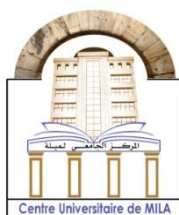


République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de L'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



N° Ref :.....

Centre Universitaire Abdelhafid BOUSSOUF- Mila

Institut des Sciences de la Nature et de la Vie

Département de Biotechnologie végétale

**Mémoire préparé en vue de l'obtention du diplôme de Master
(Start-up)**

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Biotechnologie

Spécialité : Biotechnologie végétale

Thème :

**Fabrication des produits cosmétiques et alimentaires à base de
bigaradier**

Présenté par :

- Charbit Asma
- Boustila ASMA

Devant le jury :

Présidente :	Dr Benmakhlouf Zoubida	M.C.A	Centre univ A. Boussouf Mila
Encadreur :	Dr Himour Sara	M.C.A	Centre univ A. Boussouf Mila
Co-encadreur :	Pr Belattar Hakima	M.C.A	Centre univ A. Boussouf Mila
Co-encadreur :	Dr Achouri Ibrahim	M.C.A	Centre univ A. Boussouf Mila
Examinatrice :	Dr Bousmid Ahlem	M.C.A	Centre univ A. Boussouf Mila
Ex. de lincubateur :	Dr Daoudi Hamza	M.C.A	Centre univ A. Boussouf Mila
Direction du Santé :	Dr Cherioua Hada		Représentant de la direction du Santé

Année Universitaire : 2024/2025



A decorative border with intricate floral and scrollwork patterns, featuring large stylized leaves and swirling vines, framing the entire page.

Remerciement

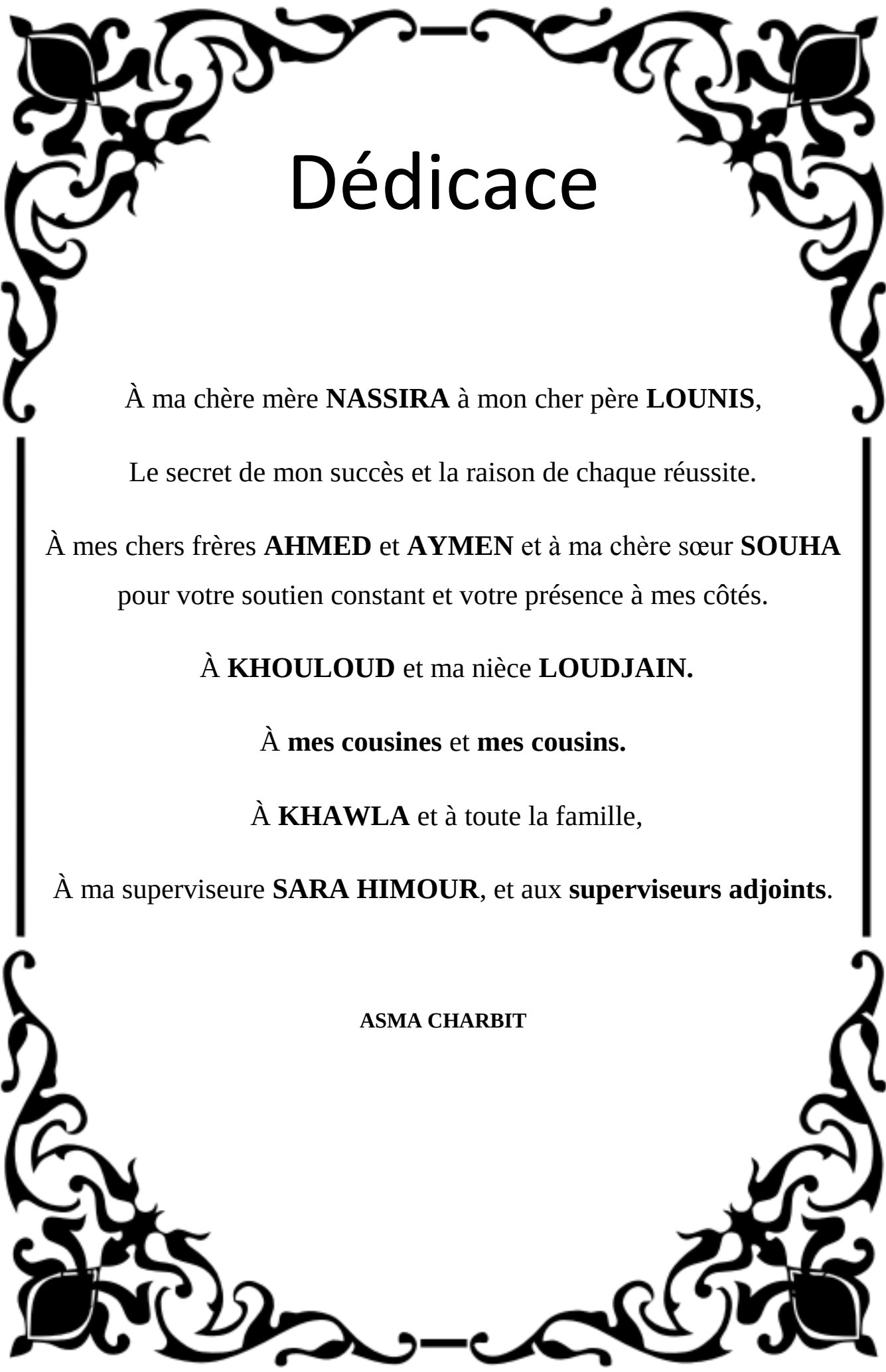
Tout d'abord, nous remercions **ALLAH** Tout-Puissant qui nous a aidé à terminer ce travail.

Nous tenons à exprimer nos sincères remerciements au Dr **HIMOUR SARA**, qui a supervisé cette recherche, pour ses efforts et son dévouement dans l'enseignement et pour nous avoir guidés dans la réalisation de ce travail.

Nous tenons à remercier au professeur **BELATTAR HAKIMA** et au Dr **ACHOURI IBRAHIM** pour leurs conseils et leur contribution à ce travail.

Nous remercions Dr **BENMAKHLOUF ZOUBIDA**, Dr **BOUSMID AHLEM** et Dr **DAOUDI HAMZA** et tous les membres du jury pour leur présence.

Nous remercions tous ceux qui ont contribué à la réalisation de ce travail.



Dédicace

À ma chère mère **NASSIRA** à mon cher père **LOUNIS**,

Le secret de mon succès et la raison de chaque réussite.

À mes chers frères **AHMED** et **AYMEN** et à ma chère sœur **SOUHA**
pour votre soutien constant et votre présence à mes côtés.

À **KHOULOU**D et ma nièce **LOUDJAIN**.

À mes cousines et mes cousins.

À **KHAWLA** et à toute la famille,

À ma superviseure **SARA HIMOUR**, et aux superviseurs adjoints.

ASMA CHARBIT

Dédicace

Louange à Dieu pour ce qui est passé et ce qui est à venir.

C'est à Lui que je demande l'aide en tout temps.

À Lui la louange, en secret comme en public, à jamais.

À celle qui a patienté en silence et avancé avec constance, même lorsque le chemin n'était pas facile.

Moi-même

À la source de ma tendresse.

Ma mère **Nassima**, que Dieu la préserve

À celui qui a toujours été un appui silencieux.

Mon père **Abdelfattah**, que Dieu lui accorde longue vie

À celles avec qui j'ai tout partagé, sans jamais nous diviser.

Mes sœurs **Hala**, **Chourouk** et **Hiba**

À celui qui fait sourire le cœur.

Mon petit frère **Mohamed**

À tous ceux qui m'ont soutenue, même par un mot, un regard ou une simple prière.

Merci du fond du cœur

À celle qui m'a accompagnée dans mes circonstances et dans l'élaboration de ce mémoire.

Ma professeure **Himour** J'offre ce travail, avec toute ma gratitude et ma sérénité,

A tous ceux mentionnés ici,

Et à ceux qui vivent dans mon cœur, même sans être nommés.

ASMA/ Djihane

Résumé

L'orange amère est un fruit riche en vitamines et se distingue par de nombreuses propriétés scientifiques et des composants actifs. Elle est considérée comme l'une des principales sources d'huiles essentielles, en particulier dans les industries de la parfumerie, de la médecine et de la cosmétique.

Dans ce travail, nous avons procédé à l'extraction des huiles essentielles à partir des écorces d'orange amère, grâce à sa richesse en composants naturels qui soutiennent la santé de la peau, la purifient et la revitalisent.

En plus de ses nombreuses utilisations dans le domaine cosmétique, l'orange amère possède également une grande valeur nutritionnelle, notamment dans la régulation du taux de sucre dans le sang. Ainsi, l'objectif de ce travail est la fabrication de produits cosmétiques et alimentaires.

En conclusion, ce projet nous a permis d'approfondir notre compréhension des industries biologiques et naturelles, et de renforcer nos connaissances sur l'utilisation des substances naturelles dans les applications cosmétiques et alimentaires. Nous avons pu fabriquer des produits cosmétiques naturels à base d'huile d'orange amère ainsi qu'un produit alimentaire issu de la même plante, et nous avons obtenu des produits à haute performance et d'une efficacité remarquable.

Mots clés : Orange amère, Huiles Essentielles, Cosmétique, Alimentaire.

Summary

Bitter orange is considered a fruit rich in vitamins and is characterized by numerous scientific properties and active components. It is regarded as one of the most important sources of essential oils, especially in the perfume, medical, and cosmetic industries.

In this work, we carried out the extraction of essential oils from the peels of bitter orange, thanks to its natural components that support skin health, purification, and revitalization. In addition to its wide applications in cosmetics, bitter orange also possesses high nutritional value, including the regulation of blood sugar levels. Therefore, the aim of this work is to produce cosmetic products and food items.

Ultimately, this work allowed us to deepen our understanding of biological and natural industries and to enhance our knowledge of using natural materials in cosmetic and food applications. We successfully created natural cosmetic products based on bitter orange oil, as well as a food product derived from the same plant, and we were able to obtain products with excellent performance and clear effectiveness.

Keywords: Bitter orange, Oils especially, cosmetic, Food.

الملخص

يعتبر البرتقال المر من الثمار الغنية بالفيتامينات كما يتميز بالكثير من الصفات العلمية والمكونات الفعالة حيث يوصف بأنه من أهم مصادر الزيوت الأساسية وخاصة في الصناعات العطرية والطبية والتجميل.

قمنا ضمن هذا العمل بإجراء عملية استخلاص الزيوت الأساسية من قشور البرتقال المر وذلك بفضل احتوائه على مكونات طبيعية تدعم صحة البشرة وتنقيتها وتنشيطها. بالإضافة إلى استخداماته الواسعة في مجال التجميل، يتميز البرتقال المر أيضا بقيمة غذائية عالية منها تنظيم مستويات السكر في الدم. وبالتالي فإن الهدف من هذا العمل هو تصنيع مستحضرات تجميل ومنتجات غذائية.

في الأخير مكننا هذا العمل من تعميق فهمنا في الصناعات الحيوية والطبيعية وتعزيز معارفنا حول استخدام المواد الطبيعية في التطبيقات التجميلية والغذائية، حيث قمنا بصناعة منتجات تجميل طبيعية بالاعتماد على زيت البرتقال المر وكذلك صناعة منتج غذائي من نفس النبات وتمكنا من الحصول على منتجات ذات اداء ممتاز وفعالية واضحة

الكلمات المفتاحية: البرتقال المر، الزيوت الأساسية، تجميل، غذائية.

Sommaire

Remerciement

Dédicace

Dédicace

Résumé

summary

الملخص

sommaire

Liste des figures

List des tableaux

Liste des abréviations

Introduction 1

Partie I Synthèse Bibliographiques 4

Chapitre 01 Généralité sur le bigaradier 5

1. Généralité sur le bigaradier 6

2. Morphologie 6

3. Description botanique 7

4. Classification botanique 8

5. Distribution géographique 8

5.1. Dans le monde 8

5.2. En Algérie 9

Chapitre 02 Métabolisme Secondaire et Activités Hypoglycémiantes. 10

1. Définition des métabolismes secondaires 11

1.1. Composants phénoliques 11

1.2. Flavonoïdes 11

1.3. Alcaloïdes 12

1.4. Terpénoïdes 13

1.5. Tanins 13

1.6. Coumarines 14

1.7.	Saponines	15
1.8.	Vitamine C.....	16
1.9.	Huiles essentielles	16
1.9.1.	Propriétés physiques des Huiles essentielles.....	17
1.9.2.	Répartition et localisation des huiles essentielles	18
2.	Propriétés biologiques de bigaradier	18
2.1.	Action anti- microbienne.....	18
2.2.	Action antioxydant	19
2.3.	Activité anti-inflammatoire	19
2.4.	Activité anti-cancer	20
2.5.	Effets anxiolytiques et sédatifs.....	21
2.6.	Effets antidiabétique.....	21
2.7.	Activités hypoglycémie.....	22
2.7.1.	Définition de diabète	22
2.7.2.	Type de diabète.....	22
2.7.3.	Traitement traditionnel	22
Chapitre 03 Intérêts et Domaines de l'utilisation du Bigaradier et ses huiles essentielles.		24
1.	Intérêts et domaines de l'utilisation du bigaradier	25
1.1.	Utilisations alimentaires.....	25
1.2.	Utilisation médicinale et pharmaceutique	25
2.	Principaux domaines d'application des huiles essentielles	26
2.1.	Agro-alimentaire	26
2.2.	Cosmétologie et parfumerie	27
2.3.	Aromathérapie et pharmaceutique	27
Partie II Etude expérimentale.		29
Chapitre 01 Matériels et méthodes		30
1.	Présentation de la zone de prélèvements.....	31
2.	Matériels.....	31
2.1.	Matériel végétale	31
2.2.	Matériels biologiques	32
3.	Méthodes	32
3.1.	Extraction des huiles essentielles	32

3.2.	Caractérisation des huiles essentielles.....	34
3.2.1.	Caractéristiques organoleptiques.....	34
3.2.2.	Caractéristiques physico-chimiques.....	35
3.3.	Préparation de nos produits cosmétiques	36
3.3.1.	Préparation d'un savon solide	36
3.3.1.1.	Etapes de préparation d'un savon solide	37
3.3.1.2.	Les caractéristiques physico-chimiques.....	38
3.4.	Préparation de confiture a base de bigaradier	39
3.4.1.	Préparation de la confiture d'orange amère avec écorce	39
3.4.2.	Préparation de la confiture d'orange amère sans écorce.....	40
3.5.	Évaluation de l'activité anti diabétique de la confiture de <i>Citrus aurantium</i> in vivo.....	42
3.5.1.	Effet dose- réponse de confiture de bigaradier sur la glycémie des lapins normoglycémique.....	42
3.5.2.	Effet dose-réponse de confiture de <i>Citrus aurantium</i> L. lors du test de tolérance au glucose mesure de la glycémie chez les lapins prétraités.	43
4.	Analyse statistique.....	44
Chapitre 02 Résultats et discussions		45
1.	Essai de fabrication des produits cosmétiques bio naturel	46
1.1.	Huiles Essentielles.....	46
1.1.1.	Résultat et discussions d'Extraction et rendement en Huiles Essentielles.....	46
1.1.2.	Résultats et discussions des caractérisation des huile essentielles	46
2.	Préparation des produits cosmétiques à base des Huiles essentielles de <i>Citrus aurantium</i>	48
2.1.	Savon Bio	48
2.1.1.	Résultats des caractéristiques de savon solide du <i>Citrus aurantium</i>	48
2.1.2.	Discussion	48
2.1.3.	Propriétés et bienfait du savon bio d'huile de <i>citrus aurantium</i>	49
3.	Essai de fabrication des produits alimentaires bio naturel	50
3.1.	Teste le pouvoir hypoglycémiant in vivo des confitures light ou hypoglycémiantes.....	51
3.1.1.	Évaluation de l'activité hypoglycémiant in vivo des confitures de <i>Citrus aurantium</i> avec et sans écorces.	51
3.1.1.1.	Résultats du normoglycémie.	51
3.1.1.2.	Résultats de l'hypoglycémie	52

Conclusion.....	56
Référence bibliographique.....	59
ANNEXE	74

Liste des figures

Figure 01 : <i>Citrus aurantium</i>	06
Figure 02 : Coupe transversale d'une orange	07
Figure 03 : Répartition géographique de l'oranger amère et l'oranger doux	09
Figure 04 : Structure chimique de base des phénols	10
Figure 05 : Structure de base des flavonoides	12
Figure 06 : Structure de la para-synéphrine	13
Figure 07 : Structure de limonène	13
Figure 08 : Structure chimique des tanins	14
Figure 09 : Structure chimique des coumarines.	15
Figure 10 : Structure de l'acide ascorbique.	16
Figure 11 : Carte de localisation de la wilaya de Mila.	31
Figure 12 : Fruits des oranges amères	32
Figure 13 : Matériel animale	32
Figure 14 : Appareil de distillation hydrique de type Clevenger.	33
Figure 15 : Huiles essentielles extraites	34
Figure 16 : Préparation d'un savon solide	38
Figure 17 : Préparation de confiture d'orange amère avec écorce	40
Figure 18 : Préparation de confiture d'orange amère sans écorce	41
Figure 19 : Représentation schématique des étapes réalisées dans l'activité hypoglycémiant et normoglycémie.	42
Figure 20 : Répartition des lapins selon les extraits utilisés pour l'activité normo glycémie.	43
Figure 21 : Répartition des lapins selon les extraits utilisés pour l'activité hypoglycémiant.	44
Figure 22 : Solubilité des huiles essentielles de <i>Citrus aurantium</i> dans l'eau.	47
Figure 23 : savon solide.	48
Figure 24 : confiture light ou hypoglycémiant.	50
Figure 25 : Evaluation de l'activité antidiabétique de la confiture préparée à base de <i>Citrus aurantium</i> (orange amère) sur la normo glycémie chez les lapins.	51
Figure 26 : Evaluation de l'activité antidiabétique de la confiture préparée à base de <i>Citrus aurantium</i> (orange amère) sur l'hypoglycémie chez les lapins.....	52
Figure 27: produits finales.....	55

Liste des tableaux

Tableau 1 : position systématique du bigaradier.....	08
Tableau 2 : Composants des savons.....	36
Tableau 3 : caractéristique organoleptique des huiles essentielles extraits.	46
Tableau 4 : propriétés physico-chimiques des huiles essentielles extraits.....	47
Tableau 5 : Mesure du pH et du hauteur de mousse du savon solide à l'orange amère.....	48

Liste des abréviations

% : pourcentage.

°C : Celsius.

AC: Agrumes (*Citrus*).

ASC: Acrobate.

C : *Citrus*.

CAL : *Citrus aurantium* L

Cm : Centimètre.

DT1 : Diabète type 1.

DT2 : Diabète type 2.

g : gramme.

h : heure.

ha : hectare.

HE : Huile Essentielle.

Kg : kilogramme.

L : Ligne.

LPS : Lipopolysaccharides.

MAPK: Mitogen-Activated protein kinase.

ml : millilitre.

mm : millimètre

NaOH : Hydroxyde Sodium.

NHP : Néohrspéridine

P1 : Poids de l'huile en g

P2 : Poids de plante en g

Ph : Puissance d'Hydrogène.

R % : Rendement.

RHE : Rendement de l'huile essentielle en pourcentage.

RI : Résistance à l'insuline.

Xe : 10e siècle

t1 : Valeur du titre du blan

t2 : Valeur du titre d'échantillon.

P : Poids de l'échantion

PC : Poids corporel

dL : Décilitre

Mg : Milligrammes

AFNOR : Association Française de Normalisation

ISO : International Organisation for Standardisation

Introduction

Introduction

Les agrumes sont l'une des cultures fruitières les plus importantes au monde et sont souvent consommés frais ou sous forme de jus en raison de leur valeur nutritionnelle et de leur saveur distinctive. Également ces plantes sont utilisées dans les domaines médical et cosmétique **(Ghfar et al, 2010)**.

Les plantes aromatiques et médicinales (PAM) constituent une source de substances aux propriétés thérapeutiques variées. Elles ont été utilisées depuis l'Antiquité dans la médecine traditionnelle de nombreux pays. Leurs extraits volatils ont été utilisés pour traiter les maladies infectieuses qui existaient avant la découverte des micro-organismes. **(Buchbaur, 2011)**, le genre *Citrus* (*Citrus aurantium*) est l'une des espèces qui ont été utilisées dans le domaine médical, en raison de sa richesse en composés biologiquement actifs et variés, tels que les composés phénoliques, les huiles essentielles et les vitamines. Les parties les plus utilisées à des fins médicinales sont l'écorce du fruit, les fleurs et les feuilles. **(Sarrou et al., 2013)**. *Citrus aurantium* est également utilisé en phytothérapie comme stimulant et coupe-faim. Il est aussi employé dans la médecine traditionnelle chinoise pour traiter les nausées, les indigestions, la constipation, le cancer, ainsi que pour ses effets cardiovasculaires et sédatifs. Cette plante est facilement disponible et relativement sûre. **(Pellati et al., 2002)**.

Citrus aurantium L. est une plante riche aussi des huiles essentielles, qui sont des composés naturels, volatils et complexes, caractérisés par une forte odeur, produits par les plantes aromatiques en tant que métabolites secondaires. Elles sont généralement extraites par distillation à la vapeur ou par hydrodistillation. Ces huiles jouent un rôle important dans la protection des plantes, agissant comme agents antibactériens, antiviraux, antifongiques, insecticides, et contribuent également à la défense contre les herbivores. **(Bakkali et al., 2008)**. Elles sont obtenues à partir des feuilles, des graines, des bourgeons, des fleurs, des brindilles, des herbes, des écorces, du bois, des racines ou des fruits, ainsi que de la gomme qui s'écoule des troncs des arbres. **(Guinoiscau, 2010)**. Les huiles essentielles de la plante sont largement utilisées dans l'industrie des cosmétiques, de la parfumerie, de l'industrie alimentaire (les arômes), ainsi que dans le domaine phytopharmaceutique. **(Benayad, 2008)**.

Le diabète est une maladie chronique qui se caractérise par un taux élevé de sucre dans le sang. les personnes atteintes de diabète ont besoin d'une alimentation équilibrée et adaptée qui n'altère pas leur santé. Elles doivent privilégier les aliments à faible index glycémique,

comme les légumes verts, les céréales complètes, les légumineuses et les fruits peu sucrés. Il est également important d'éviter les sucres rapides, les aliments transformés et les matières grasses saturées. Une alimentation saine aide à contrôler le taux de sucre dans le sang et à prévenir les complications liées au diabète. De plus, ils ont le droit de consommer des aliments spécialement conçus pour eux, qui ne font pas augmenter leur glycémie.

En réponse aux exigences du marché en matière de produits locaux, qu'ils soient médicaux ou cosmétiques, et dans le but de valoriser les ressources naturelles non exploitées, nous avons réalisé cette expérience qui vise à exploiter les différentes parties de l'orange amère dans les domaines de la cosmétique et de l'alimentation. Les objectifs principaux de ce travail sont les suivants.

- L'extraction des huiles essentielles présentes dans les écorces de l'orange amère.
- La production de produits cosmétiques à partir de ces huiles essentielles.
- La réalisation d'une étude sur un produit alimentaire élaboré à base d'orange amère, en évaluant son effet potentiel hypoglycémiant.

Cette étude est divisée en deux parties principales. La première partie est théorique et comprend Le premier chapitre présente un résumé bibliographique et une étude générale sur la plante de bigaradier (Orange amère). Le deuxième chapitre est consacré à l'étude des constituants chimiques de cette plante, de ses propriétés biologiques et de ses activités, en mettant l'accent sur son activité hypoglycémiant, ainsi que sur les types de diabète et leurs traitements. Le troisième chapitre explore les différents domaines d'utilisation du bigaradier et de ses huiles essentielles. La deuxième partie, qui est expérimentale, est divisée en deux chapitres, Le premier chapitre traite de l'extraction des huiles essentielles à partir des écorces d'orange amère, de la production de savon solide et de confiture de bigaradier, ainsi que de l'évaluation de l'effet de cette confiture sur le taux de glycémie. Le deuxième chapitre présente les résultats obtenus et leur interprétation. Enfin, l'étude se termine par une conclusion récapitulative des résultats et des recommandations.

Partie I

Synthèse Bibliographiques

Chapitre 01

Généralité sur le bigaradier

1. Généralité sur le bigaradier

Citrus aurantium (le bigaradier, l'orange amère ou l'orange de Séville) est l'un des agrumes appartenant à la famille Rutacée, est connue pour son goût extrêmement amer et aigre. (Robert, 2000). Le *Citrus aurantium* est appelé par plusieurs noms communs locaux dans différents pays où il est utilisé pour l'alimentation, la parfumerie et les applications médicales. Le fruit, l'écorce, les feuilles, les fleurs, les graines et l'huile essentielle (HE) de *Citrus aurantium* sont utilisés dans les parfums et les cosmétiques, ainsi que dans l'industrie alimentaire et de la confiserie (Mannucci et al., 2018). De plus, *Citrus aurantium* L. fait partie des espèces qui ont été utilisées à des fins médicinales en raison des divers composés bioactifs qu'il contient, tels que les composés phénoliques, les flavonoïdes, les huiles essentielles et les vitamines. (Sarrou et al., 2013).



Figure 1 : *Citrus aurantium*, (Photo personnelle, 2025).

2. Morphologie

- **Epicarpe ou Epiderme externe (flavédo) :** Épicarpe ou flavédo: est la partie la plus externe de l'écorce, colorée en jaune orangé ou en rouge (Teuscher et al., 2005). Il contient de nombreuses glandes sécrétrices d'essences aromatiques qui sont réparties de façon irrégulière (M'Hiri, 2015).
- **Mésocarpe ou albédo :** Est la couche intérieure blanche et spongieuse et riche en pectines (Bourouka, 2012). représenté la couche intermédiaire douce et blanche de la peau. (Ramful et al., 2010).
- **Endocarpe ou pulpe :** divisé en segments ou carpelles avec des vésicules juteuses (Guimarães et al., 2010) (Figure 2)

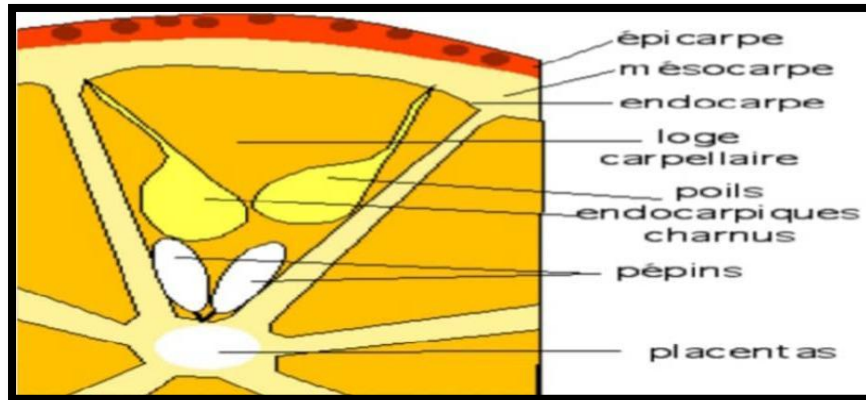


Figure 2 : Coupe transversale d'une orange amère. (Duanl et al, 2014).

3. Description botanique

L'oranger amère est un bel arbrisseau épineux. Ses feuilles vert-brillant ont une odeur faible Et une saveur amère, elles sont ovales, subaiguës au sommet, à pétiole articulé et plus ou moins ailé. Elles mesurent environ 8 cm de longueur et 4 cm de largeur. Les fleurs pouvant atteindre 25 mm, sont blanches et très odorantes. Le fruit appelé Bigarade est une baie cortiquée vert-jaune ou rouge-orangé à maturité, avec des ponctuations bien distinctes. Le goût, acide et très amère, le rend impropre à la consommation (**Esabelle, 2011**). Le Bigaradier est le plus résistant au gel car il peut supporter jusqu'à -20°C . On peut également les cultiver en pot sur une terrasse, ce qui permet de les rentrer à l'abri du gel, comme par exemple à l'Orangerie de Versailles (**Bailet, 2011**).

4. Classification botanique

D'après (Ghedira , 2015) la position systématique du bigaradier est comme suite :

Tableau 01 : position systématique du bigaradier (Ghedira, 2015).

Règne	• Plantae
• Super Division	• Embryophyta
• Division	• Magnoliophyta
• Subdivision	• Spermatophytina
• Classe	• Magnoliopsida
• Sous-Ordre	• Rosanae
• Ordre	• Sapindales
• Famille	• Rutacées
• Genre	• Citrus
• Espèce	• <i>Citrus aurantium</i> L.

5. Distribution géographique

5.1. Dans le monde

Les agrumes trouvent leurs origines en Asie du Sud-Est, dans le nord-est de l'Inde et dans les régions proches de la Birmanie et de la Chine, où l'on trouve diverses espèces comme *C. limon*, *C. aurantium* et *C. sinensis*. (NDO, 2011).

Les Arabes l'introduisirent à la fin du Xe Siècle en Syrie, en Egypte, en Palestine et dans tout Le bassin méditerranéen. (Ben Zid, 2016).

Le bigaradier est aujourd'hui cultivé en Europe du Sud, sur les côtes méditerranéennes et dans d'autres régions subtropicales, notamment dans le sud de la France, en Italie, en Espagne, en Tunisie, en Algérie, en Côte d'Ivoire, en Haïti, aux États-Unis, au Brésil et dans d'autres pays (**Figure 3**). Il est possible que l'oranger amère soit un hybride entre *C. reticulata* et *C. maxima*. (**Ghedira et Goetz, 2015**).

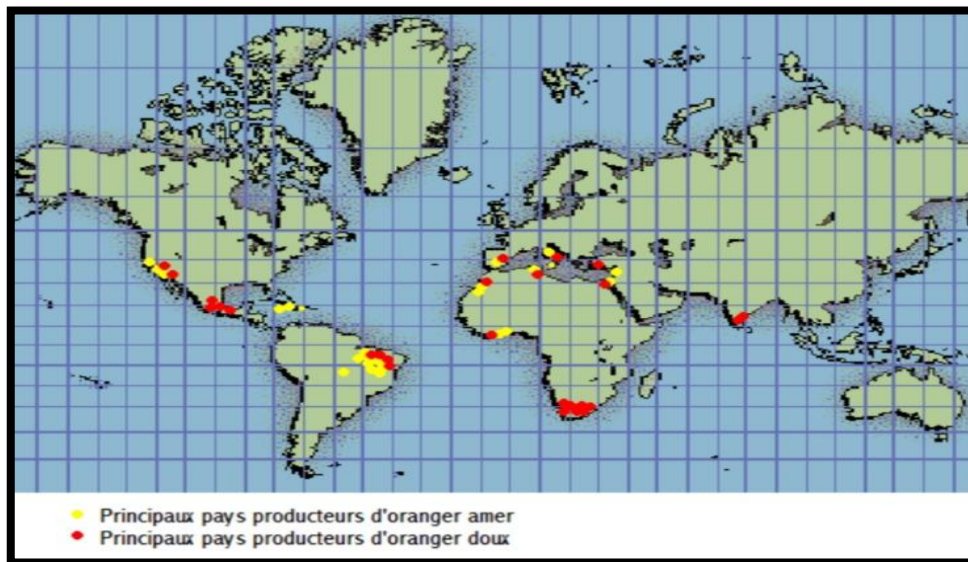


Figure 3: Répartition géographique de l'oranger amère et l'oranger doux (**Ancyclopedie, 2006**).

5.2. En Algérie

En Algérie, le développement de la culture commerciale des agrumes est relativement récent, bien que la présence du bigaradier a été rapporté déjà dans l'empire des almohades et embellit les jardins des Beys dans les Casbahs pendant l'occupation Ottomane, le verger algérien d'agrumes (surtout constitué d'oranges, d'un peu de clémentines et de citrons et de très peu de mandarines et de pomelos) est estimé à 65 000 ha, dont plus de 50% sont localisés dans la Mitidja. Les wilayas d'Annaba, Skikda, Oran, Mascara, Mostaganem, Chlef, Blida, Alger et Tipasa sont les principales zones productrices (au total, 43% des Agrumes sont cultivés dans la plaine de la Mitidja, 27% dans la région du Chlef et 7% à Mascara). (**Anonyme, 2014**).

Chapitre 02

Métabolisme Secondaire

et Activités Hypoglycémiantes

1. Définition des métabolismes secondaires

Les métabolites secondaires constituent un groupe extrêmement diversifié de produits naturels synthétisés par les plantes (**Roze et al., 2011**). Les métabolites secondaires ont des rôles multifonctionnels (**Reshi et al., 2023**), principalement impliqués dans la défense et les interactions avec l'environnement. Dans le règne végétal, plus de 2, 140, 000 métabolites secondaires ont été recensés à ce jour. Le répertoire des métabolites secondaires tels que les alcaloïdes, les composés phénoliques et les terpénoïdes est classé en fonction de leur origine biosynthétique, de leur fonction et de leur structure. (**Al-khayri et al., 2023**).

1.1. Composants phénoliques

Les composés phénoliques sont des métabolites secondaires largement répandus dans le règne végétal en ce qui concerne leur structure chimique, ces composés contiennent au moins un groupe phénol (**Figure 4**). Ce phénol est composé d'un cycle aromatique avec un ou plusieurs groupes hydroxyles. Bien que les composés phénoliques puissent être présents sous leur forme libre dans les plantes, ils sont généralement présents liés à des sucres ou à des protéines (**Cosme et al., 2020**). *Citrus aurantium* avait la plus grande quantité : phénoliques (pyrogallol, acide syringique, acide férulique et acide caféique) et flavonoïdes (néohesperidine, rutine et naringine). (**Seyyedi-Mansour et al., 2023**).

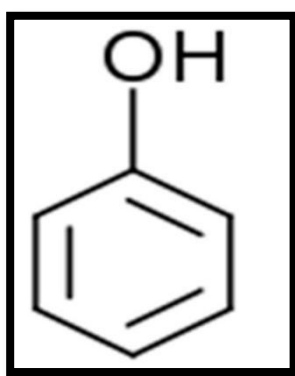


Figure 4 : Structure chimique de base des phénols (**Zagoskina et al., 2023**)

1.2. Flavonoïdes

Les flavonoïdes font partie d'une classe de composés naturels largement répandue chez les végétaux. Ils sont très présents dans les feuilles, les graines, l'écorce et les fleurs de plante. (**Lugasi, 2008**). Ils peuvent être considérés comme des agents responsables de la

coloration jaune orange rouge des différents Organes végétaux. **(Harborne et William, 2000).**

Le terme flavonoïde rassemble une très large gamme de composés naturels appartenant à la famille des poly phénols. Leur fonction principale semble être la coloration des plantes.

Ils sont surtout abondants chez les plantes supérieures particulièrement dans certaines familles : Polygonacées, Rutacées, Légumineuses, Ombellifères et Composés. **(Richter, 2006).**

Selon la structure du cycle C, les flavonoïdes se répartissent en plusieurs classes de molécules dont les importantes sont les flavones, les flavonols, les flavonones, le Flavanols, les anthocyanidines et les isoflavones **(Figure 5).****(Medic, 2004).**

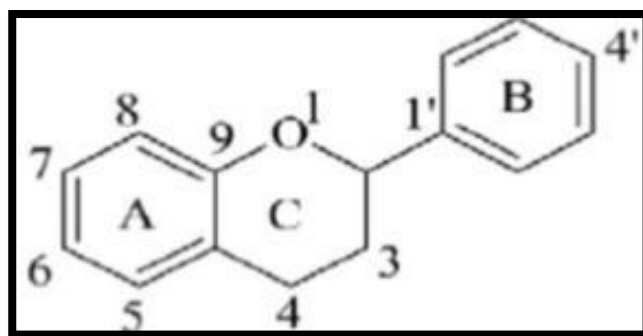


Figure 5 : Structure de base des flavonoïdes. (Karabin, 2015).

1.3. Alcaloïdes

Les alcaloïdes sont des composés azotés souvent dotés de fortes propriétés biologiques. Le terme alcaloïde est lié à leurs propriétés basiques dues à la présence d'un ou plusieurs atomes d'azote, sous forme d'amines primaires, secondaires ou tertiaires, souvent en hétérocycles **(Ferreira, 2022)**. Chez *C. aurantium*, divers types d'alcaloïdes ont été identifiés dans différentes parties de la plante. Par exemple, huit types d'alcaloïdes (stachydrine, caféine, cathine, synéphrine, hordénine, cytisine, N-méthylcytisine et choline). De plus, la synéphrine et la stachydrine ont été détectées dans des extraits aqueux dérivés de résidus de *C. aurantium*. La stachydrine a montré des avantages uniques dans la prévention et le traitement des maladies cardiovasculaires. La p-synéphrine, un protoalcaloïde extrait du fruit immature ou de l'écorce de l'orange amère (*Citrus aurantium* L.) **(Zagoskina et al, 2023).**

C. aurantium présentant des niveaux particulièrement élevés d'alcaloïdes antioxydants par rapport aux autres espèces d'agrumes (**Fernandez-cabal et al., 2025**). (Figure 6)

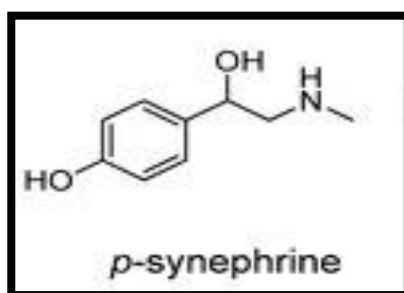


Figure 6: Structures de la para-synéphrine. (**koncz et al., 2022**).

1.4. Terpénoïdes

Les terpénoïdes constituent le groupe le plus vaste et le plus diversifié de composés phytochimiques naturels. Ils produisent le parfum, le goût et la pigmentation des plantes. Leur classification repose sur le nombre de carbones formés par les unités isoprène qu'ils contiennent. Ces unités isoprène sont les éléments constitutifs des terpénoïdes, un hydrocarbure gazeux de formule moléculaire C₅H₈ (**Kamran et al., 2022**). Les teneurs en monoterpènes et en sesquiterpènes sont plus élevées dans diverses huiles volatiles (**Huang et al., 2021**). Le *Citrus aurantium* L, ou Orange amère, est une plante médicinale largement utilisée pour traiter les troubles gastro-intestinaux, la tachycardie et les rhumatismes. Les parties les plus utilisées sont l'écorce du fruit, les fleurs et les feuilles. Des études ont montré que son huile essentielle, extraite de l'écorce fraîche, contient principalement du limonène, un monoterpène reconnu pour ses propriétés antiulcérogènes et thérapeutiques (**Moraes et al., 2009**) (Figure 07).

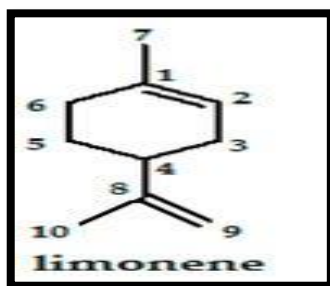


Figure 7: Structure de limonène. (**Reydel-ciszek, 2024**).

1.5. Tanins

Les tanins sont des composés phénoliques solubles dans l'eau, de poids moléculaire

compris entre 500 et 3000 Dalton, et ayant, outre les propriétés habituelles des phénols, la capacité de précipiter les alcaloïdes, la gélatine et les protéines (**PERONNY, 2005**).

On distingue habituellement chez les végétaux supérieurs deux groupes basés sur des différences structurales : les tanins hydrolysables et les tanins non hydrolysables. (**Figure 08**). (**Fiorycci, 2006**).

La synthèse des tanins est ainsi un des mécanismes de défense contre les agressions des phytopathogènes (bactéries, champignons, virus) et des prédateurs (insectes, mammifères herbivores). Ils forment une vaste famille de molécules caractérisées par la présence d'au moins un noyau aromatique associé à un ou plusieurs groupements phénoliques hydroxylés. (**Rira Moufida, 2019**).

Les tanins sont considérés comme des métabolites secondaires présentant une forte activité biologique. Leur présence a été démontrée dans plusieurs plantes médicinales, telles que *Citrus aurantium*, à l'aide de tests chimiques spécifiques (**Alzand et al., 2024**).

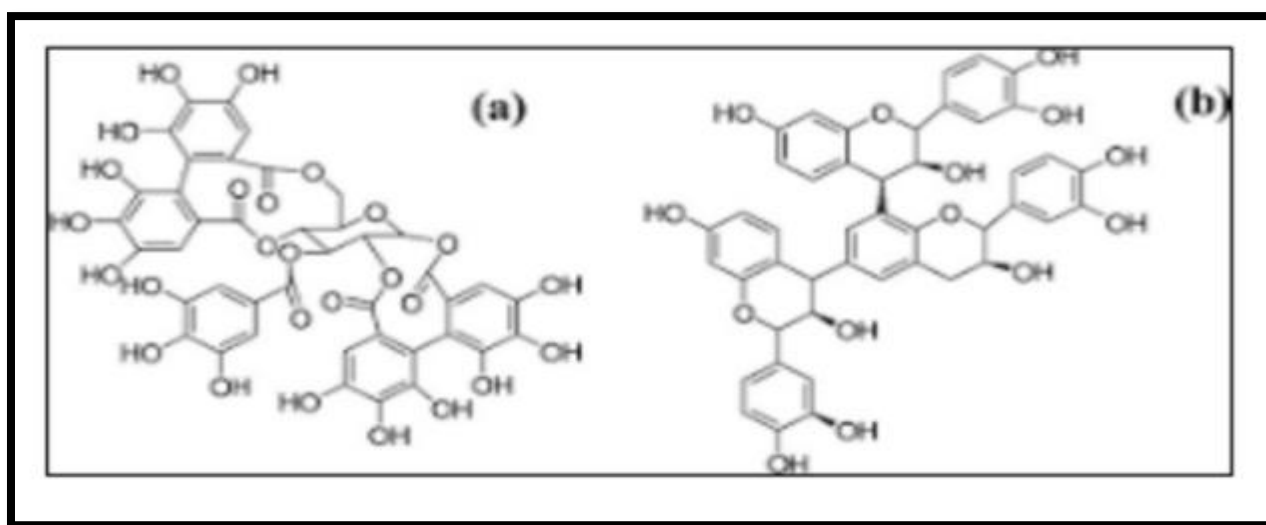


Figure 8 : Structure chimique des Tanins. (**Ayodele, 2022**).

1.6. Coumarines

Les coumarines sont un grand groupe de métabolites secondaires des plantes. Leur diversité structurale fournit différentes activités biologiques au sein du groupe de ces substances, y compris antioxydant, antibactérien antiviral, anticoagulant anti-inflammatoire et antitumoral (**Khandy et al., 2024**) La structure principale des coumarines est la benzo- α -pyrone (2H-1-benzopyran-2-one) (**Figure 09**) composée d'un cycle benzénique aromatique dans un système

conjugué fusionné avec une α -pyrone (cycle lactone). Cette structure riche en électrons peut interagir avec diverses cibles moléculaires. Les fruits de *Citrus aurantium* sont reconnus pour leur richesse en coumarines. Huit types distincts ont été identifiés dans leurs extraits : la scoparone, la 4-(2,3-dihydroxy-3-méthylbutoxy)-7H-furo[3,2-g]chromen-7-one, la 7-méthoxy-4-méthylcoumarine, la méréanzine, l'isoméréanzine, le bergaptène, l'ostrutine et l'auraptène. Cette diversité traduit la complexité et l'abondance des métabolites secondaires caractéristiques de cette espèce (Fernandez_cabal et al., 2025).

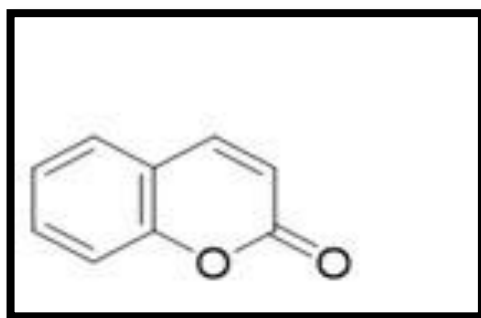


Figure 9: Structure chimique des coumarines. (flores_Morales et al., 2023)

1.7. Saponines

Les saponosides ou saponines sont un groupe de métabolites secondaires fréquemment rencontrés chez les végétaux. Ils tirent leur nom du latin *sapo* signifiant savon en raison de leur propriété à former des solutions moussantes en présence d'eau. (Gauthier, 2006).

Les saponines font partie des métabolites secondaires. Ce sont des composés qui servent de défense à la plante. De nombreuses revues rapportent que les saponines existent dans les plantes sous forme biologiquement active et sont impliquées dans la phyto-protection antimicrobienne. Structuralement, les saponines peuvent être classées en deux groupes selon la nature de la génine, saponine stéroïdique et saponine triterpénique. (Manase, 2013).

Les saponines trouvent aussi leur utilité à travers leur pouvoir antifongique, anti-insecte, ainsi que dans les interactions chimiques impliquant une allélopathie. (Julie pierra, 2020). La présence de saponines a été confirmée dans les feuilles séchées de *Citrus aurantium* par des tests phytochimiques préliminaires (Periyamayagam et al., 2013).

1.8. Vitamine C

La vitamine C, également connue sous le nom d'acide L-ascorbique ou ascorbate (ASC), est un composé organique ($C_6H_8O_6$) (**Figure 10**) dont le nom chimique est 2-oxo-L-thréo-hexono-1,4-lactone-2,3-enediol. (**Grădinaru et al., 2025**). La vitamine C est souvent utilisée comme indicateur de la rétention des nutriments Dans les produits transformés en raison de sa grande sensibilité aux conditions de Traitement et de conservation Un déficit en vitamine C ralentit l'activité d'un Certain nombre de systèmes enzymatiques impliqués dans la synthèse du collagène et Provoque le scorbut La vitamine C joue également un rôle antioxydant largement reconnu dans la prévention de Certains cancers , en renforçant Les fonctions immunitaires et en neutralisant les radicaux libres à l'échelle cellulaire (**Bonazzi et Courtois, 2016**).

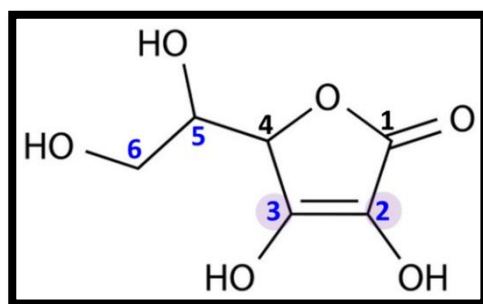


Figure 10: Structure de l'acide ascorbique. (**Gegotek et al., 2022**)

1.9. Huiles essentielles

Une huile essentielle est une substance liquide, odorante, volatile, de consistance huileuse, offrant une forte concentration en principes actifs (**Lardry et Haberkorn, 2007**), elle représente l'essence de la plante, autrement dit son parfum (**Bonnafous, 2013**).

Les huiles essentielles sont des composés volatils, naturels et complexes caractérisés par Une forte odeur et sont formées chez les plantes aromatiques en tant que métabolites secondaires. Ils sont généralement obtenus par vapeur ou par hydrodistillation. Ils jouent un rôle important dans la protection des plantes et agissent comme agents antibactériens, antiviraux, antifongiques, insecticides et aussi contre les herbivores (**Bakkali et al., 2008**).

Contrairement à ce que son nom laisse supposer, l'huile essentielle pure et naturelle ne contient aucun corps gras. Elle est composée de molécules à squelette carboné. Les huiles essentielles ne contiennent ni vitamine, ni sels minéraux, mais peuvent modifier leur

absorption et leur assimilation par l'organisme. Les huiles essentielles sont des substances complexes qui contiennent plusieurs centaines de composants, cependant on peut les regrouper en familles de substances chimiques. Ce sont ces molécules connues et chimiquement définies qui confèrent aux huiles essentielles leurs propriétés thérapeutiques. **(Franchome et al, 2001).**

Les huiles essentielles sont des composés naturels très complexes qui peuvent contenir Environ 20 à 60 composantes à différentes concentrations. Ils sont caractérisés par deux ou trois composantes importantes à assez hautes concentrations (20-70%) comparés à d'autres composants présentés en quantités de trace.

En effet, les constituants des huiles essentielles peuvent être répartis en deux groupes conférant aux essences aromatiques leurs propriétés antibactériennes :

- Le groupe des terpénoides (les composés terpéniques) : il s'agit d'une famille de composés Largement répandus dans le règne végétal, ils sont formés par la combinaison de 5 atomes de carbones (C5) nommée : isoprène. Ce groupe est subdivisé en deux sous-groupes : les monoterpènes et les sesquiterpènes.
- Le groupe des phénylpropanoïdes (les composés aromatiques) : sont beaucoup moins Fréquents que les composés terpéniques. Ils comprennent plusieurs fonctions : alcool, phénols, dérivés méthoxy, composés méthylène dioxy. Elles peuvent également renfermer divers produits issus du processus de dégradation mettant en jeu des constituants non volatils. **(Bouras, 2018).**

1.9.1. Propriétés physiques des Huiles essentielles

Les HE possèdent en commun un certain nombre de propriétés physiques :

- Elles sont solubles dans : l'alcool, l'éther, le chloroforme, les huiles fixes, les émulsifiants et dans la plupart des solvants organiques.
- La densité est généralement inférieure à celle de l'eau.
- Elles ont un indice de réfraction élevé.
- Elles sont très altérables et sensibles à l'oxydation.
- Elles sont liquides à la température ambiante.

- Elles sont incolores sauf dans quelque cas où on trouve des huiles en jaune, en bleu (huiles essentielles de camomille), en vert (huile d'absinthe) et en rouge (huile volatile de cannelle).
- Elles sont volatiles ce qui différencie des huiles fixes. **(Ben Abderrahmane et al., 2009).**

1.9.2. Répartition et localisation des huiles essentielles

Les huiles essentielles sont synthétisées et accumulées dans des structures histologiquement spécialisées. On retrouve ces structures sur ou à proximité de la surface de la plante et dans tous les organes végétaux. On peut distinguer :

Tissus à sécrétion externe (situés à l'extérieur de la plante.), tissus à sécrétion interne (situés à l'intérieur de la plante.), cellules à sécrétion intracellulaire.

La partie de la plante utilisée pour obtenir l'huile essentielle doit être précisée, soit pour des questions de rendement (par exemple: la fleur de lavande contient beaucoup plus d'huile essentielle que la tige), soit parce que la composition chimique de la partie considérée conduira à une application spécifique très intéressante (c'est le cas d'oranger amère (*Citrus aurantium*, Rutaceae): l'épicarpe frais du fruit fournit l'essence de Curaçao utilisée pour confectionner des cocktails, les fleurs fournissent l'huile de Néroli (eau de fleur d'oranger amère), les feuilles et les petits rameaux fournissent l'essence de petit grain de bigaradier). Sur le plan quantitatif, les teneurs en huiles essentielles des plantes pouvant les contenir sont très faible, souvent inférieur à 1%. Des teneurs fortes comme celle du bouton floral du giroflier (15%) sont rares et exceptionnelles. **(Dorosso sonate, 2002), (Kaloustian et Hadji-Minaglo, 2012).**

2. Propriétés biologiques de bigaradier

2.1. Action anti- microbienne

Beaucoup de plantes aromatiques et leurs huiles essentielles montrent une activité antimicrobienne qui pourraient empêcher la croissance des microorganismes d'altération et pathogènes, améliorant de ce fait la sécurité alimentaire. **(Sacchetti et al., 2005), (De Souzi et al., 2006).** L'extrait et l'essence de *Citrus aurantium* avaient un effet plus important sur les bactéries à Gram positif qu'avec des bactéries à Gram négatif examinées dans cette étude. Sur la base de ces résultats, l'essence de *Citrus aurantium* et l'extrait pourrait être utilisé en

complément d'un médicament dans traitement des maladies des voies urinaires causées par des bactéries Gram positives. **(Dadashi et al., 2015).**

Les huiles essentielles de *Citrus aurantium* L. sont riches en composés bioactifs, notamment le limonène, le linalol et le bêta-pinène, qui sont principalement responsables de leur forte activité antimicrobienne contre un large éventail de micro-organismes, notamment les bactéries, les champignons et les virus. **(Ellouze et al., 2024).**

2.2. Action antioxydant

Un radical libre peut être défini comme toute espèce moléculaire capable d'existence indépendante et contenant un électron non apparié dans une orbitale atomique. La présence d'un électron non apparié entraîne certaines propriétés communes à la plupart des radicaux. De nombreux radicaux sont instables et hautement réactifs. Le stress oxydatif, résultant d'un déséquilibre entre la production de radicaux libres et les défenses antioxydantes, est associé à des dommages à un large éventail d'espèces moléculaires, notamment les lipides, les protéines et les acides nucléiques. **(Lobo et al., 2010).**

C. aurantium est une source évidente d'antioxydants naturels, **(Maksoud et al., 2021).** Les composés Phénoliques sont les principaux facteurs Responsables des activités antioxydantes. **(Doukanie et Tabak, 2017).** L'huile essentielle et l'hydrolat contenaient des niveaux élevés de constituants monoterpéniques et sesquiterpéniques qui ont une activité antioxydante proche de celle des constituants phénoliques, brisent les réactions en chaîne des radicaux libres et provoquent leur oxydation irréversible en composés inertes. **(Degimenci et Erkurt, 2020).** *Citrus aurantium* L. grec sont une source naturelle potentielle de monoterpènes tels que le limonène, le β -pinène, le linalol et l'acétate de linalyle. De plus, en raison des effets de piégeage, on s'attend à ce que les huiles essentielles d'agrumes et les composants aromatiques associés contribuent à la prévention de l'oxydation en tant qu'antioxydants et piègeurs de radicaux libres. **(Sarrou et al., 2013).**

2.3. Activité anti-inflammatoire

L'inflammation fait partie intégrante des maladies auto-immunes, causées par un dérèglement du système immunitaire. Ce dérèglement implique un déséquilibre entre les médiateurs pro-inflammatoires et anti-inflammatoires. **(Moudgil et al., 2022).**

Ces composés, notamment les flavonoïdes possèderaient une action inhibitrice sur l'inflammation, Qui passerait par l'inhibition de la Formation des principaux médiateurs pro-Inflammatoires du métabolisme de l'acide Arachidonique via l'inhibition des cyclo-Oxygénases et lipoxygénases (**Sene et al., 2016**). Les flavanones représentent la sous-classe de flavonoïdes la plus répandue dans le genre *Citrus*, et leurs propriétés antioxydantes et anti-inflammatoires sont incontestables et universellement reconnues. Ces activités prometteuses font des flavanones des candidats importants dans le traitement de divers troubles inflammatoires chroniques tels que les maladies cardiovasculaires et métaboliques (**Smeriglio et al., 2023**). Il a été démontré que l'extrait flavonoïde de *C. aurantium* pouvait inhiber l'apparition d'une réaction inflammatoire en inhibant la voie de signalisation des macrophages, la protéine kinase activée par les mitogènes (MAPK) induite par les LPS et le facteur nucléaire kappa B (NF-kappa B) (**Heo et al., 2024**). Des études antérieures ont démontré que les extraits de CAL et ses principaux composants avaient des effets anticancéreux, anti-inflammatoires, (**He et al., 2018**).

2.4. Activité anti-cancer

Les agrumes (AC) sont les fruits les plus consommés dans le régime méditerranéen, car ils sont connus pour réduire le risque de maladies dégénératives, y compris le cancer. (**Cirmi et al., 2017**).

Les flavonoïdes d'agrumes pourraient s'avérer être Un agent anticancéreux efficace, en particulier contre le cancer de la peau, du côlon, de la prostate, du poumon et du foie et Encourager les recherches futures pour évaluer son efficacité dans les essais cliniques sur l'homme. L'étude anticancéreuse de ces flavonoïdes a bien progressé ces dernières années, même si elle n'en est qu'aux premiers stades grâce à l'analyse chimique et à l'isolement modernes ainsi qu'aux tests d'activité biologique. (**Nancy et al., 2014**).

Les espèces d'agrumes, dont *C. aurantium* L., contiennent une large gamme de principes actifs et sont composées de plusieurs composants, dont des limonoïdes et des flavonoïdes. Ces flavonoïdes contenus dans *C. aurantium* L. régulent la réponse inflammatoire, les maladies cardiovasculaires et la cancérogenèse par divers mécanismes Des études récentes ont également rapporté que les flavonoïdes empêchent la prolifération de diverses lignées cellulaires cancéreuses et modifient le comportement du cycle cellulaire les

flavonoïdes isolés de *C. aurantium* L. possèdent une activité anticancéreuse par la régulation de l'apoptose et de la migration cellulaire (**park et al., 2014**).

2.5. Effets anxiolytiques et sédatifs

Les résultats issus des études cliniques et expérimentales indiquent que l'huile essentielle de *Citrus aurantium* possède des effets anxiolytiques et sédatifs notables. Les tests réalisés chez l'animal ont démontré une augmentation du temps passé dans des environnements lumineux et une réduction des comportements compulsifs tels que l'enfouissement de billes, traduisant une action apaisante. Par ailleurs, les essais cliniques chez des patients soumis à une chirurgie mineure ont montré une diminution significative de l'anxiété préopératoire, sans altération des paramètres hormonaux. Dans le cadre de la médecine traditionnelle, une formule à base de *C. aurantium* a permis une amélioration des symptômes dépressifs chez les rats, en rétablissant l'équilibre de l'axe hypothalamo-hypophyso-surrénalien et en stimulant l'expression de facteurs neurotrophiques. En outre, l'inhalation de l'huile essentielle à différentes concentrations a induit des effets sédatifs et anxiolytiques, tout en préservant les niveaux physiologiques de la mélatonine et de la corticostérone, ce qui confirme son potentiel en tant qu'agent thérapeutique naturel contre les troubles anxieux.(**Suntar et al., 2018**).

2.6. Effets antidiabétique

De nombreux flavonoïdes dérivés des agrumes réduisent le stress oxydatif, améliorent la tolérance au glucose et la sensibilité à l'insuline, modulent le métabolisme lipidique et la différenciation des adipocytes, suppriment l'inflammation et l'apoptose et améliorent le dysfonctionnement endothélial ce qui indique leur effet antidiabétique potentiel.(**Gandhi et al., 2020**).

Des études ont montré que les extraits de bigaradier (*Citrus aurantium*) ont un effet bénéfique sur les défenses antioxydantes hépatiques et la réduction de la glycémie chez des souris diabétiques. Ces extraits ont permis de diminuer les marqueurs de stress oxydatif et d'améliorer l'activité de certaines enzymes antioxydantes, réduisant ainsi les lésions hépatiques, comme l'ont révélé les analyses histologiques. Par ailleurs, les flavonoïdes du *C. aurantium* influencent les voies de signalisation de l'insuline au niveau cellulaire. D'autre part, la néohespéridine (NHP), isolée des fleurs d'oranger, s'est révélée efficace pour abaisser la glycémie, les lipides sanguins et améliorer les paramètres métaboliques chez des souris

diabétiques, en régulant l'expression des enzymes impliquées dans le stockage et l'oxydation des graisses dans le foie. (Maksoud et al., 2021).

2.7. Activités hypoglycémie

2.7.1. Définition de diabète

Le diabète est un désordre métabolique défini par une hyperglycémie chronique. Il est secondaire à un déficit de sécrétion absolu ou relatif en l'insuline, à une résistance à son Action ou à la présence de ces deux altérations. Ses symptômes caractéristiques incluent Une soif intense, une polyurie, une perte de poids non expliquée, une vision trouble et Dans certains cas, une susceptibilité accrue à certains types d'infections (Ouhoumane, 2010).

2.7.2. Type de diabète

- **Type diabète 1**

Le diabète de type 1 (DT1) est une maladie auto-immune à médiation cellulaire T. La destruction des cellules bêta pancréatiques provoque une carence en insuline, laquelle entraîne une hyperglycémie et une tendance à l'acidocétose. 1 L'excès de glucose doit être pris en charge par des injections d'insuline exogène plusieurs fois par jour. 2 Les patients atteints de DT1 représentent 5 à 10 % de l'ensemble des diabétiques, (Kahanouitz et al., 2017).

- **Type de diabète 2**

Diabète de type 2 (DT2), une affection caractérisée par une sécrétion insuffisante d'insuline par les cellules bêta des îlots pancréatiques, une résistance tissulaire à l'insuline (RI) et une réponse compensatoire insuffisante de la sécrétion d'insuline. La progression de la maladie rend la sécrétion d'insuline incapable de maintenir l'homéostasie du glucose, ce qui produit une hyperglycémie. Les patients atteints de DT2 se caractérisent principalement par une obésité ou un pourcentage de masse grasse corporelle élevé, principalement réparti dans la région abdominale (Galicia_Garcia et al., 2020).

2.7.3. Traitement traditionnel

- **Thérapie par les plantes médicinales.**

Les plantes médicinales représentent une source essentielle de soins de santé primaires et de nutrition à base de végétaux dans de nombreux pays à revenu faible ou intermédiaire. Cette importance est due à la richesse de ces plantes en composés phytochimiques ayant démontré une activité antidiabétique, notamment par la réduction de la glycémie, la stimulation de la sécrétion d'insuline et l'atténuation des complications liées au diabète **(Ansari et al., 2023)**. Ces composés naturels agissent selon plusieurs mécanismes, dont l'inhibition de la production excessive de glucose par le foie, la modulation des voies inflammatoires et la réduction du stress oxydatif, contribuant ainsi à la protection cellulaire et à l'amélioration du métabolisme des glucides. **(Eddouks et al., 2021)**.

Le traitement du diabète de type 2 repose en grande partie sur des règles hygiéno-diététiques, **(Zaiter et Yagoubi, 2022)** et l'intégration d'éléments naturels actifs dans l'alimentation constitue une approche complémentaire importante. Parmi ces éléments, la pectine, une fibre soluble, montre une activité hypoglycémiant et hypolipémiante, en particulier lorsqu'elle est consommée sous différentes formes alimentaires, ce qui en fait un composant naturel d'intérêt dans la gestion du diabète **(Ren et al., 2023)**. De plus, l'acide ascorbique (vitamine C) joue un rôle protecteur contre les dommages cellulaires causés par le stress oxydatif chez les patients diabétiques. Il contribue également à l'amélioration des fonctions pancréatiques et à la régulation de la glycémie, ce qui en fait un allié efficace pour atténuer les complications de la maladie et renforcer le contrôle glycémique **(Shi et al., 2020)**. De nombreuses substances d'origine végétale possèdent un effet bénéfique sur la régulation de la glycémie, ce qui renforce l'intérêt thérapeutique des plantes médicinales dans la prise en charge du diabète **(Modak et al., 2007)**.

Chapitre 03

**Intérêts et Domaines de
l'utilisation du Bigaradier et
ses huiles essentielles**

1. Intérêts et domaines de l'utilisation du bigaradier

Les fleurs, fruits et feuilles de *Citrus aurantium* sont une riche source de nutriments tels que vitamines, minéraux et protéines, ainsi que de composés bioactifs tels que flavonoïdes, alcaloïdes (Fernandez _cabal et al., 2025).

1.1. Utilisations alimentaires

Les dérivés de *Citrus aurantium* sont largement utilisés dans l'industrie alimentaire. Le jus est principalement incorporé dans les vinaigrettes comme alternative au jus de citron pour sa saveur caractéristique (Maksoud et al., 2021). L'eau distillée de fleur d'oranger est couramment utilisée pour aromatiser les desserts. Par ailleurs, l'écorce de l'orange amère est employée sous forme de zestes séchés et moulus ou de fruits confits dans diverses pâtisseries telles que les gâteaux, crèmes, beignets et crêpes. (Cerdagne, 2004).

Enfin, des extraits contenant de la p-synéphrine sont intégrés dans différents jus d'agrumes et produits alimentaires, notamment dans les compléments nutritionnels. (Guimaraes et al., 2024).

1.2. Utilisation médicinale et pharmaceutique

L'orange amère (*Citrus aurantium* L.) a montré des effets anxiolytiques et antidépresseurs. (Agrwal et al., 2022).

En raison de leurs propriétés médicinales, les produits dérivés de *C. aurantium* sont couramment utilisés comme médicaments et dans les compléments alimentaires. Son écorce et/ou ses fruits immatures sont employés dans diverses applications de santé, notamment pour leurs effets digestifs, anxiolytiques, leur capacité à soulager l'insomnie, ainsi que leurs propriétés antioxydantes, anti-inflammatoires et adjuvantes dans les traitements contre l'obésité. (Guimaraes et al., 2024).

Par ailleurs, la p-synéphrine, un protoalcaloïde extrait du fruit immature ou de l'écorce de l'orange amère, est largement utilisée dans les produits de perte de poids. (Koncz et al., 2022).

2. Principaux domaines d'application des huiles essentielles

En raison de leurs diverses propriétés, les HE sont devenus une matière d'importance économique considérable avec un marché en constante croissance. En effet, elles sont commercialisées et présentent un grand intérêt dans divers secteurs industriels comme en pharmacie par leurs pouvoirs antiseptique, analgésique, antispasmodique, apéritif, antidiabétique..., en alimentation par leur activité Anti-oxydante et leur effet aromatisant, en parfumerie et en cosmétique par leur propriété odoriférante. **(Ouis, 2015).**

Les huiles essentielles et leurs composants sont utilisés depuis longtemps dans les domaines de la santé, de l'alimentation et de l'aromathérapie. L'huile essentielle de *Citrus aurantium* représente une source précieuse de composants d'huiles essentielles, à savoir l'acétate de linalol, l'acétate d' α -terpinyle, le linalol et l'eucalyptol. **(Al hawary et al., 2024).**

Ils sont considérés comme des produits sûrs couramment utilisés dans diverses industries : dans les cosmétiques, les parfums, les produits de soins corporels et les industries du savon (en raison de leur parfum commercialisable). **(Maksoud et al., 2021).**

2.1. Agro-alimentaire

En vertu de leurs propriétés antiseptiques et aromatisants, les HE sont employées quotidiennement dans les préparations culinaires (ail, laurier, thym,). Elles sont également très prisées en liquoristerie (boissons anisées, kummel) et en confiserie (bonbons, chocolat...). Leur pouvoir antioxydant leur permet de conserver les aliments en évitant les moisissures. **(Ouis, 2015).**

Dans l'industrie agroalimentaire, l'efficacité et le potentiel des huiles essentielles ont été mis en évidence grâce à leurs propriétés antibactériennes naturelles. Ces propriétés peuvent être utilisées dans la conservation des aliments, inhibant la croissance des bactéries les huiles essentielles d'orange amère ont été étudiées comme désinfectant naturel dans la transformation des légumes. **(Fernandez_cabal et al., 2025).**

Les propriétés antimicrobiennes de l'HE sont également remarquables, avec des effets démontrés contre les souches Gram-négatives et Gram-positives et contre les bactéries pathogènes opportunistes, qui jouent un rôle crucial dans les infections d'origine alimentaire ou les petites plaies cutanées. **(Napoli et al., 2023).**

L'industrie alimentaire utilise les huiles essentielles pour rehausser le goût, aromatiser Et colorer les aliments. Le secteur des boissons gazeuses s'avère un gros utilisateur d'huiles essentielles. Elles sont utilisées comme agents naturels de conservation des aliments, ceci est due à La présence de composés ayant des propriétés antimicrobiennes et antioxydantes. L'huile essentielle la plus utilisée dans le monde est celle de l'orange. **(Ouis, 2015).**

2.2. Cosmétologie et parfumerie

Les HE sont recherchées dans l'industrie des parfums et des cosmétiques en raison de leurs propriétés odoriférantes. L'industrie de la parfumerie consomme d'importants tonnages d'essences (60%). Les HE sont aussi consommées en cosmétologie pour parfumer les produits cosmétiques : les dentifrices, les shampoings, les crèmes solaires, les rouges à lèvres, les savons. Ces produits d'hygiène, détergents et lessives par exemple, consomment eux aussi beaucoup d'HE pour masquer les odeurs (souvent peu agréables) des produits purs. **(Ouis, 2015).**

Citrus aurantium constitue une matière première précieuse en parfumerie en raison des propriétés aromatiques de ses huiles essentielles, qui confèrent aux parfums une note florale, sucrée et complexe. Son huile est largement utilisée dans divers produits cosmétiques, notamment les soins capillaires sans colorants, les soins cutanés sans rinçage, les produits à rincer, ainsi que les soins dilués pour le bain. Par ailleurs, l'huile essentielle de *C. aurantium* est considérée comme non irritante et non sensibilisante chez l'humain. **(Fernandez _cabal et al., 2025).** Est utilisée dans le traitement des boutons et de l'acné **(Anwar et al., 2016).**

2.3. Aromathérapie et pharmaceutique

Selon **Ouis, (2015)**, L'aromathérapie est une forme de médecine alternative dans laquelle les HE ont une grande importance car elles induisent de nombreux effets curatifs. Ainsi elles s'utilisent de plus en plus dans diverses spécialités médicales telles que : la podologie, l'acupuncture, la masso-kinésithérapie, l'ostéopathie, la rhumatologie ainsi que dans l'esthétique.

Les essences issues des plantes sont utilisées en grande partie dans la préparation d'infusion et sous la forme de préparations galéniques. Plus de 40% de médicaments sont à base de composants actifs de plantes, par exemple gastralgine est un digestif antiacide. Elles permettent par leurs propriétés aromatisantes de masquer l'odeur désagréable de médicaments

absorbés par voie orale. Aussi beaucoup de médicaments vendus en pharmacie sont à base d'HE comme par exemple les collyres, les crèmes, les élixirs.

- **Propriétés neurologiques et psychologiques**

L'huile essentielle de *Citrus aurantium* présente un large éventail d'effets sur le système nerveux central. Elle agit comme un sédatif léger, hypnotique, apaisant, calmant et relaxant moteur (**Anwar et al., 2016**). Elle est également reconnue comme un inducteur de sommeil efficace (**Carvalho_freitas et Costa, 2018**), tout en exerçant des effets anxiolytiques et antidépresseurs notables (**Dosoky et Setzer, 2018**). Ces huiles ont démontré des propriétés neuroprotectrices en inhibant les enzymes butyrylcholinestérase et acétylcholinestérase, toutes deux importantes dans le traitement de la maladie d'Alzheimer, car leur inhibition peut soutenir les fonctions cognitives des patients atteints (**Fernandez_Cabal et al., 2025**).

Par ailleurs, l'aromathérapie à base de *Citrus aurantium* semble efficace dans le traitement des troubles du sommeil chez les femmes ménopausées. En complément, les huiles essentielles d'agrumes se sont révélées sûres et efficaces pour traiter l'insomnie. (**Agrwal et al., 2022**).

- **Propriétés digestives**

L'huile essentielle de *Citrus aurantium* a montré une efficacité notable dans le traitement des troubles digestifs (**Anwar et al., 2016**), notamment par son action gastroprotectrice et sa capacité à favoriser la cicatrisation des ulcères. (**Moraes et al., 2009**).

- **Propriétés analgésiques et antispasmodiques**

L'huile essentielle de *Citrus aurantium*, également appelée huile de néroli, est utilisée en aromathérapie pour ses propriétés sédatives, analgésiques, anti-inflammatoires et antispasmodiques (**Seyyed_Mansour et al., 2025**). Elle agit comme agent anticonvulsivant et antiépileptique (**Carvalho_Freitas et Costa, 2016**), offrant un soulagement efficace de la douleur. (**Dosoky et Setzer, 2018**).

Partie II

Etude expérimentale

Chapitre 01

Matériels et méthodes

Notre étude a été réalisée dans le laboratoire pédagogique du centre universitaire Abd el Hafid Boussouf Mila et l'Animalerie Ce travail est divisée en trois parties :

La première a consisté à extraire des huiles essentielles d'écorces d'orange amère par la technique d'hydrodistillation de Clevenger. L'objectif était d'exploiter leurs nombreux bienfaits. La deuxième étude a porté sur l'utilisation des huiles essentielles d'orange amère dans la production de produits cosmétiques, notamment de savons. Nous avons préparé un savon solide à partir de ces huiles aromatiques Dans la troisième étude, l'orange amère a été utilisée pour produire des aliments naturels et sains.

1. Présentation de la zone de prélèvements

Les oranges amères ont été récoltées au de de la wilaya de Mila, à partir de décembre 2024. **(Figure 11)**

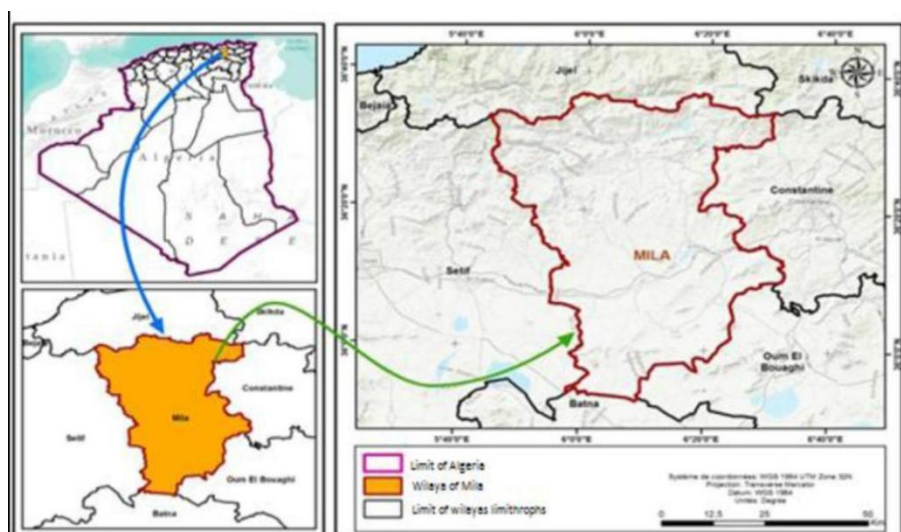


Figure 11: Carte de localisation de la wilaya de Mila. (Mezhoud et al., 2023).

2. Matériels

2.1. Matériel végétale

Le matériel d'étude est constitué de l'écorce de l'orange amère (*Citrus aurantium* L.) Pour l'utilisation dans les produits cosmétique et pour le Côté alimentaires, nous avons utilisé de la pulpe et du zeste d'orange.

Le *Citrus aurantium* est lavé à l'eau du robinet pour éliminer la poussière et les impuretés, puis séché avec du papier absorbant et râpé (écorce uniquement) **(Figure 12)**.



Figure 12: Fruits des oranges amères, (Photo personnelle, 2025).

2.2. Matériels biologiques

Dans Cette étude nous avons utilisé 12 lapins de déférente souche, dont les poids Varient entre 375 g et 1. 46 kg. Les lapins ont été identifiés, et placés dans des cages, ils ont Été maintenus dans des conditions standard de température et d'humidité relative et de 12 h / 12 h de cycle lumière / obscurité, et nourris avec un régime alimentaire standard en granulés Et de l'eau **Figure (13)**.



Figure 13 : Matériel animale, (photo personnelle, 2025)

3. Methodes

3.1. Extraction des huiles essentielles

Les huiles essentielles ont été extraites d'e l écorces d'orange amère fraîches par hydrodistillation Clevenger au Laboratoire des Sciences Naturelles et des Matériaux du Centre Universitaire Abdelhafid Boussouf de Mila. Nous avons utilisé 100 g d'écorces

d'orange amère fraîches (**Figure 14**), placées dans une bouteille en verre de 2 litres. La bouteille a ensuite été remplie d'environ 500 ml d'eau distillée. Le mélange a été placé dans un chauffe-ballon et porté à ébullition. La température a ensuite été réduite et maintenue pour stabiliser l'extraction. La vapeur traverse la colonne de distillation puis se condense dans la colonne de refroidissement. L'huile et l'eau obtenues sont recueillies sous forme de gouttelettes dans une ampoule reliée au condenseur. L'extraire est constitué de deux couches : la couche supérieure est l'huile essentielle et la couche inférieure est l'hydrolat . Le contenu est séparé dans des tubes et des bouteilles en verre. Ce processus dure environ 3 h.



Figure 14: Appareil de distillation hydrique de type Clevenger, (**Photo personnelle, 2025**).

Ensuite on a calculé le rendement des huiles essentielles qui est le rapport entre la masse d'huile essentielle extraite et la masse de matière végétale utilisée. Le rendement d'huile extraite a été calculé selon l'équation suivante

Avec :

P1 : Poids de l'huile en g.

P2 : poids de plante en g.

RHE : Rendement de l'huile essentielle en pourcentage.

Donc :

$$RHE(\%) = \text{poids de l'HE} \div \text{poids de la plante} \times 100$$

$$R\% = \frac{P1}{P2} \times 100$$

Les HE se présentent et se conservent dans des flacons de verre fumé, fermés par un Bouchon bien hermétique, ce qui les préserve de la lumière et de l'air, et conservé dans Place opaque à température de 4 à 5°C, pour éviter la dégradation d'huile essentielle.

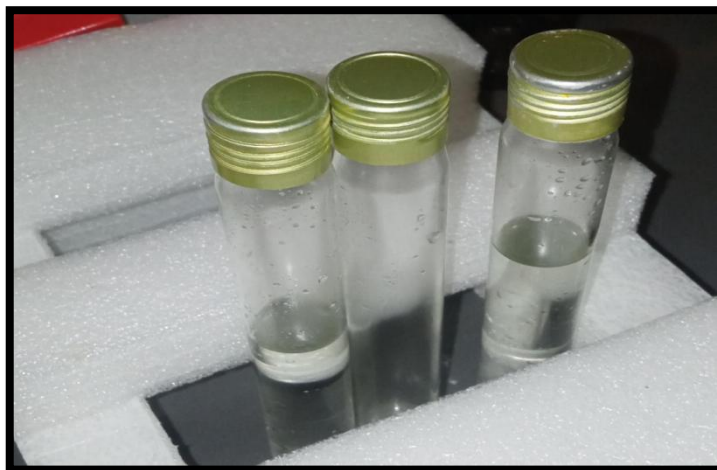


Figure 15 : Huiles essentielles extraites, (Photo personnelle, 2025).

3.2. Caractérisation des huiles essentielles

L'utilisation croissante des huiles essentielles dans des domaines variés tels que la pharmacie, la cosmétique et la parfumerie rend indispensable l'évaluation de leur qualité.

La caractérisation d'une huile essentielle repose principalement sur deux volets essentiels :

- L'analyse de ses propriétés organoleptiques, incluant : l'aspect, la couleur et l'odeur ;
- La détermination de ses paramètres physico-chimiques, tels que : la densité, l'indice de réfraction et l'indice d'acide.

3.2.1. Caractéristiques organoleptiques

- **Aspect ou l'état :** L'état de l'huile essentielle dépend de sa composition chimique. Elle peut apparaître sous forme liquide, solide ou semi-solide, selon la nature des constituants extraits de la plante. Cet aspect est facilement observable à l'œil nu.
- **L'odeur :** L'odorat est un sens chimique particulièrement sensible. Les parfumeurs, grâce à leur expertise, sont capables d'identifier et de classer avec précision diverses substances odorantes. Ils peuvent percevoir certaines molécules naturelles à des concentrations aussi faibles que dix millièmes de gramme par litre d'air.

- **La couleur** : de l'huile essentielle dépend des produits qui constituent l'extrait. Cette Caractéristique est vérifiable à l'œil nu.
- **Saveur** : La saveur des huiles essentielles est généralement intense et concentrée. Elle dépend de leur composition chimique et peut être douce, amère, épicée ou citronnée selon l'origine végétale de l'huile.

3.2.2. Caractéristiques physico-chimiques

Les huiles essentielles sont caractérisées par leurs propriétés physiques par exemple (densité, PH, indice de réfraction, etc.) et par leurs propriétés chimiques (indice d'acide, indice de saponification, L'indice de peroxyde, etc.).

- **Détermination de la solubilité de l'huile essentielle dans l'eau**

Quelques gouttes d'huile ont été versées dans un tube à essai contenant une petite quantité d'eau, puis le mélange a été agité doucement à l'aide d'une tige. Deux couches distinctes sont apparues, ce qui indique que l'huile est insoluble dans l'eau. (Saad, 2015).

- **Détermination de l'indice de saponification de l'huile essentielle**

Dans ce travail, la valeur de l'indice de saponification a également été déterminée. Cet indice représente la quantité d'hydroxyde de potassium, exprimée en milligrammes, nécessaire pour saponifier 1 gramme d'huile. À cet effet, 2,5 g d'huile ont été pesés dans un bécher, puis 12,5 ml de solution de KOH à 0,5 M y ont été ajoutés. Le mélange a été chauffé et agité à l'aide d'un agitateur magnétique chauffant pendant 30 minutes. Ensuite, trois gouttes de phénolphthaléine ont été ajoutées, ce qui a donné au mélange une couleur rose foncé. Ce dernier a ensuite été titré avec une solution de HCl à 0,5 M jusqu'à disparition de la coloration. La même procédure a été répétée sans l'huile pour obtenir un blanc, permettant ainsi de déterminer le volume de titrage. L'indice de saponification a ensuite été calculé à l'aide de l'équation appropriée. (Saad, 2015).

$$\text{Indice de saponification} = (t_2 - t_1) \times 28,1 \div p$$

t1 = la valeur du titre du blanc

t2 = la valeur du titre d'échantillon.

P = poids de l'échantillon

- **Détermination de la gravité spécifique de l'huile :**

Une bouteille propre et sèche a d'abord été pesée à l'aide d'une balance. Ensuite, elle a été remplie d'eau distillée puis pesée de nouveau. Après avoir vidé la bouteille, le même volume d'huile y a été versé et la bouteille a été à nouveau pesée. La densité spécifique (ou gravité spécifique) a été calculée en divisant le poids de l'huile par celui de l'eau, comme indiqué dans l'équation (Saad, 2015).

$$\text{La gravité spécifique de l'huile} = \frac{\text{poids d'un volume particulier d'huile extraits}}{\text{poids d'un volume égal d'eau}}$$

3.3. Préparation de nos produits cosmétiques

Principe : la saponification à froid consiste à mélanger les huiles et la soude sans apport d'énergie

3.3.1. Préparation d'un savon solide

La préparation du savon nécessite les composants suivants

Tableau 02 : Composants des savons

Phase huileuse et additive	Phase aqueuse
Huile essentielle d'orange amère.	Hydrolat d'orange amère.
Huile d'olive.	NaoH
Huile de noix de coco	
Huile de ricin.	
Beurre de Karité	

3.3.1.1. Etapes de préparation d'un savon solide

- **Préparation de la solution de potasse**

Pesez l'eau distillée, puis l'hydroxyde de sodium. Versez l'hydroxyde de sodium dans l'eau distillée et remuez doucement jusqu'à dissolution complète et baisse de température.

- **Préparation du mélange d'huile**

Dans un bécher en verre, faire fondre la quantité nécessaire de beurre de karité. À l'aide d'une balance, peser les huiles (olive, coco et ricin) et les verser dans un bécher en verre. Ajouter le beurre de karité fondu et mélanger.

- **Mélanger à l'aide d'un mixeur et assurer l'apparition de la trace**

- au mixeur pendant 15 minutes jusqu'à obtention de la trace.
- Divisez le mélange en deux moitiés. Laissez la première moitié telle quelle et ajoutez de la poudre d'écorce d'orange amère à la seconde moitié pour lui donner un aspect différent.

- **Conditionnements**

Après la période de séchage initiale, on le démoule et on le laisse reposer 4 à 5 semaines en remuant jusqu'à ce que le savon soit prêt à être utilisé.

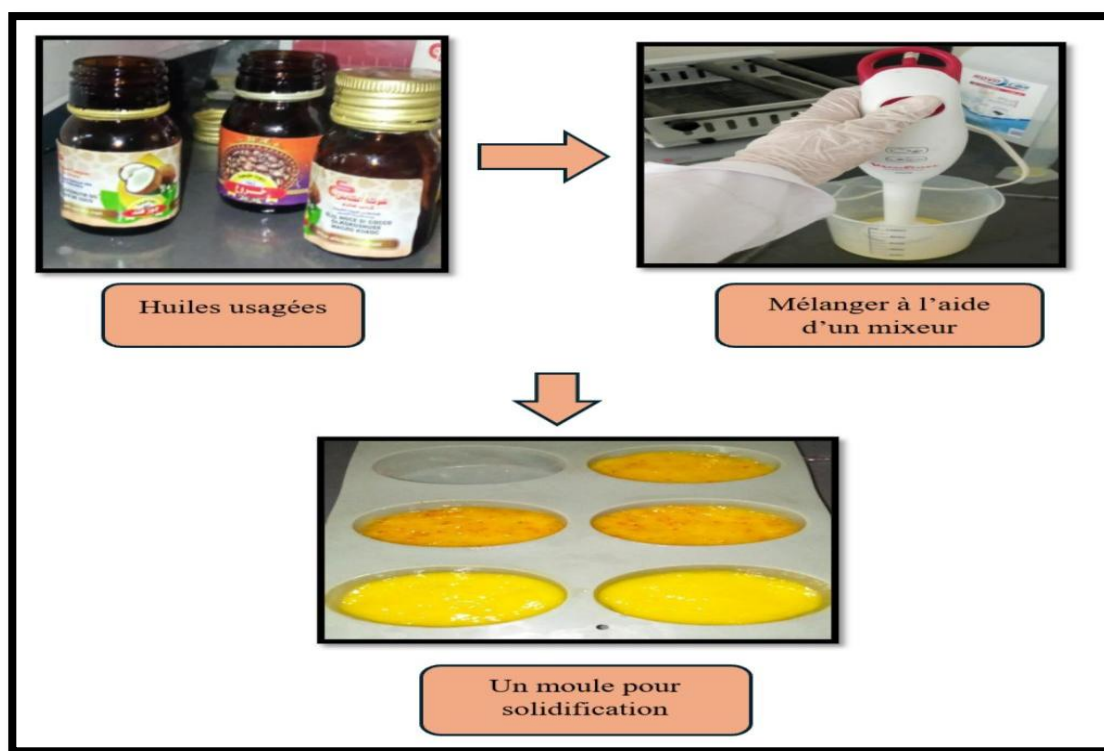


Figure 16: Préparation d'un savon solide (Photo personnelle, 2025).

3.3.1.2. Les caractéristiques physico-chimiques

- **Détermination du pH de savon**

Principe

Le principe de préoccupation actuelle concernant le savon est lié à son pH, qui mesure la Concentration d'ions H^+ dans une solution aqueuse et permet d'évaluer son niveau d'acidité Ou de basicité, sur une échelle de 0 à 14. La peau humaine ayant un pH moyen de 5,5, qui est légèrement acide, la plupart des savons sont fabriqués avec un pH basique, supérieur à 7. (Saadoudi et al., 2022).

Mode opératoire

Le pH a été mesuré avec un pH-mètre après dissolution de 0,5 g de savon dans 150 ml D'eau distillée, agitation avec un agitateur pendant 2 minutes (Bennama, 2016 ; Hassi, 2017).

- **Détermination du pouvoir moussant (ISO 696, 1975)**

Principe

Le pouvoir moussant est mesuré en termes de quantité de mousse produite dans des Conditions expérimentales spécifiques, tandis que la variation du volume de mousse est Enregistrée au cours des cinq premières minutes suivant sa formation.

Mode opératoire

Le protocole opératoire consiste à placer une quantité de lessive dans un tube, puis à y Ajouter de l'eau distillée avant de bien agiter le mélange, ce qui entraîne la formation de Mousse.

- **Détermination de l'odeur du savon**

L'odeur du savon constitue une caractéristique sensorielle essentielle influençant l'acceptabilité du produit par les consommateurs. Elle résulte principalement de l'ajout d'huiles essentielles, de fragrances synthétiques ou de composés aromatiques naturels. La stabilité et l'intensité de l'odeur peuvent être affectées par le procédé de saponification, la température, le pH du produit fini, ainsi que par le vieillissement du savon. L'évaluation olfactive permet de juger de la qualité et de la constance de l'odeur selon des critères organoleptiques (Khellaf. et al., 2021).

3.4. Préparation de confiture à base de bigaradier**3.4.1. Préparation de la confiture d'orange amère avec écorce**

Nous commençons par laver soigneusement les fruits de *Citrus aurantium*. Seul l'épicarpe (la partie colorée de l'écorce) est râpé, puis le fruit est coupé pour retirer le mésocarpe. Toutes les graines sont extraites et mises de côté.

Dans une casserole, nous plaçons la pulpe et les écorces, que nous recouvrons d'eau équivalente à deux fois leur poids. Les graines sont enfermées dans une gaze médicale stérile : elles joueront le rôle de pectine naturelle en facilitant la gélification. Nous les immergeons avec les autres ingrédients et laissons reposer le tout pendant 24 heures.

Après ce temps de macération, nous portons le mélange à ébullition jusqu'à réduction d'un tiers de son volume. Ensuite, nous ajoutons le sucre préalablement pesé, ainsi qu'un peu de jus de citron. La cuisson se poursuit encore une vingtaine de minutes.

La confiture est alors prête : il ne reste plus qu'à la verser dans des pots stérilisés et à la laisser refroidir lentement.

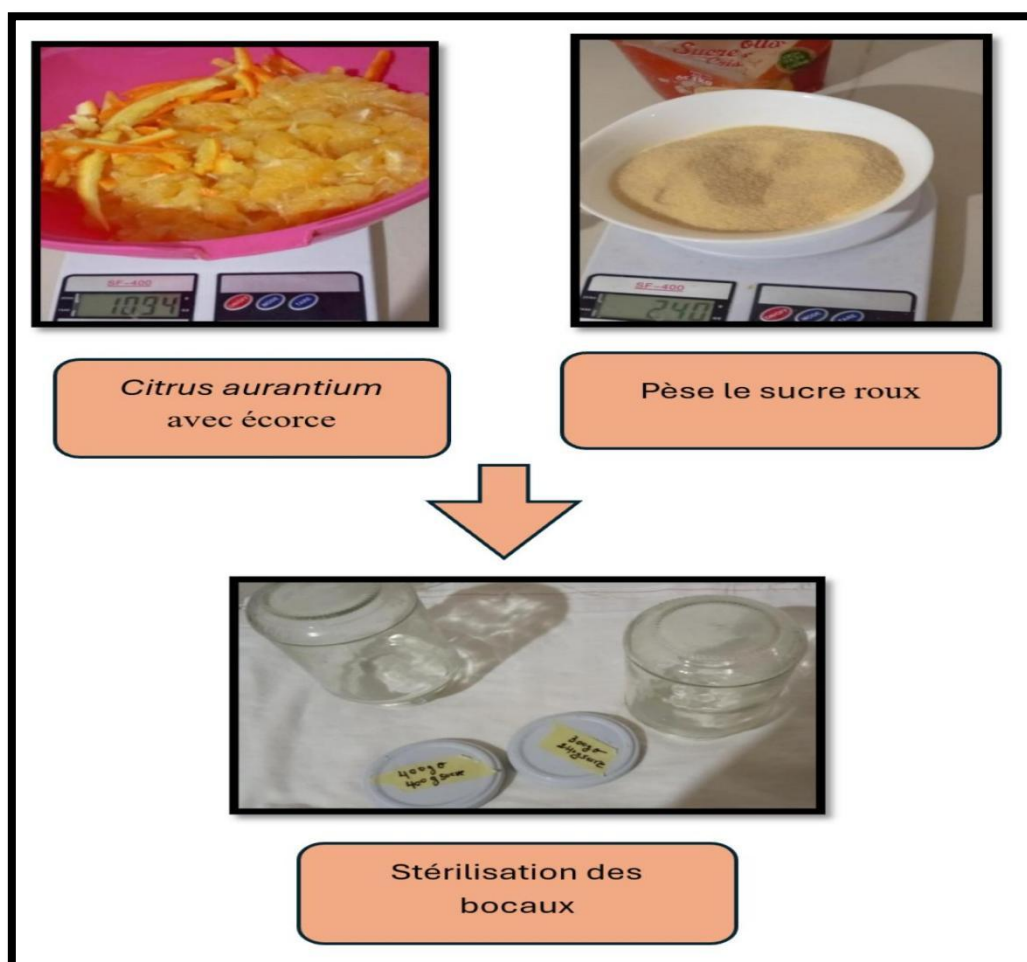


Figure 17: Préparation de confiture d'orange amère avec écorce, (photo personnelle, 2025).

3.4.2. Préparation de la confiture d'orange amère sans écorce

Commencez par bien laver les oranges afin d'éliminer toute trace de saleté ou de pesticide. Retirez ensuite l'écorce des oranges amères ainsi que la peau blanche (mésocarpe).

Faites tremper les clous de girofle dans de l'eau froide pendant plusieurs heures, en renouvelant l'eau régulièrement pour atténuer leur amèretume. Une fois bien imbibés, retirez les graines, jetez la fine peau, puis découpez la pulpe en fines tranches.

Ajoutez ensuite le sucre roux, après l'avoir soigneusement pesé, puis placez le mélange au réfrigérateur pendant quelques heures. Ce temps de repos permet d'équilibrer les saveurs et de réduire davantage l'amertume.

Enfin, portez le tout à ébullition, puis réduisez le feu et laissez mijoter pendant 45 minutes à une heure, jusqu'à ce que la préparation épaississe. Ajoutez un peu de jus de citron avant la fin de la cuisson, et versez la confiture dans des pots stérilisés et fermez-les hermétiquement. Conserver au réfrigérateur ou dans un endroit frais et sombre.

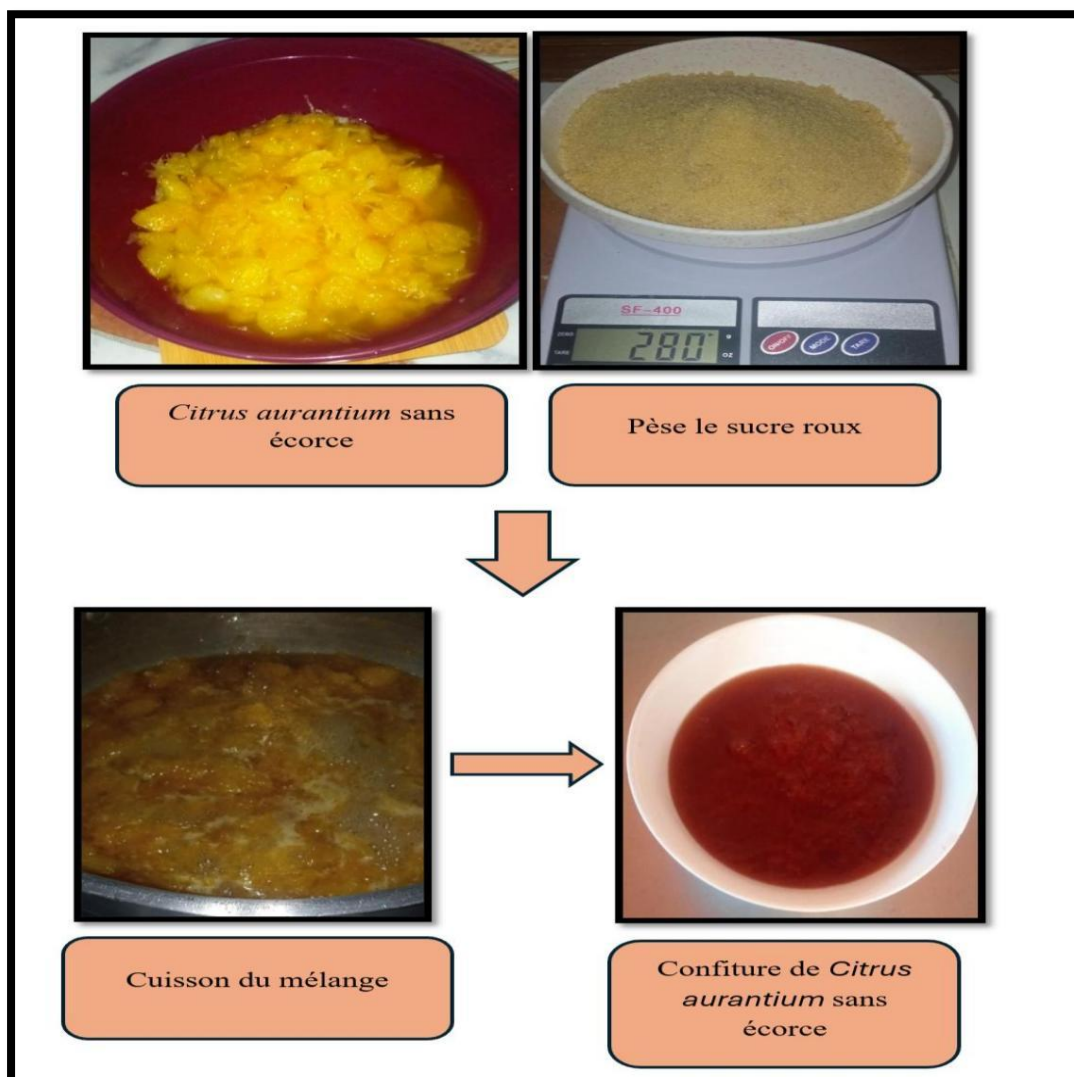


Figure 18: Préparation de confiture d'orange amère sans écorce, (photo personnelle, 2025).

3.5. Évaluation de l'activité anti diabétique de la confiture de *Citrus aurantium* in vivo

Glycémie A court durée

Les lapins sont mis à jeun pendant 12 heures avant les expériences. Les substances sont administrées par voie oral. La mesure de la glycémie est effectuée au niveau de l'oreille des lapins. Les lapins sont piqués à l'aide d'une fine aiguille, une goutte de sang est récupérée puis déposée sur une bandelette pour lecture de la glycémie à l'aide d'un glucomètre de marque kit check les étapes suivies sont illustrée dans la **Figure 19**.

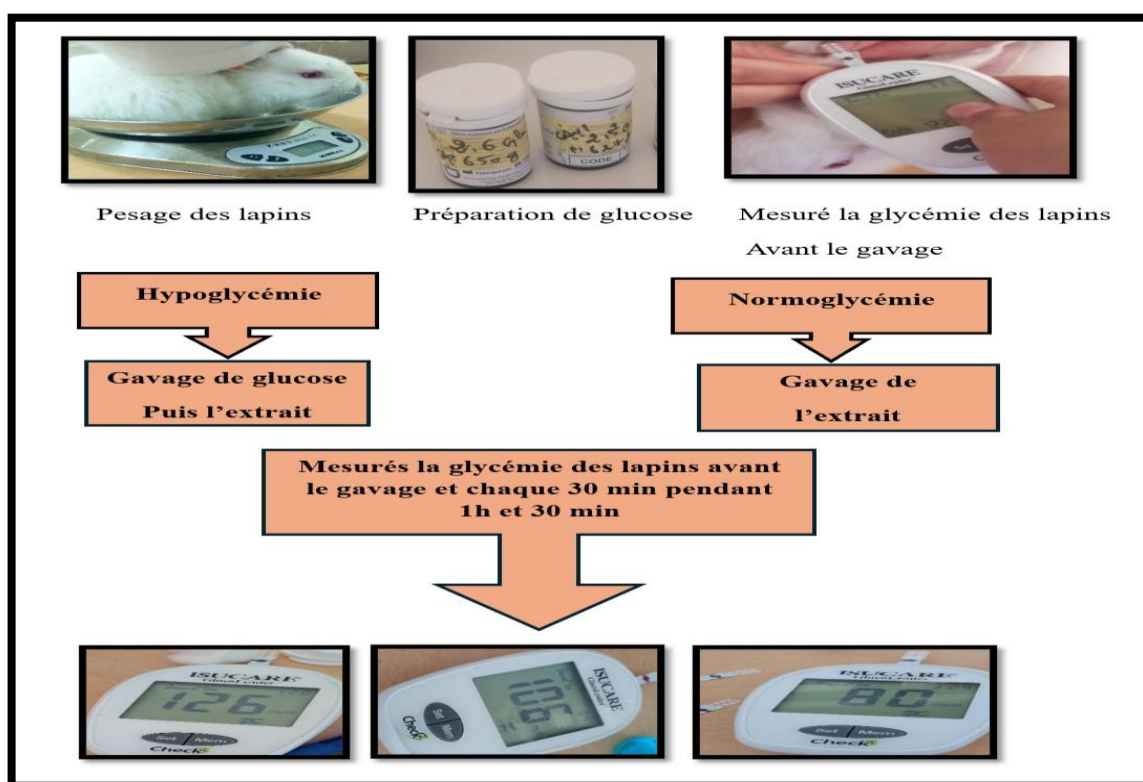


Figure 19: Représentation schématique des étapes réalisées dans l'activité hypoglycémiant et normoglycémique. (Photo personnelle, 2025)

3.5.1. Effet dose- réponse de confiture de bigaradier sur la glycémie des lapins normoglycémique.

Pour cette étude, 12 lapins sont utilisés, ils sont repartis en 4 lots de 3 lapins montrés sur (Figure 20)

- Lot 1 : Lapins contrôles négative recevant de l'eau distillée.
- Lot 2 : Lapins recevant 100mg/kg de confiture de *Citrus aurantium* avec écorce.

- Lot 3 : Lapins recevant 100 mg/kg de confiture de *Citrus aurantium* sans écorce.
- Lot 4 : Lapins contrôles positive recevant le glucophage 100mg/Kg.

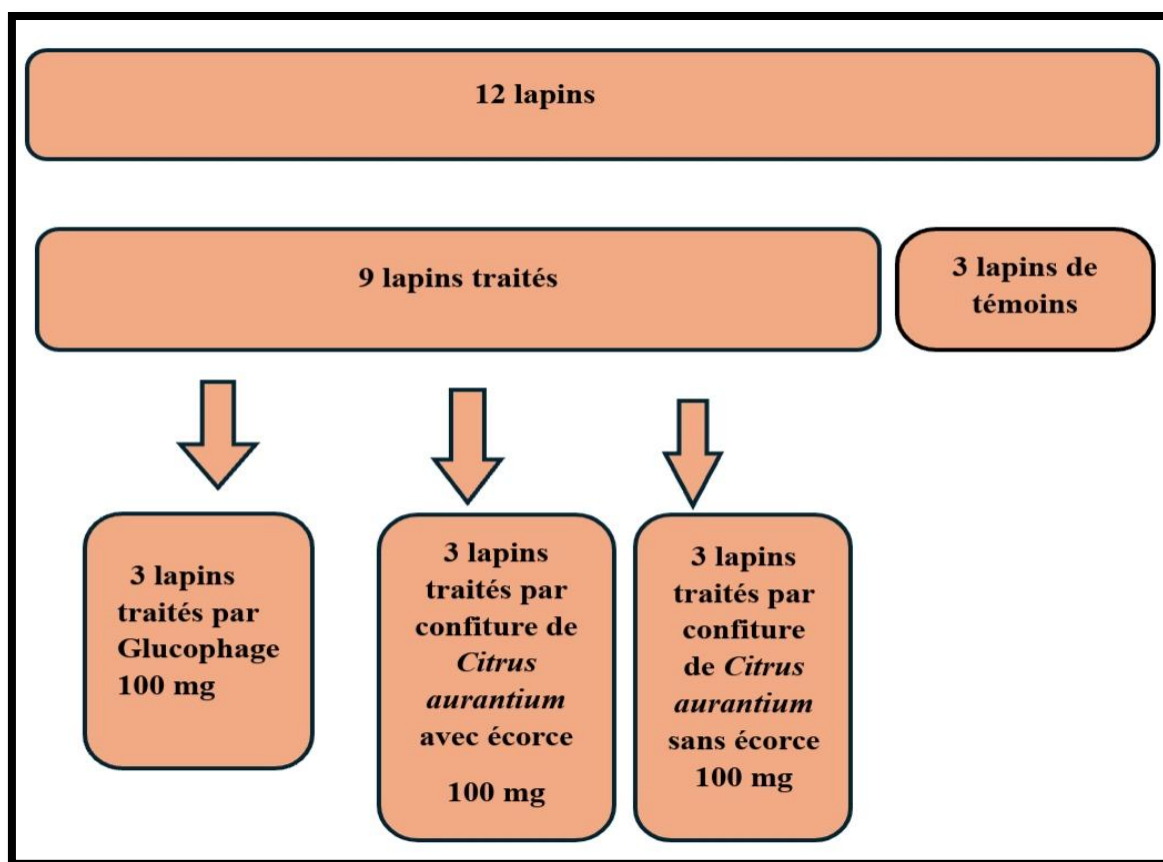


Figure 20 : Répartition des lapins selon les extraits utilisés pour l'activité normoglycémie.

3.5.2. Effet dose-réponse de confiture de *Citrus aurantium* L. lors du test de tolérance au glucose mesure de la glycémie chez les lapins prétraités.

L'hyperglycémie est provoquée par l'administration par voie orale de glucose aux lapins à la dose de 4g / kg de poids de poids corporel. Pour cette étude, 12 lapins sont repartis en 4 lots de 3 lapins représentés dans la **Figure 21**.

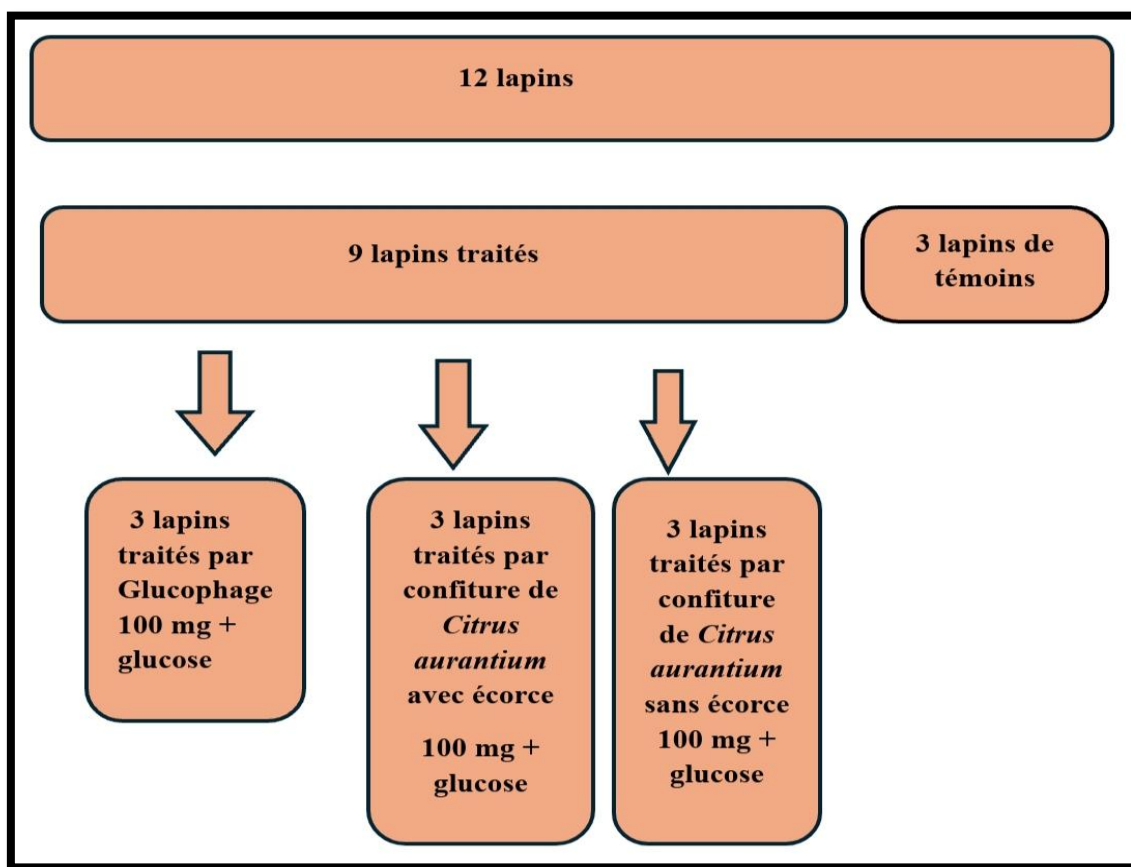


Figure 21: Répartition des lapins selon les extraits utilisés pour l'activité hypoglycémiante.

- Lot 1 : Lapins contrôles négative recevant de 4g/kg de glucose et 30 minutes après l'eau distillée.
- Lot 2 : Lapins recevant 4g/kg de glucose, puis 100 mg/kg de confiture de *Citrus aurantium* avec écorce 30 min après.
- Lot 3 : Lapins recevant 4g/kg de glucose, puis 100 mg/kg de confiture de *Citrus aurantium* sans écorce 30 min après.
- Lot 4 : Lapins contrôle positive recevant le 4g/kg de glucose puis le Glucophage 100 mg/kg, 30 minutes après.

4. Analyse statistique

Les résultats présentés sous forme des diagrammes ou des tableaux, ces derniers ont réalisé par le logiciel Excel 2019.

Chapitre 02

Résultats et discussions

1. Essai de fabrication des produits cosmétiques bio naturel

1.1. Huiles Essentielles

1.1.1. Résultat et discussions d'Extraction et rendement en Huiles Essentielles

- **Hydrodistillation type Clevenger**

On'a obtenus 250 ml d'HE de *Citrus aurantium*.

L'extraction d'HE d'orange amère fraîche (100 g) par hydrodistillation type Clevenger révèle à une valeur du rendement de l'ordre de : 1,05 %.

Les rendements peuvent s'expliquer par l'influence de plusieurs facteurs tels que : les méthodes d'extraction et les solvants utilisés, ainsi que par des facteurs. Génétiques, climatiques et pédologiques dans la région de récolte (**Lagha-benamrouche et al., 2017**).

1.1.2. Résultats et discussions des caractérisation des huiles essentielles

Les paramètres physico-chimiques et organoleptiques constituent un moyen de vérification et de contrôle de la qualité de l'HE.

- **Caractéristique organoleptique**

Les paramètres organoleptiques de nos huiles essentielle aspect, couleur, odeur sont résumé dans le tableau suivant :

Tableau 03 : caractéristique organoleptique des huiles essentielles extraits

Paramètres	Couleur	Odeur	Aspect
Orange amère fraîche	Jaune pale	Caractéristique fraîche, citronné	Liquide visqueux

Il convient de noter que notre huile essentielle possède des propriétés sensorielles et que ses caractéristiques correspondent à celles définies par les normes internationales et sont comparables (**Annexe 01**).

- **Propriétés physico-chimiques**

Tableau 04 : propriétés physico-chimique des huiles essentielles extraits

pH	La gravité spécifiques	L'indice de saponification
7.3	0,843	28,1

- **Solubilité des huiles essentielles dans l'eau**

La solubilité des huiles essentielles dans l'eau est faible, car elles forment une couche liquide flottant à la surface de l'eau en raison de leur densité inférieure. **Figure 22.**



Figure 22: Solubilité des huiles essentielles de *Citrus aurantium* dans l'eau. (Photo personnelle, 2025).

Les huiles essentielles extraites de l'orange amère par la technique de distillation Clevenger ont un pH à 7.3 ce qui indique que l'huile essentielle d'orange amère est de nature basique.

L'oranger amère n'est pas comestible en raison de son amertume et de sa faible acidité ; il est principalement utilisé pour la fabrication de confitures ou l'extraction des huiles essentielles.(**Kimball, 1999**). Ces résultats ont montré que nos huiles sont conformes avec ceux de la norme AFNOR ISO 3140. Association Française de Normalisation et Organisation du Système Français.

2. Préparation des produits cosmétiques à base des Huiles essentielles de *Citrus aurantium*

2.1. Savon Bio

2.1.1. Résultats des caractéristiques de savon solide du *Citrus aurantium*

Tableau 05 : Mesure du pH et du hauteur de moisse du savon solide à l'orange amère

pH	Hauteur de Mousse
8,7	3 cm



Figure 23 : savon solide. (Photo personnelle, 2025).

2.1.2. Discussion

Après la phase initiale de séchage (24H à 36H), le savon prend une consistance semi-solide. Ensuite, il est laissé à sécher pendant 4 semaines avant d'être utilisé sous forme de savon fini (Ahmed, 2020).

La mesure du pH du savon préparé à base d'huile essentielle de *Citrus aurantium* a donné une valeur de 8,7, ce qui le place dans l'intervalle standard recommandé pour les savons solides (entre 7 et 10), comme indiqué par (Hotantai 1999). Bien que cette valeur soit légèrement basique, elle reste compatible avec l'usage cutané, surtout en présence d'huiles douces et d'un pourcentage adapté de surgras.

Un pH supérieur à 7,8 est typique des savons artisanaux obtenus par saponification à froid, et contribue à la stabilité des émulsions lors de l'utilisation (Hotantai, 1999). De plus, (Baranda et al. 2002) ont rapporté un pH de 8,9 pour le savon commercial « Zest Citrus

Sport », sans effet irritant notable chez les utilisateurs, ce qui suggère qu'un savon faiblement alcalin peut rester bien toléré dans le cadre d'un usage quotidien.

La hauteur de mousse obtenue pour le savon préparé à base d'huile essentielle de *Citrus aurantium* est de 3 cm, mesurée selon une méthode adaptée du test de Ross-Miles. Cette valeur indique une bonne capacité moussante, typique des savons solides enrichis en agents tensioactifs naturels comme l'huile de coco.

Selon une étude menée par **(Teshome et al., 2019)**, la hauteur de mousse observée dans les savons formulés avec de l'huile de coco variait entre 2,8 et 3,5 cm, en fonction des proportions d'huiles végétales utilisées. Ainsi, notre résultat de 3 cm s'inscrit pleinement dans la plage attendue pour un savon artisanal performant. Cette performance est attribuée à la combinaison d'huiles utilisées (coco, ricin, beurre de karité) qui favorisent à la fois l'abondance et la stabilité de la mousse, sans recours à des additifs synthétiques.

Le savon préparé à base d'huile essentielle de *Citrus aurantium* dégage une odeur fraîche et citronnée, caractéristique de cette huile. Grâce à la saponification à froid, les composés aromatiques comme le limonène ont été bien conservés. Ce parfum naturel et léger est apprécié et convient à une utilisation cosmétique. Ces résultats sont en accord avec les observations rapportées par **(Cerdagne, 2004)**. L'odeur fraîche et agréable du savon est directement liée à la composition de l'huile essentielle de *Citrus aurantium*, riche en limonène, principal composé responsable des notes citronnées caractéristiques. On y retrouve également des traces de linalol et de géraniol, qui apportent des nuances florales et douces. Cette synergie de composés volatils explique la senteur naturelle et vivifiante perçue dans le produit fini **(Ben Jemaa et al., 2021)**.

Par ailleurs, l'huile essentielle de *C. aurantium* est considérée comme non irritante et non sensibilisante chez l'humain. **(Fernandez _cabal et al., 2025)**. Est utilisée dans le traitement des boutons et de l'acné **(Anwar et al., 2016)**. Ce qui donne une importance à nos produits.

2.1.3. Propriétés et bienfait du savon bio d'huile de *citrus aurantium*

- Parfum floral et sucré naturel : issu des composés aromatiques de l'huile essentielle tels que le linalol et l'acétate de terpinyle, apportant une odeur agréable au savon **(Al Hawary et al., 2024 ; Ouis, 2015)**.

- Bonne tolérance cutanée : l'huile est considérée comme non irritante et non sensibilisante, ce qui rend le savon adapté aux peaux sensibles (**Fernandez-Cabal et al., 2025**).
- Effet purifiant et équilibrant : le savon peut participer à réguler le sébum et purifier la peau, grâce à l'activité antibactérienne de certains composants (**Anwar et al., 2016**).
- Usage cosmétique polyvalent : l'huile est utilisée dans divers soins (produits capillaires, crèmes, bains), ce qui soutient l'intérêt d'un savon enrichi (**Fernandez-Cabal et al., 2025**).
- Composés actifs partiellement conservés : bien que la saponification puisse réduire leur activité, certains constituants (comme l'eucalyptol) peuvent persister dans le savon fini (**Al Hawary et al., 2024**).
- Intégration dans des produits d'hygiène : les huiles essentielles sont largement utilisées dans les savons et détergents pour leurs effets désodorisants et sensoriels (**Maksoud et al., 2021 ; Ouis, 2015**).

3. Essai de fabrication des produits alimentaires bio naturel



Figure 24: confiture light ou hypoglycémiante. (Photo personnelle, 2025).

3.1. Teste le pouvoir hypoglycémiant *in vivo* des confitures light ou hypoglycémiantes

3.1.1. Évaluation de l'activité hypoglycémiant *in vivo* des confitures de *Citrus aurantium* avec et sans écorces.

3.1.1.1. Résultats du normoglycémie.

La Figure 25 montre l'évolution de la glycémie dans les groupes de lapins normoglycémiques traités avec le Glucophage et avec l'administration de 100 mg/kg PC des confitures avec et sans écorce comparativement aux valeurs observées chez les lapins normoglycémiques traités avec l'eau distillée. Les résultats ont indiqué que la glycémie des lapins normoglycémiques traités avec le Glucophage et avec les confitures baisse progressivement respectivement de 1,24 mg/dL à 1,2 mg/dL pour le Glucophage à 100 mg/kg de poids corporel, et de 1,2 mg/dL à 0,96 mg/dL et de 1,25 mg/dL à 0,96 mg/dL respectivement pour la confiture d'orange amère avec et sans écorces à la dose de 100 mg/kg de poids corporel. C'est après 60 minutes de traitement.

Lorsqu'il faut attendre 90 minutes, jusqu'à la fin de la période de traitement, le traitement au glucose commence à revenir à la normale.

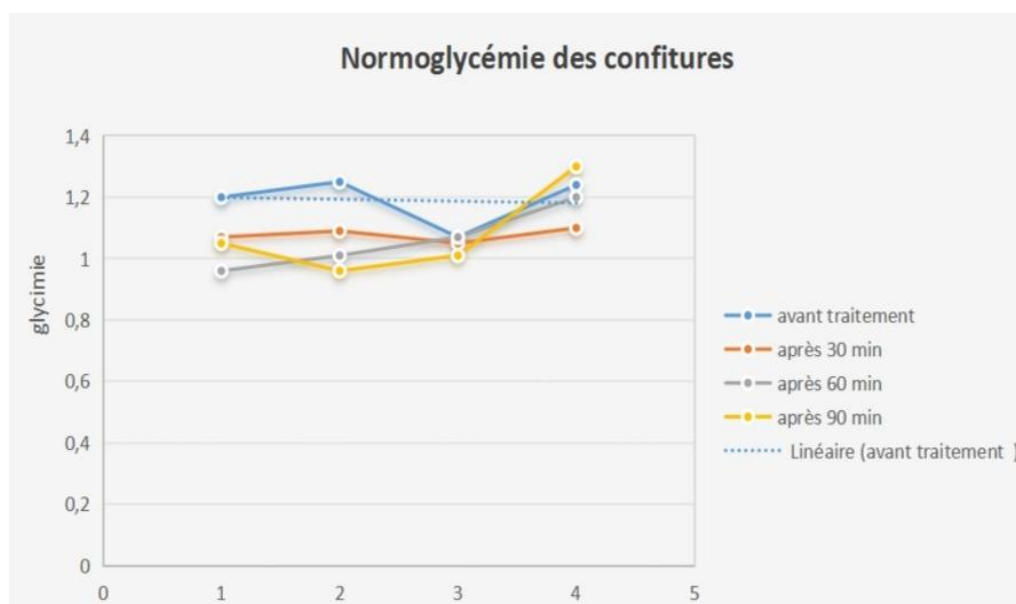


Figure 25 : Evaluation de l'activité antidiabétique de la confiture préparée à base de *Citrus aurantium* (orange amère) sur la normoglycémie chez les lapins.

3.1.1.2. Résultats de l'hypoglycémie

Figure 26 indique l'effet du Glucophage et avec les confitures avec et sans écorce sur l'hyperglycémie induite par la surcharge du glucose chez les lapins. D'une manière générale, un pic hyperglycémique a été observé dans l'ensemble des lots traités avec le glucose au temps 30 min.

Les confitures à la concentration de 100 mg/kg PC ont entraîné un effet hypoglycémiant significatif après son administration jusqu'au temps 60min comparativement aux valeurs observées chez les témoins.

Les résultats ont montré que la confiture d'orange amère avec et sans écorces, à une concentration de 100 mg/kg PC, a conduit à une diminution progressive de l'élévation de la glycémie de 1,68 mg/dL à 1,1 mg/dL et de 1,63 mg/dL à 1,12 mg/dL respectivement.

Quant au Glucophage à une concentration de 100 mg/kg PC, il a entraîné une diminution de la glycémie de 1,50 mg/dL à 0,70 mg/dL.

Après 90 minute, une augmentation de la glycémie a été signalé après presque dans tous les lots

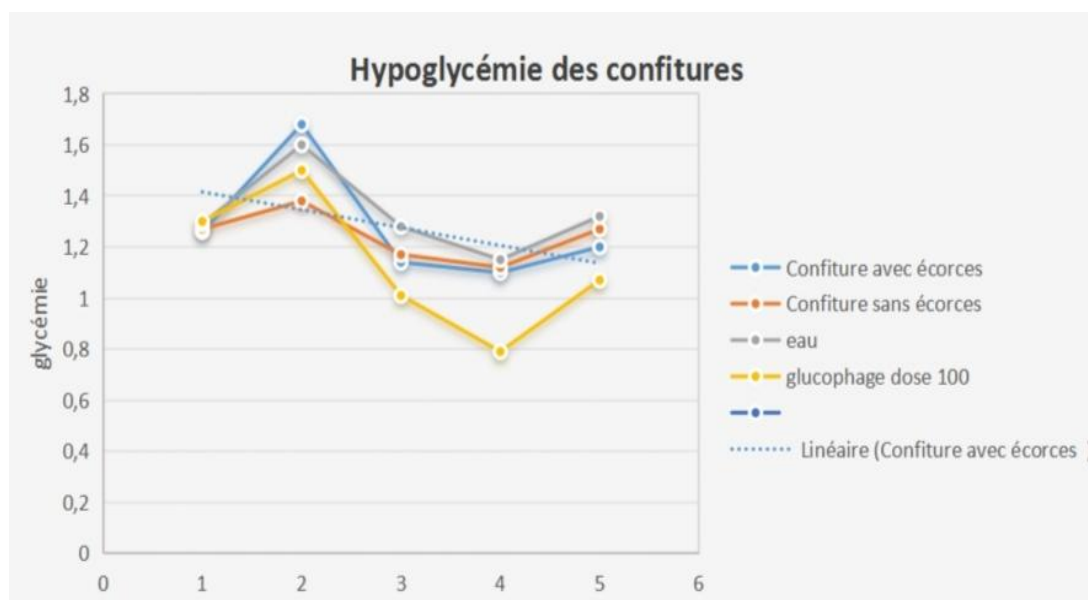


Figure 26 : Evaluation de l'activité antidiabétique de la confiture préparée à base de *Citrus aurantium* (orange amère) sur l'hypoglycémie chez les lapins

3-1-1-3 Discussions

Le bigaradier, aussi appelé oranger amère, est un arbre très utile dans l'alimentation et la médecine traditionnelle. Son fruit, la bigarade, est utilisé pour préparer des confitures, des marmelades et des sirops grâce à sa saveur amère. En traitement, ses feuilles et ses fleurs sont connues pour leurs effets calmants : elles aident à soulager le stress, l'anxiété et les troubles du sommeil. L'huile essentielle extraite de la fleur, appelée néroli, est également utilisée en aromathérapie.

Après l'évaluation de l'activité antidiabétique de la confiture préparée à base de *Citrus aurantium* (orange amère) sur la normoglycémie chez les lapins, on peut dire que *Citrus aurantium* est un aliment fonctionnel à effet hypoglycémiant. Cette activité hypoglycémiante semble être liée à une stimulation de la sécrétion d'insuline par les cellules β des îlots de Langerhans, ce qui améliore le contrôle glycémique. Ces effets sont comparables à ceux observés avec certaines molécules antidiabétiques telles que le tolbutamide, qui agit également en stimulant la libération d'insuline. Ainsi, *Citrus aurantium* pourrait agir par un mécanisme similaire et représenter un agent naturel d'intérêt dans la modulation de la glycémie. (Sharma et al., 2008)

Le bigaradier est une plante très utile qui contient des métabolites secondaires, comme les huiles essentielles, les flavonoïdes et les alcaloïdes. Ces substances naturelles jouent un rôle important dans la santé. Parmi ces polyphénols Le naringénine, un polyphénol naturellement présent dans les agrumes tels que *Citrus aurantium*, a démontré des propriétés antidiabétiques significatives. Des recherches ont révélé que cette molécule améliore la sensibilité à l'insuline, favorise l'absorption du glucose par les cellules musculaires, et module positivement plusieurs voies métaboliques impliquées dans l'homéostasie du glucose, notamment la voie AMPK. De plus, la naringénine agit en réduisant le stress oxydatif et l'inflammation, deux facteurs majeurs dans le développement de la résistance à l'insuline et du diabète de type 2 (Den Hartogh & Tsiani, 2019).

Par ailleurs, plusieurs travaux récents ont mis en évidence que les polyphénols présents dans les agrumes, notamment ceux issus de *Citrus aurantium*, peuvent améliorer la sensibilité à l'insuline et moduler favorablement le métabolisme du glucose. (Visvanathan et Williamson 2023). Rapportent que ces composés bioactifs influencent les voies métaboliques hépatiques et réduisent la résistance à l'insuline, contribuant ainsi à un meilleur équilibre

glycémique. De plus, la consommation prolongée de produits dérivés des agrumes pourrait exercer une action bénéfique durable sur l'homéostasie du glucose, suggérant un intérêt thérapeutique potentiel pour la prévention ou la gestion du diabète de type 2.

Parmi les flavonoïdes bioactifs présents dans *Citrus aurantium*, l'héspéridine et son métabolite l'héspéritine suscitent un intérêt croissant pour leurs effets bénéfiques sur le métabolisme glucidique. Des travaux récents indiquent que ces composés pourraient contribuer à la régulation de la glycémie par plusieurs mécanismes complémentaires. Ils agiraient notamment en renforçant les défenses antioxydantes via l'activation de la voie Nrf2 et en modulant les processus inflammatoires associés au stress métabolique. De plus, l'héspéridine semble intervenir favorablement sur la sensibilité à l'insuline en influençant l'expression génique liée au métabolisme cellulaire, ce qui en fait un candidat prometteur dans la prévention et le soutien thérapeutique du diabète de type 2 **(Mirzaei et al., 2023)** Le p-synéphrine, principal alcaloïde présent dans *Citrus aurantium*, a démontré une potentialisation de l'effet hypoglycémiant du gliclazide chez les modèles animaux. L'administration répétée de p-synéphrine en combinaison avec le gliclazide a entraîné une réduction plus marquée de la glycémie, sans altérer la pharmacocinétique du médicament, ce qui suggère un effet synergique possible via une amélioration de la sécrétion d'insuline ou de la sensibilité périphérique à celle-ci **(Vatsavai et Kilari, 2017)**.

La pectine est l'un des composés actifs les plus importants présents dans les agrumes tels que *Citrus aurantium*, et elle joue un rôle majeur dans la régulation de la glycémie. Des études récentes ont montré que la pectine peut moduler la digestion des amidons ainsi que les réponses glycémiques, grâce à plusieurs mécanismes : l'augmentation de la viscosité du contenu intestinal, l'inhibition de l'activité de l'amylase (enzyme responsable de la dégradation des amidons), ainsi qu'un effet physiologique direct sur l'absorption du glucose **(Chen et al., 2024)**. Les recherches ont également révélé que la consommation régulière et prolongée de pectine ralentit la vidange gastrique et améliore la tolérance au glucose, contribuant ainsi de manière significative à la stabilisation de l'équilibre glycémique chez les individus **(Zhang et al., 2022)**.

En plus des composés déjà évoqués, *Citrus aurantium* est également une excellente source de vitamine C, un puissant antioxydant qui joue un rôle auxiliaire dans la gestion du diabète. Des méta-analyses ont montré que la consommation de vitamine C chez les patients atteints de diabète de type 2 entraîne une diminution significative de l'HbA1c, de la glycémie à jeun et des niveaux d'insuline plasmatique **(Mohammadi et al., 2023)**. Cet effet est attribué

à la réduction du stress oxydatif et à l'amélioration de la sensibilité à l'insuline, deux mécanismes clés dans le maintien de l'équilibre métabolique chez les diabétiques.



Figure 27 : produits finales (photo personnelle, 2025)

Conclusion

L'intérêt croissant pour les produits naturels dans les domaines cosmétique, alimentaire et thérapeutique a incité les chercheurs à explorer de nouvelles sources végétales, en particulier celles issues des plantes médicinales et aromatiques. Parmi elles, le *Citrus aurantium* (ou bigaradier, orange amère) représente une ressource prometteuse grâce à ses nombreuses applications potentielles. Cette plante, traditionnellement utilisée pour ses vertus médicinales et son arôme caractéristique, a été ici étudiée sous différents aspects : l'extraction de son huile essentielle, sa transformation en produits cosmétiques (savon), et son intégration dans une confiture à visée hypoglycémiante.

Le processus d'extraction de l'huile essentielle a été réalisé à partir des zestes frais d'orange amère, en utilisant une méthode de distillation hydrodistillatoire type Clevenger, qui est reconnue pour son efficacité dans l'extraction des huiles essentielles des agrumes. Le rendement obtenu, 1,05 %, s'inscrit dans les marges rapportées dans la littérature scientifique pour des méthodes similaires, bien que des variations puissent se produire en fonction de la qualité de la matière première et des conditions d'extraction. Ce rendement montre l'efficacité de la méthode employée et souligne la qualité de l'huile essentielle produite. En ce qui concerne les propriétés organoleptiques de l'huile, celles-ci ont montré une odeur fraîche et citronnée, une couleur jaune pâle, ainsi qu'une texture visqueuse, caractéristiques qui correspondent aux normes internationales et aux attentes des consommateurs dans le secteur cosmétique.

Les analyses physico-chimiques ont révélé que l'huile essentielle possède un pH légèrement basique, un indice de saponification de 28,1, et une densité de 0,843, des valeurs qui témoignent de la pureté et de la qualité de l'huile, la rendant apte à être utilisée dans la formulation de produits cosmétiques, notamment des savons. Ces résultats sont en parfaite adéquation avec les critères requis par la norme et confirment que l'huile essentielle de *Citrus aurantium* est un produit viable pour les applications cosmétiques. À travers l'intégration de cette huile dans la formulation de savons artisanaux, il a été possible de créer des produits qui combinent à la fois des propriétés nettoyantes douces et des effets Aroma thérapeutiques, offrant ainsi une alternative naturelle et respectueuse de l'environnement aux cosmétiques conventionnels souvent chargés d'agents chimiques irritants.

Dans un second volet de l'étude, la préparation d'une confiture à base de bigaradier a été réalisée, en utilisant aussi bien les zestes que la pulpe du fruit. Cette confiture a ensuite été testée pour son effet sur la régulation de la glycémie, ce qui constitue un aspect novateur de

cette étude. Les essais ont été menés sur des lapins normoglycémiques, et les résultats ont montré que la confiture, administrée à une dose de 100 mg/kg de poids corporel, entraînait une réduction significative de la glycémie. Après 60 minutes, la glycémie a diminué de manière progressive, de 1,25 mg/dL à 0,96 mg/dL, et cela a été comparé aux effets du médicament Glucophage, qui a montré des résultats similaires. Ce phénomène peut être attribué aux composés antioxydants et polyphénoliques présents dans les zestes et la pulpe de l'orange amère, qui sont reconnus pour leurs effets bénéfiques sur la régulation du métabolisme glucidique et la réduction de l'inflammation.

Ainsi, cette étude met en évidence non seulement l'efficacité thérapeutique de l'orange amère dans la gestion de la glycémie, mais aussi son potentiel en tant que matière première pour la production de produits cosmétiques naturels. Le *Citrus aurantium* se révèle ainsi être une ressource précieuse pour la fabrication de produits cosmétiques (savons, crèmes, lotions) et alimentaires fonctionnels. La valorisation complète de la plante, à travers l'utilisation de ses différentes parties (zeste, pulpe, huiles essentielles), permet de créer des produits diversifiés et écologiques, tout en répondant à la demande croissante des consommateurs pour des produits naturels et efficaces.

En conclusion, ce travail constitue une étape préliminaire prometteuse vers une exploitation intégrée du *Citrus aurantium* dans les domaines cosmétique et alimentaire. Il ouvre la voie à une innovation respectueuse de la nature, tout en répondant aux attentes des consommateurs soucieux de leur bien-être et de leur santé. Ce projet démontre que le bigaradier possède un potentiel considérable tant sur le plan économique qu'environnemental, et offre de nombreuses possibilités pour le développement de produits naturels, thérapeutiques et durables.

Référence bibliographique

Abbaspoor, Z., Siahposh, A., Javadifar, N., Faal Siahkal, S., Mohaghegh, Z., & Sharifipour, F. 2022. The effect of *Citrus aurantium* aroma on the sleep quality in postmenopausal women: A randomized controlled trial. Iranian Journal of Community Based Nursing and Midwifery (IJCBNM), 10(2), 86–95.

<https://doi.org/10.30476/IJCBNM.2021.90322.1693>

AFNOR ISO 3140. Association Française de Normalisation et Organisation du Système Français.

Agarwal, P., Sebghatollahi, Z., Kamal, M., Dhyani, A., Shrivastava, A., Singh, K. K., Sinha, M., Mahato, N., Mishra, A. K., & Baek, K.-H. 2022. Citrus Essential Oils in Aromatherapy: Therapeutic Effects and Mechanisms. Antioxidants, 11(12), 2374.

<https://doi.org/10.3390/antiox11122374>

Ahmed, K. R., Tounsi, H., & Kirdi, R. 2020. Formulation et caractérisation physicochimique d'un savon naturel à froid à base d'huiles végétales [Thèse de Doctorat, Université De Medea].

Al-Khayri, J.M. ; Rashmi, R. ; Toppo, V. ; Chole, P.B. ; Banadka, A. ; Sudheer, W.N. ; Nagella, P. ; Shehata, W.F. ; Al-Mssallem, M.Q. ; Alessa, F.M. ; Et al. 2023. Plant Secondary Metabolites: The Weapons for Biotic Stress Management. Metabolites 2023, 13,716. 6 Metabo13060716.

Alzand, K. I., Younis, H. R., Salman, H. D., & Jasim, A. N. 2024. *Citrus aurantium* L. peels and seeds: Phytochemical screening and antibacterial activity. New Materials, Compounds and Applications, 8(1), 75–86. <https://doi.org/10.62476/nmca8175>

Andrade-Cetto, A., Heinrich, M., De Feo, V., & Cho, W. C. 2021. Editorial: Mechanisms of traditional medicinal plants used to control type 2 diabetes or metabolic syndrome. Frontiers in Pharmacology, 11, 617018. <https://doi.org/10.3389/fphar.2020.617018>

ANONYME., 2014. Journées Méditerranéennes sur l'Agrumiculture situation actuelle et perspectives. Université Hassiba Benbouali de Chelf 9-11 Décembre 2014.

Ansari, P., Samia, J. F., Khan, J. T., Rafi, M. R., Rahman, M. S., Rahman, A. B., Abdel-Wahab, Y. H. A., & Seidel, V. 2023. Protective effects of medicinal plant-based foods

against diabetes : A review on pharmacology, phytochemistry, and molecular mechanisms. *Nutrients*, 15(14), 3266. <https://doi.org/10.3390/nu15143266>

Anwar, S., Ahmed, N., Speciale, A., Cimino, F., & Saija, A. 2016. Bitter orange (*Citrus aurantium* L.) oils. In V. R. Preedy (Ed.), *Essential oils in food preservation, flavor and safety* (pp. 259 **Sacchetti, G., et al.,2005** –268). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-416641-7.00032-1>

Ayodele, M. (2022). Tanins dans les aliments : implications nutritionnelles et effets de traitement des techniques hydrothermales sur les graines de légumineuses difficiles à cuire et sous-utilisées - Un examen. 10.3746/pnf.2022.27.1.14.

BAILET J.M., 2011. Les ravageurs des agrumes. Institut océanographique Paul Ricard. Journée biologique du Parc Phoenix. 113p. Promenade des Anglais, Nice, pp9-13.

Bakkali, F., Averbeck, S., Averbeck, D., Idaomar, M., 2008. Biological effects of essential oils – A review. *Food and Chemical Toxicology* 46, 446–475. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2007.09.106>

BARANDA, L, GONZALEZ-AMARO, R, TORRES-ALVAREZ, B,ALVAREZ, C et RAMIREZ, V., 2002. Correlation between PH and irritant effect of Cleansers marketed for dry skin. *International Journal of Dermatology*, 41, 494-499

Ben Jemaa, J. M., Harzallah-Skhiri, F., & Khouja, M. L. 2021. Essential oil composition and bioactivity of *Citrus aurantium* L. for cosmetic applications. *Journal of Essential Oil Research*, 33(2), 112–121. <https://doi.org/10.1080/10412905.2020.1860437>

Benabderrahmane, M., Benali, M., Aouissat, H., & Jordán Bueso, M.–J. 2009 Activité antimicrobienne des huiles essentielles de *Pistacia atlantica* Desf. de l’Algérie. *Phytothérapie*, 7(6): p. 304-308.

Benayad N. 2008. les huiles essentielles extraites des plantes medicinales marocaines : moyen efficace de lutte contre les ravageurs des denrées alimentaires stockées. Thèse du doctorat. Faculté des Sciences de Rabat, Rabat.59pp.

Bennama, W. 2016. Etude de la rémanence d’un savon additionné à l’huile essentielle De citron (*Citrus limon*) [Mémoire de Master, Université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem]

Bonnafous C. 2013. Traité scientifique Aromathérapie - Aromatologie & aromachologie (Dangles ed.) 522p.

Bouras, M. (2018) Thèse de Doctorat : Évaluation de l'activité antibactérienne des extraits de certaines plantes de l'est algérien sur des souches résistantes aux antibiotiques. Université Badji mokhtar-annaba.Algérie.

Bouroukaa A,"Etude biochimique de l'adultération du jus de fruits ». Université de Carthage,2012 : p3-50/121-124.

Buchbauer G (2011) A review on recent research results (2008–2010) on essential oils as antimicrobials and antifungals. A review. Flavour Fragr J 27: 13–39

Buysschaert, M. (2006). Diabétologie Clinique.3ème édition (De Boeck Université), p7-138

Carvalho-Freitas, M. I. R., & Costa, M. 2002. Anxiolytic and sedative effects of extracts and essential oil from *Citrus aurantium* L. Biological and Pharmaceutical Bulletin, 25(12), 1629–1633. <https://doi.org/10.1248/bpb.25.1629>

Cerdagne, I. 2004. L'oranger amère : *Citrus aurantium* var. amara Link (Doctoral thesis, Université de Limoges, Faculty of Pharmacy). 218 pages.

Chen, L., Zhang, Y., Wang, X., & Liu, M. 2024. Dietary pectin and glycemic control : Mechanisms and clinical implications. Journal of Functional Foods, 105, 105628. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2024.105628>

Cirmi S , Maugeri A , Ferlazzo N , Gangemi S , Calapai G , Schumacher U , Navarra My .(2017).Anticancer Potential of *Citrus* Juices And Their Extracts : A Systematic Review of Both Preclinical and Clinical Studies . doi : 10.3389/fphar.2017.00420.

Cosme, P., Rodríguez, A. B., Espino, J., & Garrido, M. (2020). Plant phenolics : Bioavailability as a key determinant of their potential health-promoting applications. Antioxidants, 9(12), 1263. <https://doi.org/10.3390/antiox9121263>

Dadashi, M., Eslami, G., Goudarzi, H., Hashemi, A., Fallah, F., Dabiri, H., Taheri, S., & Ardehshiri, N. 2015. Antibacterial effects of *Citrus aurantium* on bacteria isolated from urinary tract infection. Research in Molecular Medicine, 3(4), 47–50.

De Souza, A.T., Benazzi T.L., Grings M.B., Cabral V., Da silva E.A., cardozo-Filho., Ceva Antunes O.A. 2008 Supercritical extraction process and phase equilibrium of Candeia (*Eremanthus erythropappus*) oil using supercritical carbon dioxide. *The Journal of Supercritical Fluids*, 2008. 47(2): p. 182-187.

Degirmenci ,H Et Erkurt , H .2020.Relationship Between Volatile Components, Antimicrobial And Antioxidant Properties Of The Essential Oil, Hydrosol And Extracts Of *Citrus aurantium* L. Flowers .*Journal Of Infection And Public Health* .Vol 13.P 59 .DOI: <https://doi.org/10.1016/J.Jiph.2019.06.017> .

Den Hartogh, D. J., & Tsiani, E. 2019. Antidiabetic properties of naringenin : A citrus fruit polyphenol. *Biomolecules*, 9(3), 99. <https://doi.org/10.3390/biom9030099>

Di Napoli, M., Castagliuolo, G., Badalamenti, N., Maresca, V., Basile, A., Bruno, M., Varcamonti, M., & Zanfardino, A. 2023. *Citrus aurantium* ‘Crispifolia’ Essential Oil : A Promise for Nutraceutical Applications. *Nutraceuticals*, 3(1), 153–164.
<https://doi.org/10.3390/nutraceuticals3010011>

Dorosso Sonate J. 2002 Composition chimique des huiles essentielles extraites de plantes aromatiques de la zone soudanienne du Burkina Faso: valorisation. Université Ouagadougou.265.p.

Doukani, K et Tabak, S. 2017.Profil phytochimique de quelques espèces de Citrus (*C. aurantium*, *C. sinensis* et *C. limonum*). *Revue Écologie-Environnement*. Vol 13.ISSN: 1112-5888.P1.DOI: <http://fsnv.univ-tiaret.dz/index.php/13-la-revue/10-la-revue>.

DuanL., Guo L., Liuu K-, Li E.H. . J chromatogr A. 2014. & Li P.Characterization and classification of seven citrus herbs by liquid chromatography- quadrupole time-of- flight mass spectrometryand genetic algorithm optimized support vector machines.(1339 : 27-118

Duval, L. 2012 Les huiles essentielles à l’officine, thèse du doctorat, Université de Rouen de médecine et de pharmacie de Rouen,.

El-Akhal, F., El Ouali Lalami, A., & Guemmouh, R. 2015. Larvicidal activity of essential oils of *Citrus sinensis* and *Citrus aurantium* (Rutaceae) cultivated in Morocco against the

malaria vector *Anopheles labranchiae* (Diptera : Culicidae). Asian Pacific Journal of Tropical Disease, 5(6),

Elhawary, E. A., Nilofar, N., Zengin, G., & Eldahshan, O. A. 2024. Variation of the essential oil components of *Citrus aurantium* leaves upon using different distillation techniques and evaluation of their antioxidant, antidiabetic, and neuroprotective effect against Alzheimer's disease. BMC Complementary Medicine and Therapies, 24, 73.
<https://doi.org/10.1186/s12906-024-04380-x>

Ellouze, I., Ben Akacha, B., Generalić Mekinić, I., Ben Saad, R., Kačániová, M., Kluz, M. I., Mnif, W., Garzoli, S., & Ben Hsouna, A. 2024. Enhancing antibacterial efficacy : Synergistic effects of *Citrus aurantium* essential oil mixtures against *Escherichia coli* for food preservation. Foods, 13(19), 3093<https://doi.org/10.3390/foods13193093>

ENCYCLOPEDIA ENCARTA. 2006. Microsoft corporation .

Esabelle, E. 2011. Ed. Institut Kloraine. Recettes plaisir : Des plantes pour atténuer les effets secondaires des traitements du cancer. 20p.

Fernández-Cabal, J., Avilés-Betanzos, K. A., Cauich-Rodríguez, J. V., Ramírez-Sucre, M. O., & Rodríguez-Buenfil, I. M. (2023). Recent developments in *Citrus aurantium* L.: An overview of bioactive compounds, extraction techniques, and technological applications. Processes, 13(1), 120. <https://doi.org/10.3390/pr13010120>

Ferreira, M.-J. U. (2022). Alkaloids in future drug discovery. Molecules, 27(4), 1347.
<https://doi.org/10.3390/molecules27041347>

Fiorucci S., 2006-Activités biologiques de composés de la famille de flavonoïdes : Approches par des méthodes de chimie quantique et de dynamique moléculaire. Thèse de doctorat. Nice. 211p.

Flores-Morales, V., Villasana-Ruíz, A. P., Garza-Veloz, I., González-Delgado, S., & Martinez-Fierro, M. L. 2023. Therapeutic effects of coumarins with different substitution patterns. Molecules, 28(5), 2413. <https://doi.org/10.3390/molecules28052413>

Franchomme P, Jollois R, Pénéol D. 2001 L'aromathérapie exactement : encyclopédie de l'utilisation thérapeutique des huiles essentielles : fondements, démonstration, illustration et applications d'une science médicale naturelle. Rger Jollois. Limoges : R. Jollois.

Galicía-García, U., Benito-Vicente, A., Jebari, S., Larrea-Sebal, A., Siddiqi, H., Uribe, K. B., Ostolaza, H., & Martín, C. (2020). Pathophysiology of type 2 diabetes mellitus. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(17), 6275.
<https://doi.org/10.3390/ijms21176275>

Gandhi, G. R., Vasconcelos, A. B. S., Wu, D.-T., Li, H.-B., Antony, P. J., Li, H., Geng, F., Gurgel, R. Q., Narain, N., & Gan, R.-Y. 2020. Citrus Flavonoids as Promising Phytochemicals Targeting Diabetes and Related Complications: A Systematic Review of In Vitro and In Vivo Studies. *Nutrients*, 12(10), 2907. <https://doi.org/10.3390/nu12102907>

Gęgotek, A., & Skrzydlewska, E. 2022. Antioxidative and anti-inflammatory activity of ascorbic acid. *Antioxidants*, 11(10), 1993. <https://doi.org/10.3390/antiox11101993>

Ghédira K, Goetz P 2015 *Citrus aurantium* L. var. amara Link Oranger amère – Bigaradier (Rutaceae). *Phytothérapie* 13:320–327.

Gomez Ruiz, B. (2016). Prédiction de la dégradation de la vitamine C en conditions de traitement thermique : étude en milieu modèle liquide entre 50 et 90 °C (Thèse de doctorat, AgroParisTech). Institut des Sciences et Industries du Vivant et de l'Environnement. 133p.

Grădinaru, A. C., & Popa, S. (2025). Vitamin C: From self-sufficiency to dietary dependence in the framework of its biological functions and medical implications. *Life*, 15(2), 238. <https://doi.org/10.3390/life15020238>

Grysole J. 2005. La commercialisation des huiles essentielles in *Huiles essentielles : de la plante à la commercialisation – Manuel pratique : Chapitre 07. Corporation LASEVE* (laboratoire d'analyse. et de séparation. des essences. végétales), Québec, pp.139-162.

Guimarães, R., Barros, L., Barreira, J. C., Sousa, M. J., Carvalho, A. M., & Ferreira, I. C. (2010). Targeting excessive free radicals with peels and juices of citrus fruits: grapefruit, lemon, lime and orange. *Food and Chemical Toxicology*, 48(1), 99-106. doi: 10.1016/j.fct.2009.09.022.

Hao, K.-X., Shen, C.-Y., He, M.-X., Jiang, J.-G., Wang, D.-W., & Zhu, W. 2024.

Comparative activities of three compounds from *Citrus aurantium* L. var. amara Engl. To improve oxidized low-density lipoprotein-induced lipid deposition. ACS Omega, 9, 5683–5694. <https://doi.org/10.1021/acsomega.3c08147>

Harborne J.B., and Williams C.A, (2000). Advances in flavonoid research since 1992

Phytochemistry. 55 : 481-504..

He, W., Li, Y., Liu, M., Yu, H., Chen, Q., Chen, Y., Ruan, J., Ding, Z., Zhang, Y., &

Wang, T. 2018. *Citrus aurantium* L. and its flavonoids regulate TNBS-induced inflammatory bowel disease through anti-inflammation and suppressing isolated jejunum contraction.

International Journal of Molecular Sciences, 19(10), 3057.

<https://doi.org/10.3390/ijms19103057>

Hellal, Z 2011. Contribution à l'étude des propriétés antibactériennes et antioxydantes de certaines huiles essentielles extraites des Citrus. Application sur la sardine (*Sardina pilchardus*), Mémoire de Magister. Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou..

HOTANTAI, L., 1999. Détergents et produits de soins corporels, Paris, Dunod, 479 p.

Huang, Y., Xie, F.-J., Cao, X., & Li, M.-Y. (2021). Research progress in biosynthesis and regulation of plant terpenoids. Biotechnology & Biotechnological Equipment, 36(1), 350–

365. <https://doi.org/10.1080/13102818.2021.2020162>

International Organization for Standardization. 1975. ISO 696 : Détergents –

Détermination du pouvoir moussant – Méthode de la colonne de mousse. Genève, Suisse : ISO

Kahanovitz, L., Sluss, P. M., & Russell, S. J. 2017. Type 1 diabetes – A clinical

perspective. Point Care, 16(1), 37–40. <https://doi.org/10.1097/POC.000000000000125>

Kaloustian J, Hadji-Minaglo F. 2012 La connaissance des huiles essentielles : qualilogie et aromathérapie. Paris. Edition Springer, 210-226 p.

Kamran, S., Sinniah, A., Abdulghani, M. A. M., & Alshawsh, M. A. (2022). Therapeutic potential of certain terpenoids as anticancer agents: A scoping review. Cancers, 14(5), 1100.

<https://doi.org/10.3390/cancers14051100>

Karabín M., Tereza Hudcová., Lukáš Jelínek., Pavel Dostálek., 2015. Biotransformations and biological activities of hop flavonoids. Department of Biotechnology, Faculty of Food and Biochemical Technology, University of Chemistry and Technology, Prague, Technická 5, 166 28 Prague 6, Czech Republic.

Khandy, M. T., Grigorchuk, V. P., Sofronova, A. K., & Gorpenchenko, T. Y. 2024. The different composition of coumarins and antibacterial activity of *Phlojodicarpus sibiricus* and *Phlojodicarpus villosus* root extracts. *Plants*, 13(5), 601.

<https://doi.org/10.3390/plants13050601>

Khellaf, R., Bensaid, L., & Touati, M. (2021). Évaluation sensorielle des savons artisanaux à base d'huiles essentielles. *Revue des Produits Cosmétiques Naturels*, 8(2), 45–52.

Kimball D.A., "1999 Citrus processing, a complete guide, second edition. Kimball D.A., Ed. Gaithersburg", An Aspen publication.

Koncz, D., Tóth, B., Bahar, M. A., Roza, O., & Csupor, D. 2022. The safety and efficacy of *Citrus aurantium* (bitter orange) extracts and p-synephrine: A systematic review and meta-analysis. *Nutrients*, 14(19), 4019. <https://doi.org/10.3390/nu14194019>

Kotha, R. R., Tareq, F. S., Yildiz, E., & Luthria, D. L. 2022. Oxidative stress and antioxidants—A critical review on in vitro antioxidant assays. *Antioxidants*, 11(12), 2388. <https://doi.org/10.3390/antiox11122388>

Lagha-Benamrouche, S., Addar, L., Boudierhem, H., Tani, S., & Madani, K. 2018. Caractérisation chimique des écorces d'oranges, identification par GC-MS et évaluation du pouvoir antioxydant de leurs huiles essentielles. *Revue Nature et Technologie*, 10(1), 112-115.

Lardry J.-M. & Haberkorn V. 2007. L'aromathérapie et les huiles essentielles (Kinesither Rev ed.). 14-17p.

Lobo, V., Patil, A., Phatak, A., & Chandra, N. 2010. Free radicals, antioxidants and functional foods : Impact on human health. *Pharmacognosy Reviews*, 4(8), 118–126. <https://doi.org/10.4103/0973-7847.70902>

Mahenina J M 2013 . Etude chimique et biologique de saponines isolées de trois espèces mal-gaches appartenant aux familles des Caryophyllaceae, Pittosporaceae et Solanaceae. Biologie végétale. Université de Bourgogne, 2013.

Maksoud, S., Abdel-Massih, R. M., Rajha, H. N., Louka, N., Chemat, F., Barba, F. J., & Debs, E. (2021). *Citrus aurantium* L. active constituents, biological effects and extraction methods : An updated review. *Molecules*, 26(19), 5832.
<https://doi.org/10.3390/molecules26195832>

Mannucci, C., Calapai, F., Cardia, L., Inferrera, G., D'Arena, G., Di Pietro, M., Navarra, M., Gangemi, S., Ventura Spagnolo, E., & Calapai, G. 2018. Clinical pharmacology of *Citrus aurantium* and *Citrus sinensis* for the treatment of anxiety. Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine, 2018, Article ID 3624094, 18 pages.
<https://doi.org/10.1155/2018/3624094>

Medic-Saric M., Jasprica I., Smolcic-Bubalo A., Monar A. 2004, “ Optimisation of Chromatography of flavonoids and phenolic acids”. *Croatica Chemica Acta*, 77: 1- 2, 361-366.

Mezhoud, L., Kedissa, C., & Benazzouz, M. T. 2023. Application of the qualitative method to the study of landslides in the Wilaya of Mila North-East Algeria. *International Journal of Innovative Studies in Sociology and Humanities*, 8(1),409_419.
<https://doi.org/10.20431/2456-4931.080143>

M'Hiri, N. 2015. Étude comparative de l'effet des méthodes d'extraction sur les phénols et l'activité antioxydante des extraits des écorces de l'orange « Maltaise demi sanguine » et exploration de l'effet inhibiteur de la corrosion de l'acier au carbone (Doctoral dissertation, Université de Lorraine) p9-p10.

Mirzaei, A., Mirzaei, A., Najjar Khalilabad, S., Askari, V. R., & Baradaran Rahimi, V. 2023. Promising influences of hesperidin and hesperetin against diabetes and its complications : A systematic review of molecular, cellular, and metabolic effects. *EXCLI Journal*, 22, 1235–1263. <https://doi.org/10.17179/excli2023-6577>

Mohammadi, H., Khorasanchi, Z., Jandari, S., Ghaffari, S., Bagheri, R., & Ferns, G. A. 2023. The effect of vitamin C supplementation on type 2 diabetes mellitus : A systematic review and dose–response meta-analysis of randomized controlled trials. *Complementary Therapies in Medicine*, 72, 102946. <https://doi.org/10.1016/j.ctim.2023.102946>

Moraes, T. M., Kushima, H., Moleiro, F. C., Santos, R. C., Rocha, L. R. M., Marques, M. O., Vilegas, W., & Hiruma-Lima, C. A. 2009. Effects of limonene and essential oil from *Citrus aurantium* on gastric mucosa : Role of prostaglandins and gastric mucus secretion. *Chemico-Biological Interactions*, 180(3), 499–505. <https://doi.org/10.1016/j.cbi.2009.04.015>

Moudgil, K. D., & Venkatesha, S. H. 2023. The anti-inflammatory and immunomodulatory activities of natural products to control autoimmune inflammation. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(1), 95. <https://doi.org/10.3390/ijms24010095>

Moufida Rira. 2019 Les tanins hydrolysables et condensés : une piste pour la réduction de la production du méthane entérique par les ruminants en milieu tropical. *Agronomie. Université Clermont Auvergne* [2017-2020].

Ouhoumane, N. 2010. Impact du diabète sur la mortalité à la suite d’une hospitalisation pour un premier infarctus aigu du myocarde au Québec (Thèse de doctorat, Université Laval). Faculté de médecine, Département de médecine sociale et préventive. 242p.

OUIS N., 2015. étude chimique et biologique des huiles essentielles de coriandre, de fenouil et de persil, UNIV, Oran, P07-18-19-20.

Park, K.-I., Park, H.-S., Kim, M.-K., Hong, G.-E., Nagappan, A., Lee, H.-J., Yumnam, S., Lee, W.-S., Won, C.-K., Shin, S.-C., & Kim, G.-S. 2014. Flavonoids identified from Korean *Citrus aurantium* L. inhibit non-small cell lung cancer growth in vivo and in vitro. *Journal of Functional Foods*, 7, 287–297. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2014.01.032>

Periyamayagam, K., Dhanalakshmi, S., Karthikeyan, V., & Jagadeesan, M. 2013. Phytochemical studies and GC/MS analysis on the isolated essential oil from the leaves of *Citrus aurantium* Linn. *Journal of Natural Products and Plant Resources*, 3(6), 19–23. Retrieved from <http://scholarsresearchlibrary.com/archive.html>

Peronny S., 2005-La perception gustative et la consommation des tannins chez le maki (Lemur catta). Thèse de doctorat. Muséum national d'histoire naturelle, France. 151p.

Pierra J.2020, Analyse des saponines Triterpéniques et des composés phénoliques de l'extrait méthanolique des feuilles d'*ARALIA NUCAULIS L.* Université du Québec à Chicoutimi. 179.p.

Ramful D., TarnusE. ,Aruoma O. I., Bourdon E., Bahorun T. 2011. Polypheno composition, vitamin C content and antioxidant capacity of Mauritian citrus fruit pulps; Food Research International; 44: 2088-2099.

Ren, Y., Mao, S., Zeng, Y., Chen, S., Tian, J., & Ye, X. 2023. Pectin from Citrus unshiu Marc. Alleviates glucose and lipid metabolism by regulating the gut microbiota and metabolites. Foods, 12(22), 4094. <https://doi.org/10.3390/foods12224094>

Reshi, Z.A.; Ahmad, W. ; Lukatkin, A.S.; Javed, S.B. 2023. From Nature to Lab: A Review of Secondary Metabolite Biosynthetic Pathways, Environmental Influences, And In Vitro Approaches. Metabolites 2023,13,895.<https://doi.org/10.3390/metabo13080895>.

Richter R, 2006. **Métabolisme** des végétales physiologies et biochimie. 526.p

RobertG. 2000 Les Sens du Parfum. Osman Eroylls Multimedia. Paris, 224 p.

Roze L . V , Chanda A , Linz J.E . 2011. Compartmentalization and molecular traffic in secondary Metabolism : a new understanding of established cellular Processes. Fungal Genet Biol. 2011 January ; 48(1) : 35–48. Doi :10.1016/j.fgb.2010.05.006.

Rydel-Ciszek, K. 2024. DFT studies of the activity and reactivity of limonene in comparison with selected monoterpenes. Molecules, 29(7), 1579. <https://doi.org/10.3390/molecules29071579>

Saadoudi Hadjer, A. R. 2022. Savon à base d'huile de friture usagée [Thèse doctorat, Faculté des sciences et de la technologie Université Mouhamed El Bachir El Ibrahimi de Bordj Bou Arréridj].

Sacchetti, G., et al., 2005 Comparative evaluation of 11 essential oils of different origin as functional antioxidants, antiradicals and antimicrobials in foods. *Journal of Food chemistry*, 91(4): p. 621-632.

Sarrou, E., Chatzopoulou, P., Dimassi-Theriou, K., & Therios, I. 2013. Volatile constituents and antioxidant activity of peel, flowers and leaf oils of *Citrus aurantium* L. growing in Greece. *Molecules*, 18(9), 10639–10647.

<https://doi.org/10.3390/molecules180910639>

Seyyedi-Mansour, S., Carpena, M., Donn, P., Garcia-Oliveira, P., Echave, J., Barciela, P., Fraga-Corral, M., Cassani, L., Simal-Gandara, J., & Prieto, M. A. 2023. Profiling of phenolic compounds in Citrus flowers and their biological activities. *Eng. Proc.*, 48, 37.

<https://doi.org/10.3390/CSAC2023-14895>

Seyyedi-Mansour, S., Donn, P., Barciela, P., Perez-Vazquez, A., Nogueira-Marques, R., Chamorro, F., Carpena, M., & Prieto, M. A. 2025. *Citrus aurantium* Flowers: Overview of Chemistry, Functionality, and Technological Applications. *Molecules*, 30(4), 930.

<https://doi.org/10.3390/molecules30040930>

Sharma, M., Fernandes, J., Ahirwar, D., & Jain, R. 2008. Hypoglycemic and hypolipidemic activity of alcoholic extract of *Citrus aurantium* in normal and alloxan-induced diabetic rats. *Pharmacologyonline*, 3, 161–171.

Shi, L., Du, X., Guo, P., Huang, L., Qi, P., & Gong, Q. 2020. Ascorbic acid supplementation in type 2 diabetes mellitus : A protocol for systematic review and meta-analysis. *Medicine*, 99(45), e23125. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000023125>

Sirois C. (2008). Valorisation des extraits de pin gris (*Pinus banksiana*) par l'étude de leurs compositions chimiques et leurs activités biologiques. Mémoire. Université du Québec à Chicoutimi ; 14-15 ; 31-33.

Smeriglio, A., Iraci, N., Denaro, M., Mandalari, G., Giofrè, S. V., & Trombetta, D. 2023. Synergistic combination of Citrus flavanones as strong antioxidant and COX-inhibitor agent. *Antioxidants*, 12(4), 972. <https://doi.org/10.3390/antiox12040972>

Suntar, I., Khan, H., Patel, S., Celano, R., & Rastrelli, L. 2018. An Overview on *Citrus aurantium* L. : Its Functions as Food Ingredient and Therapeutic Agent. *Oxidative Medicine*

and Cellular Longevity, 2018, Article ID 7864269, 12 pages.

<https://doi.org/10.1155/2018/7864269>

Teshome, H., Berhanu, D., & Getachew, A. 2019. Evaluation of soap prepared from coconut oil. International Journal of Scientific and Research Publications, 9(6), 701–707.

<https://doi.org/10.29322/IJSRP.9.06.2019.p9051>

Teuscher, E., Anton, R., & Lobstein, A. 2005. Plantes aromatiques : épices, aromates, condiments et huiles essentielles. Tec & Doc. 522-544. p.

Vatsavai, L. K., & Kilari, E. K. 2017. Interaction of p-synephrine on the pharmacodynamics and pharmacokinetics of gliclazide in animal models. Journal of Ayurveda and Integrative Medicine, 9(3), 183–189. <https://doi.org/10.1016/j.jaim.2017.04.010>

Visvanathan, R., & Williamson, G. 2023. Citrus polyphenols and risk of type 2 diabetes: Evidence from mechanistic studies. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 63(14), 2178–2202. <https://doi.org/10.1080/10408398.2021.1971945>

Zagoskina, N. V., Zubova, M. Y., Nechaeva, T. L., Kazantseva, V. V., Goncharuk, E. A., Katanskaya, V. M., Baranova, E. N., & Aksenova, M. A. 2023. Polyphenols in plants: Structure, biosynthesis, abiotic stress regulation, and practical applications (Review). International Journal of Molecular Sciences, 24(18), 13874.

<https://doi.org/10.3390/ijms241813874>

Zarrad, K., Ben Hamouda, A., Chaieb, I., Laarif, A., & Mediouni-Ben Jemâa, J. 2015. Chemical composition, fumigant and anti-acetylcholinesterase activity of the Tunisian *Citrus aurantium* L. essential oils. Industrial Crops and Products, 76, 121–127.

<https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.06.039>

Zhang, H., Li, Q., & Zhao, Y. 2022. Effect of pectin intake on gastric emptying and glucose tolerance in humans: A systematic review. *Nutrition Research*, 102, 45–52.

<https://doi.org/10.1016/j.nutres.2022.07.006>

ANNEXE

Oil of bitter orange (*Citrus aurantium* L.)

1 Scope

This International Standard specifies certain characteristics of the oil of bitter orange (*Citrus aurantium* L.), in order to facilitate assessment of its quality.

2 Normative references

The following referenced documents are indispensable for the application of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

ISO/TR 210, *Essential oils — General rules for packaging, conditioning and storage*

ISO/TR 211, *Essential oils — General rules for labelling and marking of containers*

ISO 212, *Essential oils — Sampling*

ISO 279, *Essential oils — Determination of relative density at 20 °C — Reference method*

ISO 280, *Essential oils — Determination of refractive index*

ISO 592, *Essential oils — Determination of optical rotation*

ISO 875, *Essential oils — Evaluation of miscibility in ethanol*

ISO 4715, *Essential oils — Quantitative evaluation of residue on evaporation*

ISO 11024-1, *Essential oils — General guidance on chromatographic profiles — Part 1: Preparation of chromatographic profiles for presentation in standards*

ISO 11024-2, *Essential oils — General guidance on chromatographic profiles — Part 2: Utilization of chromatographic profiles of samples of essential oils*

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the following terms and definitions apply.

3.1

oil of bitter orange

essential oil obtained by expression, without heating, by mechanical treatment, from the pericarp of the fruit of *Citrus aurantium* L., of the Rutaceae family

NOTE For information on the CAS number, see ISO/TR 21092.

4 Requirements

4.1 Appearance

Liquid.

4.2 Colour

Pale yellow to brownish green.

4.3 Odour

Characteristic of the outer part of bitter orange peel.



Figure annexe 02 pH mettre