c : montre que la saveur de lait additionnés de l'extrait de Thym dont la concentration est $C_1 = 2,5 \text{ mg/mL}$ était agréablement appréciée par **54,38 %** des dégustateurs, de même **35,08 %** des dégustateurs ont un avis **très agréable** sur cette saveur, le même pourcentage est attribué à la saveur de la concentration $C_2 = 5 \text{ mg/mL}$ qui était agréable pour **35,08 %** des dégustateurs.

Figure (21) d : montre que la texture de lait additionné de l'extrait de Thym était agréablement appréciée dans les trois concentrations mais la texture de la concentration $C_1 = 2,5 \text{ mg/mL}$ a eu le meilleur pourcentage avec **71,93%**, puis la concentration $C_2 = 5 \text{ mg/mL}$ avec **70,18%** et finalement la concentration $C_3 = 10 \text{ mg/mL}$ avec **49,12%**.

Ces résultats ont permis de faire ressortir le classement de préférences suivant : en premier lieu le lait cru supplémenté à la concentration 2,5 mg/mL de Thym, suivi du lait cru supplémenté à la concentration 5 mg/mL de Thym, puis de 5 mg/mL de Myrte, suivi du lait cru supplémenté à la concentration 10 mg/mL de Thym, et le dernier est le lait cru supplémenté à la concentration 10 mg/mL en Myrte.

Tableau 6 : Le meilleur produit dans chaque expérience « Myrte, Thym ».

Expérience	Meilleur produit	Pourcentage (%)
Lait cru additionné par l'extrait de Myrte	$P_1 : C_1 = 5 \text{ mg/mL}$	26,47
Lait cru additionné par l'extrait de Thym	$P_1 : C_1 = 2,5 \text{ mg/mL}$	61,29

3. Discussion

Dans le présent travail nous avons d'abord mené une recherche bibliographique sur l'activité antimicrobienne des extraits de plantes étudiés à savoir le Myrte et le Thym, en se focalisant sur les Concentrations Minimales Inhibitrices de leurs extraits hydro-éthanoliques des feuilles, enregistrées en Algérie et dans le monde. Après, nous avons sélectionnés plusieurs concentrations qui sont 5 et 10 mg/mL pour le Myrte et 2,5 ; 5 et 10 mg/mL pour le Thym ; afin de tester l'effet de leurs suppléments au lait cru sur sa qualité sensoriel.

Les nouvelles préférences pour un minimum d'aliments transformés et l'évolution récente des préoccupations des consommateurs à l'égard des conservateurs synthétiques, ont entraîné une augmentation de l'utilisation des conservateurs naturels dans les aliments (**Beareth et al., 2014**).

Selon **Guiraud (1998)**, un conservateur doit agir sur les bactéries, les levures et il doit être actif sur les germes pathogènes et ceux responsables d'altération. L'extrait des feuilles de Myrte pourrait être la source de composés utilisés pour le traitement des infections bactériennes qui justifient l'utilisation traditionnelle de Myrte pour la conservation des aliments et le traitement des maladies (**Bouyahya et al., 2016 ; Mir et al., 2020**), d'autre part, Les Lamiacées sont l'une des familles les plus importantes pour la production d'huiles essentielles et des extraits aux propriétés antioxydantes et antimicrobiennes, comme le Thym qui a fait l'objet d'études approfondies quant à son utilisation à la conservation des aliments (**Nieto, 2017**).

L'intérêt des extraits des plantes médicinales et des bactéries lactiques réside d'une part dans leur effet antimicrobien à spectre large ou étroit et d'autre part dans leur sûreté pour la santé humaine, vue leur sensibilité aux protéases digestives, et leur non toxicité pour les cellules eucaryotes. Ces composés bioactifs ont la capacité de cibler sélectivement les bactéries pathogènes ou altérantes, sans pour autant inhiber les bactéries indispensables (**Dortu et Thonart, 2009**).

Les changements sensoriels induits dans le lait supplémenté d'extrait de plante, pourraient être expliqués par la corrélation entre chaque catégorie phytochimique de substances naturelles et leurs effets sur chaque paramètre sensoriel testé : couleur, odeur, saveur, et texture.

Les études ont montré que les composés végétaux des herbes et des épices sont utilisés depuis l'antiquité pour aromatiser les aliments dans les matrices alimentaires complexes (**Yordi**

et al., 2012), les composés naturels actifs peuvent se lier à d'autres composés hydrophobes tels que certaines protéines et certains lipides de l'aliment (Gyawali et Ibrahim, 2014).

Un très grand nombre de genres de la famille Lamiacée et Myrtaceae sont riches en huiles essentielles, mais aussi, en composés phénoliques, flavonoïdes, tannins, quinones, coumarines, terpénoïdes et saponines (Naghbi et al., 2005). Les polyphénols (anthocyanes, tanins et flavonols) et les huiles essentielles (composées principalement de terpènes) sont les principales fractions/composants bioactifs trouvés dans les plantes qui peuvent être utilisés tel que le Myrte et le Thym (Munekata et al., 2020). Ils ont un impact sur la couleur, la saveur et les propriétés sanitaires des aliments, ils sont majoritairement responsables d'astringence, amertume et changements de couleur (Cheynier, 2012).

3.1. Couleur

Les extraits de Myrte et de Thym après une extraction par macération dans l'eau et l'éthanol et chauffage ont fini par une couleur marron, plus foncée chez le Thym que le Myrte (Figure 11). Lors de la préparation des solutions mères, nous avons obtenues une solution verte-brune foncée pour la solution mère du Myrte et marron foncé pour la solution mère de Thym, qui ont donné des couleurs différentes au lait cru. La couleur a viré du blanc mat au blanc crème à la concentration 5 mg/mL et au vert-brun pour le lait additionné de 10 mg/mL de Myrte. Le lait cru additionné de Thym a eu une dégradation de couleur allant de blanc cassé, beige clair et beige foncé pour les concentrations 2,5 ; 5, et 10 mg/mL respectivement (Figure 16).

Le lait concentré à 2,5 mg/mL dans la deuxième expérience avait la meilleure couleur appréciée à un pourcentage de 64,91% (Figure 21.a), suivie par la couleur de lait concentré à 5 mg/mL dans les deux expériences avec les pourcentages 51,47% et 49,12% pour le Myrte et le Thym respectivement (Figure 20.a) ; Figure 21.a), mais la couleur de lait concentré à 10 mg/mL a été moins appréciée avec un pourcentage de 39,71% (Figure 20.a) pour le Myrte et 43,86% pour le Thym (Figure 21.a).

Un extrait brut qui peut contenir plusieurs composés à la fois, donc le changement de la couleur du lait pourrait s'expliquer par la fusion des molécules biologiquement actives (polyphénols) lors de la macération qui présentent différentes couleurs, c'est que peut être à l'origine de la couleur brunâtre des extraits obtenues. D'autre part, quelques classes des

terpènes comme le phytol qui est le composé principal de la chlorophylle peuvent intervenir à la pigmentation de l'extrait, ainsi que la dégradation de la chlorophylle pendant le séchage d'extrait. Aussi l'interaction des composés phytochimiques de la plante avec les composés chimiques du lait pourrait influencer.

L'extrait de Myrte présente une diversité structurelle, la présence des différentes classes des composés phénoliques qui sont obtenus dans les résultats de screening phytochimique effectué sur la poudre et l'infusé des feuilles de Myrte par **Bouchenak et al. (2020)**, les auteurs montrent une diversité moléculaire sur le plan des métabolites primaires et secondaires (tanins totaux, tanins galliques, leuco-anthocyanes, flavonoïdes, et saponosides, etc.) de différentes couleurs (bleu noir, bleu foncé, rouge, rouge orangé, et un précipité blanc) respectivement **(Tableau 8)**.

Le Thym et le Myrte sont des plantes caractérisées par des feuilles vertes foncées, à cause des pigments végétaux. Le terme "pigment végétal" est une expression générique utilisée pour désigner un grand nombre de molécules colorées **(Schoefs, 2002)**. La couleur est une caractéristique sensorielle majeure dans la détermination d'acceptabilité d'un produit, donc c'est important de minimiser la dégradation de la chlorophylle pendant le traitement thermique **(Heaton et Marangoni, 1996)**.

Les pigments chlorophylliens sont responsables de la couleur verte des plantes et des aliments d'origine végétale **(Zhong et al., 2021)**. En particulier, les feuilles fraîches contiennent des quantités considérables de chlorophylle, qui sont consommés par l'homme dans le cadre d'un régime alimentaire classique **(Karakurt et Aslantas, 2008)**. Ces pigments sont essentiellement la chlorophylle a et b présents dans tous les végétaux verts terrestres et chez certaines algues vertes **(Aramrueang et al., 2019)**.

Les anthocyanes qui sont des flavonoïdes colorés sont responsables des couleurs rouge, violette et bleue **(Khoo et al., 2017)**. La couleur des plantes peut occasionnellement varier en fonction de l'augmentation ou de la diminution de la quantité de chlorophylle **(Karakurt et Aslantas, 2008)**.

Tous les traitements thermiques induisent des variations structurales et chimiques sur les tissus des végétaux qui se reflètent souvent par des changements de couleur **(Heaton et al., 1996)**, la raison de perte de la couleur verte au cours des traitements est principalement

attribuable à la conversion des chlorophylles dans les phéophytines par l'influence du pH et la chaleur (Minguez-Mosquera et al., 1989) ; Heaton et al., 1996). Le magnésium de la chlorophylle est remplacé par des ions d'hydrogène et les deux chlorophylles vertes sont convertis à phéophytines a et b (vert olive-brun) (Mangos et Berger, 1997).

3.2. Odeur

Les résultats de la dégustation montrent que l'odeur du lait cru additionné des extraits de Myrte et de Thym était plus agréable que désagréable dans toutes les concentrations utilisées (Tableau 3) ; parce qu'elle a donné des odeurs très fraîches, fortes agréables et plus estimées. Cependant l'odeur de lait additionné à l'extrait de Thym avec une concentration 2,5 mg/mL a été la plus estimée avec un pourcentage de 59,65% (Figure 21.b), suivie par la concentration 5 mg/mL de Myrte à un pourcentage de 52,94% (Figure 20.b), puis la concentration 5 mg/mL de Thym à 45,61% (Figure 21.b) et 44,12% pour la concentration 10 mg/mL de Myrte (Figure 20.b) et la même concentration de Thym a eu le plus faible pourcentage à 29,82% (Figure 21.b).

Les odeurs des extraits de plantes sont généralement dues à la présence d'huiles essentielles qui contiennent en majorité des terpénoïdes contenant des composés aromatiques volatiles.

Les premières utilisations des plantes aromatiques par l'homme se sont faites pour enrichir la cuisine. Les Egyptiens diffusaient des odeurs par le chauffage de mélanges contenant des huiles essentielles dans le but d'augmenter l'appétit des personnes malades (Baser et al., 2009).

Le terme huile s'explique par la propriété de solubilité dans les graisses et par leur caractère hydrophobe. Le terme « essentielle » fait référence au parfum, à l'odeur plus au moins forte dégagée par la plante (Dhifi et al., 2016). Les huiles essentielles sont utilisées dans le domaine cosmétique, afin de donner une odeur agréable au produit (Lang et Buchbauer, 2012). De même, dans le domaine alimentaire, les huiles essentielles ont pour objectif de développer les arômes, le plus souvent dans des plats préparés (Bakkali et al., 2008).

Les terpènes constituent entre autres le principe odoriférant des végétaux. Cette odeur est due à la libération des molécules très volatiles contenant 10, 15, 20 atomes de carbones (Yang et al., 2019). Donc, la principale application des terpènes en tant que parfums et arômes

dépend de la configuration absolue des composés, car les énantiomères présentent des propriétés organoleptiques différentes (Carvalho et da Fonseca, 2006). Les glycosides terpéniques peuvent être hydrolysés pour libérer des aglycones terpéniques, tels que le linalol, le géraniol et le nérol, qui contribuent de manière significative à l'arôme du cépage. Des études ont montré que les glycosides aromatiques monoterpéniques sont les précurseurs d'arôme les plus importants (Park et al., 1991, Fenoll et al., 2009, Yang et al., 2019).

Les feuilles de Myrte sont riches principalement en huiles essentielles (Belmimoune et al., 2020), elles dégagent une odeur aromatique et rafraîchissante (Gortzi et al., 2008). Pour le Thym, d'origine grecque « *Thymus* » qui signifie parfumer à cause de l'odeur agréable que la plante dégage ou « thymos » qui signifie force : plante aromatique et stimulante (Pariente, 2001). Mais ce n'est pas toujours le cas, car certains auteurs ont signalé que l'odeur et la saveur intense des HE ont entraîné une diminution de la préférence des consommateurs (Martínez-Graciá et al., 2015).

Récemment, les additifs alimentaires d'origine végétale, tels que les extraits des plantes aromatiques, comme l'huile de Myrte, ont fait l'objet d'une attention considérable en tant que substituts des additifs alimentaires antibactériens (Biriciket al., 2012). L'ajout d'huiles essentielles des plantes influence grandement le profil aromatique des produits dans lesquelles elles sont ajoutées, car certains de leurs composants volatils sont des terpènes, qui peuvent contribuer à ajouter des notes aromatiques spécifiques (Baser et Gerhard, 2010). Les huiles essentielles sont utilisées comme condiments, aromates ou épices. On note leur intégration dans les boissons et les produits laitiers (Mishra et al., 2020), ainsi que la volatilité des HE étant très liée à la composition chimique, les monoterpènes sont par exemple beaucoup plus volatiles que les sesquiterpènes (Kaloustian et Hadji-Minaglou, 2012).

3.3. Saveur

Les résultats de la dégustation montrent que la saveur du lait additionné en Myrte a été très désagréable à 47,06% et désagréable à 41,18% pour les concentrations 5 et 10 mg/mL (Figure 20.c) respectivement. Alors que la saveur du lait cru additionné de l'extrait de Thym a été agréable dans les deux concentrations 2,5 et 5 mg/mL aux pourcentages 54,38% et 35,08% respectivement, et elle été désagréable à 43,85% pour la concentration 10 mg/mL (Figure 21.c).

Les résultats sont associés à une plus forte persistance et intensité du goût, amertume et astringence (descripteurs relatifs aux tanins).

L'astringence et l'amertume sont des propriétés organoleptiques plus complexes à appréhender, et les interactions ou réactions chimiques qui les induisent restent souvent mal comprises. Cependant le rôle prédominant des tanins condensés dans ces perceptions a pu être démontré à plusieurs reprises (**Brossaud et al., 2001 ; Ma et al., 2014 ; Soares et al., 2020**).

Il existe un effet dose des tannins sur les deux perceptions gustatives, l'amertume et l'astringence. Selon **Gortzi et al. 2008**, Le goût des feuilles de Myrte est très intense, assez désagréable et fortement amer. L'intensité de la perception d'amertume et d'astringence dans le lait additionné aux extrait de Myrte, est d'autant plus forte que la concentration en tanins est élevée en Myrte (**Belmimoune et al., 2020 ; Bouchenak et al., 2020**), par contre les études faites sur la composition chimique de Thym confirment qu'il contient une faible concentration en tanins (**Yang et al., 2023**).

Durant la dégustation du lait additionné aux extraits de Myrte, les tanins sont responsables de l'astringence et de l'amertume dans la bouche suite à leur interaction respectivement avec les protéines salivaires impliquées dans la lubrification de la cavité buccale et les récepteurs du goût situés dans les papilles linguales. Les tannins sont capables également d'interagir avec les lipides. Les lipides sont néanmoins présents au cours de la dégustation en tant que composants des membranes buccales ou du bol alimentaire lors d'un repas. Les groupements hydroxyle des composés phénoliques forment des liaisons hydrogène avec les groupes carboxyle et amide des protéines, et des interactions hydrophobes ont lieu entre les anneaux aromatiques des polyphénols et les chaînes latérales apolaires des acides aminés tels que la leucine, la lysine ou la proline (**Hoff et al., 1980 ; Hatano et Hemingway, 1996**).

Très récemment, il a également été démontré que les anthocyanes libres et les saponines glycosylés réagissent avec les protéines de la salive et ont été décrites comme astringentes et amères en dégustation (**Aldin et al., 2006 ; Paissoni et al., 2018**).

D'autre part, le goût amer peut être due à l'augmentation du calcium, la fixation des molécules amères au niveau du récepteur entraîne la libération de calcium du compartiment intracellulaire qui stimule plusieurs réactions chimiques qui se terminent par la sécrétion d'ATP qui conduira à la transmission du signal par les fibres nerveuses au cerveau, qui le

reconnaîtra comme un goût amer (**Kinnamon, 1996 ; Ma et al., 2014**). Comme on sait que le lait est riche en calcium, cela explique la sensation accrue d'amertume.

La différence du goût entre les deux plantes peut également être liée à la composition chimique et aux concentrations des autres composants, surtout les monoterpènes volatiles qui sont les composants principaux des huiles essentielles. Les terpènes utilisés pour affiner la saveur des aliments et des boissons (**Ben Salha et al., 2021**). Selon **Flamini et al. (2004) ; Bouzabata et al. (2015) ; Bouchenak et al., (2020) ; Mohamadi et al. (2021)**, les monoterpènes sont le groupe le plus contenu dans l'HE et l'extraits des feuilles du Myrte et Thym (l' α -pinène, le 1,8-cinéole et le linalool), et certains auteurs ont signalé que la saveur intense des HE a entraîné une diminution de la préférence des consommateurs et aussi pour rendent le danger peu probable car un risque théorique existe de par les substances potentiellement toxiques que contiennent certaines d'entre elles (**Fernandez et Chemat, 2012**).

3.4. Texture

Les résultats de la dégustation montrent que la texture du lait additionné de Myrte et Thym a été agréablement appréciée dans les deux expériences avec toutes les concentrations utilisées ; 5 mg/mL (63,24%) et 10 mg/mL (48,53%) pour le Myrte et 2,5 mg/mL (71,93%) ; 5 mg/mL (70,18%) et 10 mg/mL (49,12%) pour le Thym (**Figure 20.d**) ; **Figure 21.d**).

Cette agréabilité est due au faible changement de la texture naturelle du lait cru par l'addition des différents volumes des solutions mères des extraits de Myrte et Thym utilisés, qui n'ont pas influencé la viscosité naturelle du lait qui est considérée comme paramètre essentiel dans la maintenance de sa texture. Le lait est considérablement plus visqueux que l'eau, car il contient beaucoup de matière grasse en émulsion et des particules colloïdes (**Cox et al., 1959**).

En conclusion, l'ajout des extraits de Myrte et de Thym a affecté la qualité sensorielle du lait cru, mais de manière différente. Le lait additionné de Thym a été choisi comme produit préféré agréable chez les dégustateurs avec un pourcentage de 61,29% et 35,48% pour les deux concentrations étudiées 2,5 et 5 mg/mL respectivement (**Tableau 2**), tandis que le lait supplémenté de Myrte a été choisi comme produit préféré chez les dégustateurs par un pourcentage plus faible qui été de 26,47% et de 2,94% pour les deux concentrations (5 et 10

mg/mL) (**Tableau 1**). Nos résultats sont en accord avec ceux de **Zantar et al. (2013)** au Maroc qui ont ajouté des extraits de Thym et de Myrte au fromage, et ont révélé une préférence des dégustateurs pour le fromage aromatisé à l'extrait de thym par rapport au fromage aromatisé à l'extrait de myrte.

La comparaison entre les qualités du lait supplémenté avec les deux extraits montre des scores plus élevés en faveur du Thym, ce qui peut s'expliquer aussi par l'utilisation de trois concentrations différentes. Le Myrte a été utilisé avec des concentrations plus élevées qui affectent négativement les qualités sensorielles de l'échantillon surtout que le lait cru supplémenté à la faible concentration (2,5 mg/mL) en Thym est le plus agréable par les dégustateurs (**Tableau 2 et 3**). Cependant, la plupart des rapports publiés ont montré que les plantes aromatiques à forte concentration pouvaient avoir des effets organoleptiques négatifs et que, par conséquent, leur utilisation dans les produits laitiers était limitée (**Hsieh et al., 2001 ; Martínez-Graciá et al., 2015**), L'interaction synergique avec les traitements physiques ou différents additifs naturels peut accroître leur efficacité antibactérienne à une concentration suffisamment faible, ce qui peut réduire leurs effets indésirables et faciliter leur utilisation dans les systèmes de conservation des aliments (**Martínez-Graciá et al., 2015**).

Garine (1972) a confirmé que les considérations socioculturelles ont également un impact sur l'acceptabilité des aliments en général. Les individus sont prédisposés à accepter les plantes traditionnelles et largement utilisées dans leur région. La perception de ces plantes semble familière et naturelle, de sorte qu'elles n'affectent pas beaucoup la qualité sensorielle des aliments qu'elles sont utilisées comme additifs et peuvent même améliorer la qualité sensorielle dans certains cas.

Le Thym est une plante bien connue dans la région de Mila, il est largement utilisé dans l'alimentation comme épice et pour ses effets médicinaux. Ce fait peut avoir joué en sa faveur dans l'évaluation de la qualité sensorielle. L'utilisation de Myrte, au contraire, n'est pas courante bien qu'il soit originaire de la région de Mila ; pour cette raison, sa perception sensorielle semble moins familière et donc peu évaluée. Selon **Gortzi et al, (2008)**, le myrte est une épice dont l'utilisation n'est pas très répandue en raison de son amertume, malgré son odeur agréable. Son importance culinaire est limitée à sa région d'origine. Les plats aromatisés à la fumée de myrte sont courants dans les zones rurales d'Italie ou de Sardaigne.

CONCLUSION

Conclusion

L'analyse sensorielle de lait cru additionné des extraits hydro-éthanoliques du Myrte et Thym, a été réalisée afin de montrer la qualité organoleptique par les dégustateurs, elle a permis de faire ressortir les résultats suivants :

- Pour le Myrte additionné au lait cru aux concentrations 5 et 10 mg/mL, la concentration la mieux appréciée par les dégustateurs pour les paramètres sensoriels testé a été de 5 mg/mL.
- Pour le Thym additionné au lait cru aux concentrations 2,5 ; 5, et 10 mg/mL, la concentration la mieux appréciée par les dégustateurs pour les paramètres sensoriels testé a été de 2,5 mg/mL.

Par comparaison des résultats des deux plantes en termes de qualité sensorielle, le Thym a été plus apprécié par les dégustateurs par rapport au Myrte. Ceci peut s'expliquer par le fait que c'est une plante bien connue dans la région de Mila, et qui est largement utilisée en alimentation comme épice et en médecine traditionnelle. Ce fait peut jouer en faveur de sa bonne acceptabilité dans l'évaluation de la qualité sensorielle.

En perspective, il semble très intéressant pour les industries laitières d'utiliser les extraits des plantes aromatiques médicinales comme additifs alimentaires naturels, pour améliorer la durée de vie du lait ou dérivés laitiers lors de la conservation, dans le but d'éliminer l'addition des additifs chimiques synthétiques ainsi que le traitement thermique.

En perspective, nous encourageons d'autres recherches dans le futur, pour renforcer les résultats du présent travail, et nous proposons de mener les actions suivantes :

- Organiser des campagnes de sensibilisation pour motiver les consommateurs et les industriels à l'intérêt de l'utilisation des plantes médicinales aromatiques comme alternatives aux additifs chimiques dans les aliments,
- Utiliser une concentration plus faible du Myrte,
- Tester les extraits des baies du Myrte,
- Ajouter un second extrait végétal au lait dans le but de réduire l'astringence et l'amertume du Myrte, tenant en considération les bienfaits des activités biologiques,
- Contrôler les interactions chimiques éventuelles du lait avec les constituants phytochimiques des plantes dans le but d'améliorer la qualité sensorielle du produit fini,

- L'évaluation des activités antioxydantes et antimicrobiennes durant la période de stockage,
- Effectuer une étude économique sur le coût de production du lait supplémenté d'extraits de plantes,
- Il est important de faire une analyse biomathématique approfondie pour mieux expliquer et interpréter les résultats de l'analyse sensorielle.

Références Bibliographiques

- **Aabdousse, J., Faïda, R., Boulli, A., Hassib, A., Wahid, N. (2020).** The ethnobotanical and socio-cultural aspects of common Myrtle (*Myrtus communis* L.) in the Beni Mellal-Khenifra region (Morocco) and socio-cultural aspects of common Myrtle (*Myrtus communis* L.) in the Beni Mellal-Khenifra region (Morocco). *Ethnobotany Research and Applications*. 19: 1-13.
- **Abdulqawi, L.N.A., Quadri, S.A. (2020).** Antioxidant Activity of Yemeni Plants, *Myrtus communis* L. and *Flemingia grahamiana* Wight, *Arn*. 17(4): 805-811.
- **Ait Kaki, F., Benkiniouar, R., Touil, A., Demirtas, I., Merzoug, A., Khattabi, L. (2021).** *Thymus numidicus*: phenolic constituents, antibacterial, and antioxidant activities of butanolic extract, *Environmental and Experimental Biology*. 19: 67–72.
- **Ait-Ouazzou, A., Espina, L., Cherrat, L., Hassani, M., Laglaoui, A., Conchello, P., Pagán, R. (2012).** Synergistic combination of essential oils from Morocco and physical treatments for microbial inactivation. *Innovative Food Science, Emerging Technologies*. 16: 283-290.
- **Akaydin, G., ŞİMŞEK, I., Arituluk, Z.C., YEŞİLADA, E. (2013).** An ethnobotanical survey in selected towns of the Mediterranean subregion (Turkey). *Turkish Journal of Biology*. 37(2): 230-247.
- **Akin, M., Aktumsek, A., Nostro, A. (2010).** Antibacterial activity and composition of the essential oils of *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. and *Myrtus communis* L. growing in Northern Cyprus. *African journal of biotechnology*. 9(4): 531-535.
- **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. *Turkish Journal of Biochemistry*. 36(4): 342-349.
- **Al-Bayati, F. A. (2008).** Synergistic antibacterial activity between *Thymus vulgaris* and *Pimpinella anisum* essential oils and methanol extracts. *Journal of ethnopharmacology*. 116(3): 403-406.
- **Al-Juraifani, A.A. (2009).** Antimicrobial activity of some medicinal plants used in Saudi Arabia. *Canadian journal of pure and applied sciences*. 1509: 32-41.
- **Al-Saimary, I.E., Bakr, S.S., Jaffar, T., Al-Saimary, A.E., Salim, H.H., Al-Muosawi, R. (2002).** Effects of some plant extracts and antibiotics on *Pseudomonas aeruginosa* isolated from various burn cases. *Saudi medical journal*. 23(7): 802-805.
- **Aldin, E., Reitmeier, H.A., Murphy, P. (2006).** Bitterness of soy extracts containing isoflavones and saponins. *Journal of food science*. 71(3): S211-S215.
- **Alipour, G., Dashti, S., Hosseinzadeh, H. (2014).** Review of pharmacological effects of *Myrtus communis* L. and its active constituents. *Phyt- other*. 28: 1125-1136.
- **Alizadeh, B.B., Tabatabaei, Y.F., Noorbakhsh, H., Riazi, F., Jajarmi, A. (2016).** Study of the antibacterial activity of methanolic and aqueous extracts of *Myrtus communis* on pathogenic strains causing infection. 18(2): e5989.
- **Amarti, F., Satrani, B., Ghanmi, M., Farah, A., Aafi, A., Aarab, L., Chaouch, A. (2010).** Chemical composition and antimicrobial activity of the *Thymus algeriensis* Boiss, and *Thymus ciliatus* Benth. Essential oils of Morocco. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*. 14(1): 141-148.
- **Amensour, M. Sendra, E. Abrini, J. Bouhdid, S. Pérez-Alvarez, J. A. Fernández-López, J. (2009).** Total phenolic content and antioxidant activity of myrtle (*Myrtus communis*) extracts. *Natural Product Communications*. 4(6): 819-424.
- **Aramrueang, N., Asavasanti, S., Khanunthong, A. (2019).** Leafy vegetables. In *Integrated processing technologies for food and agricultural by-products*. Academic Press. 245-272.
- **Aron, P.M., Kennedy, J.A. (2008).** Flavan-3-ols: Nature, occurrence and biological activity. *Molecular nutrition & food research*. 52(1): 79-104.
- **Arvy, M.P., Gallouin, F. (2007).** Especies, aromatizantes y condimentos. *Mundi- Prensa Libros*. Madrid. 36-37.
- **Ashnagar, A., GharibNaseri, N., Bayemani, A. (2009).** Isolation and determination of the major chemical compounds present in essential oil of the leaves of Myrtle plant grown in Khuzestan province of Iran. *Asian J Chem*. 21: 4969-4975.
- **Ashok, P. K., Upadhyaya, K. (2012).** Tannins are astringent. *Journal of pharmacognosy and phytochemistry*. 1(3): 45-50.
- **Ashour, M., Wink, M., Gershenzon, J. (2010).** Biochemistry of terpenoids: monoterpenes, sesquiterpenes and diterpenes. *Annual plant reviews volume, biochemistry of plant secondary metabolism*. 40: 258-303.

- **Bahorun, T. (1998).** Substances naturelles actives : la flore mauricienne, une source d'approvisionnement potentielle. In Second Annual Meeting of Agricultural Scientists. 83: 83-94.
- **Bajalan, I., Akbarzadeh, M., Veysanlu, F. (2014).** Chemical composition of Myrtle essential oil (*Myrtus communis* L.) in Gilane Gharb from Iran. World Sci J. 5(2): 59-65.
- **Bakkali, F., Averbeck, S., Averbeck, D., Idaomar, M. (2008).** Biological effects of essential oils—a review. Food and chemical toxicology. 46(2): 446-475.
- **Balladin, D.A., Headley, O. (1999).** Evaluation of solar dried Thyme (*Thymus vulgaris*) herlos. Renewable Energy. 17: 523-531.
- **Baser, K.H.C., Buchbauer, G. (2009).** Handbook of essential oils: science, technology and applications. CRC Press. 1: 991.
- **Basli, A., Chibane, M., Madani, K., Oukil, N. (2012).** Activité antibactérienne des polyphénols extraits d'une plante médicinale de la flore d'Algérie : *Origanum glandulosum* Desf. Phytothérapie. 10(1): 2-9.
- **Bazylko, A., Strzelecka, H. (2007).** Fitoterapia. 78: 391-395.
- **Bearth, A., Cousin, M. E., Siegrist, M. (2014).** The consumer's perception of artificial food additives: Influences on acceptance, risk and benefit perceptions. Food quality and preference. 38: 14-23.
- **Behidj-Benyounes, N. (2015).** Antimicrobial organic and aqueous extracts of the leaves of *Thymus numidicus*, collected from Bouira (Algeria). Int'l Journal of advances in chemical, biological sciences. 2: 2349-1515.
- **Belhadji, K.A. (2022).** "Étude de l'activité antibactérienne et identification des substances bioactives de différents extraits de *Myrtus communis*". Phytothérapie (Paris, France). 20(6): 288.
- **Belmalha, S., El Idrissi, M. (2015).** Caractérisation chimique de certaines espèces de thym marocain du moyen atlas (région de Midelt) chemical characterization of some species of moroccan middle atlas thyme (region of midelt). Global Journal of Pure and Applied Chemistry Research. 3(2): 43-52.
- **Belmimoun, A., Meddah, B., Meddah, A.T.T., Gabaldon, J., Sonnet, P. (2020).** Antifungal activity of *Myrtus communis* and *Zygophyllum album* extracts against human pathogenic fungi. European Journal of Biological Research. 10(2): 45-56.
- **Belmimoun, A., Meddah, B., Meddah, A.T.T., Sonnet P. (2016).** Antibacterial and antioxidant activities of the essential oils and phenolic extracts of *Myrtus communis* and *zygophyllum album* from Algeria. J. Fundam. Appl. Sci. 8(2): 510-524.
- **Beloued, A. (2001).** Plantes médicinales d'Algérie. 2(1): 206.
- **Beloued, A. (2009).** Plantes médicinales d'Algérie. 5: 140.
- **Ben Salha, G., Abderrabba, M., Labidi, J. (2021).** A status review of terpenes and their separation methods. Reviews in Chemical Engineering. 37(3): 433-447.
- **Benayache, F., Boureghda, A., Ameddah, S., Marchioni, E., Benayache, F., Benayache, S. (2014).** Flavonoids from *Thymus numidicus* Poiret. Der Pharmacia Lettr. 6(2): 50-54.
- **Bendif, H., Peron, G., Miara, M. D., Sut, S., Dall'Acqua, S., Flamini, G., Maggi, F. (2020).** Total phytochemical analysis of *Thymus munbyanus subsp. coloratus* from Algeria by HS-SPME-GC-MS, NMR and HPLC-MSn studies. Journal of pharmaceutical and biomedical analysis. 186: 113-330.
- **Berka-Zougali, B., Ferhat, M.A., Hassani, A., Chemat, F., Allaf, K.S. (2012).** Comparative study of essential oils extracted from Algerian *Myrtus communis* L. leaves using microwaves and hydro distillation. Int J MolSci. 13: 4673-4695.
- **Berka-Zougali, B., Hassani, A., Besombes, C., Allaf, K. (2010).** Extraction d'huiles essentielles d'Algérie feuilles de myrte à l'aide de la technologie de chute de pression contrôlée instantanée. J. Chromatogr. A. 6134-6142.
- **Bessaoud, J.P., Pellissier., J.-P. Rolland., W. Khechimi. (2019).** Rapport de synthèse sur l'agriculture en Algérie. CIHEAM-IAMM. 64: 82.
- **Besufekad, S.Y., Mekdes, M., Abebech, M., Delesa, D., Tekalign, D., Demitu, K., Birtukan, B. (2017).** The antimicrobial activity of leaf extracts of *Myrtus communis*. J Microb Biochem Tech. 9(6): 290-2.
- **Beta, T., Nam, S., Dexter, J., Sapirstein, H. (2005).** Phenolic content and antioxidant activity of pearled wheat and Roller-Milled fractions. Cereal chem. 82: 390-393.

- **Biffin, E., Lucas, E.J., Craven, L.A., Da Costa I.R., Harrington M.G., Crisp M.D. (2010).** Evolution of exceptional species richness among lineages of fleshy- fruited Myrtaceae. *Annals of Botany*. 106: 79-93.
- **Birhanie, M.W., Walle, B., Rebba, K. (2016).** Hypnotic effect of the essential oil from the leaves of *Myrtus communis* on mice. *Nat Sci Sleep*. 8: 267-275.
- **Biricik, H.A.K.A.N., Yesilbag, D., Gezen, S.S., Bulbul, T. (2012).** Effects of dietary myrtle oil (*Myrtus communis* L.). Supplementation on growth performance, meat oxidative stability, meat quality and erythrocyte parameters in quails. *Revue Med Vet*. 163(3): 134-138.
- **Björn, L.O., Papageorgiou, G.C., Blankenship, R.E., Govindjee. (2009).** A viewpoint: why chlorophyll, Photosynthesis research. 99: 85-98.
- **Boelens, M.H., Jimenez, R. (1992).** La composition chimique des huiles de myrte espagnoles. *J. Essentielle huile*. 4: 349–353.
- **Boizot, N., Charpentier, J.P.J.P. (2006).** Méthode rapide d'évaluation du contenu en composés phénoliques des organes d'un arbre forestier. *Cahier des Techniques de l'INRA*. 79-82.
- **Bonjar, S. (2004).** Evaluation of antibacterial properties of some medicinal plants used in Iran. *Journal of ethnopharmacology*. 94(2-3): 301-305.
- **Bot, J., Linn, Soc. (2009).** APG III: On update of Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. 161: 105-121.
- **Botineau, M. (2010).** Botanique systématique et appliquée des plantes à fleurs. Ed TEC&DOC, Lavoisier, Paris. 1021-1043.
- **Bouchenak, O., Yahiaoui, K., Benhabyles, N., Laoufi, R., Toubal, S., El haddad, D., Oussaid, S., Blizak, D., Arab, K. (2020).** Criblage phytochimique et évaluation du pouvoir antioxydant des feuilles de *Myrtus communis* L. et *Rhamnus alaternus* L. *Journal of Revue Agrobiologia*. 10(1): 1749- 1761.
- **Boudet, A.M. (2007).** Evolution and current status of research in phenolic compounds. *Phytochemistry*. 68(22-24): 2722-2735.
- **Boudjelal, A., Henchiri, C., Sari, M., Sarri, D., Hendel, N., Benkhaled, A., Ruberto, G. (2013).** Herbalists and wild medicinal plants in M'Sila (North Algeria): An ethnopharmacology survey. *Journal of Ethnopharmacology*. 148(2): 395-402.
- **Boutaoui, N., Zaiter, L., Benayache, F., Benayache, S., Carradori, S., Cesa, S., Locatelli, M. (2018).** Qualitative and quantitative phytochemical analysis of different extracts from *Thymus algeriensis* aerial parts. *Molécules*. 23(2): 463.
- **Bouyahya, A., Abrini, J., Khay, E. O., Charfi, S., Boujida, N., Harsal, A. E. L., Dakka, N. (2016).** In vitro antibacterial activity of organic extracts from north-west Moroccan medicinal plant *Myrtus communis* L.. *Biotechnology Journal International*. 16(4): 1-9.
- **Bouymajane, A., Rhazi Filali, F., Oulad El Majdoub, Y., Ouadik, M., Abdelilah, R., Cavò, E., Miceli, N., Taviano, M.F. Mondello, L., Cacciola, F. (2022).** Phenolic compounds, antioxidant and antibacterial activities of extracts from aerial parts of *Thymus zygis subsp. gracilis*, *Mentha suaveolens* and *Sideritis incana* from Morocco. *Chemistry & Biodiversity*. (19): 1-13
- **Bouzabata, A., Boussaha, F., Casanova, J., Tomi, F. (2010).** Composition and chemical variability of leaf oil of *Myrtus communis* from northeastern Algeria. *Nat Prod Commun*. 5(10): 1659-1662.
- **Bouzabata, A., Cabral, C., Goncalves, M.J., Cruz, M.T., Bighelli, A., Cavaleiro, C. (2015).** *Myrtus communis* L. as source of a bioactive and safe essential oil. *Food Chem Toxicol*. (75): 166-172.
- **Bouzabata, A., Castola, V., Bighelli, A., Abed, L., Casanova, J., Tomi, F. (2013).** Chemical variability of Algerian *Myrtus communis* L. *Chemistry and Biodiversity*. 10: 129-137.
- **Boyazoglu, J., Morand-Fehr, P. (2001).** Mediterranean dairy sheep and goat products and their quality. *Small Ruminant Research*. 40(1):1–11.
- **Brada, M., Tabti, N., Boutoumi, H., Wathelet, J.P., Lognay, G. (2012).** Composition of the essential oil of leaves and berries of Algerian myrtle (*Myrtus communis* L.). *Journal of Essential Oil Research*. 24(1): 1-3.
- **Branen, AL., Davidson, P., Salminen S., Thorngate, J. (2001).** Food additives. New York: Taylor, Francis. 988.
- **Branger A., Richer M., Roustel S. (2007).** Alimentation, Sécurité et Contrôle Microbiologique, France, Paris. 131.
- **Britton, S., Liaen-Jensen, S., Pfander, H. (2004).** Carotenoids: Handbook; Birkhäuser : Boston, MA, USA.

- **Brooker, M.I.H. (2000).** A new classification of the genus *Eucalyptus* L'Her. (Myrtaceae). Australian Systematic Botany. 13(1): 79-148.
- **Brossaud, F., Cheynier, V., Noble, A. C. (2001).** Bitterness and astringency of grape and wine polyphenols. Australian Journal of grape and wine research. 7(1): 33-39.
- **Bruneton J. (2016).** Pharmacognosie: Phytochimie Plantes médicinales. Ed Lavoisier / TEC ET DOC, France. 5: 717.
- **Burt, S. (2004).** Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods, a review. International journal of food microbiology. 94(3): 223-253.

- **Carocho, M., Ferreira, I. C. (2013).** A review on antioxidants, prooxidants and related controversy: Natural and synthetic compounds, screening and analysis methodologies and future perspectives. Food and chemical toxicology. 51: 15-25.
- **Carocho, M., Ferreira, I.C. (2013).** The role of phenolic compounds in the fight against cancer, a review. Anti-Cancer Agents in Medicinal Chemistry (Formerly Current Medicinal Chemistry-Anti-Cancer Agents). 13(8): 1236-1258.
- **Carrió, E., Rigat, M., Garnatje, T., Mayans, M., Parada, M., Valles, J. (2012).** Plant ethnoveterinary practices in two Pyrenean territories of Catalonia (Iberian Peninsula) and in two areas of the Balearic Islands and comparison with ethnobotanical uses in human medicine. Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine.
- **Carvalho, E., Mateus, N., Plet, B., Pianet, I., Dufourc, E., De Freitas, V. (2006).** Influence of wine pectic polysaccharides on the interactions between condensed tannins and salivary proteins. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 54(23): 8936-8944.
- **Chalchat, J.C., Garry, R.P., Michet, A. (1998).** Huiles essentielles de Myrte (*Myrtus communis* L.) du méditerranéen littoral. J. Essentielle huile. 10: 613-617.
- **Chandrashekar, J., Mueller, K. L., Hoon, M. A., Adler, E., Feng, L., Guo, W., Ryba, N. J. (2000).** T2Rs function as bitter taste receptors cell. 100(6): 703-711.
- **Charlton, A.J., Baxter, N.J., Khan, M.L., Moir, A.J.G. Haslam, E., Davies, A.P. (2002).** Williamson, M.P. Polyphenol/Peptide Binding and Precipitation. J. Agric. Food Chem. 50: 1593-1601.
- **Chemat, S., Cherfouh, R., Meklati, B. Y., Belanteur, K. (2012).** Composition and microbial activity of thyme (*Thymus algeriensis genuinus*) essential oil. Journal of Essential Oil Research. 24(1): 5-11.
- **Chen, M. (2014).** Chlorophyll modifications and their spectral extension in oxygenic photosynthesis. Annual review of biochemistry. 83: 317-340.
- **Cherrat, L., Espina, L., Bakkali, M., García-Gonzalo, D., Pagán, R., Laglaoui, A. (2014).** Chemical composition and antioxidant properties of *Laurus nobilis* L. and *Myrtus communis* L. essential oils from Morocco and evaluation of their antimicrobial activity acting alone or in combined processes for food preservation. Journal of the Science of Food and Agriculture. 94(6): 1197-1204.
- **Cheynier, V. (2012).** Phenolic compounds: from plants to foods. Phytochemistry reviews. 11(2-3): 153-177.
- **Chipault, J.H., Mizuno, G.R., Hawkins, J.M., Lundberg, W.O. (1952).** The antioxidant properties of natural spices a, b. Journal of Food Science. 17(1-6): 46-55.
- **Chraïbi, M., Fikri-Benbrahim, K., Edryouch, A., Fadil, M., Farah, A. (2021).** Caractérisation chimique et activités antibactériennes des huiles essentielles de *Pelargonium graveolens* et *Myrtus communis* et leur effet antibactérien synergique. Phytothérapie. 19(3): 171-177.
- **Claeys, W.L., Cardoen, S., Daube, G., De Block, J., Dewettinck, K., Dierick, K., Herman, L. (2013).** Raw or heated cow milk consumption: Review of risks and benefits. Food Control. 31(1): 251-262.
- **Comtet-Marre, S., Mosoni, P., Peyret, P. (2020).** Effets des polluants environnementaux et alimentaires sur le microbiote intestinal. Cahiers de Nutrition et de Diététique. 55(5): 255-262.
- **Cortez, R., Luna-Vital, D.A., Margulis, D., Gonzalez de Mejia, E. (2017).** Natural pigments: stabilization methods of anthocyanins for food applications. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. 16(1):180-198
- **Cox, C.P., Hosking, Z.D., Posener, L.N. (1959).** Relations between composition and viscosity of cow's milk. Journal of Dairy Research. 26(2): 182-189.

- **Cruciani, S., Santaniello, S., Garroni, G., Fadda, A., Balzano, F., Bellu, E., Maioli, M. (2019).** Myrtus polyphenols, from antioxidants to anti-inflammatory molecules: exploring a network involving cytochromes P450 and vitamin D. *Molecules*. 24(8): 1515.
- **D'Aquila, P., Sena, G., Crudo, M., Passarino, G., Bellizzi, D. (2023).** Effect of Essential Oils of Apiaceae, Lamiaceae, Lauraceae, Myrtaceae, and Rutaceae Family Plants on Growth, Biofilm Formation, and Quorum Sensing in *Chromobacterium violaceum*, *Pseudomonas aeruginosa*, and *Enterococcus faecalis*. *Microorganisms*. 11(5):1150.
- **Davis E.M., Croteau R. (2000).** Cyclization enzymes in the biosynthesis of monoterpenes, sesquiterpenes, and diterpenes. In: *Biosynthesis aromatic polyketides, isoprenoids, alkaloids*. Berlin/Heidelberg. Springer. 53–95.
- **De Carvalho, C.C., Da Fonseca, M.M.R. (2006).** Carvone: Why and how should one bother to produce this terpene. *Food chemistry*. 95(3): 413-422.
- **De Garine, I. (1972).** The socio-cultural aspects of nutrition. *Ecology of food and nutrition*. 1(2): 143-163.
- **Deneulin, P., Pfister, R. (2013).** Méthodologie en analyse sensorielle. 19-31.
- **Dhifi, W., Bellili, S., Jazi, S., Bahloul, N., Mnif, W. (2016).** Essential oils' chemical characterization and investigation of some biological activities: A critical review. *Medicines*. 3(4): 25.
- **Dias, M.C., Pinto, D.C., Silva, A.M. (2021).** Plant flavonoids: Chemical characteristics and biological activity. *Molecules*. 26(17): 5377.
- **Djenane, D., Yangüela, J., Amrouche, T., Boubrit, S., Boussad, N., Roncalés, P. (2011).** Chemical composition and antimicrobial effects of essential oils of *Eucalyptus globulus*, *Myrtus communis* and *Satureja hortensis* against *Escherichia coli* O157: H7 and *Staphylococcus aureus* in minced beef. *Food Science and Technology International*. 17(6): 505-515.
- **Dob, T., Dahmane, D., Benabdelkader, T., Chelghoum, C. (2006).** Studies on the essential oil composition and antimicrobial activity of *Thymus algeriensis* Boiss, et Reut. *Int J Aromather*. (16): 95-100.
- **Dorman, H.D., Deans, S.G. (2000).** Antimicrobial agents from plants: antibacterial activity of plant volatile oils. *Journal of applied microbiology*. 88(2): 308-316.
- **Drake, M.A. (2007).** Invited review: Sensory analysis of dairy foods. *Journal of dairy science*. 90(11): 4925-4937.
- **Drake, M.A., Drake, S., Bodyfelt, F., Clark, S., Costello, M. (2008).** History of Sensory Analysis. *The Sensory Evaluation of Dairy Products*. 1-6.
- **Dupas, C., Métoyer, B., El Hatmi, H., Adt, I., Mahgoub, S. A., Dumas, E. (2020).** Plants: A natural solution to enhance raw milk cheese preservation. *Food Research International*. 130.
- **Durraffourd, C., Lapraz, J.C. (2002).** *Traité de phytothérapie clinique : endobiogénie et médecine*, Ed Masson, Paris.
- **Dziki, D., Różyło, R., Gawlik-Dziki, U., Świeca, M. (2014).** Current trends in the enhancement of antioxidant activity of wheat bread by the addition of plant materials rich in phenolic compounds. *Trends in Food Science & Technology*. 40(1): 48-61.
- **El Astal, Z.Y., Ashour, A.E.R.A., Kerrit, A.A.M. (2005).** Antimicrobial activity of some medicinal plant extracts in Palestine. *Pak. J. Med. Sci*. 21(2): 187-193.
- **El-Deeb, A.M. (2017).** Utilization of propolis extract as a natural preservative in raw milk. *Journal of Food and Dairy Sciences*. 8(8): 315-321.
- **El-Sayed Samah, M., Ahmed, M., Youssef. (2019).** Potential application of herbs and spices and their effects in functional dairy products. 2-4.
- **Falbe, J. (1995).** *CD-Römp-Chemie-Lexikon: A-Z*. Thieme. 5.
- **Farzae, M.H., Abbasabadi, Z., Shams-Ardekani, M.R. (2014).** A comprehensive review of plants and their active constituents with wound healing activity in traditional Iranian medicine. *Wounds*. 26: 197-206.
- **Fatma, G., Tyagi, A. K., Houda, B., Ahmed, L. (2016).** Antioxidant machinery related to decreased MDA generation by *Thymus algeriensis* essential oil, induced liver and kidney regeneration. *Biomedical and Environmental Sciences*. 29(9): 639-649.

- **Fazilah, N.F., Ariff, A.B., Khayat, M.E., Rios-Solis, L., Halim, M. (2018).** Influence of probiotics, prebiotics, synbiotics and bioactive phytochemicals on the formulation of functional yogurt. *J Funct Foods.* (48): 387-99.
- **Fenoll, J., Manso, A., Hellín, P., Ruiz, L., Flores, P. (2009).** Changes in the aromatic composition of the *Vitis vinifera* grape Muscat Hamburg during ripening. *Food Chemistry.* 114(2): 420-428.
- **Fernandez, X., Chemat, F. (2012).** La chimie des huiles essentielles. Editions Vuibert. 288.
- **Flamini, G., Cioni, P.L., Morelli, I., Maccioni, S., Baldini, R. (2004).** Phytochemical typologies in some populations of *Myrtus communis* L. on Caprione Promontory (East Liguria, Italy). *Food chemistry.* 85(4): 599-604.

- **Gardeli, C., Papageorgiou, V., Mallouchos, U.N., Théodose, K., Komaitis, M. (2008).** Essentiel huile composition de *Pistacia lentiscus* L. et *Myrtus communis* L. : Evaluation du pouvoir antioxydant de méthanolique extraits. *Chimie alimentaire.* 107: 1120-1130.
- **Gebeyehu, G., Asfaw, Z., Enyew, A., et al. (2014).** Ethno-botanical study of traditional medicinal plants and their conservation status in Mecha wereda, West Gojam Zone of Ethiopia. *Int J Pharm Health Care.* 2: 137-154.
- **Getaneh, S., Girma, Z. (2014).** Ethnobotanical study of medicinal plants in Debre libanose wereda, Central Ethiopia. *Afr J Plant Sci.* (8): 366-379.
- **Ghasemi, E., Raofie, F., Mashkouri-Najafi, N. (2010).** Application de la méthodologie de surface de réponse et conception composite centrale pour l'optimisation de l'extraction par fluide supercritique des huiles essentielles à partir de *Myrtus communis* L. part. *Chimie alimentaire.* 126: 1449–1453.
- **Ghedira, K. (2005).** Les flavonoïdes : structure, propriétés biologiques, rôle prophylactique et emplois en thérapeutique. *Phytothérapie.* 3(4): 162-169.
- **Gilca, M., Tiplica, G. S., Salavastru, C. M. (2018).** Traditional and ethnobotanical dermatology practices in Romania and other Eastern European countries. *Clinics in dermatology.* 36(3): 338-352.
- **Giweli, A.A., Džamić, A.M., Soković, M.D., Ristić, M.S., Marin, P.D. (2013).** Chemical composition, antioxidant and antimicrobial activities of essential oil of *Thymus algeriensis* wild-growing in Libya. *Central European Journal of Biology.* 8: 504-511.
- **Godrie, T., Bauraind, C., Cheval, J. M., Sindic, M. (2014).** À propos du lait cru. France.
- **Goetz, P. (2008).** Myrtille, cassis, anthocyanines et rétinopathie. *Phytothérapie.* 6(2): 122-124.
- **Goetz, P., Ghedira, K. (2012).** *Myrtus communis* L. (Myrtaceae) : Myrte, in : *Phytothérapie anti-infectieuse, Collection Phytothérapie Pratique.* Springer Paris. 313-320.
- **Golmakani M.T., Rezaei K. (2008).** Comparison of microwave assisted hydrodistillation with the traditional hydrodistillation method in the extraction of essential oils from *Thymus vulgaris* L. *Food Chemistry.* 109: 925-930.
- **Gortzi, O., Lalas, S., Chinou, I., Tsaknism J. (2008).** Reevaluation of bioactivity and antioxidant activity of *Myrtus communis* extract before and after encapsulation in liposomes. *European Food Research and Technology.* 226 (3): 583-590.
- **Govaerts, R., Sobral, M., Ashton, P., Barrie, F., Holst, B.K., Landrum, L.R., Matsumoto, K., Mazine, F.F., Nic Lughadha, E., Proença, C., Soares-Silva, L.H., Wilson, P.G., Lucas, E.J. (2008).** World Checklist of Myrtaceae. Kew Publishing, Royal Botanic Gardens, Kew. Brazil. 455.
- **Green B. (1993).** Oral astringency: a tactile component of flavor. *Acta Psychol.* 84(1): 119–25.
- **Guignard J. L, Dupont F. (2004).** Botanique : Systématique moléculaire. 13^{ème} éd. Masson. 237.
- **Gyawali, R., Ibrahim, S. A. (2014).** Natural products as antimicrobial agents. *Food Control.* 46:412–429.

- **Hammad, A.M., Hassan, H.A., Shimamoto, T. (2015).** Prevalence, antibiotic resistance and virulence of *Enterococcus spp.* in Egyptian fresh raw milk cheese. *Food Control.* 50: 815–820.
- **Haslam, E., Lilley, T.H., Butler, L.G. (1988).** Natural astringency in foodstuffs a molecular interpretation. *Critical Reviews in Food Science Nutrition.* 27(1) :1-40.
- **Hatano, T., Hemingway, R. W. (1996).** Association of (+)-catechin and catechin-(4 α →8)- catechin with oligopeptides. *Chemical Communications.* 22: 2537-2538
- **Hayaloglu, A. A., Farkye, N. Y. (2011).** Cheese with Added Herbs, Spices and Condiments. In *Encyclopedia of Dairy Sciences.* 783–789.

- Hayder, N., Abdelwahed, A., Kilani, S., Ammar, R. B., Mahmoud, A., Ghedira, K., Chekir-Ghedira, L. (2004). Anti-genotoxic and free-radical scavenging activities of extracts from (Tunisian) *Myrtus communis*. Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis. 564(1): 89-95.
- Hazzit M., Baaliouamer A., Verissimo A.R., Faleiro M.L., Miguel M.G. (2009). Chemical composition and biological activities of Algerian Thymus oils. Food chemistry. 116: 714-721.
- Heaton, J.W., Marangoni, A.G. (1996). Chlorophyll degradation in processed foods and senescent plant tissues. Trends in Food Science Technology. 7(1): 8-15.
- Henna, A., Brada, M., Nemmiche, S., Fauconnier, M. L., Lognay, G. (2015). Chemical composition and antibacterial activity of the essential oils of Algerian *Myrtus communis* L. Journal of Essential Oil Research. 27(4): 324-328.
- Hernandez-Leon, A., Moreno-Pérez, G.F., Martínez-Gordillo, M., Aguirre-Hernández, E., Valle-Dorado, M.G., Díaz-Reval, M.I., Pellicer, F. (2021). Lamiaceae in Mexican species, a great but scarcely explored source of secondary metabolites with potential pharmacological effects in pain relief. Molecules. 26(24): 7632.
- Heywood, V.H. (1996). Flowering plants of the world. B.T. Batsford, Ltd, London. Cité par Grattapaglia, D., Vaillancourt, R.E., Shepherd, M., Thumma, B.R., Foley, W., Kulheim, C., Potts, B.M., Myburg, A.A. (2012). Progress in Myrtaceae genetics and genomics: Eucalyptus as the pivotal genus. Tree Genetics Genomes. 8: 463-508.
- Hmaied, M., Bouafif, H., Magdoui, S., Braghiroli, F. L., Koubaa, A. (2019). Effect of Forest Biomass Pretreatment on Essential Oil Yield and Properties. Forests. 10(11): 1042.
- Hosseinzadeh, H., Khoshdel, M., Ghorbani, M. (2011). Antinociceptive, anti-inflammatory effects and acute toxicity of aqueous and ethanolic extracts of *Myrtus communis* L. aerial parts in mice. Journal of acupuncture and meridian studies. 4(4): 242-247.
- Hsieh, P.C., Mau, J.L., Huang, S.H. (2001). Antimicrobial effect of various combinations of plant extracts. Food Microb. 18: 35-43.
- Jabri, M.A., Rtibi, K., Ben-Said, A. (2016). Antidiarrhoeal, antimicrobial and antioxidant effects of myrtle berries (*Myrtus communis* L.) seeds extract. J Pharm Pharmacol. 68: 264-274.
- Jalas J., (1971). Note of Thymus L. (Labiatae) in Europe. I. Supra specific classification and nomenclature. Bot. J. Linn. Soc. 64 : 199-215.
- Jamaledine, M., El Oualidi, J., Taleb, M. S., Thévenin, T., El Alaoui-Faris, F. E. (2017). Inventaire et état de conservation des plantes aromatiques et médicinales (PAM) au Maroc. Phytothérapie. 15(3): 114-122.
- Jansen, P.C.M. (1981). Spices, Condiments and Medicinal Plants in Ethiopia: Their Taxonomy and Agricultural Significance. Wageningen, the Netherlands: Centre for Agricultural Publishing and Documentation. Ethiopia.
- Jaouadi, R., Silva, A. M., Boussaid, M., Yahia, I. B., Cardoso, S. M., Zaouali, Y. (2019). Differentiation of phenolic composition among tunisian *thymus algeriensis* boiss. et Reut. (Lamiaceae) populations: correlation to bioactive activities. Antioxidants. 8(11): 515.
- Jiang, H., Canfield, S. M., Gallagher, M. P., Jiang, H. H., Jiang, Y., Zheng, Z., Chess, L. (2010). HLA-E-restricted regulatory CD8+ T cells are involved in development and control of human autoimmune type 1 diabetes. The Journal of clinical investigation. 120(10): 3641-3650.
- Jiménez-Arellanes, A., Martínez, R., García, R., León-Díaz, R., Luna-Herrera, J., Molina-Salinas, G., Said-Fernández, S. (2006). *Thymus vulgaris* as a potential source of antituberculous compounds. Pharmacology online. 3: 569-574.
- Ju, Z., Duan, Y., Ju, Z. (1999). Effects of covering the orchard floor with reflecting films on pigment accumulation and fruit coloration in Fuji apples. Scientia Horticulturae. 82(1-2): 47-56.
- Kabouche Z., Boutaghane N., Laggoune S., Kabouche A., Ait-Kaki Z., Benlabed K. (2005). Comparative antibacterial activity of five Lamiaceae essential oils from Algeria. The International Journal of Aromatherapy. (15): 129-133.
- Kacimi El Hassani, S. (2013). La dépendance alimentaire en Algérie : importation de lait en poudre versus production locale, quelle évolution. Mediterranean Journal of Social Sciences 4: 152-158.

- **Kalemba, D.A.A.K., Kunicka, A. (2003).** Antibacterial and antifungal properties of essential oils. *Current medicinal chemistry*. 10(10): 813-829.
- **Kaloustian J., Hadji-Minaglou F. (2012).** La connaissance des huiles essentielles. *Qualitologie et aromathérapie. Entre science et tradition pour une application médicale raisonnée*. Springer. 210.
- **Kanoun, K., Belyagoubi-Benhammou, N., Ghembaza, N., Bekkara, F.A. (2014).** Comparative studies on antioxidant activities of extracts from the leaf, stem and berry of *Myrtus communis* L. *International Food Research Journal*. 21(5): 1957.
- **Karakurt, H., Aslantaş, R. (2008).** Bitki renk maddelerinin (pigmentler) oluşum ve değişim fizyolojisi. *Alatarım*. 7(2): 34-41.
- **Kayaci, S., Kanat, A., Koksall, V., Ozdemir, B. (2014).** Effect of inner membrane tearing in the treatment of adult chronic subdural hematoma: a comparative study. *Neurologia medico-chirurgica*. 54(5): 363-373.
- **Keven, F. K., Avunduk, S. (2015).** Antibacterial And Antioxidant Activity of *Myrtus Communis* L. Growing Wild in Marmaris.
- **Khameneh, B., Iranshahy, M., Soheili, V., Fazly Bazzaz, B. S. (2019).** Review on plant antimicrobials: a mechanistic viewpoint. *Antimicrobial Resistance & Infection Control*. 8(1): 1-28.
- **Khoo, H.E., Azlan, A., Tang, S.T., Lim, S.M. (2017).** Anthocyanidins and anthocyanins: Colored pigments as food, pharmaceutical ingredients, and the potential health benefits. *Food & nutrition research*. 61(1): 1361779.
- **Kinnamon, S.C. (1996).** A bitter-sweet beginning. *Nature*. 381: 737-738
- **Kivanc, M., Akgül, A. (1986).** Antibacterial activities of essential oils from Turkish spices and citrus. *Flavour and fragrance journal*. 1(4-5): 175-179.
- **Kokoska, L., Polesny, Z., Rada, V., Nepovim, A., Vanek, T. (2002).** Screening of some Siberian medicinal plants for antimicrobial activity. *Journal of ethnopharmacology*. 82(1): 51-53.
- **Köksal, E., Bursal, E., Gülçin, İ., Korkmaz, M., Çağlayan, C., Gören, A. C., Alwasel, S. H. (2017).** Antioxidant activity and polyphenol content of Turkish thyme (*Thymus vulgaris*) monitored by liquid chromatography and tandem mass spectrometry. *International Journal of Food Properties*. 20(3): 514-525.

- **Laguna, L., Álvarez, M.D., Simone, E., Moreno-Arribas, M.V., Bartolomé, B. (2019).** Oral Wine Texture Perception and Its Correlation with Instrumental Texture Features of Wine-Saliva Mixtures. *Foods*. 8: 190.
- **Land, D.G. (1977).** Flavour research in the ARC. *ARC Research Review*. 3: 5-8.
- **Lang, G., Buchbauer, G. (2012).** A review on recent research results (2008–2010) on essential oils as antimicrobials and antifungals. A review. *Flavour and Fragrance Journal*. 27(1): 13-39.
- **Lapointe-Vignola, C. (2002).** Science et technologie du lait : transformation du lait. Presses inter Polytechnique.
- **Lawless, H.T, Heymann, H. (2010).** Sensory Evaluation of Food: Principles and Practices. New York. Springer.
- **Lee, C.A., Ismail, B., Vickers, Z. M. (2012).** The role of salivary proteins in the mechanism of astringency. *Journal of food science*. 77(4): 381-387.
- **Lee, C.B., Lawless, H.T. (1991).** Time-course of astringent sensations. *Chemical senses*. 16(3): 225-238.
- **Lefebvre, A., Bassereau, J.F. (2003).** L'analyse sensorielle, une méthode de mesure au service des acteurs de la conception : ses avantages, ses limites, ses voies d'amélioration. Application aux emballages. (10): 3-11.
- **Li, X., He, T., Wang, X., Shen, M., Yan, X., Fan, S., She, G. (2019).** Usages traditionnels, constituants chimiques et activités biologiques des plantes du genre *Thymus*. *Chimie biodiversité*. 16 (9): 190-198.
- **Linke, B. G., Casagrande, T. A., Cardoso, L. A. (2018).** Food additives and their health effects: A review on preservative sodium benzoate. *African Journal of Biotechnology*. 17(10): 306-310.

- **Ma, W., Guo, A., Zhang, Y., Wang, H., Liu, Y., Li, H. (2014).** A review on astringency and bitterness perception of tannins in wine. *Trends in Food Science & Technology*. 40(1): 6-19.

- **Macheix, J.J., Fleuriet, A., Jay-Allemand, C. (2005).** Les composés phénoliques des végétaux : un exemple de métabolites secondaires d'importance économique. PPUR presses polytechniques. Italie. 192.
- **Madi, A. (2010).** Caractérisation et comparaison du contenu polyphénolique de deux plantes médicinales (Thym et Sauge) et la mise en évidence de leurs activités biologiques thèse de magister en Biotechnologie végétale, Université-Mentouri Constantine. 1-2.
- **Maggio, A. Loizzo, M. R. Riccobono, L. Bruno, M. Tenuta, M. C. Leporini, M. Tundis, R. (2019).** Comparative chemical composition and bioactivity of leaves essential oils from nine Sicilian accessions of *Myrtus communis* L. Journal of Essential Oil Research. 31(6): 546-555.
- **Mahmoodi, M., Ayoobi, F., Aghaei, A., Rahmani, M., Taghipour, Z., Hosseini, A., Sankian, M. (2019).** Beneficial effects of *Thymus vulgaris* extract in experimental autoimmune encephalomyelitis: Clinical, histological and cytokine alterations. Biomedicine & Pharmacotherapy. 109: 2100-2108.
- **Mahmoudvand, H., Fallahi, S., Mahmoudvand, H., Shakibaie, M., Harandi, M.F., Dezaki, E.S. (2016).** Efficacy of *Myrtus communis* L. to inactivate the hydatid cyst protoscoleces. Journal of Investigative Surgery. 29: 137-143.
- **Mangos, T.J., Berger, R.G. (1997).** Determination of major chlorophyll degradation products, Zeitschrift für Lebensmitteluntersuchung und, Forschung A European Food Research and Technology. 204(5): 345-350.
- **Maoka, T. (2020).** Carotenoids as natural functional pigments. Journal of natural medicines. 74(1): 1-16.
- **Martínez-Graciá, C., González-Bermúdez, C. A., Cabellero-Valcárcel, A. M., Santaella-Pascual, M., Frontela-Saseta, C. (2015).** Use of herbs and spices for food preservation: Advantages and limitations. Current opinion in food science. (6): 38-43.
- **Mebarki, N. (2010).** Extraction de l'huile essentielle de *Thymus fontanisii* et application à la formulation à une forme médicamenteuse-antimicrobienne, thèse de magister en technologie des hydrocarbures, département génie des procédés chimiques et pharmaceutiques, université M'Hamed Bougara-Boumesdes. 8.
- **Meilgaard, M., Civille, G.V., and Carr, B.T. (2006).** Sensory evaluation techniques. New York: CRC Press Taylor and Francis Group LLC.
- **Meilgaard, M.M., G.V. Civille, and T. Carr. (1999).** Sensory attributes and the way we perceive them. In Sensory Evaluation Techniques. M.M. Meligaard, G.V. Civille, T. Carr, Editors. CRC Press, Boca Raton, FL. 7-22.
- **Meribai, A., Ouarkoub, M., Bensoltane, A. (2016).** Algerian dairy sector analysis : deficit aspects and perspectives La problematique de la production et d'importation du lait en Algérie : état des lieux, aspects deficitaires et perspectives.
- **Messaoud, C., Béjaoui, A., Boussaid, M. (2011).** Fruit color, chemical and genetic diversity and structure of *Myrtus communis* L. var. *italica* Mill. morph populations. Biochemical systematics and ecology. 39(4-6): 570-580.
- **Messaoud, C., Boussaid, M. (2011).** *Myrtus communis* berry color morphs: A comparative analysis of essential oils, fatty acids, phenolic compounds, and antioxidant activities. Chemistry & biodiversity. 8(2): 300-310.
- **Messaoud, C., Laabidi, A., Boussaid M. (2012).** *Myrtus communis* L. infusions: the effect of infusion time on phytochemical composition, antioxidant, and antimicrobial activities. J Food Sci. 77(9): C941-C947.
- **Messaoudi, M., Benreguieg, M., Merah, M., Messaoudi, Z. A. (2019).** Antibacterial effects of *Thymus algeriensis* extracts on some pathogenic bacteria. Acta Scientiarum. Biological Sciences. 41 : 48548.
- **Messara, Y., Fernane, F., Meddour, R. (2018).** Composition chimique, activités antibactérienne et antifongique de l'huile essentielle de *Thymus numidicus* Poir et d'Algérie, Phytothérapie. 16: 163-168.
- **Mierziak, J., Kostyn, K., Kulma, A. (2014).** Flavonoids as important molecules of plant interactions with the environment. Molecules. 19(10): 16240-16265.
- **Migliore, J. Baumel, A. Juin, M. Médail, F. (2012).** From Mediterranean shores to central Saharan mountains: key phylogeographical insights from the genus *Myrtus*. Journal of Biogeography. 39(5): 942-956.

- **Minguez-Mosquera, M. I., Gandul-Rojas, B., Gallardo-Guerrero, M. L., Roca, M. (2007).** In *Methods of Analysis in Functional Foods and Added Nutraceuticals*, 2nd ed.; Hurst, W. J., Ed.; CRC Press: Boca Raton, FL. Chapter 7: 337-400.
- **Minguez-Mosquera, M.I., Garrido-Fernandez, J., Gandul-Rojas, B. (1989).** Pigment changes in olives during fermentation and brine storage, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 37(4): 8-11.
- **Mir, M.A., Bashir, N., Alfaify, A., Oteef, M.D. (2020).** GC-MS analysis of *Myrtus communis* extract and its antibacterial activity against Gram-positive bacteria. *BMC complementary medicine and therapies*. (20): 1-9.
- **Mishra, A. P., Devkota, H. P., Nigam, M., Adetunji, C. O., Srivastava, N., Saklani, S., Khaneghah, A. M. (2020).** Combination of essential oils in dairy products: A review of their functions and potential benefits. *Lwt*. 133: 110-116.
- **Mohamadi, Y., Lograda, T., Ramdani, M., Figuerdo, G., Chalard, P. (2021).** Chemical composition and antimicrobial activity of *Myrtus communis* essential oils from Algeria. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*. 2: 22.
- **Moreau, G., Quiring, D. T., Eveleigh, E.S., Bauce, É. (2003).** Advantages of a mixed diet: feeding on several foliar age classes increases the performance of a specialist insect herbivore. *Oecologia*. 135 : 391-399.
- **MÖzek, T., Demirci, B., Baser, K.H.C. (2000).** Composition chimique de l'huile de Myrte Turkish. *J. Essentiel. Huile*. 12: 541-544.
- **Muanda, F.N. (2010).** Identification de polyphénols, évaluation de leur activité antioxydante et étude de leurs propriétés biologiques. Université Paul Verlaine-Metz. 238.
- **Munekata, P.E.S., Rocchetti, G., Pateiro, M., Lucini, L., Domínguez, R., Lorenzo, J. M. (2020).** Addition of plant extracts to meat and meat products to extend shelf-life and health-promoting attributes: An overview. *Current Opinion in Food Science*. 81-87.
- **Nabavi, S.M., Šamec, D., Tomczyk, M., Milella, L., Russo, D., Habtemariam, S., Shirooie, S. (2020).** Flavonoid biosynthetic pathways in plants: Versatile targets for metabolic engineering. *Biotechnology advances*. 38: 107-316.
- **Nabti, D., Tichati, L. (2022).** Chemical characterization with GC-MS and evaluation of antioxidant and anti-inflammatory activities of Algerian essential oil from *Myrtus communis*. *South Asian Journal of Experimental Biology*. 12(2): 267-274
- **Nayak, A., Carpenter, G.H. (2008).** A physiological model of tea-induced astringency. *Physiology & behavior*. 95(3): 290-294.
- **Nesslany, F. (2019).** Synthèse : Point sur l'additif alimentaire E171, dioxyde de titane. *Environnement, Risques & Santé*. 4(1): 30.
- **Nieto, G. (2017).** Biological activities of three essential oils of the Lamiaceae family. *Medicines*. 4(3): 63.
- **Noutfia, Y., Ibelbachyr, M., Bakali, A. H., Alem, C., Zegzouti, Y. F. (2021).** Préparation d'un fromage de chèvre aromatisé avec les huiles essentielles du romarin (*Rosmarinus officinalis* L.) et de l'armoise blanche (*Artemisia herba-alba* Asso) : profil sensoriel et propriétés physico-chimiques.
- **Obrique-Slier, E., Pena-Neira, A., Lopez-Solis, R. (2010).** Enhancement of both salivary protein–enological tannin interactions and astringency perception by ethanol. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 58(6): 3729-3735.
- **OConnor, J. (2020).** Savour : Food Culture in the Age of Enlightenment. *Canadian Food Studies / La Revue canadienne des études sur l'alimentation*. 7(2): 82-84.
- **Oh, H.I., Hoff, J.E., Armstrong, G.S., Haff, L.A. (1980).** Hydrophobic interaction in tannin-protein complexes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 28(2): 394-398.
- **Ozcan, M., Chalchat, J. C. (2004).** Aroma profile of *Thymus vulgaris* L. growing wild in Turkey. *Bulgarian Journal of Plant Physiology*. 30(3-4): 68-73.
- **Ozkan, A.M.G., Guray, C.G. (2009).** A Mediterranean *Myrtus communis* L. (myrtle). In: Morel J-P, Mercuri Am, eds. *Plants and Culture: Seeds of the Cultural Heritage of Europe*. Bari, Italy: Centro Europeo per i Beni Culturali Ravello, Edipuglia Bari. 159-168.

- **Paissoni, M.A., Waffo-Teguo, P., Ma, W., Jourdes, M., Rolle, L., Teissedre, P.L. (2018).** Chemical and sensorial investigation of in-mouth sensory properties of grape anthocyanins. *Scientific reports*. 8(1):1-13.
- **Pareek, S., Sagar, N. A., Sharma, S., Kumar, V., Agarwal, T., González-Aguilar, G. A., Yahia, E. M. (2017).** Chlorophylls: Chemistry and biological functions. *Fruit and Vegetable Phytochemicals: Chemistry and Human Health*. 2: 269-284.
- **Pariente L. (2001).** Dictionnaire des sciences pharmaceutique et biologique. 2ème ed. Académie nationale de pharmacie. Paris.1643.
- **Park, S. K., Morrison, J. C., Adams, D. O., Noble, A. C. (1991).** Distribution of free and glycosidically bound monoterpenes in the skin and mesocarp of Muscat of Alexandria grapes during development. *Journal of agricultural and food chemistry*. 39(3): 514-518.
- **Pesavento, G., Calonico, C., Ducci, B., Magnanini, A., Lo Nostro, A. (2014).** Prevalence and antibiotic resistance of *Enterococcus spp.* isolated from retail cheese, ready-to-eat salads, ham, and raw meat. *Food Microbiology*. (41): 1-7.
- **Piggott, J. R., Simpson, S.J., Williams, S.A.R. (1998).** Sensory analysis. *International Journal of Food Science & Technology*. 33(1): 7–12.
- **Porter, J.L. Harborne, J.B. Dey, P.M. (1989).** *Methods in Plant Biochemistry*, Academic Press, London. 389-419.
- **Pourcel, L., Routaboul, J.M., Cheynier, V., Lepiniec, L., Debeaujon, I. (2007).** Flavonoid oxidation in plants: from biochemical properties to physiological functions. *Trends Plant Sci*. 12: 29-36.
- **Quezel P, Santa S. (1963).** Nouvelle Flore de l'Algérie et des Régions Désertiques Méridionales. Tome II. Edition du centre national de la Recherche Scientifique, quai Antole-France- Paris. 7: 15.
- **Quézel P., Santa S. (1962).** Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales, Ed CNRS, Paris, France. 636.
- **Quideau, S., Deffieux, D., Douat-Casassus, C., Pouységou, L. (2011).** Plant polyphenols : chemical properties, biological activities, and synthesis. *Angewandte Chemie International Edition*. 50(3): 586-621.
- **Rasooli, I., Rezaei, M. B., Allameh, A. (2006).** Growth inhibition and morphological alterations of *Aspergillus niger* by essential oils from *Thymus eriocalyx* and *Thymus x-porlock*. *Food control*. 17(5): 359-364.
- **Regnault-Roger, C., Ribodeau, M., Hamraoui, A., Bateau, I., Blanchard, P., Gil-Munoz, M. I., Barberan, F. T. (2004).** Polyphenolic compounds of Mediterranean Lamiaceae and investigation of orientational effects on *Acanthoscelides obtectus* (Say). *Journal of Stored Products Research*. 40(4): 395-408.
- **Reguieg, L. (2011).** Using medicinal plants in Algeria. *Am J Food Nutrition*. 1(3): 126-127.
- **Reichling, J., Schnitzler, P., Suschke, U., Saller, R. (2009).** Essential oils of aromatic plants with antibacterial, antifungal, antiviral, and cytotoxic properties—an overview. *Complementary Medicine Research*. 16(2): 79-90.
- **Robin, M.M. (2011).** Notre poison quotidien. La responsabilité de l'industrie chimique dans l'épidémie des maladies chroniques. La découverte, coll. cahiers libres.478
- **Rodríguez De Luna, S.L., Ramírez-Garza, R.E., Serna Saldívar, S.O. (2020).** Environmentally friendly methods for flavonoid extraction from plant material: Impact of their operating conditions on yield and antioxidant properties. *The Scientific World Journal*. 1-8.
- **Romani, A., Coinu, R., Carta, S., Pinelli, P., Galardi, C., Vincieri, F.F., Franconi, F. (2004).** Evaluation of antioxidant effect of different extracts of *Myrtus communis* L. *Free radical research*. 38(1): 97-103.
- **Romeilah, R.M., (2016).** Chemical compositions, antioxidant, anticancer activities and biological effects of *Myrtus communis* L. and *Origanum vulgare* essential oils. *Asian J Biochem*. 11(2): 104-17.
- **Rota, M.C., Herrera, A., Martínez, R., M. Sotomayor, J.A., Jordán, M.J., (2008).** Antimicrobial activity and chemical composition of *Thymus vulgaris*, *Thymus zygis* and *Thymus hyemalis* essential oils. *Food control*. 19(7): 681-687.

- **Ruzicka, L. (1953).** The isoprene rule and the biogenesis of terpenic compounds. *Experientia*. 9(10): 357-367.
- **Saidj, F. (2006).** Extraction de l'huile essentielle de thym : *thymus numidicus kabylica*, thèse de magister en technologie des hydrocarbures, département génie des procédés chimiques et pharmaceutiques, université M'Hamed Bougara-Boumesdes.
- **Saito, K., Yonekura-Sakakibara, K., Nakabayashi, R., Higashi, Y., Yamazaki, M., Tohge, T., Fernie, A. R. (2013).** The flavonoid biosynthetic pathway in *Arabidopsis*: structural and genetic diversity. *Plant Physiology and Biochemistry*. 72: 21-34.
- **Salehi, B., Abu-Darwish, M.S., Tarawneh, A.H., Cabral, C., Gadetskaya, A.V., Salgueiro, L., del Mar Contreras, M. (2019).** *Thymus spp.* plants-Food applications and phytopharmacy properties. *Trends in Food Science & Technology*. 85: 287-306.
- **Salehi, F. (2021).** Quality, physicochemical, and textural properties of dairy products containing fruits and vegetables: A review. *Food Science & Nutrition*. 9(8): 4666-4686.
- **Šamec, D., Karalija, E., Šola, I., Vujčić Bok, V., Salopek-Sondi, B. (2021).** The role of polyphenols in abiotic stress response: The influence of molecular structure. *Plants*. 10(1): 118.
- **Sandmann, G. (2019).** Antioxidant protection from UV-and light-stress related to carotenoid structures. *Antioxidants*. 8(7): 219.
- **Sarri, M., Mouyet, F.Z., Benziane, M., Cheriet, A. (2014).** Traditional use of medicinal plants in a city at steppic character (M'sila, Algeria). *J Pharm Pharmacogn. Res.* 2: 31-35.
- **Schoefs, B. (2002).** Chlorophyll and carotenoid analysis in food products. Properties of the pigments and methods of analysis. *Trends in food science & technology*. 13(11): 361-371.
- **Selmi, S., Sadok, S. (2008).** The effect of natural antioxidant (*Thymus vulgaris Linnaeus*) on flesh quality of tuna (*Thunnus thynnus (Linnaeus)*) during chilled storage. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*. 3(1): 36-45.
- **Sen, A., Yuksel, M., Bulut, G. (2016).** Therapeutic potential of *Myrtus communis* subsp. *communis* extract against acetic acid-induced colonic inflammation in rats. *J Food Biochem*. 41: e12297.
- **Senge, M.O., Ryan, A.A., Letchford, K.A., MacGowan, S.A., Mielke, T. (2014).** Chlorophylls, symmetry, chirality, and photosynthesis. *Symmetry*. 6: 781–843.
- **Serrano, J., Puupponen-Pimiä, R., Dauer, A., Aura, A. M., Saura-Calixto, F. (2009).** Tannins: current knowledge of food sources, intake, bioavailability and biological effects. *Molecular nutrition & food research*. 53(S2): S310-S329.
- **Serrelli, G., Jerković, I., Gil, K.A., Marijanović, Z., Pacini, V., Tuberoso, C.I.G. (2017).** Phenolic compounds, volatiles and antioxidant capacity of white myrtle berry liqueurs. *Plant Foods for Human Nutrition*. 72: 205-210.
- **Sidali, L., Brada, M., Fauconnier, M.L., Lognay, G. (2014).** Composition chimique et activité antimicrobienne de l'huile essentielle de *Thymus vulgaris* du Nord d'Algérie. *PhytoChem et BioSub Journal*. 8 (3): 156-161.
- **Snow, N., McFadden, J., Evans, T. M., Salywon, A. M., Wojciechowski, M. F., Wilson, P. G. (2011).** Morphological and molecular evidence of polyphyly in rhodomyrtus (Myrtaceae: Myrteae) *Syst Bot*. 36: 390-404.
- **Soares, S., Brandão, E., Guerreiro, C., Mateus, N., De Freitas, V. (2020).** Tannins in food: Insights into the molecular perception of astringency and bitter taste. *Molecules*. 25(11): 2590.
- **Soto-Vaca, A., Gutierrez, A., Losso, J. N., Xu, Z., Finley, J. W. (2012).** Evolution of phenolic compounds from color and flavor problems to health benefits. *Journal of agricultural and food chemistry*. 60(27): 6658-6677.
- **Soualeh, N., Soulimani, R. (2016).** Huiles essentielles et composés organiques volatils, rôles et intérêts. *Phytothérapie*. 14(1): 44-57.
- **Stahl-biskup, E. Saez, F. (2002).** Thym The Genus *Thymus*, édition TAYLOR & FRANCIS, London and New York. 1-14.
- **Stone, H., Sidel, J. L. (2004).** Introduction to sensory evaluation. *Sensory Evaluation Practices (Third Edition)*. Academic Press, San Diego. 1-19.
- **Sumbul, S. Ahmad, M. A. Asif, M. (2011).** *Myrtus communis* L.: a review. *Indian J Nat Prod Resour*. 2: 395-402.

- **Süssenbacher, I., Christ, B., Hörtensteiner, S., Kräutler, B. (2014).** Hydroxymethylated phyllobilins: a puzzling new feature of the dioxobilin branch of chlorophyll breakdown. *Chemistry–A European Journal*. 20(1): 87-92.
- **Symmank, C. (2019).** Extrinsic and intrinsic food product attributes in consumer and sensory research: literature review and quantification of the findings. *Manag Rev*. 69: 39–74.
- **Tadesse, M., Mesfin, B. (2010).** A review of selected plants used in the maintenance of health and wellness in Ethiopia. *Ethiopian e-Journal for Research and Innovation Foresight*. 2: 85-102.
- **Taheri, A., Seyfan, A., Jalalinezhad, S., Nasery, F. (2013).** Antibacterial effect of *Myrtus communis* hydro-alcoholic extract on pathogenic bacteria. *Zahedan J Res Med Sci*. 15(6): 19-24.
- **Takeuchi, H., Lu, Z. G., Fujita, T. (2004).** New monoterpene glucoside from the aerial parts of thyme (*Thymus vulgaris L.*). *Bioscience, biotechnology, and biochemistry*. 68(5): 1131-1134.
- **Tanaka, R., Tanaka, A. (2000).** Chlorophyll b is not just an accessory pigment but a regulator of the photosynthetic antenna. *Porphyrins*. 9(1): 240-245.
- **Tavakoli, A., Sahari, M.A., Barzegar, M. (2017).** Antioxidant activity of *Berberis integerrima* seed oil as a natural antioxidant on the oxidative stability of soy bean oil. *International Journal of Food Properties*. 20: S2914-S2925.
- **Teklehaymanot, T., Giday, M. (2007).** Ethno-botanical study of medicinal plants used in Zegie Peninsula, Northwestern Ethiopia. *J Ethnobiol Ethnomed*. 3: 12.
- **Tiwari, B.K., Valdramidis, V.P., O'Donnell, C.P., Muthukumarappan, K., Bourke, P., Cullen, P.J. (2009).** Application of natural antimicrobials for food preservation. *Journal of agricultural and food chemistry*. 57(14): 5987-6000.
- **Tiwari, S. (2008).** Plants: a rich source of herbal medicine. *J Nat Prod*. 1: 27-35.
- **Tuberoso, C. I. G. Rosa, A. Bifulco, E. Melis, M. P. Atzeri, A. Pirisi, F. M. Dessi, M. A. (2010).** Chemical composition and antioxidant activities of *Myrtus communis L.* berries extracts. *Food Chemistry*. 123(4): 1242-125.
- **Ündeğer, Ü. Başaran, A. R. İ. F. Degen, G. H. Başaran, N. (2009).** Antioxidant activities of major thyme ingredients and lack of (oxidative) DNA damage in V79 Chinese hamster lung fibroblast cells at low levels of carvacrol and thymol. *Food and chemical toxicology*. 47(8): 2037-2043.
- **Verraes, C., Vlaemynek, G., Van Weyenberg, S., De Zutter, L., Daube, G., Sindic, M., Herman, L. (2015).** A review of the microbiological hazards of dairy products made from raw milk. *International Dairy Journal*. 50: 32–44.
- **Watts, B. M., Ylimaki, G. L., Jeffery L. E., Elias, L. G. (1991).** Méthodes de base pour l'évaluation sensorielle des aliments. CRDI, Ottawa, ON, CA.
- **Willstätter, R., Mallison, H. (1915).** Untersuchungen über die Anthocyane. X. Über Variationen der Blütenfarben. *Justus Liebigs Annalen der Chemie*. 408(1): 147-162.
- **Wink, M. (2010).** Introduction: biochemistry, physiology and ecological functions of secondary metabolites. *Annual plant reviews: Biochemistry of plant secondary metabolism*. 40: 1-19.
- **Wiwczar, J.M., LaFountain, A.M., Wang, J., Frank, H.A., Brudvig, G.W. (2017).** Chlorophyll a with a farnesyl tail in thermophilic cyanobacteria. *Photosynthesis research*. 134: 175-182.
- **World Health Organization. (2021).** The State of Food Security and Nutrition in the World 2021: Transforming food systems for food security, improved nutrition and affordable healthy diets for all (Vol. 2021). Food & Agriculture Org.
- **Wu, L., Zhang, C., Long, Y., Chen, Q., Zhang, W., Liu, G. (2022).** Food additives: From functions to analytical methods. *Critical reviews in food science and nutrition*. 62(30): 8497-8517.
- **Yakhlef, G., Laroui, S., Hambaba, L., Aberkane, M.C., Ayachi, A. (2011).** Évaluation de l'activité antimicrobienne de *Thymus vulgaris* et de *Laurus nobilis*, plantes utilisées en médecine traditionnelle. *Phytothérapie*. 9(4): 209-218.
- **Yang, R., Dong, Y., Gao, F., Li, J., Stevanovic, Z. D., Li, H., Shi, L. (2023).** Comprehensive Analysis of Secondary Metabolites of Four Medicinal Thyme Species Used in Folk Medicine and Their Antioxidant Activities In Vitro. *Molecules*. 28(6): 2582.

- **Yang, Y., Jin, G.J., Wang, X.J., Kong, C.L., Liu, J., Tao, Y.S. (2019).** Chemical profiles and aroma contribution of terpene compounds in Meili (*Vitis vinifera* L.) grape and wine. *Food chemistry*. 284: 155-161.
- **Yangui, I. Younsi, F. Ghali, W. Boussaid, M. Messaoud, C. (2021).** Phytochemicals, antioxidant and anti-proliferative activities of *Myrtus communis* L. genotypes from Tunisia. *South African Journal of Botany*. 137: 35-45.
- **Yangui, I. Zouaoui Boutiti, M. Boussaid, M. Messaoud, C. (2017).** Essential oils of Myrtaceae species growing wild in Tunisia: chemical variability and antifungal activity against *Biscogniauxia mediterranea*, the causative agent of charcoal canker *Chemistry & biodiversity*. 14: 1-13.
- **Yemane, H., Taddele, H., Tesfay, Y. (2016).** The Effects of Herbal Plants on Quality and Microbial Safety of Cow Milk Produced by Smallholder Dairy Farmers in Northern Ethiopia. *History*. 47.
- **Yoshida, K., Oyama, K.I., Kondo, T. (2012).** Chemistry of flavonoids in color development. *Recent Advances in Polyphenol Research*. 3: 99-129.

- **Zantar, S., Yedri, F., Mrabet, R., Laglaoui, A., Bakkali, M., Zerrouk, M.H. (2014).** Effect of *Thymus vulgaris* and *Origanum compactum* essential oils on the shelf life of fresh goat cheese. *Journal of Essential Oil Research*. 26(2): 76–84.
- **Zantar, S., Zerrouk, H.M., Zahar, M., Saidi, B., Notfia, Z., Laglaoui, A., Chentouf, M. (2013).** Effet de l'utilisation des huiles essentielles (du thym, du romarin, de l'origan et du myrte) sur les propriétés physicochimiques, microbiologiques et sensorielles du fromage de chèvre frais et semi-affiné. *Opt Médit*. 108 : 183-190.
- **Zeghib, A., Laggoune, S., Kabouche, A., Semra, Z., Smati, F., Touzani, R., Kabouche, Z. (2013).** Composition, antibacterial and antioxidant activity of the essential oil of *Thymus numidicus* Poiret from Constantine (Algeria). *Der Pharmacia Lettre*. 5
- **Zhong, S., Bird, A., Kopec, R. E. (2021).** The Metabolism and Potential Bioactivity of Chlorophyll and Metallo-chlorophyll Derivatives in the Gastrointestinal Tract. *Molecular Nutrition & Food Research*. 65(7): 2000761.
- **Zhou, F., Pichersky, E. (2020).** More is better: the diversity of terpene metabolism in plants. *Current opinion in plant biology*. 55: 1-10.
- **Ziyyat, A., Legssyer, A., Mekhfi, H., Dassouli, A., Serhrouchni, M., Benjelloun, W. (1997).** Phytotherapy of hypertension and diabetes in oriental Morocco. *Journal of ethnopharmacology*. 58(1): 45-54.
- **Zomorodian, K., Moein, M., Lori, Z.G., Ghasemi, Y., Rahimi, M.J., Bandegani, A., Abbasi, N. (2013).** Chemical composition and antimicrobial activities of the essential oil from *Myrtus communis* leaves. *Journal of Essential Oil-Bearing Plants*. 16(1): 76-84.

Résumé

Le lait cru est un écosystème favorable au développement des microorganismes pathogènes et responsables d'altération de la qualité nutritionnelle et organoleptique. Les additifs synthétiques chimiques sont utilisés en industrie pour lutter contre la prolifération microbienne, cependant leur utilisation présente un risque sanitaire pour le consommateur se manifestant par des allergies, nausées, cancers, asthme, dommages neurologiques et hyperactivité. Alors que les plantes médicinales aromatiques sont utilisées depuis longtemps pour leurs vertus antiseptiques, antimicrobiennes, anticancéreuses, antioxydantes, antiallergiques, antiulcéreuses, etc. Dans ce contexte, l'objectif du présent travail est d'utiliser le Myrte et le Thym comme alternatives aux additifs chimiques et d'évaluer la qualité sensorielle du produit fini. Les paramètres sensoriels testés étaient la couleur, l'odeur, la saveur et la texture.

Mots clé : Lait cru, extraits des plantes, bio-préservation, analyse sensorielle, Thym, Myrte.

للملخص:

للحليب اللطازج هو نظام بيئي ممتلئ بالكائنات الحية الدقيقة المسببة للأمراض لمسوءة عن جودة الغذاءية الحسية له. تُستخدم المضافات الكيميائية للصناعية في الصناعة للغذائية لمحاربة انتشار الميكروبات، لأن استخدامها يمثل خطراً صحياً على المستهلك يتجلى في أنواع من الحساسية، للغثيان، لسرطان، لربو، خنثالات بية وفرط النشاط. في حين أن النباتات اللطبية العطرية تستخدم منذ فترة طويلة لخصائصها لامطهرة، لا أداة للميكروبات، لا أداة لسرطنات، لا أداة للأدوية، لا أداة للاسية، ولا أداة للقرحات الخ. في هذا السياق، يف هذا العمل إلى استخدام نبات الجان لزعيو دائل لا افات للكيميائية والتقييم الجودة الحسية للمنتج النهائي. للمعايير الحسية المختبرة هي: اللون، الرائحة، اللكحة ولا ام

الكلمات المفتاحية: الحليب اللطازج، مستخلصات لنباتات، لحفظ لطبيعي، تحليل حسي، لا يترة، الخ.

Abstract

Raw milk is a favorable ecosystem for the development of pathogenic and spoilage microorganisms which cause the deterioration of nutritional and organoleptic quality. Synthetic chemical additives are used in the industry to fight against microbial development; however, their use presents a risk in regards to consumers health, manifesting as allergies, nausea, cancer, asthma, neurological damage, and hyperactivity. However, medicinal aromatic plants have long been utilized for their antiseptic, antimicrobial, anticancer, antioxidant, anti-allergic, anti-ulcer, and other properties. In this context, the main goal of this study is to use Myrtle and Thyme as alternatives to chemical additives and assess the sensory quality of the end product. The sensory parameters tested are color, odor, flavour, and texture.

Keywords: Raw milk, plant extracts, biopreservation, sensory analysis, Thyme, Myrtle.