



Faculty of Sciences and Technology
Department of Process Engineering
Ref :...../U.M/F.S.T/2026

كلية العلوم والتكنولوجيا
قسم هندسة الطرائق
رقم :..... / ج.م.ك.ع.ت//2026

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES DE MASTER ACADEMIQUE

Filière : Génie des procédés
Option: Génie chimique

THÈME

Extraction et synthèse de certains arômes alimentaires

Présenté par :

Melle DEBAB Hadjer

Soutenu le/09/ 2026 devant le jury composé de :

Président :	FEDDAL Imane	Pr	Université de Mostaganem
Examineur :	MOHAMED SEGUIR Zahira	MCB	Université de Mostaganem
1 ^{er} Partenaire économique	ELALEM Kamera	Directrice	Laboratoire d'analyse de la qualité et répression des fraudes
2 ^{ème} Partenaire économique	CHADLI Amina	Ingénieur	Mosta glace
Rapporteurs :	KHELLADI Malika	MCA	Université de Mostaganem
	MEKHATRIA Djilali	MCB	Université de Mostaganem
	BOUBEGRA Naima	MCA	Université de Mostaganem

Remerciements

Avant tout, je remercie Allah le Tout-Puissant de m'avoir accordé la santé, la force, la patience et la détermination nécessaires pour mener à bien ce modeste travail.

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à mes encadrants Dr KHELLADI Malika, Dr MEKHATRIA Djilali et Dr BOUBEGRA Naima pour leur accompagnement, leurs conseils avisés, leur disponibilité et leur soutien constant tout au long de la réalisation de ce projet.

J'adresse également mes remerciements respectueux aux membres de jury, Professeure FEDDAL Imane pour avoir accepté de présider cette soutenance et Dr MOHAMED SEGHIR Zahira pour l'attention portée à ce manuscrit, pour le temps consacré à son évaluation et pour les remarques qui ont permis d'en améliorer la qualité.

Je remercie chaleureusement les représentants du secteur socio-économique, Mme ELALEM Kamera Directrice de laboratoire d'analyse de la qualité et répression des fraudes, et Mme CHADLI Amina Ingénieur à Mosta glace, d'avoir nous honoré par leur présence et leur intervention fructueuse.

J'exprime ma profonde reconnaissance aux membres de l'incubateur de l'université de Mostaganem pour leur accompagnement, leurs formations et leur soutien dans le développement entrepreneurial du projet.

Je remercie également toutes les personnes, techniciens et amies qui m'ont apporté leur aide, leurs conseils et leurs encouragements directement ou indirectement durant la réalisation de ce travail.

Ces remerciements ne peuvent s'achever, sans une pensée pour mes enseignants du département de Génie des Procédés qui ont contribué à ma formation universitaire et m'ont transmis les connaissances scientifiques et techniques indispensables à la réalisation de mon projet.

Dédicaces

Je dédie ce travail à mes chers parents, en reconnaissance de leur amour, de leur soutien et de leurs sacrifices constants tout au long de mon parcours scolaire.

À mes frères Sid Ahmed et Amine et à ma sœur Sarah en reconnaissance de leurs encouragements et de leur soutien indéfectible.

À mes amis (es), pour leur soutien moral et des moments que nous avons passés ensemble.

À mes encadrants, Dr KHELLADI Malika, Dr MEKHATRIA Djilali et Dr BOUBAGRA Naima pour leur accompagnement et de leurs précieux conseils tout au long de la préparation de ce travail.

À tous ceux qui ont contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce projet.

ملخص

تُستخدم النكهات على نطاق واسع، لا سيما في مجالات الأغذية ومستحضرات التجميل والأدوية. يركز بحثي على النكهات الغذائية، وهي مواد تُضاف إلى الأطعمة لإضفاء مزيد من المذاق والرائحة عليها. والنكهات هي مجموعة من المركبات العضوية ذات الكتلة الجزيئية المنخفضة التي تتميز بقدرتها على التبخر في الهواء. تُستخلص النكهات الطبيعية من الفواكه أو النباتات، في حين تُصنع النكهات الصناعية عن طريق عمليات كيميائية. وعادةً ما تُستخلص هذه الأخيرة من الفواكه والنباتات. وهناك عدة عمليات تسمح باستخلاصها، مثل التقطير المائي والاستخلاص بالبخار. ويتمثل هدف عملي في تطبيق تقنيتي استخلاص النكهات من قشور البرتقال والليمون ونبات النعناع، لمقارنة إنتاجيتهما حسب الوقت. وبالمثل، تم تصنيع نكهات أخرى وتحليلها باستخدام تقنية الأشعة تحت الحمراء (IR).

وقد شكلت هذه الدراسة موضوع مشروع شركة ناشئة من خلال دراسة تفصيلية تشمل تحليل السوق والمنافسة، ودراسة الجدوى، وتحديد المخاطر والتحديات والفرص المحتملة، ووضع خطة للتنفيذ.

الكلمات المفتاحية: الروائح الغذائية؛ الاستخلاص؛ التقطير المائي؛ الاستخلاص بالبخار؛ شركة ناشئة

Abstract

Flavorings are widely used, particularly in the food, cosmetics, and pharmaceutical industries. My work focuses on food flavorings, which are substances added to food products to enhance their taste and aroma. A flavoring is a mixture of low-molecular-weight organic compounds characterized by their volatility in the atmosphere. Natural flavorings are extracted from fruits or plants, whereas industrial flavorings are synthesized through chemical processes. The latter are generally extracted from fruits and plants. Several methods are used for their extraction, such as hydrodistillation and steam distillation. The objective of my work is to apply both extraction techniques to obtain flavorings from orange and lemon peels and from the mint plant in order to compare their yields over time. Additionally, other flavorings were synthesized and analyzed by IR.

This work formed the basis of a startup project through a detailed study that included market analysis and a competitive analysis, as well as an assessment of feasibility, identification of risks and challenges, evaluation of potential opportunities, and the development of an implementation plan.

Keywords: Food flavors; Extraction; Hydrodistillation; Steam distillation; Startup

Résumé

Les arômes sont largement utilisés surtout dans le domaine alimentaire, cosmétique et pharmaceutique. Mon travail s'intéresse aux arômes alimentaires qui sont des substances ajoutées aux denrées alimentaires pour leur donner plus de saveur et d'odeur. Un arôme est un ensemble de composés organique de faible masse moléculaire caractérisée par leur volatilisation dans l'atmosphère. Les arômes naturels sont extraits des fruits ou de plantes par contre les arômes industriels sont synthétisés par des procédés chimiques. Ces derniers sont généralement extraits des fruits et des plantes. Plusieurs procédés permettent leurs extractions telles que l'hydrodistillation et entraînement à la vapeur. L'objectif de mon travail, est de procéder aux deux techniques d'extraction d'arôme à partir d'écorce des oranges et du citron et de la plante de menthe pour pouvoir comparer leur rendement en fonction du temps. De même, d'autres arômes ont été synthétisés et analysés par IR.

Ce travail a fait l'objet d'un projet de start-up à travers une étude détaillée qui comprend une analyse du marché, la concurrence. La faisabilité, l'identification des risques, les défis, les opportunités potentielles et l'élaboration d'un plan de mise en œuvre.

Mots-clés : *Arômes alimentaires ; Extraction ; ;Hydrodistillation ; Entraînement à la vapeur ; Start-up*

Sommaire

Remerciements

Dédicaces

Résumés

Sommaire

Introduction Générale.....	1
I.1 Introduction.....	3
I.2 Les arômes alimentaires.....	3
I.2.1 L’historique des arômes alimentaires.....	3
I.2.2 Définition des arômes alimentaires.....	3
I.2.3 Nature des arômes.....	4
I.2.4 Perception des arômes.....	4
I.2.4.1 La perception des odeurs.....	5
I.2.4.2 La perception des saveurs.....	5
I.2.5 Les différents types d’arômes alimentaires.....	6
I.2.5.1 Les arômes naturels.....	6
I.2.5.2 Les arômes synthétiques.....	6
I.2.6 Les méthodes d’extraction.....	7
I.2.6.1 Entrainement par la vapeur.....	7
I.2.6.2 L’hydrodistillation.....	9
I.2.6.3 Extraction par solvant.....	10
I.2.7 Analyse.....	11
I.2.7.1 Analyse par CCM.....	11
I.2.7.2 Analyse par HPLC	12
I.2.7.3 Analyse par Infrarouge (IR).....	12
I.2.8 La composition des arômes alimentaires	12

I.2.9 Utilisations des arômes alimentaires	14
I.3 Les huiles essentielles.....	15
I.3.1 Définition.....	15
I.3.2 Propriétés physiques.....	15
I.3.3 L'utilisation des huiles essentielles.....	15
I.3.3.1 Dans le domaine alimentaire.....	15
I.3.3.2 Dans le domaine parfumerie et cosmétologie	15
I.3.3.3 Dans le domaine pharmaceutique	16
I.3.4 Composition chimique.....	16
I.3.4.1 Les terpénoïdes.....	16
I.3.4.2 Les composants aromatiques.....	17
I.3.4.3 Composés d'origine diverses	17
I.3.5 Localisation des huiles essentielles.....	17
I.3.6 Conservation des huiles essentielles.....	17
I.4 Les agrumes.....	17
I.4.1 Les oranges	17
I.4.1.1 Généralité.....	17
I.4.1.2 Taxonomie de l'orange.....	18
I.4.1.3 Morphologie	18
I.4.1.4 Caractéristiques de l'orange.....	19
I.4.2 Le citron.....	20
I.4.2.1 Généralité	20
I.4.2.2 Morphologie et composition.....	20
I.4.2.3 Caractéristiques du citron.....	21
I.4.3 La menthe	21
I.4.3.1 Généralité.....	21
I.4.3.2 Caractéristiques de la menthe.....	22

Chapitre II : Matériels et Méthodes

II.1 L'extraction des huiles essentielles naturelles.....	23
II.1.1 Préparation de la matière première.....	23
II.1.2 Extraction par hydrodistillation	24
II.1.3 Extraction par entraînement à la vapeur	25

II.2 La synthèse des arômes alimentaires.....	26
II.3 Mesure de pH (formulation des arômes industriels).....	32
II.4 Calculs.....	32
II.4.1 Calcul de la densité	32
II.4.2 calcul du volume de l'extrait	32
II.4.3 calcul du pourcentage d'extraction.....	33
II.5 Analyses des extraits.....	33
II.5.2 Analyse par infrarouge (IR).....	33
II.5.1 Par chromatographie sur couche mince (CCM).....	33

Chapitre III : Résultats et Discussions

III.1 Conservation des échantillons.....	36
III.2 Résultats et discussions de l'extraction.....	36
III.2.1 Résultats obtenus sur l'écorce des oranges.....	36
III.2.2 Résultats obtenus sur l'écorce de citron.....	39
III.2.3 Résultats obtenus sur la menthe.....	41
III.3 Résultats et discussions de synthèse des huiles essentielles.....	44
III.3.1 Résultats de synthèse des huiles essentielles de menthe.....	44
III.3.2 Résultats de synthèse des huiles essentielles de cerise.....	44
III.3.3 Résultats de synthèse des huiles essentielles de banane.....	45
III.4 L'influence de la température de chauffage sur la synthèse des huiles essentielles	46
III.5 Détermination du pH	47
III.6 les résultats des spectres infrarouge (IR)	47
III.6.1 Spectre de l'hydrodistillation des oranges	47
III.6.2 Spectre pour la hydrodistillation citron	48
III.6.3 Spectre pour l' hydrodistillation de la menthe	48
III.6.4 Spectre pour la synthèse de banane.....	49
III.6.5 Spectre pour la synthèse de la menthe.....	50
III.6.6 Spectre pour la synthèse de la cerise	51
III.7 Résultats de la chromatographie sur couche mince.....	51

Chapitre IV : Guide du projet Start-up

Introduction.....	53
IV.1 Premier axe : Présentation de projet.....	53

IV.1.1 L'objectif de ce projet.....	53
IV.1.2 La valeur proposée.....	53
IV.1.3 L'équipe du projet	54
IV.1.4 L'idée du projet	54
IV.2 Deuxième axe : Business modèle CANVA.....	55
IV.2.1 Clients	55
IV.2.2 Relations clients	55
IV.2.3 Canaux de distribution.....	56
IV.2.4 Partenaires clés	57
IV.2.5 Activités clés	58
IV.2.6 Ressources clés	58
IV.2.7 Coûts	61
IV.2.7.1 Ressources matériels	61
Conclusion.....	65
Références	66

Listes des figures

Figure I.1 : Le trajet de l'odeur et du goût vers le cerveau	5
Figure I.2 : Arômes naturels de vanille	6
Figure I.3 : Un exemple d'arôme identique naturel présent sur le marché	7
Figure I.4 : Un exemple d'arome artificiel (sucre vanille) présent sur le marché	8
Figure I.5 : montage d'entraînement à la vapeur	9
Figure I.6 : montage de l'hydrodistillation	10
Figure I.7 : montage de l'extraction par solvant organique	11
Figure I.8 : Arbre fruitier orange	18
Figure I.9 : Une orange coupée en morceaux	18
Figure I.10 : Composition du fruit de l'orange	19
Figure I.11 : Arbre fruitier citron	20
Figure I.12 : Citron coupé en morceaux	20
Figure I.13 : Composition du fruit de citron	20
Figure I.14 : La plante de menthe	22
Figure I.15 : La feuille de menthe	22
Figure II.1 : Montage de l'extraction par hydrodistillation	24
Figure II.2 : Mélange matière première et eau porté à l'ébullition	25
Figure II.3 : Extraction par entraînement à la vapeur	26
Figure II.4 : Montage du chauffage à reflux	27
Figure II.5 : Dispositif du chauffage à reflux avec un réfrigérant à boules	28
Figure II.6 : Mélange des réactifs avec les pierres ponce	29
Figure II.7 : Dispositif de purification	30
Figure II.8 : Papier-pH	32
Figure II.9 : Plaque à chromatographie (CCM)	34
Figure II.10 : Préparation de l'éluant	35
Figure II.11 : La lampe UV	35
Figure III.1 : Les flacons de conservation (a) en plastique et (b) en verre	36
Figure III.2 : Evolution de la masse et en volume de l'extrait obtenu par hydrodistillation de l'écorce des oranges en fonction du temps.	37
Figure III.3 : Evolution de la densité en fonction du temps	37
Figure III.4 : Evolution de la masse et du volume de l'extrait obtenu par entraînement à la vapeur de l'écorce des oranges en fonction du temps.	38
Figure III.5 : Evolution de la densité en fonction du temps	38

Figure III.6 : Evolution de la masse et du volume des huiles essentielles obtenues par hydrodistillation de l'écorce de citron en fonction du temps.	39
Figure III.7 : Evolution de la densité en fonction du temps	39
Figure III.8 : Evolution de la masse et du volume des huiles essentielles obtenues par entrainement à la vapeur de l'écorce du citron en fonction du temps.	40
Figure III.9 : Evolution de la densité en fonction du temps	40
Figure III.10 : Evolution de la masse et du volume de l'extrait obtenu par hydrodistillation de la plante de menthe en fonction du temps.	41
Figure III.11 : Evolution de la densité en fonction du temps	42
Figure III.12 : Evolution de la masse et du volume de l'extrait obtenu par entrainement à la vapeur de la plante de menthe en fonction du temps.	42
Figure III.13 : Evolution de la densité en fonction du temps	43
Figure III.14 : Evolution de la masse et du volume de l'extrait de menthe obtenu par synthèse en fonction du temps.	44
Figure III.15 : Evolution de la densité de l'extrait de menthe en fonction du temps	44
Figure III.16 : Evolution de la masse et du volume de l'extrait de cerise obtenu par synthèse en fonction du temps.	45
Figure III.17 : Evolution de la densité de l'extrait de cerise en fonction du temps	45
Figure III.18 : Evolution de la masse et du volume de l'extrait de banane obtenu synthétisé en fonction du temps.	46
Figure III.19 : Evolution de la densité de l'extrait de banane en fonction du temps	46
Figure III.20 : Changement de la couleur du mélange du clair (A) en couleur foncé (B)	46
Figure III.21 : Spectre de l'extrait de l'écorce des oranges obtenu par hydrodistillation	47
Figure III.22 : Spectre de l'extrait du citron obtenu par hydrodistillation	48
Figure III.23 : Spectre de l'extrait de la menthe obtenu par hydrodistillation	49
Figure III.24 : Spectre des huiles essentielles synthétisées « goût banane »	50
Figure III.25 : Spectre des huiles essentielles synthétisées « goût menthe »	50
Figure III.26 : Spectre des huiles essentielles synthétisées « goût cerise »	51
Figure III.27 : Migration des constituants des extraits de citron et de la menthe obtenus par hydrodistillation et entrainement à la vapeur	52

Liste des tableaux

Tableau I.1 : des exemples sur quelques composants des arômes alimentaires	13
Tableau II.1 : les différents arômes réalisés au laboratoire	30
Tableau II.2 : les quantités à prendre pour l'estérification	31
Tableau II.3 : les produits utilisés pour l'estérification	31
Tableau III.1 : Résumé des résultats obtenus par l'hydrodistillation et entraînement à la vapeur	43
Tableau IV.1 : Les ressources humaines	60
Tableau IV.2 : Matériels de laboratoire	61
Tableau IV.3 : Matériels bureautiques	63
Tableau IV.4 : Autres	63
Tableau IV.5 : Les frais des factures	64

Introduction Générale

Introduction Générale

Récemment, le monde a été témoin de nombreux développements dans divers domaines même dans celui de la production des arômes alimentaires qui a une multitudes utilisations notamment dans le domaine alimentaire, cosmétique, chimique et pharmaceutique.

Un arôme alimentaire qui contient l'ensemble des composants volatiles responsables du goût et de l'odeur, est un ingrédient ajouté aux aliments pour améliorer ou donner un goût ou une odeur spécifique.

Le corps humain détecte les arômes alimentaires de deux manières :

- Par voie nasale correspondant à l'odeur,
- Par voie rétro nasale, lorsqu'un aliment est dans la bouche, créant ainsi une sensation d'arôme.

La nature des arômes alimentaires est un extrait des plantes, des fruites et même la combinaison entre les produits chimiques. Pour cela on distingue plusieurs types d'arômes alimentaires :

- les arômes les plus productifs ou les plus couramment utilisés, qui sont des arômes naturels ou dits biologiques extraits de matières premières végétales ou animales,
- les arômes identiques aux naturels qui sont produits au laboratoire par la synthèse,
- Enfin, les arômes artificiels qui ont été développé par des chimistes car leurs molécules n'existent pas dans la nature.

Les arômes sont produits de différentes manières. Chaque type a sa méthode de production, comme les arômes naturels sont extraits par entraînement à la vapeur, l'hydrodistillation ou par extraction par solvant. Par contre les aromes synthétiques sont obtenus par la synthèse.

Le présent travail a été réalisé au sein du laboratoire de chimie organique du département de Génie des Procédés de la faculté des Sciences et de la Technologie.

L'objectif principal de cette étude est de :

- quantifier les huiles essentielles extraites de l'écorce des oranges et du citron ainsi que de la plante de menthe,
- Vérifier l'efficacité des méthodes adoptées,

Introduction Générale

- Synthétiser certains arômes alimentaires.

Ce mémoire commence par une introduction générale et comporte quatre chapitres. Le premier chapitre est une recherche bibliographique sur les arômes alimentaires, les méthodes d'extraction et une présentation des matières premières (orange, citron et menthe) qui ont fait l'objet de mon étude. Le deuxième chapitre est consacré aux matériels et méthodes utilisés. Le troisième chapitre présente les résultats obtenus et leurs discussions. Le dernier chapitre porte sur le guide du projet. Le manuscrit est achevé par une conclusion générale.

Chapitre I
Synthèse bibliographique

I.1 Introduction

À la fin des années 50, les arômes ont commencé à être produits et vendus sur le marché, mais ils n'étaient pas aussi diversifiés qu'aujourd'hui (synthétiques ou naturels), car ils étaient disponibles dans un seul type, soit synthétique à base de matières premières chimiques, soit naturel à base de matières premières naturelles. Cela ne répondait pas aux désirs du consommateur qui était limité à un certain type et nombre d'arômes ; mais avec le développement de la science, le passage des années et l'approfondissement de l'homme dans ce domaine, le marché s'est envahi d'arômes, ce qui nous amène à nous demander comment les arômes sont obtenus et quels sont les meilleurs ?

I.2 Les arômes alimentaires

I.2.1 L'historique des arômes alimentaires

L'histoire des arômes alimentaires a commencé depuis plus de 4000 ans avant notre ère en Asie, lorsqu'un homme a commencé à cueillir des poivrons dans la forêt pour améliorer le goût de son riz ce fut le début d'une course à la découverte de nouvelles saveurs.

À la fin du XIXe siècle, la chimie des molécules aromatiques est découverte. Au fil de l'histoire, l'utilisation d'arômes se généralise, le safran entrant dans un tiers des recettes à la fin du Moyen Âge. La recherche de nouvelles saveurs entraîne un essor du commerce, les épices comme le poivre servant de monnaie d'échange [1].

I.2.2 Définition des arômes alimentaires

Le mot « arôme » est dérivé du mot latin « aroma » et du mot grec « arôma », qui signifie « parfum », c'est-à-dire une odeur agréable émanant de certaines substances.

Les arômes sont des préparations ou des substances ajoutées aux denrées alimentaires pour en améliorer le goût ou l'odeur, ce qui leur permet de retrouver leur saveur complète et distinctive et de devenir plus appétissantes, ils sont détectés par l'odorat ou le goût.

Ce sont un mélange de molécules, destiné à donner du goût et de la saveur à un produit. Ils se présentent sous forme liquide ou de poudre [2].

I.2.3 Nature des arômes

A la fin du XIX ème siècle les molécules aromatiques ont été découvertes par Kekulé. Depuis l'année 1967 et grâce à la chromatographie et le spectromètre de masse, plusieurs milliers de molécules (environ 5000) ont été identifiés dans les aliments.

Les molécules d'arômes sont des composés organiques de faible masse moléculaire dont la tension de vapeur à la pression atmosphérique et à la température ambiante est suffisante pour provoquer la volatilisation dans l'atmosphère gazeuse et produire un stimulus olfactif au contact de la muqueuse olfactive.

Ces composés volatils appartiennent aux différentes classes de la chimie organique: hydrocarbures (généralement de nature terpénique), alcools, ether-oxydes, aldéhydes, cétones, esters, amines, amides et divers hétérocycles.

Les constituants d'un arôme sont sensibles à la chaleur et à la lumière qui provoquent leur dégradation. Il est préférable de les protéger et de les conserver à l'abri de la lumière et de l'humidité, dans des récipients opaques et dans des endroits secs et frais [3].

I.2.4 Perception des arômes

Grâce aux composés volatiles contenus dans les aliments, on peut les percevoir selon deux manières : par voie nasale directe correspond à l'odeur ou par voie rétro nasale correspond à la bouche [4].

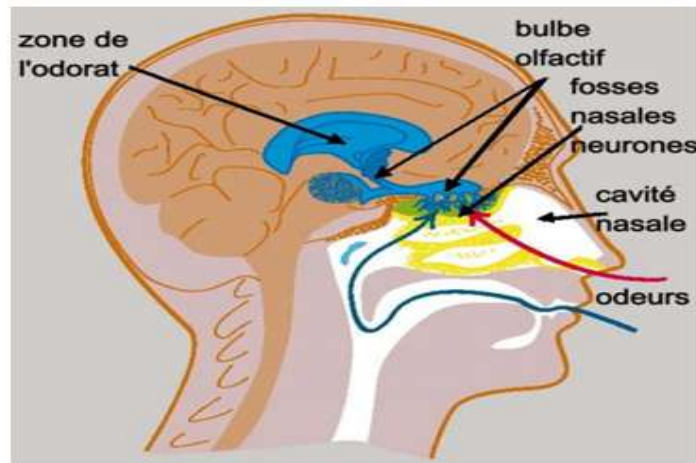


Figure I.1 : le trajet de l'odeur et du goût vers le cerveau

I.2.4.1 La perception des odeurs

Les aliments ont leur propre odeur spécifique, reconnaissable par l'odorat.

L'odeur contient des molécules volatiles de faible poids moléculaire transportées par l'air. Lorsqu'une personne respire, ces molécules pénètrent dans le nez et atteignent la membrane muqueuse où elles se lient aux récepteurs sensoriels situés sur les cils des bulbes olfactifs ; cette liaison entraîne la génération d'un influx nerveux qui est reçu par le cerveau et par lequel l'odeur est reconnue [4,5].

I.2.4.2 La perception des saveurs

La perception des saveurs est un processus sensoriel complexe qui combine l'odorat, le goût et la texture. Elle permet à l'homme d'identifier les aliments.

La langue seule ne perçoit que les saveurs de base. La véritable perception des aliments provient à plus de 80% de l'odorat. Les molécules volatiles des aliments remontent par l'arrière-gorge vers la cavité nasale lors de la mastication, ce qu'on appelle la rétro-olfaction.

I.2.5 Les différents types d'arômes alimentaires

Les arômes alimentaires sont classés selon plusieurs paramètres, mais les classes les plus connues sont les arômes alimentaires naturels ou synthétiques.

I.2.5.1 Les arômes naturels

On dit qu'un arôme est un arôme naturel ou biologique lorsqu'il est extrait d'une matière première végétale (plantes, fruits, ...) ou animale.

C'est un arôme obtenu soit par procédés physiques comme une distillation ou une extraction au solvant, soit par procédés biologiques ou enzymatiques.

Les arômes naturels sont coûteux par rapport aux arômes de synthèse car l'extraction est plus complexe et le rendement est très faible [1, 2,4].

Exemple : Arôme naturel de vanille extrait de la gousse de vanille [1].



Figure I.2 : arômes naturels de vanille

I.2.5.2 Les arômes synthétiques

Ce sont des arômes obtenus par des procédés chimiques.

- Les arômes identiques naturels

Ce sont des substances pures, obtenues par synthèse à partir de produits naturels. Les arômes obtenus sont chimiquement identiques aux arômes naturels déjà présents dans les plantes, les fruits, la viande et le poisson. Ils présentent les mêmes caractéristiques aromatiques et gustatives que les arômes naturels. , mais à un coût moindre [6 ,7].

Exemple : la synthèse de la vanilline à partir de la lignine ou eugénol [2].



Figure I.3 : Un exemple d'arôme identique naturel présent sur le marché

- Les arômes artificiels

Ce sont des arômes qui n'existent pas dans la nature. Leurs molécules sont synthétisées dans le laboratoire par des chimistes et contiennent au moins une substance aromatique [1,4].

Exemple : Éthylvanilline [8].



Figure I.4 : Un exemple d'arôme artificiel (sucre vanille) présent sur le marché

I.2.6 Les méthodes d'extraction

Dans le domaine d'extraction des arômes, il existe plusieurs méthodes d'extraction et chacune d'elle présente ses propres caractéristiques.

Dans ce chapitre, trois méthodes seront présentées : entraînement à la vapeur, l'hydro distillation et l'extraction par solvants.

I.2.6.1 Entraînement par la vapeur

Cette technique est l'une des méthodes d'extraction les plus anciennes et les plus utilisées pour l'extraction des composés volatils.

Dans ce système d'extraction, la substance aromatique est obtenue en exposant le matériel végétal sans trempage préalable à un flux de vapeur (vapeur d'eau) puis en condensant les vapeurs saturées en composant volatiles dans un réfrigérant puis décantées dans l'essencier, avant d'être séparées en une phase aqueuse et une phase organique. Cette dernière phase contient la majorité des composés d'arôme, appelée huile essentielle.

L'absence de contact direct entre l'eau et la matière végétale et entre l'eau et les molécules aromatiques permet d'éviter certains phénomènes tels que l'hydrolyse ou la dégradation qui nuisent à la qualité de l'huile et d'obtenir une huile essentielle plus sensible.

Dans la plupart des cas, 95% des molécules volatiles sont collectées en une demi- heure, ce qui est suffisant pour répondre aux besoins de l'industrie et de la parfumerie [9].

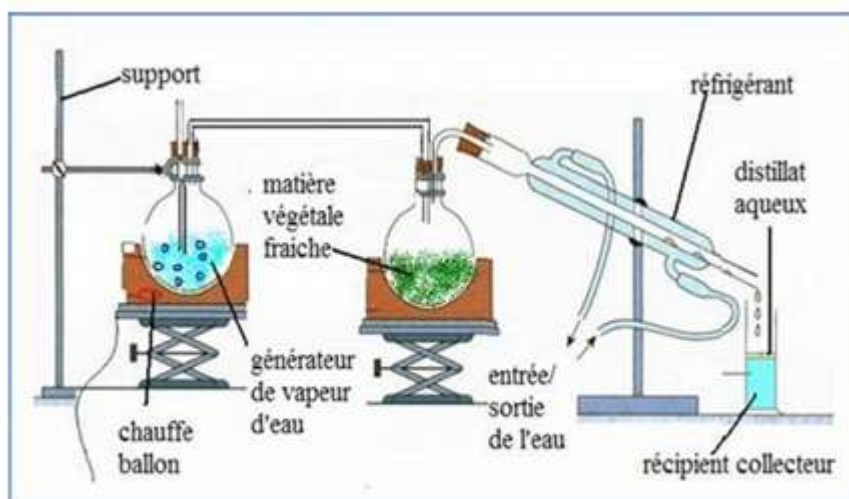


Figure I.5 : montage d'entraînement à la vapeur

I.2.6.2 L'hydrodistillation

La signification du mot hydrodistillation : hydro en grec signifie « eau » et distillation provient du latin distillare qui signifie tombé « goutte à goutte ».

L'hydrodistillation est une méthode de distillation utilisée pour extraire les huiles essentielles à partir de plantes. C'est l'une des techniques les plus anciennes et les plus utilisées dans l'industrie de la parfumerie et de l'aromathérapie. Elle consiste à immerger la matière première dans un bain d'eau et l'ensemble est porté à l'ébullition. Elle est généralement conduite à pression atmosphérique. La vapeur d'eau est chargée de molécules odorantes et entre dans un réfrigérant pour le changement d'état de la vapeur en liquide par condensation. Ce liquide est constitué d'eau et d'huile essentielle. Comme l'eau et l'huile ne sont pas miscibles, elles se séparent naturellement en deux phases. L'huile est ensuite récupérée à partir de la phase supérieure. L'huile essentielle ainsi obtenue est souvent analysée pour vérifier sa pureté et sa composition. Une fois approuvée, elle est stockée dans des conditions appropriées [9,10].

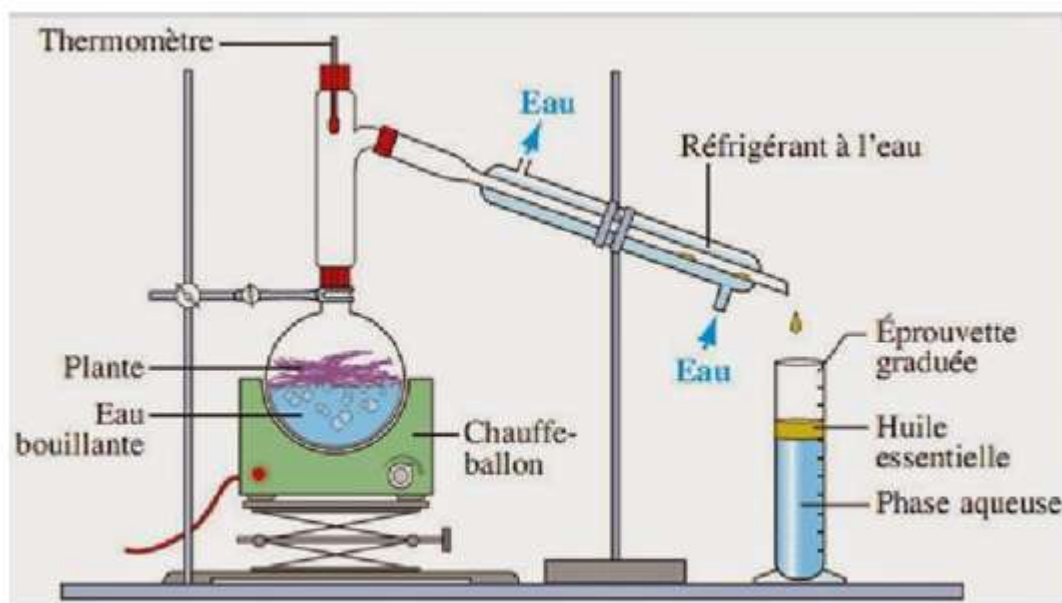


Figure I.6 : montage de l'hydrodistillation

I.2.6.3 Extraction par solvant

L'extraction par solvant est une méthode permettant de solubiliser des substances à extraire dans un solvant, souvent organique, en utilisant différentes techniques comme l'extraction directe ou séquentielle. Le choix du solvant et des conditions d'extraction est crucial pour obtenir des extraits de qualité, en tenant compte des propriétés chimiques des composés visés.

Les solvants sont utilisés comme hexane, cyclohexane ... et d'autres solvants caractérisés par certains critères comme la volatilité, la miscibilité avec l'eau, la stabilité face à la chaleur, la lumière ou l'oxygène. La température d'ébullition sera de préférence basse pour faciliter son élimination. Il ne devra pas réagir chimiquement avec l'extrait, et un pouvoir d'extraction plus élevé que l'eau parce que les extraits ne contiennent pas uniquement des composés volatils, mais également un bon nombre de composés non volatils tels que des cires, des pigments, des acides gras et bien d'autres substances.

Ce type d'extraction est réalisé dans un appareil de Soxhlet ou le mélange solvant avec la matière végétale à traiter est placé, le solvant va dissoudre les huiles essentielles. Le mélange est récupéré par une séparation. Le solvant est éliminé par l'évaporation laissant derrière lui une

substance visqueuse qui contenant les huiles essentielles et d'autre composants comme les cires et les pigmentes connue sous le nom de « concrète ».

Pour obtenir une huile essentielle pure, la concrète est ensuite traitée avec de l'alcool, qui dissout uniquement les huiles essentielles. L'alcool est ensuite évaporé [9,11].

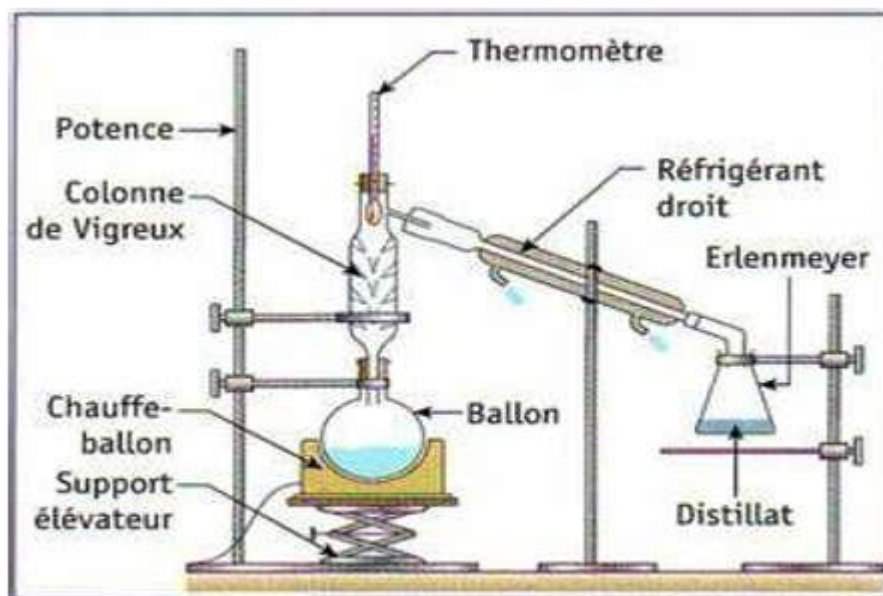


Figure I.7 : montage de l'extraction par solvant organique

I.2.7 Analyse

I.2.7.1 Analyse par CCM

La chromatographie sur couche mince (CCM) est l'une des méthodes pour analyser l'extrait (l'arôme ou l'huiles essentielles). Elle consiste à séparer les constituants du mélange, à identifier et même contrôler leur pureté selon leur force de migration par capillarité de la phase mobile (éluant) sur la plaque qui est un solvant ou un mélange de solvants. La chromatographie est réalisée sur une plaque de verre ou d'alimentaire qui est recouverte par une fine couche de gel de silice (responsable de phénomènes d'adsorption et de partage) appelée la phase stationnaire ou couche mince.

Les différents composants du mélange migrent à des vitesses différentes, ce qui donne autant de taches qu'il y a de composants sur le chemin de migration du solvant [12,13].

I.2.7.2 Analyse par HPLC

La chromatographie en phase liquide à haute performance (HPLC) est une technique de séparation analytique d'un ou plusieurs composés d'un échantillon liquide. Cette technique est basée sur l'hydrophobicité des molécules d'un composé ou d'un mélange.

L'échantillon à analyser est poussé par un liquide appelé éluant ou une phase mobile par une pompe à haute pression, dans une colonne remplie avec des grains solides très fines appelés phase stationnaire. Dans la colonne, les divers composés de l'échantillon sont séparés l'un de l'autre en raison de leurs diverses affinités à l'égard des deux phases (stationnaire et mobile) et à la sortie de la colonne les composés sont détectés à l'aide d'un détecteur comme UV, IR [14].

I.2.7.3 Analyse par IR

Analyse par le spectromètre infrarouge (IR) est un rayonnement électromagnétique dont la longueur d'onde comprise entre 0,7 et 1000 μ m, plus grande que celle de la lumière visible rouge et plus petite que celle des micro-ondes.

Ce type de rayonnement invisible à l'œil humain, est utilisé pour déterminer les groupements fonctionnels qui permettent de figurer la structure de la molécule.

L'analyse se fait par un spectromètre:

- Un rayonnement infrarouge (transformée de fourrier) passe sur l'échantillon,
- L'échantillon absorbe les longueurs d'onde qui représentent ce rayonnement (en fonction des liaisons chimiques présentes dans les molécules),

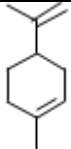
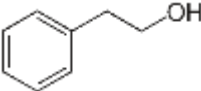
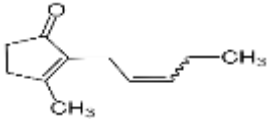
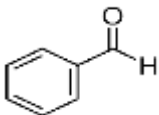
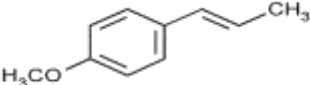
Mesure des longueurs d'onde absorbées ainsi que leur intensité [4,6].

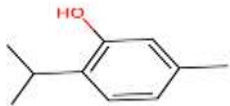
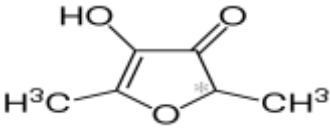
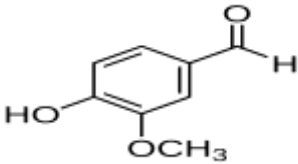
I.2.8 La composition des arômes alimentaires

Grace à l'analyse comme la chromatographie, on peut connaitre approximativement et identifier sa composition constituée par des milliers de molécules responsables de l'odeur [4].

Le tableau ci-dessous représente quelques fonctions des molécules qui sont présentes sur la chaîne des arômes. Cette chaîne est un squelette hydrocarboné de multiples structures, qui peut être linéaire, cyclique ou aromatique [1].

Tableau I.1 : des exemples sur quelques composants des arômes alimentaires [15].

La classe	Exemple	La structure	l'odeur
Hydrocarbure terpénique	Limonène		D'orange
Alcool	2-phényléthano		La rose avec des notes vertes de jacinthe.
Cétone	Jasmone		Céleri, mais qui évoque l'odeur de jasmin quand il est dilué.
Aldéhyde	Benzaldéhyde		D'amande amère
Ester	Caproate d'allyle		D'ananas
Lactones	Decanolide-4		Pêche
Ester	Anéthole		Anis

Phénol	Thymol		Thym et origan
hétérocycles	Furanéol		Fraise
composés divers	Vanilline		Vanille

I.2.9 Utilisations des arômes alimentaires

Récemment, l'utilisation des arômes s'est banalisée dans de nombreux domaines, notamment :

- **Dans le domaine alimentaire** : Ils sont utilisés pour améliorer le goût et l'odeur des produits de consommation tels que les yaourts, les biscuits, le chocolat et même les boissons. Sans ces arômes, le consommateur ne serait pas en mesure d'accepter et de tolérer le goût et l'odeur, en plus d'être utilisés pour rehausser et assaisonner les plats et les salades.
- **Dans le domaine cosmétique** : Ils sont utilisés dans la production des produits cosmétiques tels que les savons, les gels douches, les shampoings et les crèmes pour donner une odeur spécifique. Cette odeur spécifique caractérise chaque produit, et le rend plus attrayant pour les consommateurs.
- **Dans le domaine pharmaceutique** : Certaines préparations pharmaceutiques, comme les sirops et les comprimés effervescents, ont besoin d'arômes et de saveurs pour leur donner du goût afin que les patients, en particulier les jeunes enfants, ne les rejettent pas. Les produits pharmaceutiques ne peuvent se passer d'arômes car il est difficile d'accepter un médicament insipide ou amer, il faut donc l'améliorer par des arômes [6].

I.3 Les huiles essentielles

I.3.1 Définition

Les huiles essentielles sont des produits odorants, un mélange naturel complexe de métabolites secondaires volatils, obtenues à partir des matières végétales notamment de feuilles, de graines, de bourgeons, de fleurs de brindilles, d'écorces, de bois, de racines, de tiges ou de fruits par entraînement à la vapeur ou hydrodistillation ou par un procédé mécanique sans chauffage (extraction à froid) [16].

I.3.2 Propriétés physiques

Les huiles essentielles se caractérisent par des propriétés physiques notamment :

- Etat liquide à température ambiante,
- Une densité inférieure à celle de l'eau,
- Volatiles,
- Soluble dans les solvants organiques,
- Incolore ou jaune pâle [17].

I.3.3 L'utilisation des huiles essentielles

I.3.3.1 Dans le domaine alimentaire

Comme les essences de girofle, gingembre et de vanille,...etc, sont utilisées comme des aromates ou épices et d'autre huiles essentielle de différentes espèces de genre citrus sont utilisées dans la confiserie, les sirops et les biscuits [18].

I.3.3.2 Dans le domaine parfumerie et cosmétologie

Les huiles essentielles dans le domaine de parfumerie sont utilisées comme des bases des parfums comme Rose, Jasmine, ylang-ylang etc et pour le domaine cosmétologie sont utilisées pour parfumer les produits cosmétiques comme le shampoing, les crème solaires, les savons...etc. [19].

I.3.3.3 Dans le domaine pharmaceutique

L'importance de l'utilisation des huiles essentielles en pharmacie est la suivante :

- Utiliser dans les préparations d'infusion telle que la verveine, le thym, etc.
- L'aromatisation des médicaments ; Masquer les odeurs désagréables des médicaments absorbés par voie orale,
- Présent dans de nombreuses formulations pharmaceutiques comme les sirops, les crèmes [19].

I.3.4 Composition chimique

I.3.4.1 Les terpénoïdes

Les composants terpéniques appartiennent à la classe des familles d'hydrocarbures dont la majorité des cas sa formules générale $(C_5 H_8)_n$, car ils sont plus volatils c'est-à-dire sa masse molécules n'est pas élevée [19,20].

Les terpénoïdes sont classés en deux : Mono terpènes et sesquiterpènes.

- Mono terpènes

Ce constituant est toujours présent dans la composition des huiles avec un pourcentage de 90 % comportant deux unités isoprène (C_5H_8), Ils peuvent être bi cycliques, monocyclique ou acycliques.

- Sesquiterpènes

Ces composés sont caractérisés par la forme générale $C_{15}H_{24}$ et contiennent trois unités d'isoprène. Ils constituent la classe de terpènes la plus diversifiée.

Ils se présentent sous deux formes, les hydrocarbures et les composés oxydés tels que les aldéhydes et les acides présents dans la nature sont divisés en plusieurs classes structurales : Polycyclique, tricyclique, bi cyclique, monocyclique.

I.3.4.2 Les composants aromatiques

Ce sont des dérivants du phényle propane (C6-C3). Ils sont moins fréquents que les terpénoïdes. Ces Composés aromatiques constituent un ensemble important, car ils sont généralement responsables du caractère organoleptique des huiles essentielles [19,20].

I.3.4.3 Composés d'origine diverses

Ce sont les dérivées des composées aliphatiques, de faible masse moléculaire. Ces produits résultant de la transformation de molécules non volatiles [17,20].

I.3.5 Localisation des huiles essentielles

Les huiles essentielles sont présentes dans de nombreuses parties des plantes :

Dans les fleurs, les racines, les bois, les fruits, les rhizomes et les grains [21].

I.3.6 Conservation des huiles essentielles

En raison de sa sensibilité à l'air et à la lumière, et de sa grande volatilité, il doit être conservé dans un flacon en verre coloré, de préférence brun, à basse température. La bouteille doit être complètement remplie et scellée pour éviter l'oxydation par l'oxygène.

La durée de conservation acceptable est de 02 à 05 ans (si en respect ces condition) [22].

I.4 Les agrumes

I.4.1 Orange

I.4.1.1 Généralité

L'orange de couleur orange, est l'agrumes obtenu à partir de l'oranger qui existe en deux formes l'orange douce (*Citrus x sinensis*) et l'orange amère (*Citrus x aurantium*). Il est originaire du genre Citrus d'Asie du Sud-Est. Il est présent du mois de décembre au mois d'avril. De saveur sucrée, il est utilisé quotidiennement surtout sous forme jus, son pH est varié entre 3,1 et 4,1.



Figure I.8 : Arbre fruitier (oranger)

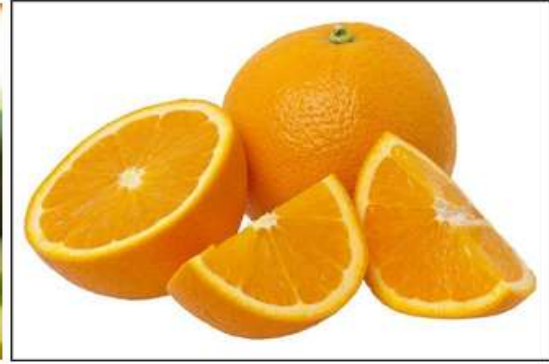


Figure I.9 : Une orange, coupée en morceaux

I.4.1.2 Taxonomie de l'orange

- Règne : *Plantae* ;
- Sous-division : *Magnoliophyta* ;
- Classe : *Magnoliopsida* ;
- Ordre : *Sapindales* ;
- Famille : *Rutaceae* ;
- Sous-famille : *Citroideae* ;
- Tribu : *Citreae* ;
- Genre : *Citrus* ;
- Espèce : Oranger Doux : *Citrus sinensis* (L.) / Oranger amer : *Citrus aurantium* (L.).

I.4.1.3 Morphologie

L'orange qui est le fruit de l'oranger, également appelé hesperidim, se distingue des autres fruits par la présence de deux couches, comme le montre la figure ci-dessous :

- Une couche extérieure (peau) : de couleur orange, elle s'appelle aussi le flavedo de mot (flaveur) parce qu'elle contient les glandes des huiles essentielles.
- Une couche intérieure (L'albédo ou mésocarpe) : une couche de couleur blanche et spongieuse, riche en pectines.

- Une partie comestible (l'endocarpe ou épiderme interne) : ce sont des cellules très juteuses formant des sacs à jus ; ou des vésicules à jus c'est des poils produit par l'endocarpe. Ces vésicules contiennent des segments (ou quartiers) séparés par des parois carpellaires ou des membranes riches en cellulose, pectine et hémicelluloses et qui s'attachent à la partie centrale du fruit appelées columelles [23].

I.4.1.4 Caractéristiques de l'orange

- Riche en vitamine C ;
- Source de fibres ;
- Pauvre en calories ;
- Source de calcium et magnésium ;
- Stimule le système immunitaire.

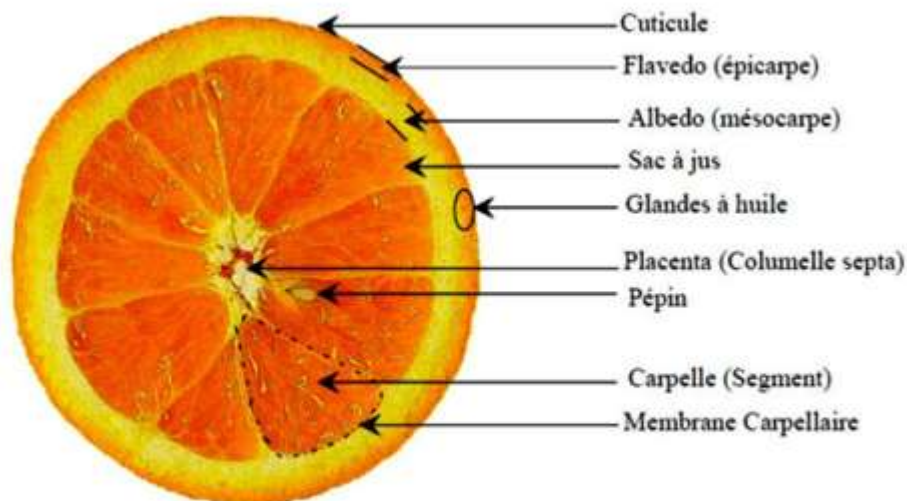


Figure I.10 : composition du fruit de l'orange.

I.4.2 Citron

I.4.2.1 Généralité

Le citron est un fruit du citronnier *Citrus limon* (L.) *Burm. f.*, Connu sous le nom de citron jaune en raison de sa couleur jaune. Il existe sous deux formes : le citron doux et le citron acide avec un pH d'environ 2,5 [24].



Figure I.11 : Arbre fruitier citron



Figure I.12 : citron coupé en morceaux

I.4.2.2 Morphologie et composition

Le citron originaire de l'Asie, est de la famille des Rutacées. La saison de maturation est de septembre à février.

Le citron est composé de deux parties :

- la partie supérieure qui est la peau est de couleur jaune et appelée également péricarpe. Ce dernier est également composé de deux couches : d'un épicarpe qui correspond au flavedo (la partie externe colorée qui contient les glandes à huiles essentielles) et d'un mésocarpe qui correspond à l'albedo (la partie interne composée d'un tissu spongieux de couleur blanchâtre).

- Dans la pulpe qui est la partie inférieure appelée aussi endocarpe, se trouve l'axe central du fruit (columelle) qui est entouré par les segments.

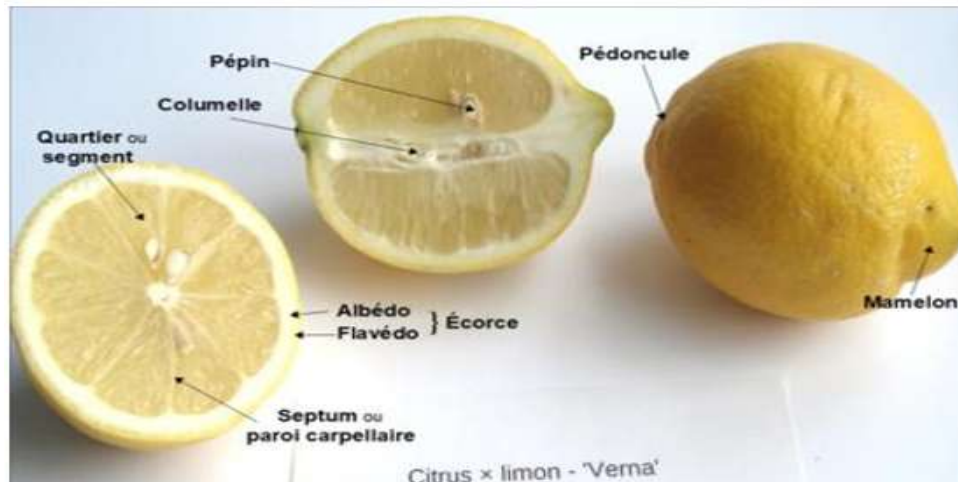


Figure I.13 : Composition du fruit de citron.

I.4.2.3 Caractéristiques du citron

- Fort pouvoir antioxydant ;
- Teneur intéressante en pectine ;
- Allié minceur ;
- Favorise la santé cardio-vasculaire ;
- Contribue à prévenir certaines maladies chroniques
- Saveur très acide.

I.4.3 La menthe

I.4.3.1 Généralité

La menthe (ou menthe poivrée) est une plante aromatique de la famille des Lamiacées disponible toute l'année. Il existe plus de 600 espèces connues, mais la menthe verte ou la menthe poivrée, est très populaire et peut être utilisée fraîche ou séchée dans les plats, ainsi qu'en infusion pour ajouter de la saveur et de l'arôme. Les fabricants de dentifrices, de chewing-

gums, de confiseries et de cosmétiques utilisent également l'huile essentielle de menthe poivrée dans leurs produits.



Figure I.14 : La plante de la menthe



Figure I.15 : La feuille de la menthe

I.4.3.2 Caractéristiques de la menthe

Source de fer et de manganèse ;

Pouvoir antioxydant ;

Favorise la digestion et la santé cardiovasculaire ;

Très peu calorique.

Chapitre II

Matériels et méthodes

Les arômes alimentaires (naturel ou synthétique) ce sont des additifs qui sont utilisé au-dessus des aliments pour ajouter une odeur ou un goût.

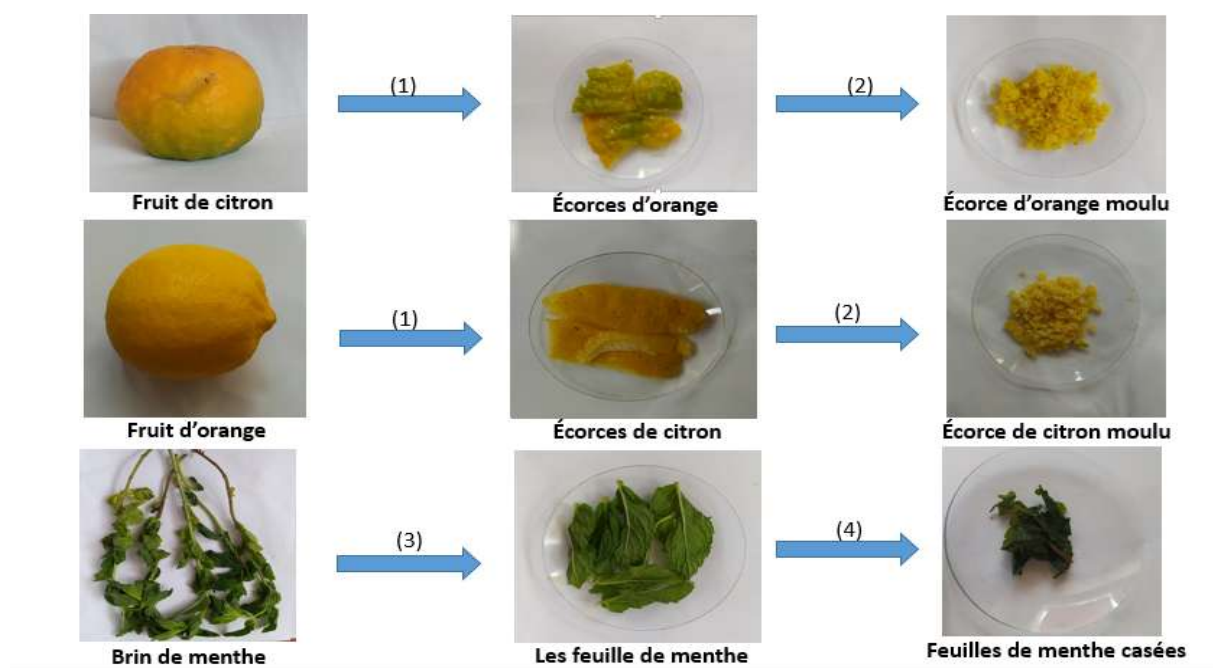
Plusieurs méthodes d'extraction et de synthèse sont utilisées au niveau du laboratoire de chimie organique [1].

II.1 L'extraction des huiles essentielles naturelles

Dans cette partie on va faire une extraction par deux méthodes l'hydrodistillation et entrainement à la vapeur. On va réaliser plusieurs essaies avec une même quantité de matière végétale et même volume d'eau à différents temps pour contrôler le volume et la quantité d'extrait ainsi que le pH et la densité.

II.1.1 Préparation de la matière première

La matière première (citron, orange et la menthe) est lavée puis séchée. La couche supérieure des citrons et des oranges est épluchée (1) puis broyée en petites morceaux (2). Pour la menthe, nous avons pris uniquement les feuilles. Ces dernières sont coupées ensuite écrasées (3) à l'aide d'un mortier (4).



II.1.2 Extraction par hydrodistillation

Le montage utilisé dans cette méthode est schématisé dans la figure II.1. Il est constitué d'un ballon avec chauffe ballon pour chauffer le mélange (eau + matière première), un réfrigérant pour condenser l'extrait et une ampoule à décanter pour récupérer et séparer l'extrait.

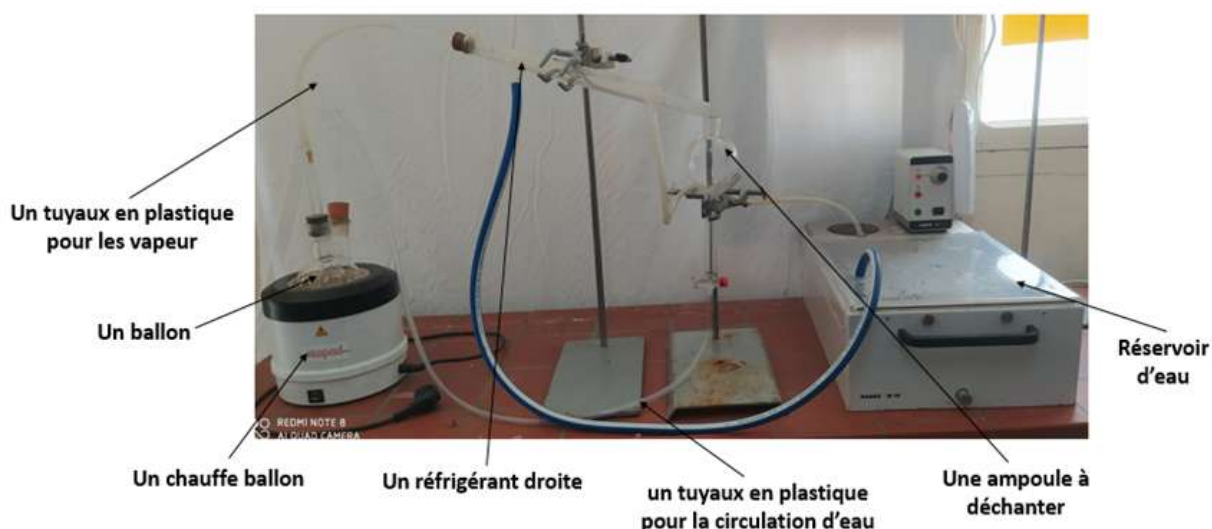


Figure II.1 : Montage de l'extraction par hydrodistillation

- **Réalisation**

- On pèse 100 g d'une matière première qu'on introduit dans un ballon avec 150 mL d'eau.
- On chauffe le mélange avec un réglage optimum du chauffage jusqu'à ébullition.
- Lorsque le mélange commence à bouillir, les cellules de la matière première libèrent leurs contenus aromatiques et nous observons la montée de la vapeur d'eau chargée de composés aromatiques jusqu'au refroidisseur.
- Le mélange refroidi, passe de l'état de gaz à celui de liquide, ce qui entraîne la formation de deux couches : phase organique et phase aqueuse. La phase organique qui contient l'huile essentielle est moins dense que la phase aqueuse.
- Lorsque la première goutte du mélange est libérée on fixe l'heure avec le chronomètre et à la fin du temps on mesure le volume d'huile.

- Et à la fin on fait la séparation avec ampoule à décanter. On récupère la phase organique et la phase aqueuse. On lave avec l'eau saturée en sel pour récupérer plus d'huile.
- Même le mélange qui reste dans le ballon avec la matière première on le filtre et on le sépare avec la même méthode précédente.

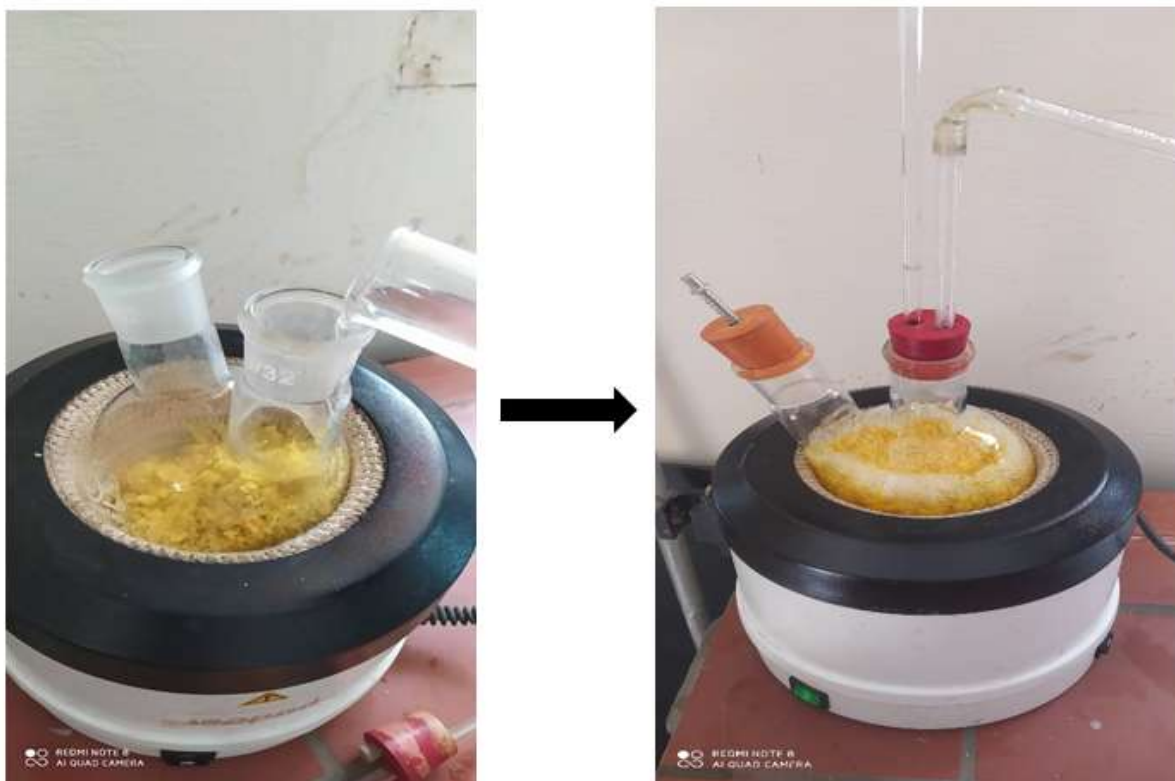


Figure II.2 : Mélange matière première et eau porté à l'ébullition

II.1.3 Extraction par entrainement à la vapeur

Le principe de cette méthode schématisé dans la figure ci-dessous est le même à celui de l'hydro distillation. L'extraction des composants aromatiques à l'aide de vapeur d'eau. Deux ballons ont été utilisé l'un pour l'eau et l'autre pour la matière première.



Figure II.3 : Extraction par entraînement à la vapeur

- **Réalisation**

La réalisation de cette technique est la même que celle de l'hydro distillation saufs :

- On prend deux ballons l'un pour la masse de la matière première 100g et l'autre pour 150mL d'eau.
- Ces deux ballons sont placés dans deux chauffe ballon avec un réglage optimum de la chaleur.
- On met dans le ballon qui contient l'eau un thermomètre pour mesurer la température. Lorsque la température atteint 100°C, on fixe le temps.
- A l'ébullition, la vapeur de l'eau remonte et prend avec elle les composés aromatiques des matières premières jusqu' au réfrigèrent.

II.2 La synthèse des arômes alimentaires

- **Le chauffage à reflux**

C'est un montage expérimental qui consiste à chauffer le mélange réactionnel jusqu'à l'ébullition, sans dégradation de la matière par évaporation. Les vapeurs des produits de la réaction se condensent alors sur les parois plus froides du réfrigérant à eau et retombent lentement dans le milieu réactionnel.

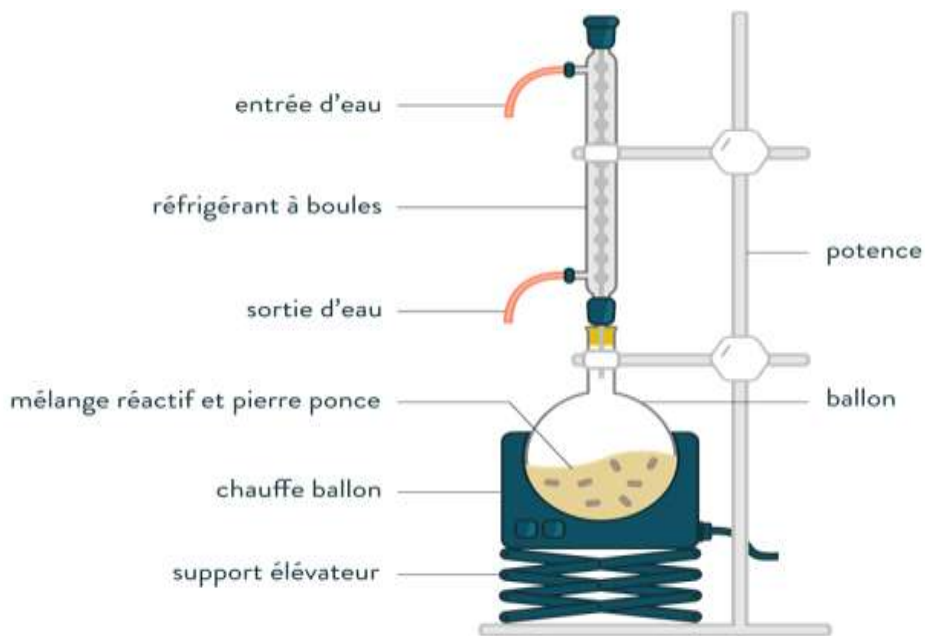
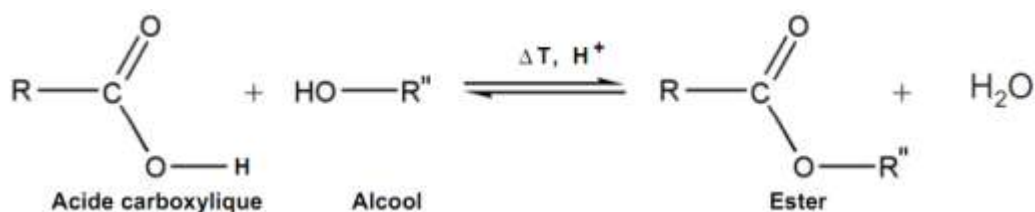


Figure II.4 : Montage du chauffage à reflux

- **Définition de la réaction de l'estérification**

C'est une réaction de la chimie organique qui s'effectue par condensation d'un groupement d'acide carboxylique (-COOH) et d'un groupement d'alcool (-OH) pour obtenir un produit de groupement fonctionnel ester (-COOR) et l'eau (H₂O), en présence d'un catalyseur d'acides minéraux forts tel que l'acide sulfurique parce que la réaction est lente.

Les esters obtenus représentent une grande part des molécules odorantes [6].



- **Réalisation**

L'estérification des arômes alimentaires se fait dans un dispositif « chauffage à reflux » représenté par la figure ci-dessous. Un ballon est placé sur un chauffe ballon pour chauffer le

mélange réactionnel jusqu'à atteindre la température d'ébullition des réactifs et un réfrigérant vertical ou un réfrigérant à boule. Dans ce dernier, on fait circuler de l'eau froide pour condenser les vapeurs qui remontent et on récupère un distillat à l'état liquide.



Figure II.5: Dispositif du chauffage à reflux avec un réfrigérant à boules

La méthode d'obtention des arômes alimentaire est résumée en deux grandes parties : l'une c'est l'obtention d'ester et l'autre c'est la purification :

✓ **L'obtention d'ester :**

- On introduit dans un ballon de 250mL une quantité soit en volume ou en masse d'acide et l'alcool avec 1cm^3 d'acide sulfurique et quelques graines pierre ponce.
- Ce ballon est placé dans un chauffe ballon avec un réglage optimum de chauffage.
- A l'ébullition du mélange réactionnel, on règle le temps de chauffage.
- Lorsque le temps est terminé, on arrête le chauffe et on refroidie le mélange dans un bain d'eau glacée.



Figure II.6 :Mélange des réactifs avec les pierre ponce.

✓ **La purification :**

A. Le premier lavage avec la solution de chlorure de sodium (A)

- Premièrement on prépare une solution de chlorure de sodium saturée,
- On verse un volume de 10 mL, de cette solution dans le ballon qui contient le mélange,
- On agite doucement le mélange, et on verse dans une ampoule à décanter et on laisse quelques secondes (formation de deux couches),
- On évacue la phase inférieure (la phase aqueuse) et on laisse la supérieure qui est la phase organique qui contient l'ester.

B. Le deuxième lavage avec le carbonate de sodium (B)

- Pour cette étape on va préparer une solution de carbonate de sodium (20%),
- On verse un volume de 10ml de cette solution dans l'ampoule qui contient l'ester,
- On ferme l'ampoule avec un bouchon pour éviter une éventuelle suppression dès le dégagement gazeux.

- Puis on fait retourner et en agitant très doucement en maintenant toujours l'ampoule fermé,
- Après le dégagement de gaz on ouvre le robinet et on récupère la phase organique purifié



Lavage avec la solution
de chlorure de sodium (A)



Lavage avec le carbonate de sodium (B)

Figure III. 7 : Dispositif de purification

Tableau II.1 : Les différents arômes réalisés au laboratoire

Acide	Alcool	Ester	Odeur
Acide acétique	Alcool iso amylique	Ethanoate d'iso amyle	Banane
Acide acétique	Menthol	Acétate de méthyle	Menthe
Acide benzoïque	Ethanol	Benzoate d'éthyle	Cerise

[7]

Tableau II.2 : Les quantités à prendre pour l'estérification

Le nom de produit	La quantité en masse ou en volume
Acide acétique	15mL pour l'arôme de banane 7mL pour l'arôme de menthe
Acide benzoïque	5,2 g
Alcool iso amylique	15ml
Ethanol	15ml

Tableau II.3 : Les produits utilisés pour l'estérification

Le nom de produit	La formule	La masse molaire (g /mol)	La densité (g /cm ³)	L'état
Acide acétique	C ₂ H ₄ O ₂	60,05	1,05	Liquide
Acide benzoïque	C ₆ H ₅ COOH	122,12	1,26	Poudre
Alcool menthol	C ₁₀ H ₂₀ O	156,27	0,903	Des cristaux
Alcool isomylique	C ₅ H ₁₂ O	88,15	0,81	Liquide
Alcool éthanol	C ₂ H ₆ O	46,07	0,79	Liquide
Carbonate de sodium	Na ₂ CO ₃	105,99		Poudre
Chlorure de sodium	NaCl	58,44		Poudre

II.3 Mesure de pH (formulation des arômes industriels)

La mesure de pH s'effectue avec un pH- mètre ou par un papier dit papier-pH. Le but est de mesurer l'acidité ou l'alcalinité d'une solution.

Dans notre travail on va utiliser papier-pH ; on prend un morceau de papier- pH et on immerge dans l'huile et on attend quelques secondes. On remarque un changement de couleur. On compare ce changement avec la gamme de couleur de pH [1].



Figure II.8 : Papier-pH

II.4 Calculs

II.4.1 Calcul de la densité

La densité d'une huile essentielle (HE) est le rapport entre la masse volumique de l'huile sur celle de l'eau dans les conditions standards. Ce rapport est toujours inférieur à 1 (l'huile flotte sur l'eau) et sans dimension [25].

$$d = \frac{\rho_{\text{huile essentielle}}}{\rho_{\text{eau}}} = \frac{m_{\text{HE}}/v_{\text{HE}}}{m_{\text{eau}}/v_{\text{eau}}} = \frac{m_{\text{HE}}}{m_{\text{eau}}}$$

II.4.2 calcul du volume de l'extrait

$$\rho_{\text{l'extrait}} = \frac{\text{la masse de l'extrait}}{\text{le volume de l'extrait}} \longrightarrow \text{volume}_{\text{l'extrait}} = \frac{\text{la masse de l'extrait}}{\text{la masse volumique de l'extrait}(\rho)}$$

II.4.3 calcul du pourcentage d'extraction

Dans ce travail on va calculer deux rendements : l'un pour l'extraction et l'autre pour la synthèse.

Le calcul de rendement pour l'extraction : c'est le rapport entre la masse de l'extrait obtenu sur la masse de matière première utilisée [1].

$$Re(\%) = \frac{\text{la masse d'extrait}}{\text{la masse de matière première}}$$

Et pour le calcul de rendement pour l'arôme synthétique c'est :

$$Re(\%) = \frac{\text{la masse de produit obtenue}}{\text{la masse de produit attendue}}$$

II.5 Analyses des extraits

II.5.1 Analyse par Infrarouge (IR)

Les échantillons des extraits obtenus, ont été envoyés au plateau technique de l'université pour l'analyse infrarouge.

II.5.2 Par chromatographie sur couche mince (CCM)

La chromatographie sur couche mince (CCM) est utilisée pour comparer ou pour connaître si notre l'huile essentielle a les mêmes caractéristiques que l'huile commercialisée.

- **Réalisation**

Préparation de la plaque :

- On prend une plaque à chromatographie de 8cm sur 6cm, et on trace une ligne de 1cm en haut et en bas.
- Sur la ligne de bas on trace légèrement à distance égale ,2 points :(1) et (2)
 - (1) pour notre l'huile.

- (2) pour l'huile commercialisée.

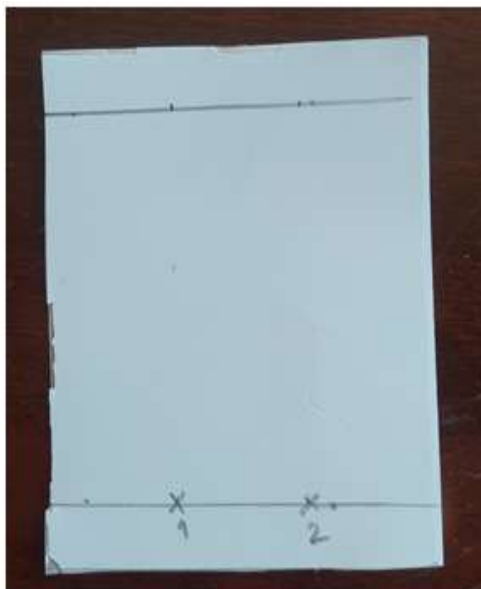


Figure II.9 : Plaque à chromatographie (CCM)

Préparation de la cuve et l'éluant

- Dans une cuve on prépare une solution de 90 % de cyclo hexane et 10% d'acétone,
- Cette solution occupe 1cm de la hauteur de la cuve,
- On ferme la cuve pour éviter l'évaporation de l'éluant,
- On dépose la plaque dans la cuve et on ferme.



Figure II.10 : Préparation de l'éluant

Révélation des composés séparés

- Les composés séparés sont souvent invisibles à l'œil nu, pour cela on va les révéler par une lampe UV,
- Après la révélation on observe des taches de plusieurs dimensions qu'on va les comparer.



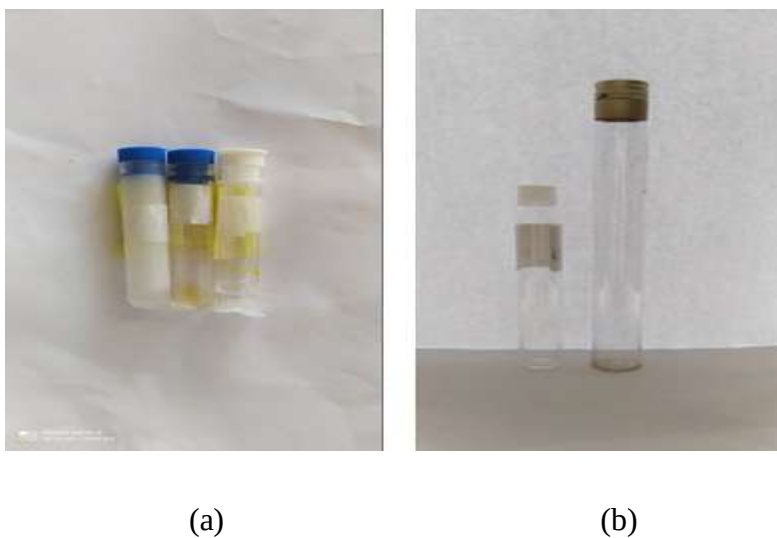
Figure II.11 : La lampe UV

Chapitre III

Résultats et Discussion

III.1 Conservation des échantillons

En début de nos expériences, la conservation des échantillons d'huiles essentielles a été effectuée dans des tubes en plastique à température du réfrigérateur. Seulement, après quelques temps, on a remarqué la déformation des tubes et une dénaturation du plastique (Figure III.1-a). Donc, on a procédé à la conservation dans des tubes en verre avec des bouchons métalliques (Figure III.1-b).



La figure III.1 : Les flacons de conservation (a) en plastique et (b) en verre

III.2 Résultats et discussions de l'extraction

III.2.1 Résultats obtenus sur l'écorce des oranges

- La figure si ci-dessous représente la densité mesurée et la quantité en masse et le volume des huiles essentielles obtenues par l'**hydrodistillation** de l'écorce des oranges en fonction du temps.

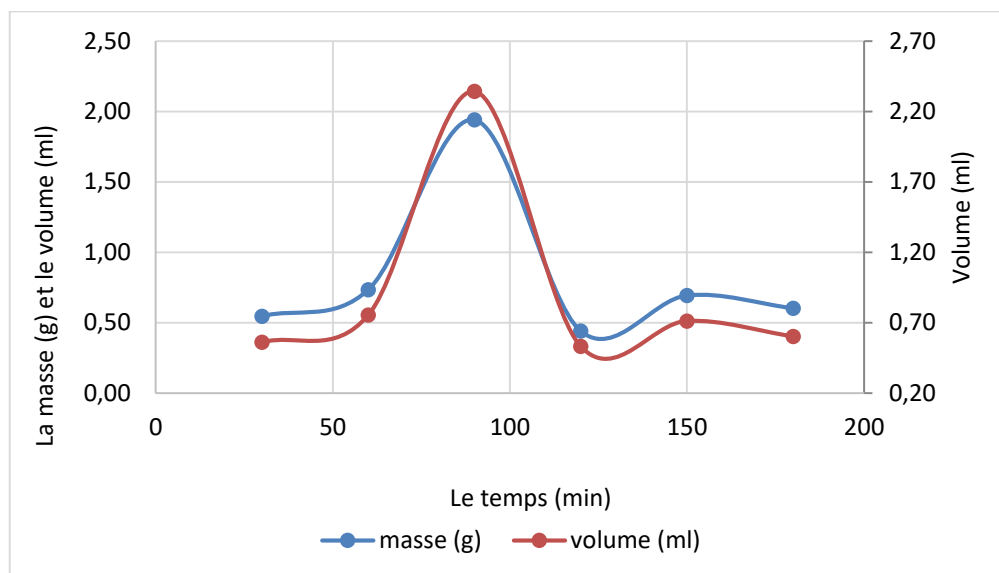
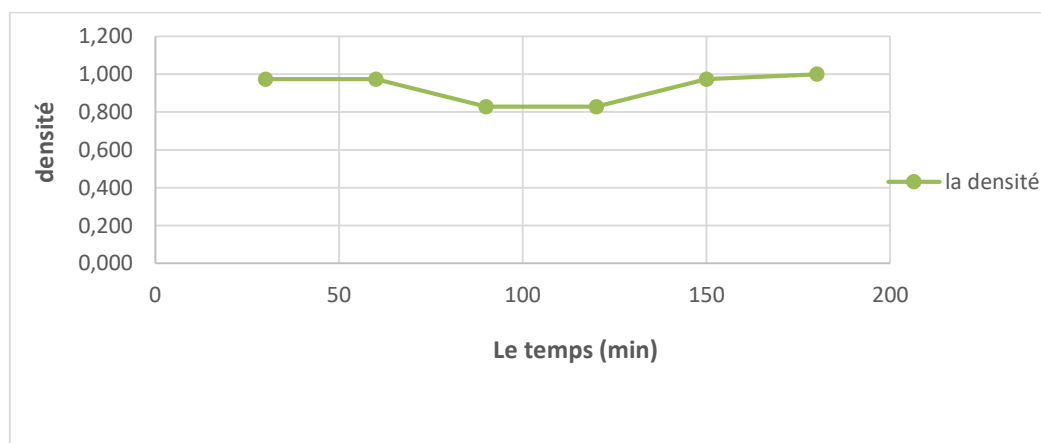


Figure III.2 : Evolution de la masse et du volume de l'extrait obtenu par hydro distillation de l'écorce d'orange en fonction du temps.

Ces résultats montrent qu'à 90 mn, on a obtenu une quantité d'huile de 1,939 g et 2,342 mL d'extrait ce qui représente 1.94% en masse, quantités normales par rapport à la littérature.

Le calcul de la densité, à partir de la masse et du volume obtenu, montre que celle-ci est de, en moyenne, 0,89 dans l'intervalle de temps 90 à 120 mn, ce qui indique que l'échantillon est riche en constituants organiques. Par contre, dans les intervalles de temps de 30 à 80 mn et de 120 à 180 mn elle est proche de 1, ce qui signifie que l'eau est prédominante (Figure III.5).



- La figure suivante représente la quantité et le volume d'huiles essentielles dans l'échantillon de l'orange extraite par **entraînement à la vapeur** en fonction du temps.

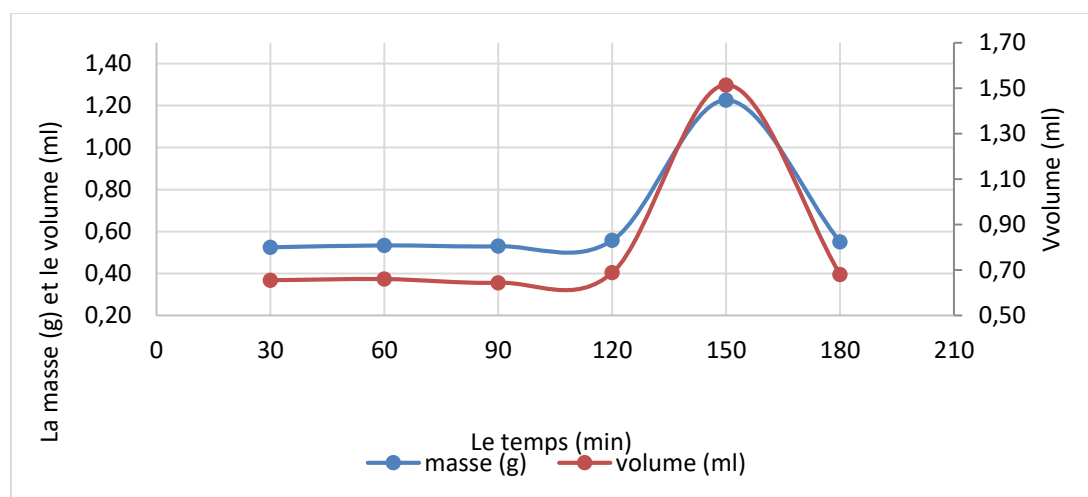


Figure III.4 : Evolution de la masse et du volume de l'extrait obtenu par entraînement à la vapeur de l'écorce des oranges en fonction du temps.

Les résultats obtenus montrent qu'à 150 mn on a récupéré une masse de 1,226 g et un volume de 1,514 mL, ce qui attribue un pourcentage massique de 1,2 % et permet de calculer la densité de l'extrait qui est présenté par la figure III.5

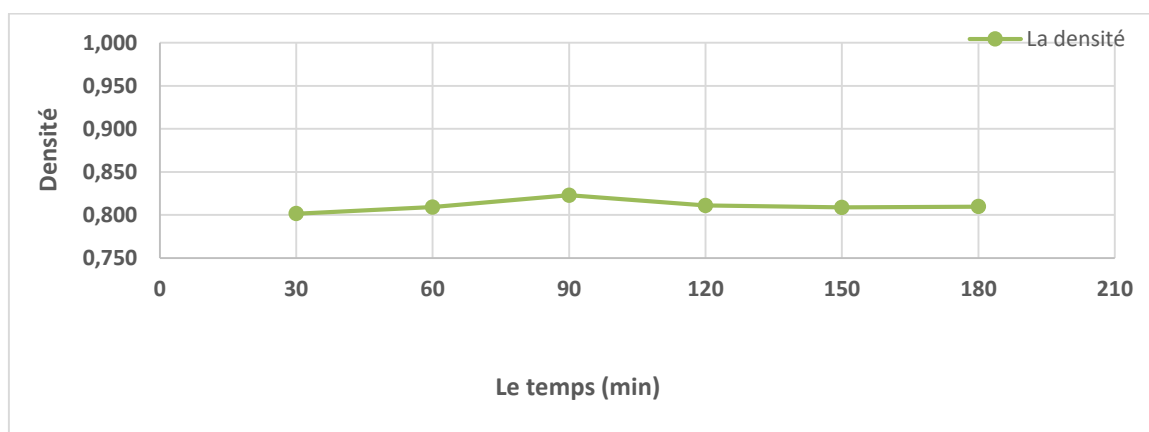


Figure III.5 : Evolution de la densité

Cette figure montre que pendant toute la durée de l'extraction, la densité reste relativement constante, soit une moyenne de 0,81, ce qui signifie que l'échantillon est riche en constituants.

III.2.2 Résultats obtenus sur l'écorce de citron

- La figure ci-dessous montre l'évolution de la quantité en masse et le volume des huiles de l'écorce de citron obtenues par l'**hydrodistillation** en fonction du temps.

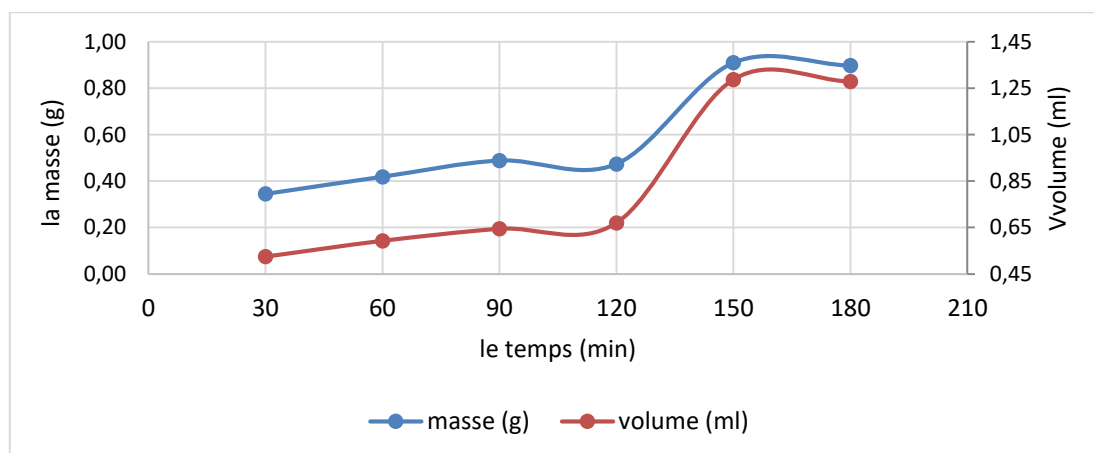


Figure III.6 : Evolution de la masse et en volume des huiles essentielles obtenues par **hydrodistillation** de l'écorce de citron en fonction du temps

La figure III.6, révèlent un bon résultat d'extraction en masse qui est de 0,91 g à 150 mn avec un volume de 1,287 mL, ce qui donne un pourcentage en masse de 0,9 % et permet de calculer la densité (Figure III.7). Cette dernière reste stable (en moyenne 0,71) du début jusqu'à la fin de l'expérience. Ce résultat montre que l'échantillon est riche en constituants.

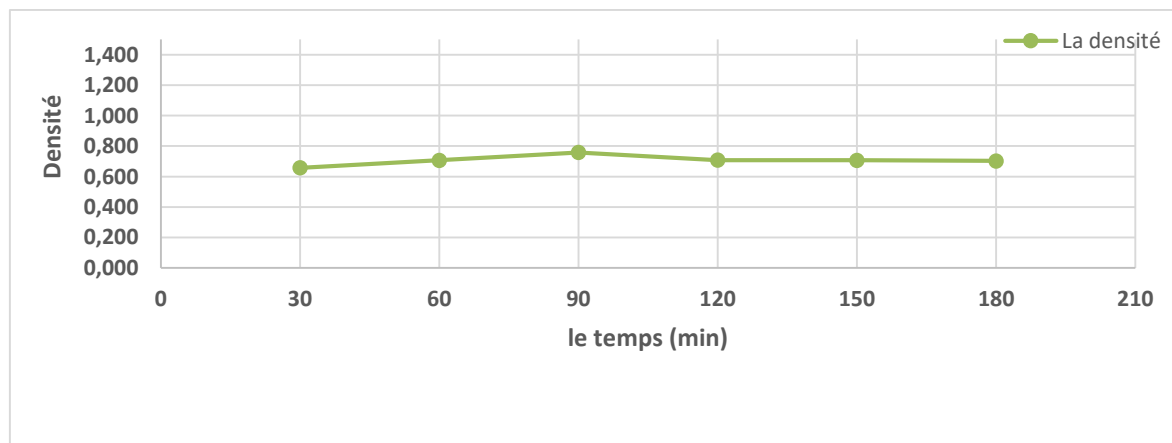


Figure III.7 : Evolution de la densité en fonction du temps

- La figure III.8 représente la quantité en masse et le volume d'huiles essentielles obtenues à partir de l'écorce de citron par **entraînement à la vapeur** en fonction du temps. Les résultats obtenus pour cette étude sont présentés par la figure III.8

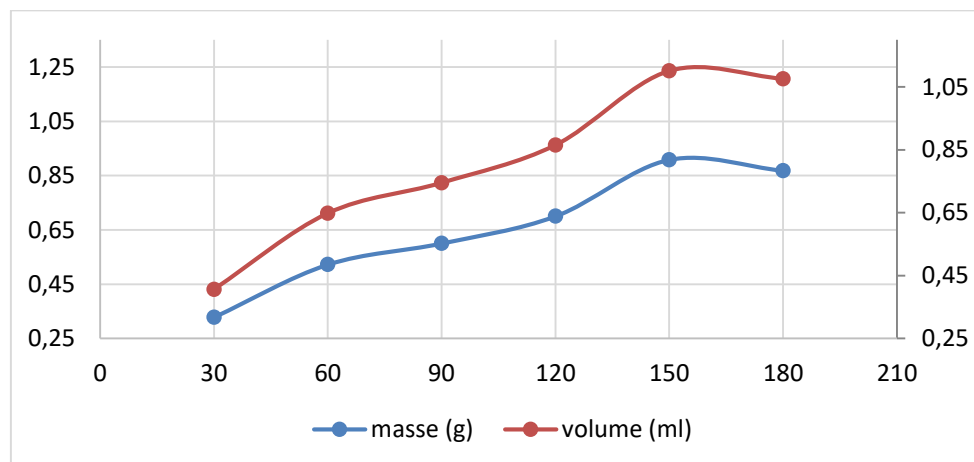


Figure III.8 : Evolution de la masse et du volume de l'extrait obtenu par **entraînement à la vapeur** de l'écorce de citron en fonction du temps

D'après ces résultats on remarque qu'à 180 mn il y a récupéré 1,908 g et en volume de 1,101 mL d'extrait. Le pourcentage en masse est de 0,9 %. Ceci permet de calculer l'évolution de la densité en fonction du temps qui est présentée à la Figure III.9. Cette dernière est constante pour une valeur moyenne de 0,82.

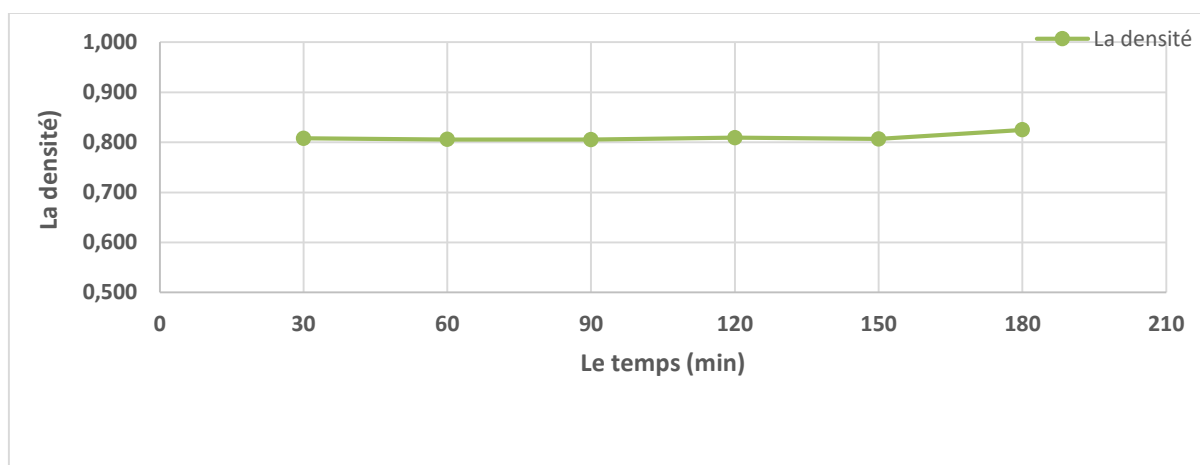


Figure III .9 : Evolution de la densité en fonction du temps

III.2.3 Résultats obtenus sur la menthe

- La figure ci-dessous représente la quantité en masse et le volume de l'échantillon d'huile de menthe obtenus par l'hydrodistillation en fonction du temps.

D'après les résultats obtenus on constate qu'à 150 mn il y a récupération de 0,47 g et 0,566 mL d'huile pour un pourcentage massique de 0,5 % (figure III.10). Pour le calcul de la densité présenté par la figure III.11, elle est de 0,83 indiquant que l'échantillon est riche en constituants.

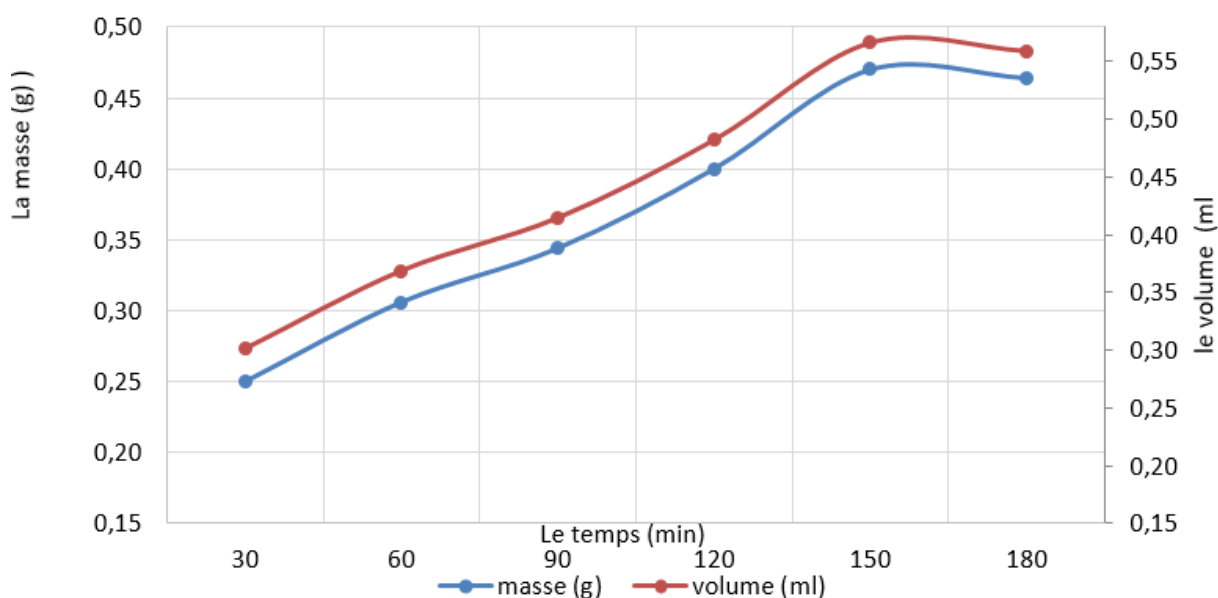


Figure III.10 : Evolution de la masse et du volume de l'extrait obtenu par **hydrodistillation** de la plante menthe en fonction du temps.

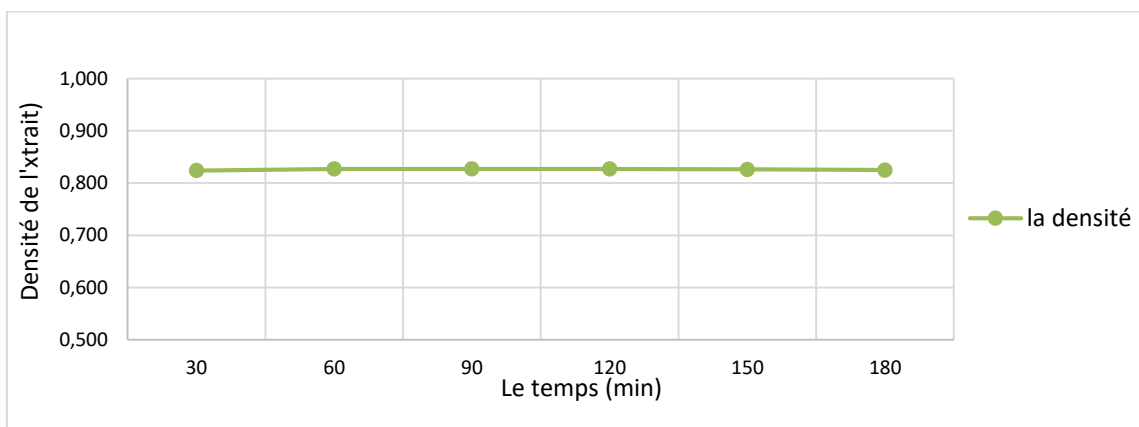


Figure II.11 : Evolution de la densité en fonction du temps

- La figure III.12 montre la quantité en masse et le volume d'huile essentielle obtenue à partir de la plante de menthe par entraînement à la vapeur. De même, la densité est mesurée en fonction du temps.

Pour ce paramètre (figure III.12), les résultats obtenus révèlent que le temps 150 mn est suffisant pour récupérer une quantité considérable (une masse de 0,398 g et un volume de 0,491 mL) ce qui représente un pourcentage massique de 0,448 %. Pour la densité (figure III. 13) elle est de 0,81 ; ce qui signifie que l'extrait est majoritairement de la menthe.

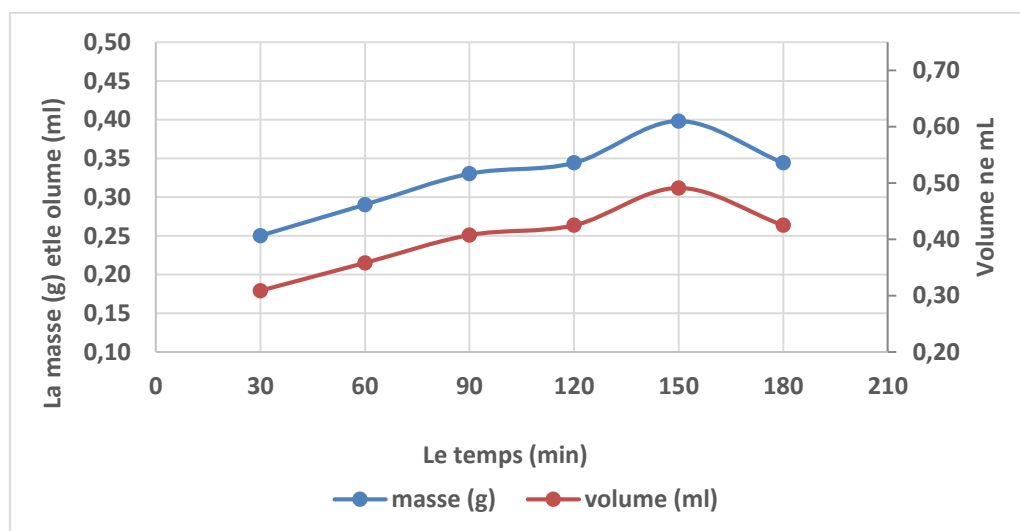


Figure III.12 : Evolution de la masse et du volume de l'extrait obtenu par **entraînement à la vapeur** de la plante de menthe en fonction du temps.

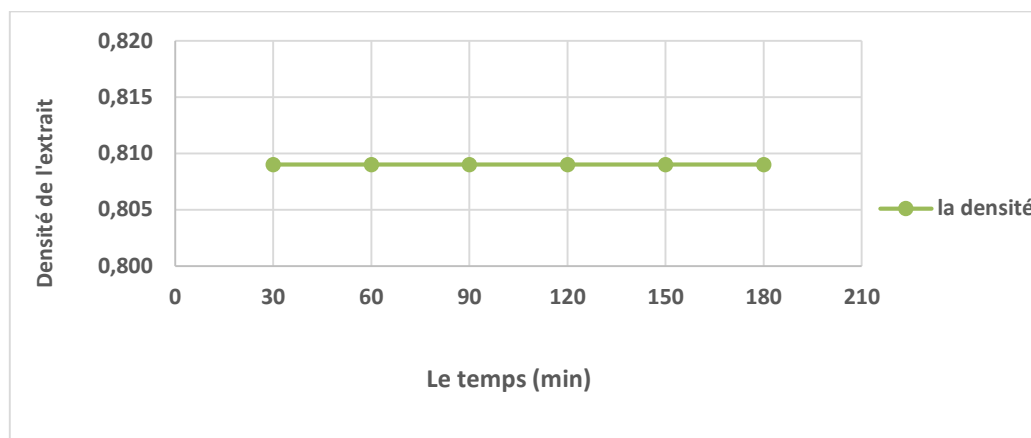


Figure III.13 : Evolution de la densité en fonction du temps

Ci-après, sont tabulés les résultats de l'hydrodistillation et de l'entraînement à la vapeur pour la comparaison.

Tableau III.1 : Résumé des résultats obtenus par l'hydrodistillation et par entraînement à la vapeur.

Méthode	Paramètres	Ecorce d'orange	Ecorce de citron	La menthe
L'hydrodistillation	Pourcentage d'extraction	1,9	0,9	0,5
	La densité	0,89	0,71	0,83
	Le temps (mn)	90	150	150
Entraînement à la vapeur	Pourcentage d'extraction	1,2	0,9	0,4
	La densité	0,81	0,82	0,81
	Le temps (mn)	150	150	150

III.3 Résultats et discussions de synthèse des huiles essentielles

III.3.1 Résultats de synthèse des huiles essentielles de menthe

- La figure III.14 représente la quantité en masse et le volume du l'échantillon d'huile de menthe obtenu par synthèse en fonction du temps et même la densité obtenue pour chaque temps.

D'après les résultats obtenus on remarque que le temps 60 mn est suffisant pour récupérer une grande quantité en masse qui atteint 12,769 g et un volume qui atteint 14,23 ml avec un rendement de 13 %, et pour la densité on remarque que la densité reste la même environ 0,897 (Figure III.15).

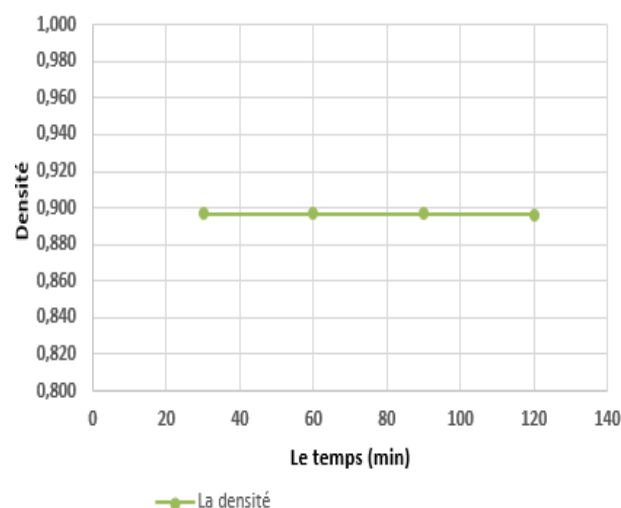
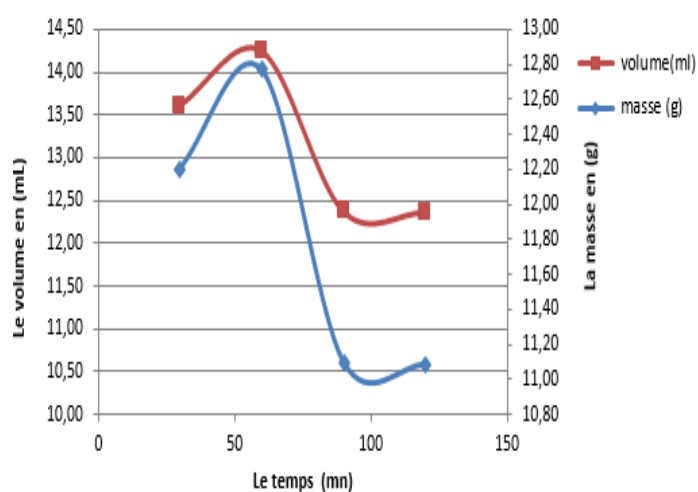


Figure III.14 : Evolution de la masse et du volume de l'extrait de menthe obtenu par synthèse en fonction du temps

Figure III.15 : Evolution de la densité de l'extrait de menthe en fonction du temps

III.3.2 Résultats de synthèse des huiles essentielles de cerise

- Les courbes de la figure III.16, représentent la quantité en masse et le volume du l'échantillon d'huile de cerise obtenu par synthèse en fonction du temps.

Les résultats obtenus montrent qu'à 90 mn, la quantité en masse atteint 2,9845 g et un volume de 3,5278 mL avec un pourcentage massique de 3 % (Figure III.16). La densité reste constante tout au long du processus soit 0,846 (Figure III.17).

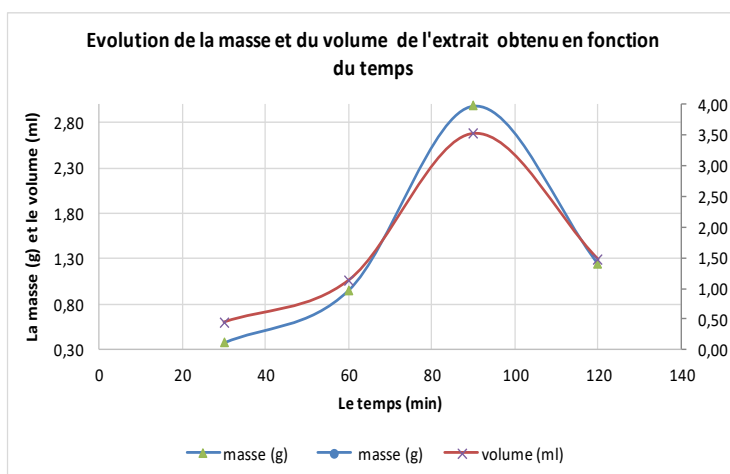


Figure III.16 : Evolution de la masse et du volume de l'extrait de cerise obtenu par synthèse en fonction du temps.

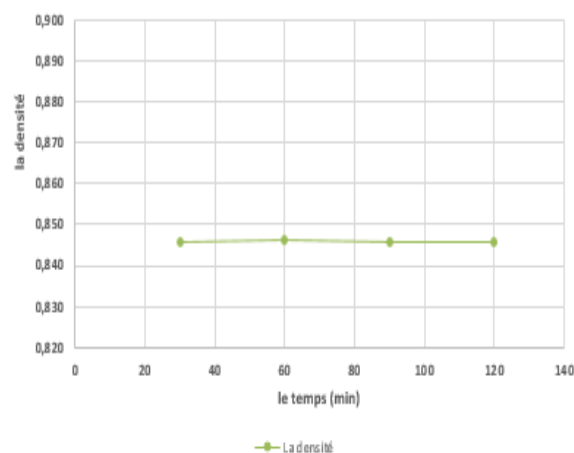


Figure III.17 : Evolution de la densité de l'extrait de cerise en fonction du temps

III.3.3 Résultats de synthèse des huiles essentielles de banane

- La figure ci-dessous représente la quantité en masse et le volume d'huile essentielle de Banane obtenue par synthèse en fonction du temps. Les résultats obtenus révèlent que le temps 30 mn est suffisant pour synthétiser une grande quantité en masse qui atteint 17,7371 g et en volume de 26,316 mL avec un pourcentage massique de 18 %, et une densité égale à environ 0,674.

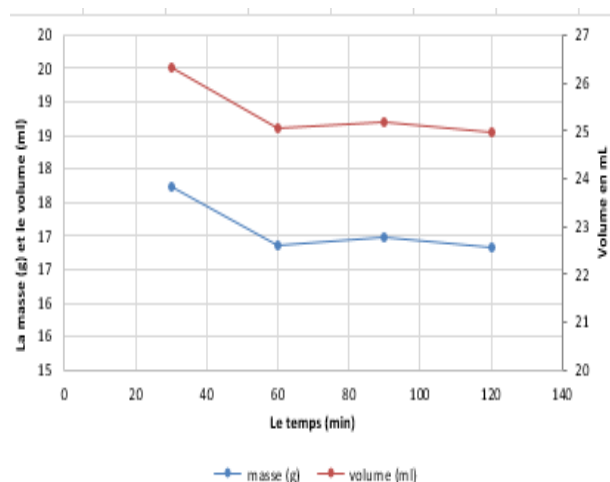


Figure III.18 : Evolution de la masse et du volume de l'extrait de **banane** synthétisé en fonction du temps.

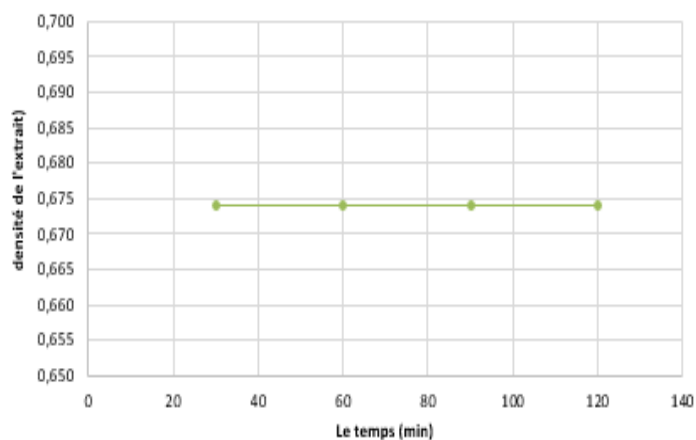


Figure III.19 : Evolution de la densité de l'extrait de banane en fonction du temps

III.4 Effet du chauffage sur la synthèse des huiles essentielles

La température de chauffage pour la synthèse est très importante car si on augmente la température la couleur du mélange change de couleur claire vers le foncé ; ceci révèle une dégradation et une oxydation de la matière du mélange (Figure III.20).



A

B

Figure III.20 : Changement de la couleur du mélange du clair (A) en couleur foncé (B).

III.5 Détermination de pH

La mesure du pH des huiles essentielles (menthe, citron et orange), extraites selon deux méthodes différentes, a montré un pH constant et égal à 6.

Il est important de surveiller le pH afin d'évaluer leur compatibilité avec différentes applications, telles que les industries alimentaire et pharmaceutique, où le pH peut jouer un rôle déterminant dans la stabilité et les performances des produits.

III.6 Résultat de l'analyse par CCM

III.6 les résultats des spectres infrarouge (IR)

III.6.1 Spectre de l'hydrodistillation des oranges

Ce spectre montre la présence d'élongations $\nu(\text{C-H})$ au niveau des bandes d'absorption ($3082\text{--}2987\text{ cm}^{-1}$), qui indiquent la présence d'atomes de carbone sp^2 (aromatique ou oléfinique). la bande intense à 1729 cm^{-1} indique une élongation $\nu(\text{C=O})$ de l'ester ou de l'acide carboxylique tandis que la bande à 1648 cm^{-1} confirme la présence d'une liaison double $\nu(\text{C=C})$ ce qui a un ester d'acide insaturé ou à un composé carbonyle aromatique .

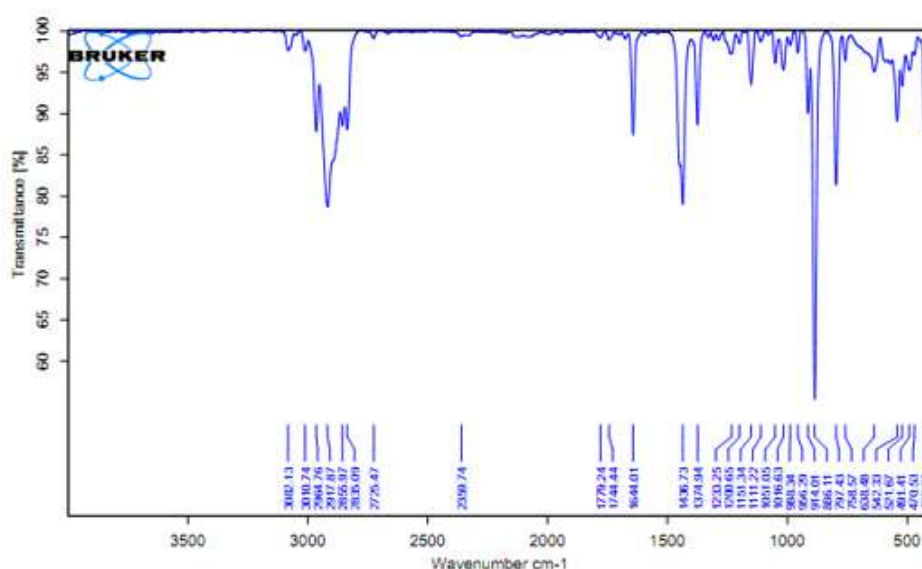


Figure III.21 : Spectre de l'extrait de l'écorce des oranges obtenu par **hydrodistillation**

III.6.2 Spectre de l' hydrodistillation citron

Ce spectre se caractérise par la présence de deux bandes d'élongation carbonées à 1761 cm^{-1} et 1679 cm^{-1} . La bande à 1679 cm^{-1} est attribuée à l'élongation $\nu(\text{C}=\text{O})$ ou à la liaison $\nu(\text{C}=\text{C})$ double, quant à la deuxième bande d'élongation, elle est attribuée à l'ester.

Des bandes $\nu(\text{C}-\text{H})$ apparaissant entre 3074 et 2835 cm^{-1} , indiquant la présence d'atomes de carbone à la fois sp^3 et sp^2 .

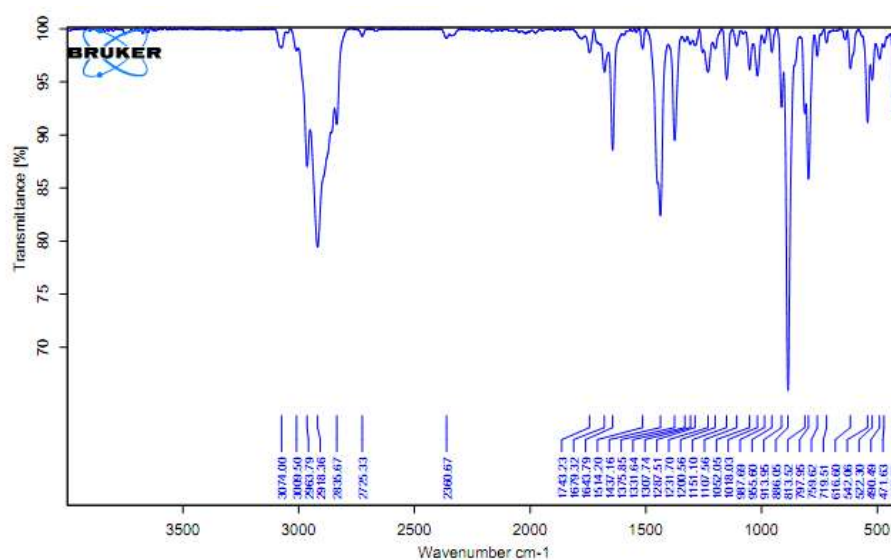


Figure III.22 : Spectre de l'extrait de l'écorce de citron obtenu par **hydrodistillation**

III.6.3 Spectre de l' hydrodistillation de la menthe

Le spectre montre une bande d'absorption centrée à 3357 cm^{-1} , qui est due au $\nu(\text{O}-\text{H})$ associé aux liaisons hydrogène entre les molécules. Ceci indique la présence de liaisons hydroxyle associés. Quant à 1636 cm^{-1} elle est due à l'élongation de la liaison $\nu(\text{C}=\text{O})$ ce qui indique la présence d'un groupe carboxylique ou d'un composé hydroxylé étroitement associé, et dans la

région des empreintes digitales à ($<1000\text{ cm}^{-1}$) on identifie la présence d'un composé hydroxylé de type acide carboxylique ou alcool fortement lié par des liaisons hydrogène.

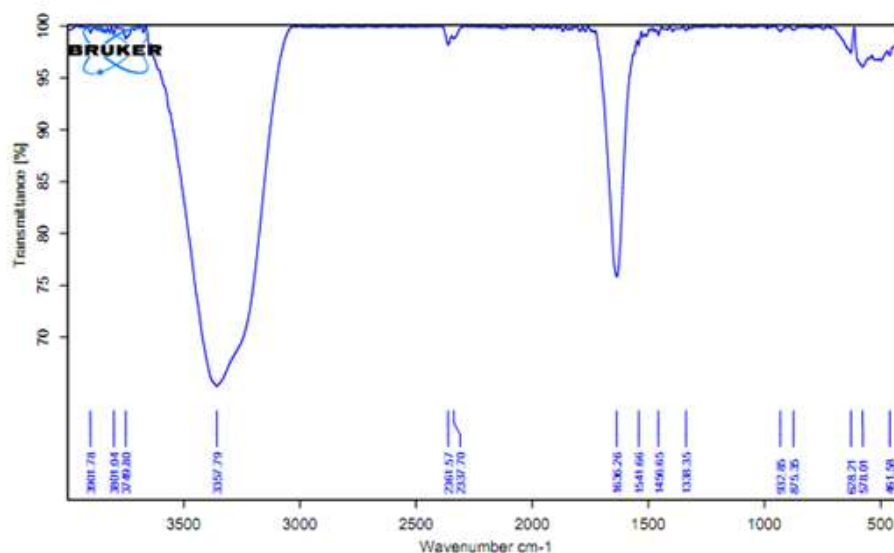


Figure III.23 : Spectre de l'extrait de la menthe obtenu par **hydrodistillation**

III.6.4 Spectre de la synthèse d'arôme « goût banane »

Ce spectre montre la présence d'une bande $\nu(\text{O-H})$ large et intense à 3350 cm^{-1} ce qui confirme la présence de liaisons hydrogène ; quant à la bande à 1077 cm^{-1} d'intensité moyenne , elle correspond à une élancement $\nu(\text{C-O})$ caractéristique d'un alcool primaire , secondaire ou même d'un éther .

La bande à 1634 cm^{-1} indique la présence d'un groupement $\nu(\text{C=O})$ ce qui correspond à la présence d'un composé de type alcool aliphatique hydroxylé.

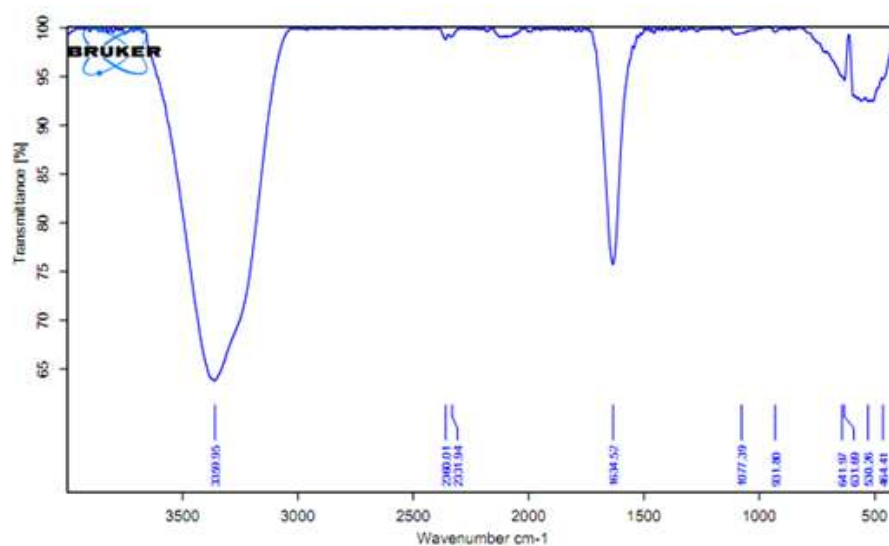


Figure III.24 : Spectre des huiles essentielles synthétisées « goût banane »

III.6.5 Spectre de la synthèse d'arôme « goût la menthe »

Ce spectre révèle la présence de plusieurs bandes d'élongation $\nu(\text{C-O-C})$ entre 1031 cm^{-1} et 1240 cm^{-1} , ainsi qu'une élongation $\nu(\text{C-H})$ sp^3 qui apparait clairement entre 2869 cm^{-1} et 2983 cm^{-1} .

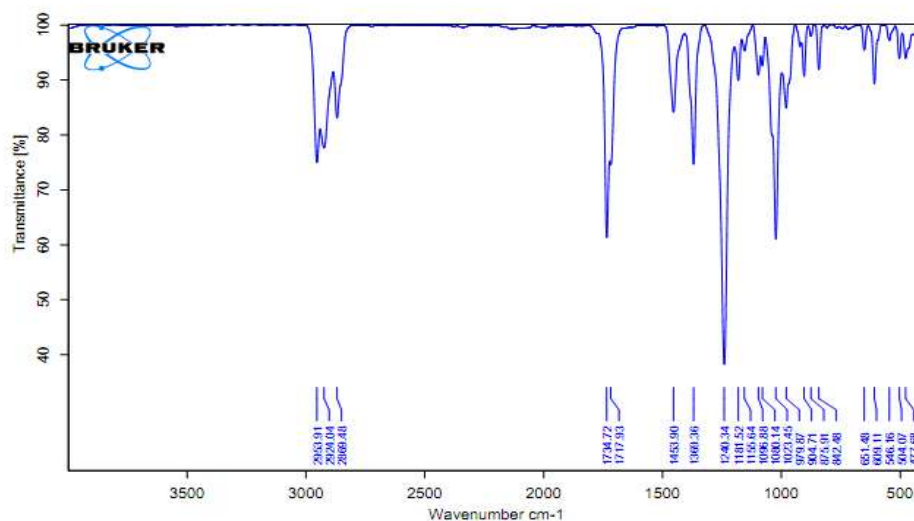


Figure III.25 : Spectre des huiles essentielles synthétisées « goût menthe »

III.6.6 Spectre de la synthèse d'arôme de cerise

Ce spectre indique l'existence d'une elongation $\nu(\text{C}=\text{O})$ qui correspond au composé ester lors de l'absorption à 1744 cm^{-1} , ainsi que la présence d'absorption à 2979 cm^{-1} et 2874 cm^{-1} qui constituent une preuve de l'existence d'une chaîne alkyle $\nu(\text{C-H})\text{ sp}^3$.

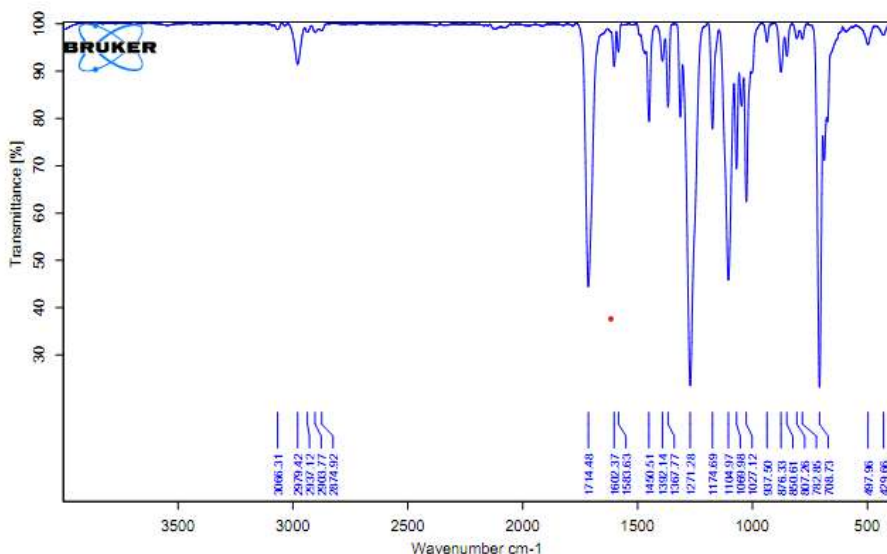


Figure III.26 : Spectre des huiles essentielles synthétisées « goût cerise »

III.7 Résultats de la chromatographie sur couche mince

La chromatographie sur couche mince est une technique de séparation et d'analyse. D'après les résultats obtenus, on remarque une migration de certaine hauteur par capillarité des constituants caractéristique de chaque extrait. Selon l'analyse des huiles essentielles extraites par hydrodistillation pour le citron et la menthe montre la présence de deux taches. Par contre la méthode de l'entraînement à la vapeur révèle la présence de plusieurs taches pour l'extrait de menthe et une seule pour l'extrait de citron. Ces taches correspondent aux différents constituants.

La comparaison avec des espèces pures de référence montre une nette similitude.

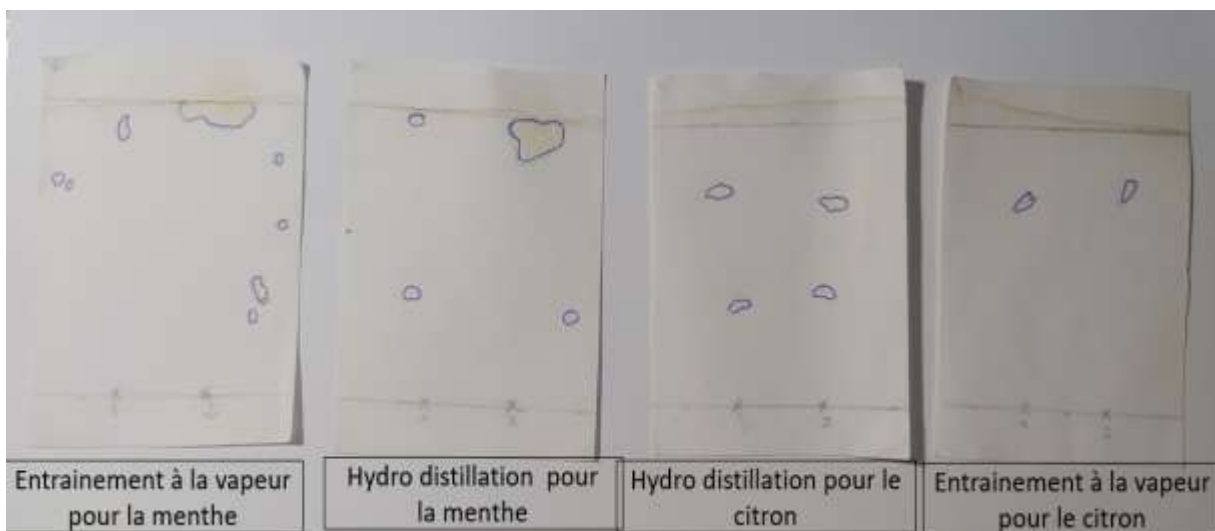


Figure III.27 : Migration des constituants des extraits de citron et de la menthe obtenus par hydrodistillation et entrainement à la vapeur.

Chapitre IV
Guide du projet Start up

Introduction

Ce chapitre propose une analyse approfondie d'un projet de start-up, à travers une étude détaillée du projet avant son lancement dans le monde de l'entrepreneuriat. Cette étude comprend une analyse du marché et de la concurrence, ainsi qu'une présentation de la proposition de valeur et de la faisabilité financière.

L'objectif de cette étude est d'évaluer le projet sous tous ses aspects, notamment en termes de qualité, d'idée et de faisabilité, d'identifier les risques, les défis et les opportunités potentielles, et d'élaborer un plan et une stratégie de mise en œuvre. Cette étude approfondie contribue à établir des bases solides et à accroître les chances de réussite, de développement et même de compétitivité sur le marché algérien.

IV.1 Premier axe : Présentation de projet

IV.1.1 L'objectif de ce projet

L'objectif de ce projet est de créer une entreprise spécialisée dans la production de deux types d'arômes alimentaires, qui vise à réaliser des bénéfices, à conquérir une part importante du marché algérien et même à exporter ces produits vers d'autres pays.

IV.1.2 La valeur proposée

- Notre entreprise propose une gamme variée d'arômes alimentaires adaptés aux besoins et à la demande des marchés, contribuant ainsi en premier lieu à soutenir la production locale et à développer l'industrie agroalimentaire.
- Notre entreprise propose deux produits principaux :
 - **Arômes alimentaires naturels** : - ils sont de plus en plus recherchés sur le marché, car ils sont issus de substances naturelles telles que les légumes, les fruits et les plantes, et sont obtenus à l'aide de méthodes traditionnelles et modernes.
Compte tenu de la demande du marché pour ce produit naturel « nous le proposons en haute qualité, il est utilisé dans de nombreux domaines.

- **Arômes alimentaires artificiels** : Ceux-ci sont obtenus à partir de réactions chimiques simples, mais qui nécessitent une grande précision.

Ces arômes sont produits à l'aide de techniques de pointe et d'analyses complètes et approfondies de leur composition afin de garantir au consommateur des arômes artificiels fidèles à leurs équivalents naturels, répondant à toutes les exigences et normes de qualité internationales, et surtout sans risque d'effets indésirables lors de leur consommation.

IV.1.3 L'équipe du projet

L'équipe du projet se compose :

- d'un seul étudiant : DEBAB Hadjer,
- Les encadrants : Dr KHELLADI Malika, Dr MEKHATRIA Djilali et BOUBEGRA Naima.

Parmi les principales tâches accomplies :

- Assurer le suivi et la gestion de tous les aspects administratifs du projet,
- Mettre tous le matériel et les produits chimiques nécessaires à la disposition de l'étudiante,
- Assurer la préparation du produit final.

IV.1.4 L'idée du projet

- L'idée de ce projet m'est venue lorsque j'ai remarqué que les clients se plaignaient du manque, voire de l'absence totale, de variété dans les arômes alimentaires disponibles sur le marché algérien. C'est ainsi qu'est née l'idée de proposer des arômes alimentaires artificiels et naturels, variés en termes de goût, d'aspect et d'odeur, afin de combler ce vide sur le marché.
- Nous proposerons donc un produit local algérien capable de rivaliser avec ce qui existe sur les marchés étrangers et de répondre à la demande des clients, car il peut être utilisé dans de nombreuses applications.

IV.2 Deuxième axe : Business modèle CANVA

IV.2.1 Clients

- La création et le développement de notre entreprise ont pour objectif de répondre aux besoins du marché algérien et de nos chers clients en proposant des arômes alimentaires algériens de haute qualité. Ces arômes sont utilisés pour apporter une touche particulière au goût, à l'odeur et même à l'aspect des produits, ce qui attire les consommateurs, notamment dans les produits alimentaires, les plats et même les médicaments.
- Parmi nos principaux clients qui bénéficient de ce produit, on trouve :
 - ✓ **Les entreprises spécialisées dans l'industrie agroalimentaire**, en proposant un produit qui répond à leurs exigences en termes d'aspect, d'odeur et surtout de goût.
 - ✓ **Les pâtisseries, les boulangeries et les restaurants.**
 - ✓ **Les laboratoires pharmaceutiques**, en proposant un produit naturel pouvant être ajouté au médicament pour l'améliorer, permettent au patient de le consommer facilement et sans difficulté.
 - ✓ Ce produit est également disponible à **la vente directe** au grand public et convient à tous les âges. Notre entreprise propose en effet deux formules : l'une naturelle et l'autre synthétique, accompagnées d'une notice ou d'une étiquette détaillant les caractéristiques du produit, notamment sa composition et son mode d'emploi, le tout à des prix raisonnables et accessibles à tous.

IV.2.2 Relations clients

- Afin de renforcer la relation entre notre entreprise et ses clients, nous proposons de nombreux services permettant à nos clients de nous contacter en cas de problème, de donner leur avis sur nos produits ou de faire part de leurs suggestions, par exemple :

- ✓ **La création d'un compte dédié à notre entreprise sur les réseaux sociaux :** cela permet au client de se tenir informé en permanence des produits disponibles et même de profiter des offres promotionnelles que notre entreprise propose à ses clients fidèles.
- ✓ **Site web dédié aux ventes :** il permet aux clients de passer leurs commandes depuis leur domicile ou leur lieu de travail sans avoir à se rendre dans nos locaux, et de nous faire part de leurs commentaires à ce sujet.
- ✓ **Site web dédié aux clients :** il contient des informations telles que le nom de l'entreprise, les numéros de téléphone et l'adresse de l'entreprise. Ce site comporte une rubrique où le client peut poser des questions ou demander des renseignements sur nos produits, et nous lui répondons ou il peut nous contacter directement par téléphone.
- ✓ **Service après-vente :** ce service comprend une carte spéciale remise au client après sa première transaction ou prestation de service. Cette carte permet au client de bénéficier d'une réduction importante dès qu'il atteint un certain nombre d'achats, et même de recevoir une invitation spéciale pour assister à des événements tels que la visite du site de production, des séminaires, ou encore l'inauguration d'une nouvelle succursale de notre entreprise.

IV.2.3 Canaux de distribution

- Nos produits vous sont livrés via :
 - ✓ **Un canal de distribution direct :** cela passe par la mise en place d'un service de vente, de livraison et de remise directe du produit au client, sans intermédiaire, ce qui garantit que le produit arrive en bon état, que la commande ait été passée via le site web ou en magasin.
 - ✓ **Canal de distribution indirect :** cela passe par des intermédiaires tels que des grossistes, des plateformes ou même des magasins qui vendent nos produits

(supermarchés). Ces intermédiaires sont sélectionnés avec soin et en toute transparence afin de garantir une distribution à grande échelle et de permettre à tous nos clients de bénéficier de nos produits.

IV.2.4 Partenaires clés

- Notre entreprise a l'honneur de collaborer avec de nombreux partenaires clés qui nous permettent de développer et d'améliorer nos produits tout en réduisant les coûts, ce qui contribue au bon fonctionnement de notre entreprise.
- Parmi nos principaux partenaires, on trouve :
 - ✓ **Les fournisseurs** : ils nous fournissent les matières premières et les équipements nécessaires pour le bon fonctionnement de l'entreprise.
 - **pour l'approvisionnement en matières premières**
 - Aromes d'Algérie
 - Flavoral International Sarl
 - Magasins de fruits et légumes
 - **Fournir le matériel nécessaire à la production**
 - Biosphere Lab
 - Badrlab
 - **Contrôle qualité**
 - Sarl Laboref
 - **Entreprise spécialisée dans le conditionnement et l'emballage.**
 - ✓ **Les fournisseurs financiers** : nous trouvons l'organisation ANADE, ANDI et les Banques Algériennes.

IV.2.5 Activités clés

- L'activité principale est prioritaire de l'entreprise consiste à fournir et à développer un produit dont bénéficie une large partie de la population, à savoir la production de nouveaux arômes alimentaires aux saveurs variées, qu'ils soient chimiques ou naturels. Cela nécessite :
- ✓ Créer des emplois pour les jeunes en fournissant de la main-d'œuvre, ce qui permet de réduire le problème du chômage.
- ✓ Faire connaître le produit et ses caractéristiques en aménageant des espaces de présentation et de dégustation, mais aussi via les réseaux sociaux (en collaborant avec des influenceurs pour promouvoir nos produits et en publiant des vidéos et des postes sur le produit).
- ✓ Mise à disposition de plateformes en ligne qui servent de lien entre le producteur et le client et dont l'objectif principal est de répondre à vos messages et à vos préoccupations.

IV 2.6 Ressources clés

Pour ce projet, nous avons besoin de :

- **Location d'un endroit pour l'entreprise** : un emplacement stratégique, d'une superficie d'environ 1 000 m².
- **Ressources Matériels**
 - ✓ **Matériels utilisés**
 - (02) Extracteurs.
 - (02) Broyeur.
 - (02) grands mélangeurs.
 - (2) machines de séchage.

- (2) machines de mise en conserve, d'emballage et d'étiquetage.
- (2) machines de remplissage de bouteilles.
- (1) Appareil de stérilisation du verre.
- (2) Montage pour la synthèse.
- Des bouteilles de différents volumes.

✓ **Matériels pour laboratoires**

- Verreries.
- Des appareils de mesures pour température, la pression et l'acidité.
- Balances.

✓ **Matières premières**

- Produits chimiques comme : les solutions, conservateurs.
- Produits naturels comme : les fruits et les légumes.

✓ **Matériels administratifs**

- (06) pc bureaux.
- (03) caméras surveillances.
- (06) bureaux équipées.
- (06) chaises.

✓ **Autres**

- Des vêtements et équipements comme les blouses et les casques.
- Equipements électriques : climatiseurs, chauffages, pompes à eau, Pulvérisateurs utilisés en cas de contact avec des produits chimiques, Détecteurs d'incendie.
- Moyens de transports : pour les marchandises et les travailleurs.

• **Ressources humaines**

- Des agents spécialisés dans le domaine de production (un chef de production avec 3 personnes producteurs).
- Des agents de laboratoire (un chef de laboratoire avec 2 personnes laboratoires).
- Un Agent de sécurité.
- Un délégué commercial.
- Secrétaire.
- Responsable Marketing.
- (3) Femme de ménage.
- Electricien.

Tableau IV. 1 : Les ressources humaines

Les Agents	Le nombre de postes	Le salaire en DA	Le salaire Net en DA
Agent de production	un chef	450,00	450,00
	(3) Agents	200,00	600,00
Agent de laboratoire	Un chef	400,00	400,00
	(2) Agents	150,00	300,00
Agents de sécurité	1	200,00	200,00
Secrétaire	1	250,00	250,00
Délégué commercial	1	350,00	350,00

Responsable de marketing	1	400,00	400,00
Femme de ménage	2	150,00	300,00
Electricien	1	300,00	300,00

- **Ressources financières**

Il est possible d'obtenir un prêt auprès des banques algériennes ou des prestataires financiers .

IV.2.7 Coûts

On peut le résumées dans ces tableaux

IV.2.7.1 Ressources matériels

Tableau IV.2 : Matériels de laboratoire

Les produits	La quantité	Le prix en DA	Le Prix Net en DA
Extracteurs	2	2500,00	5000,00
Broyeur	2	2000,00	4000,00
Machine pour séchage	2	250,00	500,00
Machine de mise en conserve, d’emballage et étiquetage	2	150,00	300,00

Machine pour le remplissage de bouteilles	2	1250,00	2500,00
Machine de stérilisation de verrerie	1	15000,00	15000,00
Montage pour la synthèse	2	200,00	400,00
Les bouteilles en verre teinté de 10 mL		17,5	35
Les bouteilles en plastique de 10mL		10	20
Les bouteilles de 1L		25	50
Verrerie	/	300,00	300,00
Appareil de mesure température	1	1500,00	1500,00
Appareil de mesure pression	1	1200,00	1200,00
Appareil de mesure acidité	1	2500,00	2500,00
Balance	1	1000,00	1000,00

Matières premières : Le prix totale environ 5, 000,00 DA

Tableau IV.3: Matériels bureautiques

Les produits	La quantité	Le prix en DA	Le Prix Net en DA
Pc bureaux	6	1500,00	9000,00
Bureaux équipés	6	2000,00	12000,00
Chaises	6	200,00	1200,00
Caméra	3	200,00	600,00

Tableau IV.4 : Autres

Les produits	La quantité	Le prix en DA	Le Prix Net en DA
Les vêtements	/	1000,00	1000,00
Equipements électriques		6000,00	6000,00
Moyen de transport	Un camion frigorifié	25000,00	25000,00
	Un mini bus	2000,00	2000,00

Les frais de local sur Mostaganem : 800,00DA/mois.

Tableau IV.5 : Les frais des factures

factures	Les frais par mois
Electricité	350,00
L'eau	24,00
Téléphone	450,00
internet	480,00

Les frais d'assurance : variables.

Conclusion

Au terme de ce travail, on peut retenir que, de nos jours, la tendance vers l'utilisation de produits naturels issus des plantes connaît une croissance importante, et que le recours aux composés aromatiques naturels apparaît comme une solution prometteuse pour différents secteurs industriels, notamment l'agroalimentaire.

Dans le cadre de ce travail de mémoire, nous avons procédé à l'extraction, par deux méthodes différentes, de trois (03) arômes naturels, à savoir le citron, la menthe et l'orange. Afin de mieux caractériser la composition chimique de ces arômes, une analyse par chromatographie sur couche mince (CCM) et par spectroscopie infrarouge (IR) a été réalisée. Ces techniques ont permis de mettre en évidence le groupement fonctionnel majoritaire présent dans les extraits obtenus par les deux méthodes.

Contrairement aux arômes naturels, les arômes artificiels peuvent soit reproduire un goût existant dans la nature, soit créer une saveur totalement inédite. Ces produits chimiques sont largement employés dans l'industrie agroalimentaire pour développer le goût et la saveur des aliments. Dans cette optique, nous avons synthétisé trois (03) arômes artificiels : cerise, menthe et banane. Des analyses par spectroscopie infrarouge (IR) ont ensuite été effectuées afin de vérifier la pureté des arômes obtenus ainsi que la bonne formation des esters correspondants. Les résultats obtenus confirment la conformité des trois arômes synthétisés aux normes internationales, garantissant ainsi leur innocuité pour une application dans l'industrie alimentaire.

Par ailleurs, une étude économique a été menée au sein de l'incubateur de l'université afin d'évaluer la faisabilité et la rentabilité d'une production à grande échelle de ces arômes. Cette étude est présentée sous la forme d'un Business Model Canvas (BMC), joint à ce mémoire, qui offre une vue d'ensemble des aspects clés de cette production, notamment les coûts, les canaux de distribution et les partenaires stratégiques.

En définitive, ce mémoire associe une démarche expérimentale de production d'arômes à une analyse économique visant à évaluer la viabilité de leur production à grande échelle.

Références bibliographiques

- [1] RAHMOUN, MY., SALMI, FZ. Formulation des arômes pour l'industrie agroalimentaire, cosmétique et pharmaceutique. Mémoire Master, 2023.
- [2] MAHAIRAH, RA. Extraction d'arôme de fruit de *punica granatum l* (lythraceae) grenadier. Mémoire Licence, Université d'Antananarivo, 2021.
- [3] LAOUBI, M., BENSOUICI, L. Etude de la production des arômes par voie microbienne. Mémoire Master, 2022.
- [4] BENDEBKA, S., CHIBA, H. Synthèse et identification d'un arôme artificiel (acétate de benzyle) et son conservateur. Mémoire Master, 2017.
- [5] IREPS Pays de la Loire. L'Aventure Sensorielle dans l'Alimentation : L'odorat – La richesse des arômes.
- [6] HARKOUS, S., SOUFI, S. Synthèse et identification d'un arôme artificiel (acétate d'isomyle) et son conservateur (acide benzoïque). Mémoire Master, 2017.
- [7] NICOLAS, H., DANINA, L., EL BANTLI, O. Santé et alimentation : Les arômes. Service de Chimie et Physicochimie organiques, Printemps des Sciences, Bruxelles, 2011.
- [8] Pharmacopée française. Aromes (aromatia). Agence nationale de sécurité du médicament et des produits de santé (ANSM), 1995.
- [9] BOUKHATEM, MN ., FERHAT, A., KAMELI ,A. Méthodes d'extraction et de distillation des huiles essentielles : revue de littérature .Revue Agrobiologia, 2019, 9(2), 1653-1659.
- [10] TAN, M. Caractérisation et valorisation de la production d'arômes par la levure non-conventionnelle *Saprochaete suaveolens* : analyse métabolique de souches sauvages et mutantes et application biotechnologique dans le domaine brassicole. Thèse de Doctorat, 2020.
- [11] RODET, J., C. Les différentes méthodes d'extraction des huiles essentielles, 2016.
- [12] CHAAR, F., EL-AHOUEL, S. Extraction, modification chimique et valorisation de l'activité microbiologique de l'huile essentielle de l'*artemisia judaica*. Mémoire Master, 2018.
- [13] LOHEZIC-LE DEVEHAT, F. La chromatographie sur couche mince appliquée aux lichens, Université Rennes 1 France. 2012 .37(2), 123-129.
- [14] PENCHEV, PI. Etude des procédés d'extraction et de purification de produits bioactifs à partir de plantes par couplage de techniques séparatives à basses et hautes pressions. Thèse doctorat, Université de Toulouse, 2010.

Références bibliographiques

- [15] RICHARD, H. Arômes alimentaires. École Nationale Supérieure des Industries Agricoles et Alimentaires (E.N.S.I.A.), Massy, France, 1992.
- [16] TOURE, D. Etude chimique et biologique des huiles essentielles de quatre plantes aromatique médicinales de côte d'ivoire. Thèse de doctorat, Université de Felix Houphouët-Boigny, 2015.
- [17] FERDES, I., SAIDIA, N. Etude de l'activité antifongique des huiles essentielles de *lavandula stoechas* l. et *d'origanum floribundum munby*. sur des agents d'otomycoses : cas d'*aspergillus niger* . Mémoire de Master, 2019.
- [18] DJIBO, AK. Analyse des huiles essentielles de quelques plantes de la flore du burkina faso appartenant aux familles des *lamiaceae*. Thèse doctorat, 2002, Université de Ouagadougou.
- [19] REHAL, M., TEBICHE, F. Les huiles essentielles : composition, extraction et utilisation. Mémoire de Master, 2022.
- [20] CHOUITAH, O. Composition chimique et activité antibactérienne des huiles essentielles des feuilles de *glycyrrhiza glabra*. Thèse de doctorat, 2012.
- [21] CHERIGUI, M., ZAIBET, H. Pouvoir antibactérien et antioxydant des extarits (huile essentielle et hydrolat) de *salvia officinalis* de la région de bordj bou arreridj. Mémoire de Master, 2014.
- [22] LAICHE, C E., MECHERI, M. Extraction des huiles essentielles et hydrolats. Mémoire Master Startup ,2023.
- [23] TLIDJANE, M., SAIFI, M. L'extraction des pectines à partir des écorces d'orange. Mémoire de Master, 2022.
- [24] ELABED, W., SOUIDI, Y. Etude extraction des huiles essentielles par différents méthodes. Mémoire de Master, 2023.
- [25] HILALI, S. Thermal solar energy applications on ecoextraction and drying of orange peels and rosemary leaves. Thèse de Doctorat, AVIGNON Université, 2020.
- [26] CAVALLI, JF. Caractérisation par CPG/IK, CPG/SM et RMN du carbone-13 d'huiles essentielles de madagascar .thèse doctorat, Université de corde pascal Paoli, 2002.