



Université Mohamed Khider de Biskra  
Faculté des sciences exactes et des sciences de la nature, de la vie, des sciences de la  
terre et de l'univers  
Département des sciences de la nature et de la vie  
Filière : Sciences biologiques

Référence ..... / 2025

# MÉMOIRE DE MASTER

Spécialité : Biochimie Appliquée

---

Présenté et soutenu par :  
MOSBAH Soundous et MOUMMI Rim

Le : 18 juin 2025

## **Effet de quelques huiles essentielles sur la préservation de la qualité et la prolongation de la durée de conservation des oranges et oignons emballés pendant le stockage**

---

### **Jury :**

Mme LAOUFI Hayat	Grade	Université de Biskra	Président
Dr.BENMEDDOUR Tarek	MAB	Université de Biskra	Rapporteur
M DERRADJI Yacine	Grade	Université de Biskra	Examineur

Année universitaire : 2024/2025

## ***Remerciements***

*Tout d'abord, nous tenons à remercier Dieu, qui nous a donné la force et la détermination pour mener à bien cette humble œuvre.*

*Nous tenons à exprimer nos sincères remerciements et notre reconnaissance au Professeur **TAREK BENMEDDOUR**, Professeur à l'Université Mohamed Khider de Biskra, qui a aimablement accepté de superviser ce travail. Ses précieux conseils et avis ont eu un impact significatif sur l'achèvement de cette recherche.*

*Nous remercions également les membres du comité de discussion pour leur aimable acceptation d'évaluer ce travail, ainsi que pour leur intérêt et leurs commentaires constructifs.*

*Enfin, nous remercions tous ceux qui nous ont aidés et soutenus.*

## ***Dédicace***

*Je dédie ce projet :*

***A ma chère mere***

***A mon cher père***

*Qui n'ont jamais cessé, de formuler des prières a mon égard, de me soutenir  
et de m'épauler pour que je puisse atteindre mes objectifs*

***A mes frères : youcef et Sofian, Aziza , Lamia , Amani, Et à la femme de mon  
frère Afaf ,Et à mes petites chéries, Maram et Sabrinal , Et à mes âmes sœurs  
Sajed et Siradj***

*Pour ses soutiens moral et leurs conseils précieux tout au long de mes études.*

***A ma chère binôme : Soundous***

*Pour sa entente et sa sympathie*

***A mes chères amieskribaa Amel, Soundous, Sabrina, Halima***

*Pour leur aides et supporté dans les moments difficiles.*

## **Dédicace**

*En mémoire de mon cher père, **ZINE MOSBAH***

*Ton absence est une douleur silencieuse, mais ton amour reste une lumière qui me guide chaque jour. Je vous dédie ce travail du fond du cœur, en l'honneur de vos sacrifices, de vos prières et de la force que vous m'avez donnée. Qu'Allah vous accepte dans Son vaste paradis. Tu vis pour toujours dans mes pensées et dans chaque succès de ma vie. Que chaque pas que je fais vers la réussite soit une sadaqa jariya pour ton âme.*

*À toi, Maman, **DJAMILA CHEBAANI**,*

*La plus belle âme que je connaisse. Merci pour tes prières, ton amour immense, ta patience infinie, et pour tous ces moments où tu m'as portée sans le dire. Tu as été ma force dans le silence, ma lumière dans l'ombre, mon tout. Je te dois bien plus que des notes... je te dois ma force. Que Dieu te protège et te garde pour moi. Je t'aime d'un amour que les mots ne sauront jamais décrire.*

*À toi, ma sœur, **HIBA** Merci d'avoir toujours été là, Ton amour silencieux, ta patience et ton regard fier m'ont donné la force d'avancer. Tu es ma complice, mon refuge et mon modèle en même temps. Je t'aime plus que les mots ne peuvent le dire.*

*À mes tantes, **THELDJA, LEILA, SALIHA,***

*Merci pour votre affection sincère, vos encouragements et cette tendresse que vous m'avez toujours offerte. Chacune de vous a laissé une trace de douceur et de motivation dans mon cœur. Votre amour m'a accompagnée jusqu'ici.*

*À mes oncles, **MOURAD, FAYCEL, ADEL**, Merci pour votre bienveillance et votre soutien, même discret, mais toujours présent. Vos encouragements m'ont beaucoup portée.*

*À ma grand-mère, Ton amour est une bénédiction dans ma vie. Tes prières, ton regard tendre et ton cœur pur... je les ressens dans chaque petit pas que je fais. Que Dieu te garde longtemps auprès de moi. Tu es la douceur incarnée.*

*À toi, ma meilleure amie, **DOUAA***

*Merci pour être là dans les moments où j'avais besoin de parler, de pleurer ou de rire. Tu es ma confidente, celle qui sait toujours quoi dire pour apaiser mon cœur. Ta présence est un trésor. Cette réussite, elle est aussi grâce à toi*

*À ma binôme, **RIM**, Merci pour ton sérieux, ta patience, ton soutien au quotidien, et cette belle complicité qu'on a su créer. Travailler à tes côtés m'a beaucoup appris, et cette réussite porte aussi ton empreinte.*

*A mes amis(es) et collègues, A tous les moments qu'on a passé ensemble, à tous nos souvenirs . Je vous souhaite à tous longue vie pleine de bonheur et de prospérité*

**SOUNDOUS**

# Table de matières

Remerciement	
Table des matières	I/ II
Liste des tableaux	III
Liste des figures	IV
Liste d'abréviations	V
<b>Première partie: Synthèse bibliographique</b>	
<b>Chapitre 1. Généralités sur les oranges, les oignons et leur emballage</b>	<b>3</b>
<b>I. Généralités sur les oranges et les oignons</b>	<b>3</b>
<b>II. Généralités sur l'emballage des fruits et légumes</b>	<b>6</b>
<b>II.1. Définition</b>	<b>6</b>
<b>III. Les plantes aromatiques utilisées dans la conservation post-récolte</b>	<b>8</b>
<b>Chapitre 2. Pathologies post-récolte des oranges et des oignons</b>	<b>12</b>
<b>I. Pathologies post-récolte des oranges</b>	<b>12</b>
<b>Chapitre 3. Matériel et Méthodes</b>	<b>17</b>
<b>3.1. Étude préliminaire par questionnaire</b>	<b>17</b>
<b>3.2. Visite de terrain dans les marchés locaux</b>	<b>17</b>
<b>3.3. Visite des points de vente d'emballages</b>	<b>18</b>
<b>3.4. Expérimentation</b>	<b>18</b>
<b>3.4.1. Préparation du matériel végétal</b>	<b>18</b>
<b>3.4.2. Extraction des huiles essentielles</b>	<b>19</b>
<b>3.4.2.1. Méthodes d'extraction</b>	<b>19</b>
<b>A. Hydrodistillation à l'aide d'un appareil de type Clevenger (cycle unique)</b>	<b>19</b>
<b>B. Distillation à la vapeur</b>	<b>21</b>
<b>3.4.3. Mode opératoire pour le test des huiles essentielles sur les fruits et légumes</b>	<b>22</b>
<b>3.4.3.1. Détermination du volume d'huile essentielle utilisé</b>	<b>23</b>
<b>3.4.3.2. Méthode d'application des huiles essentielles</b>	<b>23</b>
<b>3.4.3.3. Répartition expérimentale des échantillons</b>	<b>24</b>
<b>3.4.3.4. Conditions de stockage après application des huiles essentielles</b>	<b>24</b>
<b>3.4.3.5. Calendrier de suivi et protocole d'observation post-traitement</b>	<b>24</b>
<b>Chapitre 4: Résultats et Discussion</b>	<b>30</b>
<b>4.1. Analyse des résultats issus du questionnaire</b>	<b>30</b>
<b>4.2. Rendement des huiles essentielles</b>	<b>30</b>
<b>4.3. Analyse des résultats de l'effet de différentes huiles essentielles sur les fruits et légumes conservés</b>	<b>34</b>
<b>4.3.1. Les oranges Navel</b>	<b>34</b>
<b>4.3.1.1. Analyse des symptômes liés à l'altération par les agents biotiques</b>	<b>34</b>
<b>4.3.1.3. Analyse des modifications physiques</b>	<b>40</b>
<b>4.3.2. Oranges sanguine</b>	<b>44</b>
<b>4.3.2.1. Analyse des symptômes liés à l'altération par les agents biotiques</b>	<b>44</b>
<b>4.3.2.2. Analyse sensorielle de l'odeur</b>	<b>47</b>
<b>4.3.2.3. Analyse des modifications physiques des oranges sanguine</b>	<b>48</b>
<b>A. Évolution de la masse fraîche (perte pondérale)</b>	<b>49</b>
<b>B. Rétrécissement tissulaire (changement de taille)</b>	<b>50</b>
<b>C. Altération chromatique de l'épicarpe (décoloration)</b>	<b>51</b>

---

<b>4.3.3. Analyse des modifications physiques et sensorielles des oignons :</b> .....	<b>51</b>
<b>4.2.3.1. Évolution de la fermeté du bulbe :</b> .....	<b>51</b>
<b>4.3.3.2. Apparition de moisissures :</b> .....	<b>53</b>
<b>4.3.3.3. Déshydratation de l'épiderme externe :</b> .....	<b>55</b>
<b>4.3.3.4. Perte de poids des oignons :</b> .....	<b>56</b>
<b>4.3.3.5. Evolution des changements visuels sur les feuilles (chute, décoloration et décoloration de l'enveloppe externe (épicarpe) des feuilles) des oignons verts :</b> .....	<b>57</b>
<b>Conclusion.....</b>	<b>67</b>
<b>Bibliographie.....</b>	<b>68/74</b>
<b>Résumé.....</b>	<b>75/76</b>

## Liste des tableaux

<b>Tableau 1:</b> Principales variétés d'oranges. ....	3
<b>Tableau 2:</b> Principales variétés d'oignons .....	5
<b>Tableau 3:</b> Rendement des huiles essentielles obtenues. ....	34
<b>Tableau 4:</b> Répartition des échantillons expérimentaux selon le type de produit, le traitement et les conditions de conservation. ....	26
<b>Tableau 4.1 1:</b> Analyse des résultats issus du questionnaire (Pratiques d'emballage et de stockage des oranges et des oignons et usage de matériaux additionnels de conservation).....	32
<b>Tableau 4. 2:</b> Évolution des symptômes d'altération par les agents biotiques sur les oranges Navel selon les traitements (15 jours de stockage).....	36
<b>Tableau 4.3:</b> Effets de différentes huiles essentielles sur les modifications physiques des oranges Navel , taille (rétrécissement tissulaire) et couleur (décoloration de l'épicarpe) pendant 15 jours de stockage au réfrigérateur.....	42
<b>Tableau 4.5:</b> Évolution des symptômes d'altération par les agents biotiques sur les oranges sanguines selon les traitements (13 jours de stockage).....	43
<b>Tableau 4.6:</b> Effets de différentes huiles essentielles sur les modifications physiques des oranges Sanguine, taille (rétrécissement tissulaire) et couleur (décoloration de l'épicarpe) pendant 13 jours de stockage au réfrigérateur.....	49
<b>Tableau 4.7:</b> Évolution de la fermeté du bulbe des oignons verts et rouges pendant 15 jours de stockage sous l'effet de différentes huiles essentielles.....	51/52
<b>Tableau 4.8:</b> Évolution de la présence de moisissures sur les oignons verts et rouges pendant la période de stockage sous l'effet de différentes huiles essentielles.....	53
<b>Tableau 4.9:</b> Effet des huiles essentielles sur la déshydratation de l'enveloppe externe des oignons verts et rouges pendant 15 jours de stockage.....	53

## Liste des figures

<b>Figure 1:</b> Types d'emballage utilisés pour les fruits et légumes .....	7
<b>Figure 2:</b> <i>Artemisia herba-alba</i> .....	19
<b>Figure 3:</b> <i>Thymus vulgaris</i> .....	19
<b>Figure 4:</b> <i>Foeniculum vulgare</i> .....	19
<b>Figure 5:</b> <i>Rosmarinus officinalis</i> .....	19
<b>Figure 6:</b> Appareil de type cleverger utilisé pour l'hydrodistillation. ....	21
<b>Figure 7:</b> Appareil de type cleverger utilisé pour l'entraînement à la vapeur .....	22
<b>Figure 4.1:</b> Moisissure bleu-vert généralisée sur orange dans la boîte Témoin (sans HE) après 15 jours de stockage .....	37
<b>Figure 4.2:</b> Différents symptômes observés sur les oranges dans les boîtes traitées par les différentes HE (A. <i>Thymus vulgaris</i> , B. <i>Foeniculum vulgare</i> , C. <i>Rosmarinus officinalis</i> , D. <i>Artemisia herba-alba</i> ) après 15 jours de stockage .....	38
<b>Figure 4.3:</b> Évolution de l'intensité de l'odeur de moisissure chez les oranges Navel (traitées et non traitées) .....	39
<b>Figure 4.4 :</b> Évolution de la perte de poids des oranges Navel traitées et non traitées pendant 15 jours de stockage .....	41
<b>Figure 4.5.1 :</b> Pourriture généralisée sur des oranges dans la boîte Témoin (sans HE) après 13 jours de stockage (Avec des taches blanches en périphérie et vertes-noircis au centre. Présence d'un petit trou d'où sortent de petits insectes noirs volants .....	45
<b>Figure 4.5.2:</b> Différents symptômes observés sur les oranges sanguine dans les boîtes traitées par les différentes HE (A. <i>Rosmarinus officinalis</i> , B. <i>Foeniculum vulgare</i> , C. <i>Thymus vulgaris</i> , D. <i>Artemisia herba-alba</i> ) après 13 jours de stockage .....	46
<b>Figure 4.6:</b> Évolution du Score d'Odeur (basée sur l'échelle sensorielle décrite (score de 0 à 4) des Oranges Sanguine Pendant 13 Jours de Stockage Sous l'Effet de Différentes Huiles Essentielles ( <i>Thymus vulgaris</i> , <i>Foeniculum vulgare</i> , <i>Rosmarinus officinalis</i> , <i>Artemisia herba-alba</i> ) Comparées au Témoin Non traité .....	47
<b>Figure 4.7:</b> Évolution de la Masse Fraîche des Oranges Sanguine Pendant 13 Jours de Stockage au Réfrigérateur Sous l'Effet de Différentes Huiles Essentielles ( <i>Thymus vulgaris</i> , <i>Foeniculum vulgare</i> , <i>Rosmarinus officinalis</i> , <i>Artemisia herba-alba</i> ) Comparées au Témoin Non Traité .....	49
<b>Figure 4.8 1:</b> Évolution de la perte de poids (%) de l'oignon vert pendant 15 jours de stockage .....	56
<b>Figure 4.9 :</b> Évolution de la perte de poids (%) de l'oignon rouges pendant 15 jours de stockage sous l'effet de différentes huiles essentielles .....	57
<b>Figure 4.10:</b> Evolution des symptômes visuels sur les feuilles (la décoloration, la chute et le flétrissement des feuilles) des oignons verts pendant 15 jours de stockage .....	58
<b>Figure 4.11:</b> Changements visuels sur les feuilles (la décoloration, la chute et le flétrissement des feuilles) des oignons verts après 15 jours de stockage .....	59

## Liste des abréviations

**R%** : Rendement en pourcentage %

**Volume (HE)** : volume de l'huile essentielle.

**Masse (MV)** : masse du matériel végétal sec ou frais

**HE** : Huile essentielle.

***P. italicum*** : *Penicillium italicum*

**J** : Jours d'observation

**B1** : Boite 1

**B2** : Boite 2(Répétition)

**TV** : Thymus vulgaris

**FV**: Foeniculum vulgare

**RO**: Rosmarinus officinalis

**AH**: Artemisia herba-alba

**AC** : Stockage sous atmosphère contrôlée

**MAP**: Emballage sous atmosphère modifiée

# **Introduction**

**Introduction :**

Dans un contexte où la santé du consommateur et la préservation de l'environnement deviennent des priorités majeures, l'agriculture tend à s'affranchir progressivement de l'usage intensif de produits chimiques. Cette transition vers des solutions naturelles s'avère particulièrement pertinente dans le domaine de la conservation post-récolte, étape clé pour maintenir la qualité des fruits et légumes et limiter les pertes alimentaires.

Le présent travail s'inscrit dans cette démarche, en étudiant l'effet inhibiteur des extraits de plantes aromatiques, riches en huiles essentielles, comme alternative naturelle de lutte contre les maladies post-récolte. L'étude porte sur deux produits agricoles d'importance économique et nutritionnelle en Algérie : les oranges (variétés Navel et Sanguine) et les oignons (verts et rouges), tous deux vulnérables aux contaminations microbiennes et fongiques après la récolte.

Chaque année, une part significative de ces produits est perdue en raison de moisissures et d'infections d'origine fongique ou bactérienne, souvent exacerbées par des conditions de stockage inadéquates. Face à cette problématique, les plantes aromatiques et médicinales apparaissent comme une piste prometteuse. Leurs propriétés antimicrobiennes, notamment celles du thym, du romarin, du fenouil et de l'absinthe, pourraient contribuer à prolonger la durée de conservation des produits frais, tout en respectant les exigences sanitaires et environnementales.

Dès lors, une problématique centrale émerge :

Dans quelle mesure les extraits végétaux issus de plantes aromatiques peuvent-ils limiter le développement des maladies post-récolte et préserver les qualités des oranges et des oignons durant leur stockage ?

L'objectif principal de ce mémoire est d'évaluer le potentiel des huiles essentielles extraites de certaines plantes aromatiques à prévenir les altérations post-récolte tout en maintenant la qualité de fruits et légumes sélectionnés. À travers cette étude, nous visons à déterminer si ces extraits naturels peuvent constituer une solution efficace face aux agents pathogènes responsables des pertes post-récolte.

Pour répondre à cette problématique, le mémoire est structuré en trois parties :

1. Une partie théorique, qui présente les caractéristiques des produits étudiés, les principales maladies post-récolte qui les affectent, ainsi que les propriétés biochimiques des plantes aromatiques retenues ;

2. Une partie méthodologique, qui détaille les étapes de préparation des extraits, les conditions de stockage, et les paramètres d'évaluation utilisés ;
3. Une partie expérimentale, où sont exposés les résultats obtenus, leur interprétation, et les conclusions générales de l'étude.

**Première partie**  
**Synthèse bibliographique**

# **Chapitre 1**

## **Généralités sur les oranges, les oignons et leur emballage**

## Chapitre 1. Généralités sur les oranges, les oignons et leur emballage :

### I. Généralités sur les oranges et les oignons :

#### I.1. Généralités sur les oranges (*Citrus sinensis*) :

##### I.1.1. Définition :

Les agrumes, en particulier les oranges douces (*Citrus sinensis*) appartenant à la famille Rutaceae, occupent une place importante dans l'économie agricole à l'échelle mondiale et régionale, notamment en Algérie (Nedjma & Salima, 2025). Appréciables pour leur richesse en vitamines, antioxydants et composés bioactifs, ces fruits jouent également un rôle stratégique dans les industries alimentaire, pharmaceutique et cosmétique (Hegde et al., 2016). Dans l'ouest algérien, la culture de l'oranger constitue un pilier de la sécurité alimentaire et du développement socio-économique des communautés locales (Nedjma & Salima, 2025).

##### I.1.3. Variétés principales :

Il existe de nombreuses variétés d'oranges, différenciées selon leur couleur, leur période de maturation, et leur destination (consommation en frais ou transformation industrielle). Le tableau 1 présente les principales catégories :

**Tableau 1:** Principales variétés d'oranges (Nedjma & Salima, 2025).

Catégorie	Nom des variétés	Caractéristiques morphologiques et organoleptiques	Période de récolte	Remarques spécifiques
<b>Blondes Navels</b>	Washington, Thomson, Navelina, Navelate	Fruits de taille moyenne à grande, peau fine, chair blonde, croquante, très juteuse, saveur sucrée, absence de pépins.	Novembre à février	Adaptées aux climats chauds. Très prisées pour la consommation en frais. Peu adaptées à l'industrie.
<b>Blondes classiques</b>	—	Chair blonde, fruits généralement plus petits, peu de pépins, bonne teneur en jus, saveur douce à légèrement acide.	Décembre à mars	Moins valorisées que les Navels pour le marché frais, mais restent largement consommées localement.
<b>Sanguines</b>	Washington Sanguine, Sanguinello	Chair rougeâtre à rouge foncé selon la variété, très juteuse, goût intense et parfois	Mars à avril	Excellente teneur en antioxydants (anthocyanines). Bonne aptitude à la

		légèrement amer, peau fine avec pigmentation rougeâtre.		consommation en frais et en jus.
<b>Tardives</b>	—	Pulpe sucrée, faible acidité, taille moyenne à grande, parfois difficile à différencier entre variétés de bouche et variétés industrielles.	Avril à juin (zone méditerranéenne) Juin à octobre (hémisphère sud)	Destinées souvent à la transformation industrielle (jus). Rejetées du marché frais en cas de défauts esthétiques.

#### I.1.4. Importance économique de l'orange en Algérie :

La filière agrumicole, et en particulier celle de l'orange, revêt une importance économique majeure en Algérie. Lors de la campagne agricole 2023–2024, la production nationale a dépassé les 18 millions de quintaux (soit plus de 1,8 million de tonnes), enregistrant une nette progression par rapport à la saison précédente (16 millions de quintaux). Cette croissance s'explique notamment par l'extension annuelle des superficies cultivées (+5 000 hectares) et par l'essor de la culture dans des wilayas du Sud telles qu'El Oued, El Menia et Ouargla. Les pratiques agricoles intensives, avec des densités atteignant 700 arbres par hectare, ont également contribué à cette dynamique. Le développement de la filière permet de réduire la dépendance aux importations destinées à la transformation et stimule l'économie locale. L'État accompagne ce développement par divers mécanismes : contrats entre agriculteurs et unités de transformation, élargissement des circuits de distribution, et ouverture de nouveaux débouchés à l'export (Nedjma & Salima, 2025).

Cependant, malgré son passé d'exportateur, l'Algérie peine aujourd'hui à couvrir ses besoins internes. La région de la Mitidja, premier bassin arboricole du pays, génère à elle seule un chiffre d'affaires estimé à 10 milliards de dinars pour l'ensemble de la production agrumicole nationale (Tabti, 2015).

## I.2. Généralités sur les oignons (*Allium*) :

### I.2.1. Définition :

L'oignon appartient au genre *Allium* et famille Liliaceae (Elemdani & Khelifi, 2021) est l'une des cultures légumières les plus importantes à l'échelle mondiale. Sa croissance rapide, sa résistance relative et son adaptation aux climats frais et humides en font une culture de base dans de nombreuses régions agricoles. Il est largement utilisé aussi bien en cuisine qu'en médecine traditionnelle, en raison de ses nombreux bienfaits nutritionnels et thérapeutiques, attribués à sa richesse en composés actifs (Mahmood et al., 2021).

### I.2.3. Principales variétés d'oignons:

On distingue plusieurs variétés commerciales d'oignons, différenciées par leur couleur, leur goût, leur usage culinaire, ainsi que leur durée de conservation. Le tableau ci-dessous (tableau 2) présente les six principales catégories d'oignons (Elemdani & Khelifi, 2021).

**Tableau 2:**Principales variétés d'oignons(Elemdani & Khelifi, 2021).

Variété d'oignon	Description	Temps de maturité
Oignons jaunes	Cultivés à grande échelle. Disponibles en variétés hâtives, de pleine saison ou tardives.	Hâtifs : 75–100 jours Tardifs : 100–110 jours
Oignons blancs	Souvent utilisés pour le bottelage. Chair ferme, goût doux. Peu résistants à la conservation.	100–110 jours
Oignons rouges	Goût plus sucré, appréciés crus (salades). Faible durée de conservation sauf certains hybrides.	100–110 jours
Oignons espagnols	Très gros calibres, goût doux et sucré. Idéals pour farces et cuisson lente.	120–150 jours
Oignons à marinades	Petits (~2 cm), issus de semis direct. Utilisés pour le vinaigre et la conserve.	65–105 jours
Oignons à botteler	Récoltés avant la formation complète du bulbe. Parfois appelés à tort "échalotes".	60–75 jours

#### **I.2.4. Importance économique de l'oignon :**

L'oignon est considéré comme une culture stratégique hivernale, répondant à une demande stable tout au long de l'année. Sa forte valeur nutritionnelle et sa polyvalence d'usage en font une source de revenus importante pour les agriculteurs. C'est également un produit d'exportation à haute valeur ajoutée. Malgré les défis liés au coût des semences et à la logistique commerciale, l'oignon contribue fortement à la sécurité alimentaire.

En 2014, l'Algérie s'est classée au deuxième rang des producteurs d'oignons dans le monde arabe, derrière l'Égypte, avec une production avoisinant les 1,34 million de tonnes. Cette performance reflète l'importance économique de cette culture dans le développement agricole national (Saoud & Chalaqah, 2017).

## **II. Généralités sur l'emballage des fruits et légumes :**

### **II.1. Définition :**

Selon la directive européenne 94/62/CE (Commission européenne, 1994), l'emballage est défini comme : « Tout produit constitué de matériaux de toute nature, destiné à contenir et protéger des marchandises, allant des matières premières aux produits finis, à faciliter leur manutention et leur transport du producteur au consommateur ou à l'utilisateur, et à assurer leur présentation. Les articles jetables remplissant ces fonctions sont également considérés comme des emballages » (Frédéric Debeaufort, 2021).

### **II.2. Types d'emballages utilisés :**

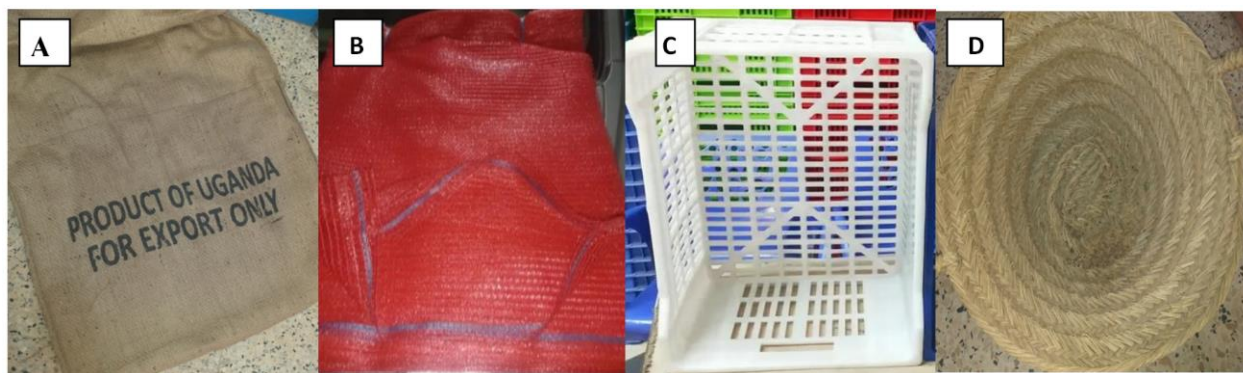
D'après (Anbukkarasi et al., 2020), les principaux types d'emballage utilisés pour les fruits et légumes sont :

**II.2.1. Emballage en sacs de jute :** Résistants, biodégradables, mais peu perméables à l'air.

**II.2.2. Emballage en filets de nylon :** Permettent une bonne aération, souvent utilisés pour les oignons.

**II.2.3. Emballage en caisses plastiques perforées :** Favorisent la ventilation et la protection mécanique durant le transport.

**II.2.4. Emballage en paniers de bambou :** Traditionnels, biodégradables, adaptés aux circuits courts et aux marchés locaux.



**Figure 1:**Types d'emballage utilisés pour les fruits et légumes.

(A) Emballage en sacs de jute, (B) Emballage en filets de nylon, (C) Emballage en caisses en plastique perforées, (D) Emballage en paniers de bambou.

### II.3. Rôle et fonctions de l'emballage

Tous les emballages remplissent des fonctions précises, qui restent constantes dans leur principe mais prennent une importance croissante dans les chaînes de distribution modernes (Frédéric Debeaufort, 2021):

- **Fonction de contenant** : L'emballage constitue un récipient permettant de contenir les produits, tout en respectant des normes métrologiques réglementées.
- **Fonction de présentation** : Il valorise visuellement le produit, attire l'attention du consommateur et facilite sa vente.
- **Fonction d'information** : Par l'étiquetage, l'emballage informe sur le produit, avec des mentions réglementaires obligatoires (origine, composition, DLC, etc.).
- **Fonction de sécurité alimentaire** : Il protège les aliments contre les contaminations biologiques ou chimiques.
- **Fonction de protection physique** : Il protège contre les agressions extérieures (chocs mécaniques, variations de température, lumière, humidité).
- **Fonction de conservation technologique** : L'emballage préserve les propriétés physico-chimiques du produit, tout en étant neutre chimiquement pour éviter les transferts de composés indésirables vers l'aliment.

### II.4. Méthodes de stockage et de conservation :

#### II.4.1. Réfrigération :

Technique la plus courante et la plus efficace pour ralentir la respiration cellulaire, limiter la perte d'eau, prévenir le flétrissement et prolonger la durée de conservation des produits frais (Sandhya Singh, 2011a).

#### **II.4.2. Ventilation adéquate :**

Permet de dissiper l'éthylène – gaz responsable de la maturation – et de maintenir une atmosphère saine autour du produit, réduisant ainsi les risques de détérioration (Sandhya Singh, 2011).

#### **II.4.3. Stockage sous atmosphère contrôlée (AC) :**

Cette technique consiste à ajuster la composition gazeuse autour du produit (réduction de l'oxygène, augmentation du CO<sub>2</sub>), ce qui permet de ralentir les processus métaboliques et de mieux conserver les qualités organoleptiques (Sandhya Singh, 2011).

#### **II.4.4. Emballage sous atmosphère modifiée (MAP) :**

L'atmosphère à l'intérieur de l'emballage est modifiée de manière à inhiber le développement microbien et l'oxydation. Cette technologie prolonge significativement la durée de conservation (Sandhya Singh, 2011).

### **III. Les plantes aromatiques utilisées dans la conservation post-récolte :**

#### **III.1. *Rosmarinus officinalis* (Romarin) :**

Le romarin (*Rosmarinus officinalis*) appartient à la famille des Lamiacées et à l'ordre des Lamiales. C'est une plante méditerranéenne typique, caractérisée par une forte odeur aromatique, des tiges quadrangulaires et des feuilles opposées sans stipules. Les fleurs sont regroupées en cymes axillaires. Le romarin est reconnu pour ses propriétés stimulantes, antiseptiques et insecticides. Son huile essentielle présente de nombreuses activités, notamment des effets antimicrobiens et antiviraux (Mostefai, 2014).

- **Étymologie** : *Rosmarinus* signifie « rosée de mer », indiquant son habitat côtier (BERBACHE et al., 2022).

#### **III.1.1. Classification botanique (Mostefai, 2014) :**

**Règne** : Plantae / **Sous-règne** : Cormophytes / **Embranchement** : Spermaphytes

**Sous-embranchement** : Angiospermes / **Classe** : Eudicots / **Sous-classe** : Gamopétales

**Ordre** : Lamiales / **Famille** : Lamiaceae / **Genre et espèce** : *Rosmarinus officinalis* L.

### III.2. *Artemisia herba-alba* (Armoise blanche) :

L'armoise blanche (*Artemisia herba-alba*) est la variété d'armoise la plus répandue en Algérie, notamment sur les Hauts Plateaux (Bessadi & Chergui, 2021). Elle est utilisée traditionnellement pour ses propriétés médicinales multiples : antidiabétique (Taştekin et al., 2006), antiparasitaire, antibactérienne, antivirale, antioxydante (Beloufa, 2018), mais aussi comme anti-inflammatoire, antipyrétique et antispasmodique (Yin et al., 2008).

#### III.2.1. Classification botanique (Esmail et al., 2010):

**Règne :** Plantae / **Embranchement :** Spermaphytes / **Sous-embranchement :** Angiospermes

**Classe :** Magnoliopsida / **Sous-classe :** Asteridae / **Ordre :** Asterales

**Famille :** Asteraceae / **Sous-famille :** Asteroideae / **Tribu :** Anthemideae

**Sous-tribu :** Artemisinae / **Genre :** *Artemisia* / **Espèce :** *Artemisia herba-alba*

### III.3. *Foeniculum vulgare* (Fenouil) :

Le fenouil (*Foeniculum vulgare*) est une plante herbacée vivace de la famille des Apiacées. Elle est reconnue pour ses propriétés médicinales et nutritionnelles. Elle présente des effets antimicrobiens contre divers agents pathogènes (bactéries, champignons, virus, parasites) ainsi que des propriétés antioxydantes, antitumorales, calmantes et anti-stress (Badgujar et al., 2014a). Elle est cultivée pour ses feuilles plumeuses et ses graines aromatiques.

### III.4. *Thymus vulgaris* (Thym) :

Le thym (*Thymus vulgaris*), est une plante vivace à feuilles persistantes. Il appartient également à la famille des Lamiacées. Sa tige devient ligneuse avec l'âge, ses feuilles sont petites (2,5 à 5 cm), ovales, de couleur vert-gris, et ses fleurs, violettes à rosées, apparaissent en début d'été (Iftikhar et al., 2023).

**Étymologie :** Du grec *thymos*, signifiant « force » ou « courage » (Hammoudi Halat et al., 2022).

**Propriétés :** Antibactérien, antifongique, anti-inflammatoire, antioxydant (Iftikhar et al., 2023).

**Saveur et odeur :** Goût rafraîchissant, odeur aromatique forte et caractéristique (Yildiz et al., 2020).

# **Chapitre 2**

## **Pathologies post-récolte des oranges et des oignons**

## **Chapitre 2. Pathologies post-récolte des oranges et des oignons**

### **I. Pathologies post-récolte des oranges :**

Les maladies fongiques constituent l'une des principales menaces pour la production mondiale d'agrumes après la récolte. Elles entraînent non seulement des pertes économiques importantes, mais affectent également la qualité visuelle, gustative et commerciale des fruits. La fréquence et la gravité de ces pathologies dépendent de nombreux facteurs : conditions environnementales durant le développement des fruits (vent, froid, grêle, attaques d'insectes), méthodes de culture, conditions de stockage (humidité, température) et développement de la résistance des agents pathogènes aux fongicides chimiques (Lin et al., 2019).

#### **I.1. La pourriture verte :**

La moisissure verte (*Penicillium digitatum*) est considérée comme la maladie post-récolte la plus répandue et économiquement préjudiciable chez les agrumes (Lin et al., 2019). Le nom de l'agent pathogène provient de la couleur verte caractéristique de ses spores, qui recouvrent entièrement le fruit infecté en fin de cycle. Il s'agit d'un champignon opportuniste qui ne pénètre les fruits que par des blessures (Tabti, 2015).

**Symptômes :** Petites lésions imbibées d'eau apparaissant à la surface du fruit, halo vert ou jaune autour des lésions, qui s'étendent rapidement, apparition d'une moisissure verte en texture poudreuse et ramollissement du fruit, émission d'une odeur de moisi ou de terre, signe de décomposition interne (Leal Rodrigues et al., 2023).

#### **I.2. La moisissure bleue :**

Causée par *Penicillium italicum*, cette maladie entraîne des pertes économiques considérables dans la filière agrumicole. Ce champignon se propage rapidement, même en conditions de stockage réfrigéré, en contaminant les fruits voisins via les contenants d'emballage (Bhatta, 2022; Li et al., 2022).

**Symptômes :** Lésions humides situées autour de zones endommagées ou blessées (Djahida, 2020), développement d'une moisissure bleue dense recouvrant progressivement le fruit (Tabti, 2015), et altération de l'aspect, du goût et de la texture (Leal Rodrigues et al., 2023).

#### **I.3. La pourriture acide :**

Provoquée par *Geotrichum citri-aurantii*, cette pathologie est l'une des plus difficiles à maîtriser. Elle cause une dégradation significative de la qualité du fruit et d'importantes pertes économiques (Cheng et al., 2022; OuYang et al., 2022).

**Symptômes** : Taches imbibées d'eau sur la peau du fruit (François et al., 2022), ramollissement de la surface, apparition de zones blanchâtres (Leal Rodrigues et al., 2023), émission d'une odeur désagréable, parfois acide ou moisie (Hernández-Montiel et al., 2010; OuYang et al., 2022) et développement de saveurs anormales et pourriture généralisée (Hernández-Montiel et al., 2010).

#### **I.4. L'alternariose :**

Cette pathologie fongique, causée par *Alternaria citri*, se manifeste principalement dans les zones chaudes et humides. L'infection survient généralement via des orifices naturels (ombilic, cicatrice du style) ou des blessures (Saito & Xiao, 2017; Soylu & Kose, 2015).

**Symptômes** : Lésion initiale dormante au niveau du bouton ou de l'extrémité stylaire et progression vers la formation d'un noyau nécrotique noir à l'intérieur du fruit (Ezzougari et al., 2024).

#### **I.5. La pourriture brune de *Phytophthora* :**

Causée par diverses espèces du genre *Phytophthora*, cette maladie se développe dans des conditions très humides. Elle est particulièrement préoccupante dans les zones à forte hygrométrie (Adaskaveg et al., 2015; Ramallo et al., 2019).

#### **Symptômes :**

Apparition de lésions sombres et humides à la surface du fruit, décomposition rapide des agrumes atteints (Adaskaveg et al., 2015) et formation possible d'un mycélium blanc sur les lésions en stockage prolongé (Tabti, 2015)

#### **I.6. L'anthracnose :**

Provoquée par le champignon *Colletotrichum gloeosporioides*, l'anthracnose affecte principalement les fruits surmûris, abîmés ou soumis à un stockage prolongé. Elle peut aussi être favorisée par des traitements chimiques excessifs (Arutselvan et al., 2023; Ramos et al., 2016).

**Symptômes** : Présence de stries brunes à noires (« taches de larmes ») sur la peau, coloration virant au gris argenté et pourriture progressive du fruit après la récolte (Rhaïem & Taylor, 2016).

## **II. Pathologies post-récolte des oignons :**

Les oignons sont particulièrement sensibles à plusieurs maladies post-récolte, en particulier en conditions de stockage prolongé et lorsque les pratiques de récolte, de séchage ou de conditionnement sont inadéquates. Ces pathologies sont généralement d'origine fongique ou

bactérienne et entraînent d'importantes pertes économiques en plus de compromettre la qualité marchande du produit (Koné, 2014).

### **II.1. Maladies fongiques (Koné, 2014):**

#### **1. Moisissure noire**

Causée par *Aspergillus niger* Tiegh, elle se manifeste sous forme d'une poudre noire caractéristique recouvrant les pétioles et, parfois, les écailles externes du bulbe. Cette infection entraîne un ramollissement des tissus, facilitant ensuite la prolifération de pourritures bactériennes secondaires.

#### **2. Pourriture blanche**

Provoquée par *Sclerotium cepivorum* Berk., cette maladie débute par un jaunissement progressif des feuilles, qui se dessèchent en partant des extrémités, puis s'affaissent au sol. Sur le bulbe, elle provoque une pourriture molle accompagnée d'une moisissure blanche et duveteuse, dans laquelle on observe la présence de petits sclérotés noirs.

#### **3. Pourriture du col**

Causée par des espèces du genre *Botrytis*, notamment *B. allii* Munn et *B. squamosa* J.C. Walker, cette pathologie se manifeste par une pourriture localisée au niveau du col du bulbe. Les écailles atteintes se détachent facilement des écailles saines. Le tissu infecté devient gris et se couvre d'une moisissure grise, suivie par l'apparition de sclérotés noirs.

#### **4. Pourriture basale**

Provoquée par *Fusarium oxysporum* f. sp. *cepae*, cette maladie débute par un jaunissement et un flétrissement des feuilles. Elle évolue ensuite vers l'effondrement de la partie aérienne et une coloration rose-brun à la base du bulbe, marquant la zone d'infection fongique.

### **II.2. Maladies bactériennes (Koné, 2014):**

#### **1. Pourriture molle due à *Erwinia* spp.**

Cette infection bactérienne se développe souvent en stockage. Les bulbes semblent sains extérieurement, mais en les ouvrant, on découvre des tissus internes bruns, mous, gorgés d'eau et dégageant une odeur fétide caractéristique.

#### **2. Pourriture molle causée par *Pseudomonas* spp.**

Elle touche principalement les couches extérieures du bulbe. Les symptômes incluent l'apparition d'une matière collante, de coloration jaune et à l'odeur nauséabonde, témoignant d'une dégradation bactérienne avancée.

**Deuxième partie**

**Partie expérimentale**

# **Chapitre 3**

## **Matériel et Méthodes**

## **Chapitre 3. Matériel et Méthodes**

### **3.1. Étude préliminaire par questionnaire :**

Dans le cadre de cette étude, un questionnaire a été élaboré afin de recueillir des données sur les pratiques de conditionnement de l'oignon et de l'orange dans les circuits de distribution locaux. Le questionnaire comportait des questions fermées portant sur :

- les types d'emballages utilisés,
- les critères de choix de ces emballages,
- leur efficacité perçue face aux facteurs environnementaux (humidité, lumière, etc.),
- ainsi que les conditions optimales de stockage après emballage.

La distribution s'est faite selon une méthode mixte :

- en présentiel auprès de commerçants dans les marchés et magasins spécialisés,
- à distance auprès d'acteurs du commerce de fruits et légumes.

Au total, 57 participants ont répondu, fournissant une base de données utile pour orienter les phases suivantes de l'étude.

### **3.2. Visite de terrain dans les marchés locaux :**

Une visite de terrain a été effectuée dans un marché local de fruits et légumes pour observer directement les pratiques de conditionnement appliquées à l'oignon et à l'orange.

Des entretiens informels ont été menés avec plusieurs commerçants afin d'approfondir la compréhension des pratiques de stockage, des types d'emballages employés, ainsi que des contraintes rencontrées (humidité, moisissures, altérations physiques).

L'observation directe a permis de :

- documenter l'état de présentation des produits,

- identifier les matériaux d'emballage utilisés,
- détecter certaines altérations visibles,

Des photos et vidéos ont été prises à des fins d'analyse visuelle et documentaire.

### **3.3. Visite des points de vente d'emballages :**

Une autre sortie de terrain a été réalisée dans plusieurs points de vente spécialisés dans les matériaux d'emballage pour fruits et légumes. L'objectif était d'identifier les types d'emballages disponibles localement et leur utilisation dans le conditionnement de l'orange et de l'oignon.

Des échanges informels avec les vendeurs ont permis de recueillir des informations sur :

- la nature et les propriétés des matériaux proposés,
- leur compatibilité avec différents produits agricoles,
- les problèmes fréquemment signalés par les utilisateurs.

Les discussions ont porté sur :

- la variation de la demande selon les produits,
- les contraintes saisonnières,
- les exigences en matière de ventilation, résistance à l'humidité, etc.

L'observation a révélé une diversité d'emballages (caisses en plastique, cartons, filets, etc.), et des photos ont été prises pour illustrer cette phase.

### **3.4. Expérimentation**

#### **3.4.1. Préparation du matériel végétal :**

Les plantes aromatiques utilisées dans cette étude sont : l'absinthe (*Artemisia herba-alba*), le thym (*Thymus vulgaris*), le fenouil (*Foeniculum vulgare*), et le romarin (*Rosmarinus officinalis*). Elles ont été achetées auprès d'herboristeries locales.

Chaque plante a été examinée pour vérifier son intégrité, nettoyée pour éliminer les impuretés, pesée avec précision à l'aide d'une balance électronique de laboratoire, puis conservée dans des conditions contrôlées jusqu'à l'extraction.



**Figure 2:** *Artemisia herba-alba*



**Figure 3:** *Thymus vulgaris*



**Figure 4:** *Foeniculum vulgare*



**Figure 5:** *Rosmarinus officinalis*

### **3.4.2. Extraction des huiles essentielles :**

#### **3.4.2.1. Méthodes d'extraction :**

Deux techniques d'extraction ont été utilisées au cours de cette étude :

#### **A. Hydrodistillation à l'aide d'un appareil de type Clevenger (cycle unique) :**

L'hydrodistillation a été utilisée pour extraire les huiles essentielles de *Rosmarinus officinalis* (romarin) et de *Thymus vulgaris* (thym), à l'aide d'un appareil de type Clevenger fonctionnant en mode à cycle unique (non continu) (fig. 6). Dans cette configuration, le mélange condensé d'eau et d'huile essentielle est dirigé vers un erlenmeyer externe.

Pour *Rosmarinus officinalis*, 1,5 kilogramme de feuilles de romarin séchées ont été traitées en six lots distincts de 250 grammes chacun, dans un ballon à fond rond de 2 litres rempli d'eau distillée. Le ballon a été chauffé à l'aide d'un chauffe-ballon électrique réglé à une intensité moyenne, générant de la vapeur qui a entraîné les composés volatils de la plante à travers le condenseur.

Pour *Thymus vulgaris*, 1,5 kilogramme de thym séché a été distillé en dix extractions distinctes de 150 grammes chacune, dans un ballon de 2 litres. Le système de chauffage et de condensation était identique à celui utilisé pour le romarin.

Chaque distillation a duré environ 4 heures. À mesure que les vapeurs se condensaient, le mélange d'huile essentielle et d'hydrolat était recueilli dans un erlenmeyer externe. Après séparation naturelle des phases, la couche d'huile essentielle a été récupérée manuellement à l'aide d'une seringue stérile.

Toutes les huiles extraites ont été stockées dans des flacons en verre ambré stériles, à 4 °C, à l'abri de la lumière et de l'air, afin de préserver leur composition chimique et leur activité biologique.



**Figure 6:**Appareil de type Clevenger utilisé pour l'hydrodistillation.

### **B. Distillation à la vapeur :**

La distillation à la vapeur a été utilisée pour extraire les huiles essentielles de *Artemisia herba-alba* (armoise blanche) et de *Foeniculum vulgare* (fenouil). Un appareil de type Clevenger a été utilisé dans une configuration à cycle continu (fig. 7), où l'eau condensée issue du mélange hydrolat–huile essentielle était automatiquement renvoyée dans le ballon de distillation tout au long du processus. Cette méthode permet une séparation efficace des huiles sans perte des composés volatils.

Pour *Artemisia herba-alba*, 1,5 kilogramme de matière végétale sèche a été distillé en deux lots de 750 grammes chacun. Pour *Foeniculum vulgare*, 1,5 kilogramme de fenouil séché a été distillé en un seul lot. Dans les deux cas, la distillation a été réalisée dans un ballon de 2 litres, rempli d'eau distillée et chauffé à l'aide d'un chauffe-ballon électrique maintenu à une température constante de 130 °C.

La vapeur a entraîné les composés volatils depuis la matière végétale vers le condenseur, où ils ont été refroidis et séparés en huile essentielle et hydrolat. L'eau condensée retournait automatiquement dans le ballon, assurant ainsi une circulation continue pendant toute la durée de l'extraction.

Chaque distillation a duré environ 5 heures, ce qui a permis une volatilisation complète des composants de l'huile essentielle. À la fin du processus, les huiles ont été collectées directement depuis le bras gradué de l'appareil de Clevenger, puis transférées dans des flacons stériles.

Toutes les huiles ont été stockées à 4 °C dans des flacons hermétiques en verre ambré, protégées de la lumière, afin de conserver leur stabilité chimique et leur activité biologique.



**Figure 7:**Appareil de type Clevenger utilisé pour l'entraînement à la vapeur.

#### **3.4.2.2. Détermination des rendements :**

Le rendement en huile essentielle est calculé (volume / masse) selon la formule suivante (Rim et al., 2020) :

$$\mathbf{R\ (\%) = (volume\ HE\ /\ Masse\ MV) \times 100}$$

- R (%) : rendement en huile essentielle
- Volume HE : volume d'huile essentielle obtenue (en mL)
- Masse MV : masse de matière végétale utilisée (en g)

#### **3.4.3. Mode opératoire pour le test des huiles essentielles sur les fruits et légumes :**

Cette phase expérimentale vise à examiner l'efficacité de quatre huiles essentielles issues de plantes aromatiques (*Artemisia herba-alba*, *Thymus vulgaris*, *Rosmarinus officinalis* et *Foeniculum vulgare*) dans la conservation post-récolte de deux fruits (oranges Navel et Sanguines) et deux légumes (oignons rouges et oignons verts). L'étude évalue les effets de ces extraits sur les altérations physiques, microbiologiques et sensorielles au cours du stockage.

#### **3.4.3.1. Détermination du volume d'huile essentielle utilisé :**

Le volume d'huile essentielle nécessaire pour chaque traitement a été calculé en fonction du volume interne des boîtes utilisées pour le stockage expérimental. Les dimensions des boîtes sont les suivantes :

- Longueur : 25 cm
- Largeur : 16,5 cm
- Hauteur : 8 cm
- Volume interne calculé :  $25 \times 16,5 \times 8 = 3\,300 \text{ cm}^3$

En adoptant un ratio de référence de 1 goutte pour  $400 \text{ cm}^3$  (méthode standardisée par capsule volatile), il est estimé que chaque boîte nécessite environ 8,25 gouttes d'huile essentielle. Pour assurer l'uniformité du traitement, 2 gouttes ont été appliquées sur chacune des 8 capsules par boîte, soit un total de 16 gouttes d'huile essentielle par boîte.

#### **3.4.3.2. Méthode d'application des huiles essentielles :**

Les huiles essentielles ont été administrées via une diffusion en phase vapeur sans contact direct, afin d'exposer les échantillons aux volatils antimicrobiens tout en évitant le contact physique avec la surface des fruits ou légumes.

##### **Préparation des capsules volatiles:**

- Des feuilles de papier absorbant de  $2 \times 2 \text{ cm}$  ont été découpées.
- Chaque morceau a été roulé manuellement en boule compacte.
- Deux gouttes d'huile essentielle ont été appliquées au centre de chaque boule.
- Les boules ont ensuite été enveloppées dans du tulle stérile, formant une capsule respirante.

- Huit capsules ont été placées dans chaque boîte, réparties équitablement autour des échantillons.

#### **3.4.3.3. Répartition expérimentale des échantillons :**

Chaque type de produit (orange ou oignon) a été traité selon une organisation expérimentale stricte :

- 1 boîte témoin : sans huile essentielle
- 4 boîtes traitées : une pour chaque huile essentielle
- 4 boîtes de répétition : pour renforcer la fiabilité des résultats

#### **Total : 9 boîtes par type de produit :**

→ 18 pour les oranges (Navel et sanguines)

→ 18 pour les oignons (verts et rouges)

#### **Contenu des boîtes selon le type de produit :**

- Oranges Navel : 8 fruits (~965 g)
- Oranges Sanguines : 7 fruits (~900 g)
- Oignons verts : 5 bulbes (~1330 g)
- Oignons rouges : 6 bulbes (~1500 g)

#### **3.4.3.4. Conditions de stockage après application des huiles essentielles :**

Les conditions de conservation ont été adaptées aux spécificités physiologiques des produits testés :

- Oranges (Navel et Sanguines) : stockées au réfrigérateur entre 2 et 6 °C, pour limiter la respiration, la perte de poids et le développement microbien.
- Oignons (verts et rouges) : conservés à température ambiante ( $20 \pm 2$  °C), dans un endroit sec, ventilé et à l'abri de la lumière.

Chaque boîte a été hermétiquement fermée afin de créer une atmosphère confinée saturée en composés volatils, tout en empêchant les contaminations croisées.

#### **3.4.3.5. Calendrier de suivi et protocole d'observation post-traitement :**

L'expérience de conservation des échantillons d'oranges et d'oignons à l'aide d'huiles essentielles s'est déroulée sur une période de 15 jours, débutant le 26/03/2025 (T0) et se terminant le 09/04/2025 (T15). L'application initiale des huiles essentielles (*Thymus vulgaris*, *Artemisia herba-alba*, *Rosmarinus officinalis* et *Foeniculum vulgare*), ainsi que le conditionnement des échantillons, ont été réalisés au jour T0.

Les boîtes contenant les oranges ont été conservées au réfrigérateur à une température comprise entre 2 et 6 °C, tandis que celles contenant les oignons ont été maintenues à température ambiante (20 ± 2 °C). Un suivi rigoureux a été effectué aux points temporels suivants : T0, T3, T5, T7, T9, T11, T13, T15.

Lors de chaque session d'observation, les paramètres suivants ont été systématiquement évalués :

**a) Paramètres physiques :**

- **Perte de poids** : pesée à l'aide d'une balance de précision.
- **Changement de couleur** : observation de la décoloration ou pigmentation anormale.
- **Flétrissement et ramollissement** : évalués visuellement et par pression digitale.

**b) Paramètres microbiologiques :**

- **Apparition de moisissures visibles** : *Penicillium*, *Aspergillus*, *Geotrichum*, etc.
- **Propagation mycélienne** : surface contaminée, intensité de l'infection.
- **Altération de la texture ou liquéfaction interne.**

**c) Paramètres sensoriels :**

- **Intensité de l'odeur de moisissure** : mesurée sur une échelle de 0 (aucune odeur) à 4 (odeur forte, désagréable).
- **Aspect général du produit** : brillance, intégrité, homogénéité de la peau.
- **Acceptabilité finale** : par comparaison au témoin, du point de vue visuel et olfactif.

Toutes les modifications ont été documentées par des descriptions détaillées et des photographies, permettant une analyse comparative rigoureuse entre les différents traitements

appliqués. Ce protocole d'observation visait à évaluer l'efficacité des huiles essentielles dans la préservation de la qualité post-récolte des échantillons au cours de la période de stockage.

Le tableau 4 présente la configuration expérimentale complète, incluant les oranges (*Navel* et *Sanguine*), les oignons (*rouges* et *verts*), les types de traitements (huile essentielle ou témoin), ainsi que les principales caractéristiques des échantillons.

**Tableau 3:**Répartition des échantillons expérimentaux selon le type de produit, le traitement et les conditions de conservation.

N° Boîte	Produit	Variété	Nombre de fruits/legumes	Poids approximatif (g)	Traitement appliqué
1	Orange	Navel	8	≈965	Aucun (témoin)
2-5	Orange	Navel	8	≈965	HE : Artemisia, Thym, Fenouil, Romarin
6-9	Orange	Navel	8	≈965	HE (répétition : Artemisia, Thym, Fenouil, Romarin )
10	Orange	Sanguine	7	950	Aucun (témoin)
11-14	Orange	Sanguine	7	≈950	HE : Artemisia, Thym, Fenouil, Romarin
15-18	Orange	Sanguine	7	≈950	HE (répétition : Artemisia, Thym, Fenouil, Romarin )
19	Oignon	Rouge	6	820	Aucun (témoin)
20-23	Oignon	Rouge	6	≈820	HE : Artemisia, Thym, Fenouil, Romarin
24-27	Oignon	Rouge	6	≈820	HE (répétition : Artemisia, Thym, Fenouil, Romarin )
28	Oignon	Vert	5	≈ 1330 g	Aucun (témoin)
21-24	Oignon	Vert	5	≈ 1330 g	HE : Artemisia, Thym, Fenouil, Romarin
25-28	Oignon	Vert	5	≈ 1330 g	HE (répétition : Artemisia, Thym, Fenouil, Romarin )

HE = Huile essentielle (*Artemisia herba-alba*, *Thymus vulgaris*, *Foeniculum vulgare*, *Romarinus officinalis*).

# **Chapitre 4**

## **Résultats et Discussion**

#### **4.1. Analyse des résultats issus du questionnaire :**

Un total de 57 professionnels du secteur des fruits et légumes ont participé à cette enquête, visant à analyser les pratiques courantes d'emballage et de conservation des oranges et des oignons, ainsi que les perceptions relatives à leur efficacité. Les résultats obtenus sont résumés dans le Tableau 4.1.

##### **4.1.1. Pratiques d'emballage et de stockage des oranges :**

L'intégralité des répondants (100 %, 57/57) a déclaré utiliser exclusivement des caisses en plastique pour le conditionnement des oranges, excluant totalement les cartons et filets en jute. Les principales raisons évoquées pour ce choix sont:

- La facilité de transport et de stockage (27 réponses, 47,4 %) .
- La protection contre la pourriture et les éraflures (17 réponses, 29,8 %) .
- Le coût abordable (8 réponses, 14,0 %) .
- La disponibilité sur le marché (5 réponses, 8,8 %).

En ce qui concerne l'efficacité perçue de ces emballages :

- 22 répondants (38,6 %) estiment qu'ils offrent une bonne protection contre l'humidité, la lumière et les contaminations ;
- 24 (42,1 %) jugent cette protection partielle.
- 11 (19,3 %) la considèrent insuffisante.

Les conditions optimales de stockage recommandées incluent :

- Un endroit frais et sec (24 réponses, 42,1 %) .
- L'éviction de l'humidité (12 réponses, 21,1 %).
- Une bonne aération (11 réponses, 19,3 %) .

- L'absence de lumière directe (8 réponses, 14,0 %).

#### **4.1.2. Pratiques d'emballage et de stockage des oignons :**

Les pratiques déclarées sont plus diversifiées que pour les oranges :

- 38 professionnels utilisent des caisses en plastique (66,7 %) ;
- 19 optent pour des filets (33,3 %) ;
- Aucun n'utilise de cartons.

Les motivations principales sont similaires à celles observées pour les oranges :

- Facilité logistique (25 réponses, 43,9 %) ;
- Protection contre la pourriture et les dommages mécaniques (17 réponses, 29,8 %) ;
- Prix raisonnable (10 réponses, 17,5 %) ;
- Accessibilité sur le marché (5 réponses, 8,8 %).

Concernant l'efficacité perçue :

- 18 participants (31,6 %) estiment que les emballages protègent bien contre les facteurs dégradants ;
- 24 (42,1 %) considèrent cette protection partielle .
- 15 (26,3 %) jugent la protection insuffisante.

Les recommandations de stockage post-emballage incluent :

- Un lieu frais et sec (25 réponses, 43,9 %) .
- Une bonne aération (13 réponses, 22,8 %) .
- Éviter l'humidité (12 réponses, 21,1 %) .

- Eviter la lumière directe (7 réponses, 12,3 %).

#### 4.1.3. Usage de matériaux additionnels de conservation :

Tous les participants (100 %, 57/57) ont affirmé ne pas utiliser de matériaux additionnels, tels que des absorbeurs d'humidité, films protecteurs, ou agents chimiques conservateurs, pour le conditionnement des oranges et oignons. Cela met en évidence une préférence marquée pour les méthodes simples et traditionnelles, privilégiant des matériaux accessibles, économiques, et bien maîtrisés.

**Tableau 4.1:** Analyse des résultats issus du questionnaire (Pratiques d'emballage et de stockage des oranges et des oignons et usage de matériaux additionnels de conservation).

Catégorie	Sous-catégorie	Produit concerné	Nombre de réponses	Pourcentage (%)
<b>Type d'emballage utilise</b>	Caisses en plastique	Oranges	57	100 %
	Caisses en plastique	Oignons	38	66,7 %
	Filets (jute)	Oignons	19	33,3 %
	Cartons	Oranges/Oignons	0	0 %
<b>Motifs du choix de l'emballage</b>	Facilité de transport et de stockage	Oranges	27	47,4 %
		Oignons	25	43,9 %
	Protection contre pourriture et éraflures	Oranges	17	29,8 %
		Oignons	17	29,8 %
	Coût raisonnable	Oranges	8	14,0 %
		Oignons	10	17,5 %
Disponibilité sur le marché	Oranges	5	8,8 %	
	Oignons	5	8,8 %	
<b>Efficacité perçue de l'emballage</b>	Bonne protection (humidité, soleil, etc.)	Oranges	22	38,6 %
		Oignons	18	31,6 %
	Protection partielle	Oranges	24	42,1 %
		Oignons	24	42,1 %
	Protection insuffisante	Oranges	11	19,3 %
		Oignons	15	26,3 %
<b>Conditions de stockage recommandées</b>	Lieu frais et sec	Oranges	24	42,1 %
		Oignons	25	43,9 %
	Éviter l'humidité élevée	Oranges	12	21,1 %
		Oignons	12	21,1 %
	Bonne aération	Oranges	11	19,3 %
		Oignons	13	22,8 %

	Éviter la lumière directe	Oranges	8	14,0 %
		Oignons	7	12,3 %
<b>Ajout de matériaux conservateurs</b>	Utilisation d'absorbants d'humidité ou conservateurs	Oranges et Oignons	0	0 %

Les 57 professionnels interrogés utilisent exclusivement des caisses en plastique pour le conditionnement des oranges. Les raisons évoquées incluent la facilité de transport et de stockage (47,4 %), la protection contre la pourriture et les éraflures (29,8 %), le coût abordable (14,0 %) et la disponibilité sur le marché (8,8 %).

Cette préférence est soutenue par des études qui soulignent les avantages des caisses en plastique, Protection du produit : Les caisses en plastique sont robustes et protègent efficacement les fruits contre les dommages mécaniques, réduisant ainsi les pertes post-récolte, Hygiène et sécurité alimentaire : Faciles à nettoyer et résistantes à l'humidité, elles préviennent la prolifération de moisissures et de bactéries, assurant une meilleure conservation des produits, Efficacité logistique : Empilables et parfois pliables, elles optimisent l'espace de stockage et de transport, réduisant les coûts logistiques (Accorsi et al., 2014; Ceballos-Santos et al., 2024).

Contrairement aux oranges, l'emballage des oignons présente une plus grande diversité : 66,7 % des professionnels utilisent des caisses en plastique, tandis que 33,3 % optent pour des filets. Les motivations incluent la facilité logistique (43,9 %), la protection contre la pourriture et les dommages mécaniques (29,8 %), le prix raisonnable (17,5 %) et l'accessibilité sur le marché (8,8 %).

Les filets offrent une excellente aération, essentielle pour prévenir la germination et la pourriture des oignons. Cependant, les caisses en plastique ventilées combinent durabilité et circulation d'air, offrant une alternative efficace.

Tous les participants (100 %) ont déclaré ne pas utiliser de matériaux additionnels tels que des absorbants d'humidité, films protecteurs ou agents chimiques conservateurs. Cette approche privilégie des méthodes simples et traditionnelles, favorisant des matériaux accessibles, économiques et bien maîtrisés.

Bien que cette méthode soit économique et respectueuse de l'environnement, l'intégration de technologies modernes, comme les films protecteurs ou les absorbeurs d'humidité, pourrait améliorer la durée de conservation et réduire les pertes post-récolte (Sicari et al., 2017).

#### 4.2. Rendement des huiles essentielles :

Le tableau ci-dessous présente les rendements en huiles essentielles extraits à partir des différentes plantes aromatiques utilisées dans cette étude.

**Tableau 5:** Rendement des huiles essentielles obtenues.

Plante	Masse de matière végétale (g)	Volume d'huile essentielle (mL)	Rendement (%)
<i>Artemisia herba-alba</i>	1500	20	1,33
<i>Thymus vulgaris</i>	1500	7	0,47
<i>Foeniculum vulgare</i>	1500	15	1,00
<i>Rosmarinus officinalis</i>	1500	10	0,67

#### 4.3. Analyse des résultats de l'effet de différentes huiles essentielles sur les fruits et légumes conservés :

##### 4.3.1. Les oranges Navel :

##### 4.3.1.1. Analyse des symptômes liés à l'altération par les agents biotiques :

Cette section présente les résultats de l'expérimentation portant sur la conservation post-récolte des oranges Navel au cours d'une période de 15 jours, en comparant un lot témoin (sans traitement) à des lots traités par différentes huiles essentielles : *Thymus vulgaris*, *Foeniculum vulgare*, *Rosmarinus officinalis* et *Artemisia herba-alba*. L'évolution des symptômes pathologiques observés est synthétisée dans le Tableau 4.2. Quelques symptômes observés sur les oranges dans les boîtes sont présentés sur les figures 4.1 pour le témoin et 4.2 pour les traitements par les huiles essentielles.

Les oranges témoins sont demeurées saines jusqu'au 5<sup>e</sup> jour. Toutefois, à partir du 7<sup>e</sup> jour, des signes de pourriture acide sont apparus (taches imbibées d'eau, ramollissement de la surface),

suivis de la formation de moisissures blanches dès le 9<sup>e</sup> jour. La dégradation s'est accentuée à partir du 11<sup>e</sup> jour, culminant par une moisissure bleu-vert généralisée au 15<sup>e</sup> jour. Cela souligne une progression rapide des altérations fongiques en absence de traitement conservateur.

Cette dégradation rapide est typique de l'activité des champignons phytopathogènes tels que *Penicillium digitatum*, responsable de la pourriture verte des agrumes. Des études ont montré que, sans traitement, les agrumes sont particulièrement vulnérables à ces infections fongiques post-récolte (Ismail & Zhang, 2004).

Les oranges traitées au *Thymus vulgaris* dans la boîte 2 sont demeurées exemptes de maladies jusqu'au 3<sup>e</sup> jour, avant de présenter une dégradation progressive, conduisant à une pourriture complète au 15<sup>e</sup> jour. En comparaison, les fruits de la boîte 1, traités également au thym, sont restés intacts durant toute la période d'observation. Ces résultats suggèrent que le traitement au *Thymus vulgaris* exerce une action fongistatique, permettant un retard partiel et temporaire du développement fongique par rapport aux témoins. Malgré des conditions identiques, la différence observée entre les deux boîtes pourrait être due à des facteurs propres aux fruits, comme leur maturité, de légères blessures invisibles, ou des variations naturelles (épaisseur de la peau, composition). Une légère inégalité dans la répartition du traitement pourrait aussi avoir influencé l'efficacité.

Cette efficacité limitée peut être attribuée à l'effet fongistatique du thym, qui inhibe temporairement la croissance fongique sans l'éliminer complètement. Des recherches ont montré que l'huile essentielle de *Thymus vulgaris* possède une activité antifongique notable, mais son effet est souvent transitoire, nécessitant des applications répétées pour maintenir son efficacité (Bakhtiarizade & Souri, 2019).

Jusqu'au 5<sup>e</sup> jour, les fruits traités avec *Foeniculum vulgare* ont présenté un bon état sanitaire. Cependant, des infections par pourriture acide sont apparues sporadiquement à partir du 5<sup>e</sup> jour (notamment sur la boîte B1), s'intensifiant par la suite avec développement de moisissures vertes. Le 13<sup>e</sup> jour, des symptômes avancés ont été observés, incluant couverture fongique verte. Le traitement par *Foeniculum vulgare* a permis de retarder l'apparition des symptômes, mais ne parvient pas à empêcher la contamination fongique complète à long terme. Bien que l'huile essentielle de fenouil soit reconnue pour ses propriétés antimicrobiennes, son efficacité

antifongique spécifique contre les agents pathogènes des agrumes est moins documentée (Rashidi et al., 2023).

Le traitement au romarin (*Rosmarinus officinalis*) a permis une protection sanitaire optimale jusqu'au 15<sup>e</sup> jour sur la totalité des boîtes. Aucune infection ou moisissure n'a été signalée. Cette performance supérieure indique que *R. officinalis* possède des propriétés antifongiques efficaces, confirmant les travaux de (Sicari et al., 2017) , qui ont montré que les huiles essentielles de romarin prolongent la durée de conservation des agrumes grâce à leur activité antimicrobienne.

Des études ont confirmé que l'huile essentielle de romarin présente une activité antifongique significative, avec des taux d'inhibition élevés contre des champignons phytopathogènes tels que *Fusarium oxysporum* et *Alternaria sp.* Cette efficacité est attribuée à la présence de composés actifs tels que le camphre et le 1,8-cinéole (El-Mohamedy, 2017).

Les oranges traitées par *Artemisia herba-alba* sont demeurées saines jusqu'au 11<sup>e</sup> jour. Ce n'est qu'à partir du 13<sup>e</sup> jour que des signes de pourriture acide ont été détectés, avec dilatation des taches humides et ramollissement de la surface. Le traitement par *A. herba-alba* a donc offert une bonne protection précoce, mais une résistance légèrement inférieure à celle observée avec le romarin sur le long terme.

**Tableau 4.2:**Évolution des symptômes d'altération par les agents biotiques sur les oranges Navel selon les traitements (15 jours de stockage).

Jour	Boîte	Témoin (sans HE)	<i>Thymus vulgaris</i>	<i>Foeniculum vulgare</i>	<i>Rosmarinus officinalis</i>	<i>Artemisia herba-alba</i>
J1	B1	Sain	Sain	Sain	Sain	Sain
	B2	/	Sain	Sain	Sain	Sain
J3	B1	Sain	Sain	Sain	Sain	Sain
	B2	/	Début de pourriture acide (taches mouillées)	Sain	Sain	Sain
J5	B1	Sain	Sain	Début de pourriture acide (taches trempées, fruit)	Sain	Sain

				ramolli)		
	B2	/	Surface douce	Sain	Sain	Sain
J7	B1	Début de pourriture acide (taches trempées)	Sain	Début de pourriture acide	Sain	Sain
	B2	/	Moisissures blanches	Sain	Sain	Sain
J9	B1	Surface blanche et douce	Sain	Pourriture acide	Sain	Sain
	B2	/	Moisissure verte	Début de pourriture acide	Sain	Sain
J11	B1	Taches dilatées, fruit doux/blanc	Sain	Taches dilatées, fruit doux/blanc	Sain	Sain
	B2	/	Moisissure verte en poudre	Taches dilatées, fruit doux/blanc	Sain	Sain
J13	B1	Moisissure bleu-vert	Sain	Moisissure verte sur surface	Sain	Début de pourriture acide
	B2	/	Moisissure verte en poudre	Moisissure verte sur surface	Sain	Début de pourriture acide
J15	B1	Moisissure bleu-vert généralisée (figure 4.1)	Sain	Fruit couvert de moisissures vertes	Sain	Taches dilatées, surface douce/blanche
	B2	/	Moisissure verte totale	Fruit couvert de moisissures vertes	Sain	Taches dilatées, surface douce

Des études ont confirmé que l'huile essentielle de *Artemisia herba-alba* présente une activité antifongique significative, avec des taux d'inhibition élevés contre des champignons phytopathogènes des fruits et légumes tels que *Fusarium sp* (Salhi, 2019).



**Figure 4.1:** Moisissure bleu-vert généralisée sur orange dans la boîte Témoin (sans HE) après 15 jours de stockage.



A



B

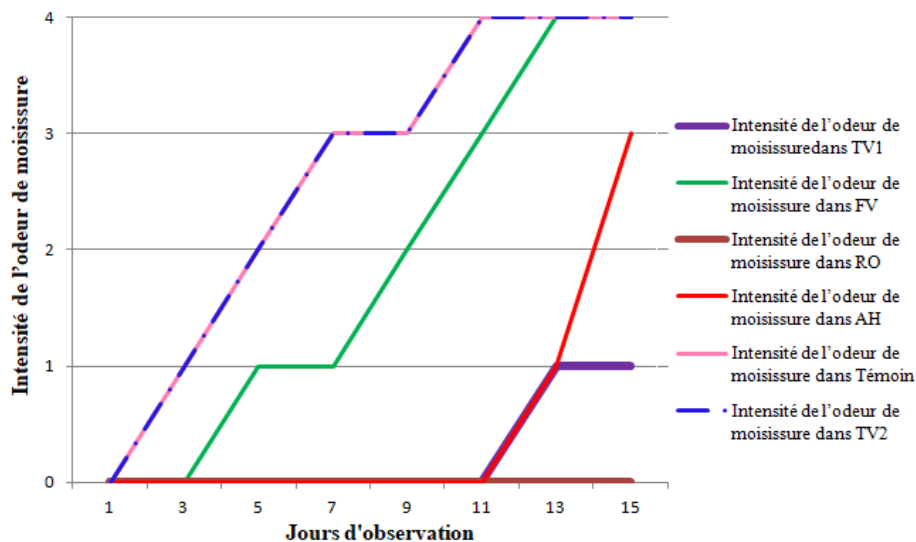


**Figure 4.2:** Différents symptômes observés sur les oranges dans les boîtes traitées par les différentes HE (A. *Thymus vulgaris*, B. *Foeniculum vulgare*, C. *Rosmarinus officinalis*, D. *Artemisia herba-alba*) après 15 jours de stockage.

#### 4.3.1.2. Analyse sensorielle de l'odeur de moisissure:

L'évaluation sensorielle de l'intensité de l'odeur de moisissure a été réalisée en attribuant un score numérique allant de 0 à 4, selon une échelle descriptive.

Les résultats illustrés dans la Figure 4.3 révèlent une nette divergence entre les oranges témoins (non traitées) et celles soumises à des traitements à base d'huiles essentielles (*Thymus vulgaris*, *Foeniculum vulgare*, *Rosmarinus officinalis*, *Artemisia herba-alba*).



**Figure 4.3:** Évolution de l'intensité de l'odeur de moisissure chez les oranges Navel (traitées et non traitées).

0 = aucune odeur (frais), 1 = odeur légère, 2 = odeur modérée non désagréable, 3 = début d'altération, 4 = odeur forte et désagréable indiquant une dégradation avancée.

L'analyse sensorielle des oranges Navel a révélé que les fruits non traités ont développé une odeur de moisissure dès le 5<sup>e</sup> jour, avec une intensité croissante jusqu'au 15<sup>e</sup> jour. En revanche, les huiles essentielles ont permis de retarder l'apparition et d'atténuer l'intensité de cette odeur, indiquant un effet antimicrobien temporaire.

Parmi les traitements, *Rosmarinus officinalis* a montré la meilleure performance, maintenant une odeur naturelle jusqu'au 13<sup>e</sup> jour. *Thymus vulgaris* et *Artemisia herba-alba* ont également retardé l'apparition de l'odeur jusqu'au 11<sup>e</sup> –13<sup>e</sup> jour, tandis que *Foeniculum vulgare* s'est révélé moins efficace, avec des signes de moisissure dès le 9<sup>e</sup> jour.

Ces observations concordent avec les travaux de Delaquis (2002) et Fisher & Phillips (2008) qui ont démontré que les huiles essentielles inhibent la formation de composés organiques volatils (COV) responsables des odeurs fongiques.

#### 4.3.1.3. Analyse des modifications physiques :

Le tableau 4.3, portant sur le changement dimensionnel et le niveau de décoloration de l'épicarpe, ainsi que la figure 4.4, illustrant l'évolution du poids frais, présentent les modifications physiques subies par les oranges Navel traitées avec diverses huiles essentielles naturelle *Artemisia herba-alba*, *Thymus vulgaris*, *Foeniculum vulgare* et *Rosmarinus officinalis* comparées à un lot témoin non traité, au cours d'un stockage réfrigéré de 15 jours. Trois indicateurs de qualité ont été évalués : la perte de masse fraîche, le rétrécissement tissulaire et la décoloration de l'épicarpe.

#### **A. Évolution de la masse fraîche (perte pondérale) :**

Tous les lots présentent une diminution progressive de la masse fraîche au fil du temps, liée à la perte d'eau par transpiration. Toutefois, cette perte varie significativement selon le traitement appliqué :

À **J1**, la masse initiale moyenne est d'environ **965 g** pour tous les échantillons.

À **J15**, le **lot témoin** enregistre une masse résiduelle de **815 g**, correspondant à une perte de **15,5 %**.

Les échantillons traités présentent une réduction moindre :

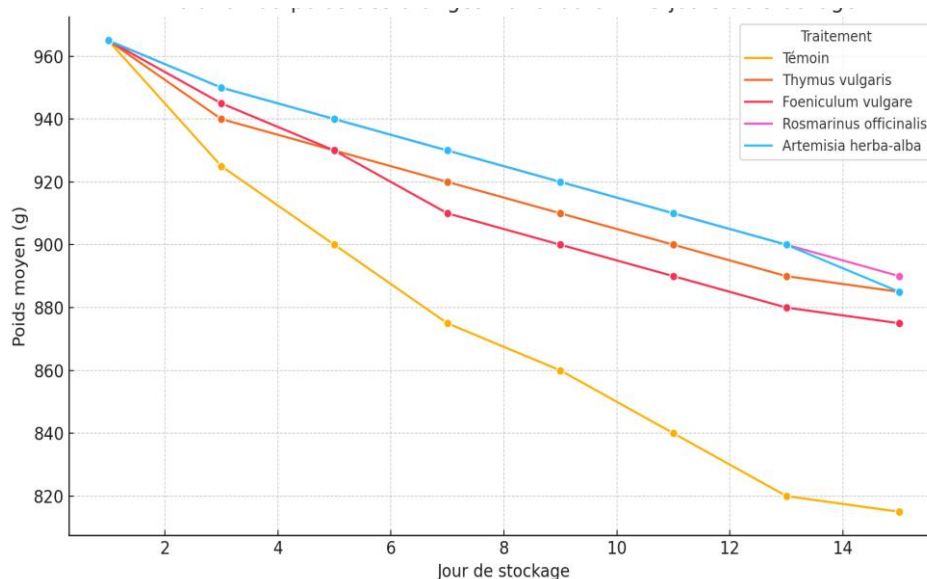
*Thymus vulgaris* : masse résiduelle entre **897 g** et **830 g**,

*Foeniculum vulgare* : entre **875 g** et **860 g**,

*Rosmarinus officinalis* : autour de **890 g**,

*Artemisia herba-alba* : environ **885 g**.

L'application d'huiles essentielles réduit de manière significative la perte hydrique, probablement grâce à leurs propriétés hydrophobes et antitranspirantes. Les huiles d'*Artemisia* et de *Romarin* montrent les meilleures performances de rétention d'eau.



**Figure 4.4 :**Évolution de la perte de poids des oranges Navel traitées et non traitées pendant 15 jours de stockage.

### **B. Rétrécissement tissulaire (changement de taille) :**

Le volume des fruits reste visuellement stable pendant les 7 premiers jours, avec une absence de rétrécissement perceptible.

À partir du neuvième jour, un léger affaissement tissulaire est observé dans tous les lots.

À J13 et J15, le rétrécissement devient modéré dans tous les lots.

### **C. Altération chromatique de l'épicarpe (décoloration) :**

La dégradation de la coloration de l'épicarpe, indicateur visuel de sénescence, suit une progression temporelle nette :

De J1 à J3, les fruits conservent une coloration homogène normale.

Entre J5 et J7, une décoloration très légère à légère est observée.

Entre J9 et J11, la décoloration atteint un niveau modéré.

Enfin, aux jours 13 et 15, les fruits présentent une décoloration considérable.

**Tableau 4.3:** Effets de différentes huiles essentielles sur les modifications physiques des oranges Navel, taille (rétrécissement tissulaire) et couleur (décoloration de l'épicarpe) pendant 15 jours de stockage au réfrigérateur.

Jour	Traitement	Taille	Couleur
1	Tous (Témoin, TV, FV, RO, AH)	Normale	Normale
3	Tous	Normale	Normale
5	Tous	Normale	Très légère décoloration
7	Tous	Normale	Légère décoloration
9	Tous	Léger rétrécissement	Décoloration modérée
11	Tous	Léger rétrécissement	Décoloration modérée
13	Tous	Rétrécissement modéré	Décoloration considérable
15	Tous	Rétrécissement modéré	Décoloration considérable

**TV** : *Thymus vulgaris*. **FV** : *Foeniculum vulgare*. **RO** : *Rosmarinus officinalis*. **AH** : *Artemisia herba-alba*

Au cours des 15 jours de stockage, les oranges Navel non traitées ont subi une perte de poids importante (~15,5%), un flétrissement progressif et une décoloration marquée de la peau. Ces altérations sont dues à la perte d'eau par transpiration et à la respiration cellulaire post-récolte, favorisées par les conditions ambiantes (Sandhya Singh, 2011b).

Le flétrissement observé à partir du 7<sup>e</sup> jour résulte d'une perte de turgescence, symptôme courant du stress hydrique chez les fruits (Hodges et al., 2011). Quant à la décoloration, elle devient « considérable » dès le 13<sup>e</sup> jour, probablement liée à la dégradation des pigments et à l'oxydation des composés phénoliques et des lipides (Djaoudene, 2015).

En revanche, les oranges traitées avec des huiles essentielles de *Thymus vulgaris*, *Rosmarinus officinalis*, *Foeniculum vulgare* et *Artemisia herba-alba* ont mieux conservé leur poids et leur apparence. Ces traitements ont limité l'évaporation et ralenti les processus de dégradation grâce à leurs propriétés antioxydantes et antimicrobiennes (Badgujar et al., 2014b).

### 4.3.2. Oranges sanguine :

#### 4.3.2.1. Analyse des symptômes liés à l'altération par les agents biotiques :

Cette section présente les résultats de l'expérimentation concernant la conservation post-récolte des oranges sanguines sur une période de 15 jours. L'objectif est de comparer l'évolution des symptômes pathologiques entre un lot témoin (non traité) et des lots traités avec différentes huiles essentielles : *Thymus vulgaris*, *Foeniculum vulgare*, *Rosmarinus officinalis* et *Artemisia herba-alba*. Les résultats sont synthétisés dans le Tableau 4.5.

**Tableau 4.5:** Évolution des symptômes d'altération par les agents biotiques sur les oranges sanguines selon les traitements (13 jours de stockage).

Jour	Boîte	Témoin (sans HE)	<i>Thymus vulgaris</i>	<i>Foeniculum vulgare</i>	<i>Rosmarinus officinalis</i>	<i>Artemisia herba-alba</i>
J1	B1	Sain	Sain	Sain	Sain	Sain
	B2	/	Sain	Sain	Sain	Sain
J3	B1	Sain	Sain	Sain	Sain	Sain
	B2	/	Sain	Sain	Sain	Sain
J5	B1	Sain	Sain	Sain	Sain	Sain
	B2	/	Sain	Sain	Sain	Sain
J7	B1	2 fruits : taches blanches et vertes	1 fruit : tache blanche, lisse et molle	1 fruit : tache blanche + centre vert	1 fruit : tache blanche/verte + petit trou	Sain
	B2	/	1 fruit : pourriture interne (molle au toucher)	Sain	Sain	Sain
J9	B1	Tache noire + petit trou + insectes	Tache blanche/verte plus grande	Pourriture étendue	Tache plus grande + trou élargi	1 fruit : pourriture interne (molle)
	B2	/	Pourriture + insectes	Sain	Petite tache blanche, lisse	Sain
J11	B1	Pourriture étendue sur 2 fruits	Tache plus grande	Tache + trou	Pourriture plus étendue	Pourriture interne + trou
	B2	/	Tache plus grande	Sain	Pas d'évolution	Sain
J13	B1	Pourriture + trou élargi + noircissement	Pourriture étendue + fruit noirci	Tache élargie + noircissement	2 fruits atteints + noircissement	Zone noire autour du trou (pourriture

						interne)
	B2	/	Pourriture étendue	Sain	Pas d'évolution	Sain

*Sain* : aucun signe de pourriture. *Tache blanche/verte* : premiers signes de moisissure. *Trou* : souvent lié à un développement fongique profond ou à une attaque d'insectes. *Noircissement* : stade avancé de décomposition. *Pourriture interne* : texture molle sans lésion visible externe.

Les oranges témoins sont restées saines jusqu'au 5<sup>e</sup> jour. Cependant, dès le 7<sup>e</sup> jour, des signes de pourriture sont apparus, notamment sur deux fruits avec des taches blanches et vertes formant une couche lisse. À partir du 9<sup>e</sup> jour, ces altérations ont évolué vers une nécrose foncée, avec présence d'insectes volants noirs dans les zones pourries, traduisant une dégradation avancée. Ces signes sont typiques d'infections par *Penicillium digitatum*, souvent responsables de la pourriture verte des agrumes en conditions de stockage non contrôlées (Ismail & Zhang, 2004).

Le traitement à *Thymus vulgaris* a permis de retarder l'apparition des symptômes jusqu'au 7<sup>e</sup> jour, où un fruit a montré une pourriture blanche à texture molle. À J9, la pourriture s'est étendue, touchant la surface du même fruit, avec apparition de cavités. À J11, la dégradation s'est poursuivie sur le même fruit, et d'autres boîtes ont présenté des signes similaires, témoignant d'une efficacité modérée et temporaire. Ces résultats corroborent ceux de (Bakhtiarizade & Souiri, 2019), qui indiquent un effet antifongique transitoire de l'huile essentielle de thym.

Les fruits traités par *Foeniculum vulgare* sont restés sains jusqu'au 5<sup>e</sup> jour. À J7, un seul fruit a montré des signes de pourriture modérée, qui se sont accentués à J9 avec des taches vertes en expansion. Toutefois, plusieurs fruits sont restés intacts. À J11, une intensification modérée des symptômes a été observée dans une seule boîte, indiquant une certaine efficacité antifongique partielle. Cela rejoint les observations de Rashidi et al. (2023), qui soulignent une action conservatrice limitée du fenouil sur les agrumes.

Le traitement au *Rosmarinus officinalis* a démontré une performance remarquable. Les oranges sont demeurées saines jusqu'au 7<sup>e</sup> jour, avec seulement une petite tache blanche détectée sur un fruit à J9, accompagnée d'un léger trou central. À J11, aucune évolution pathologique majeure n'a été constatée, confirmant la stabilité du fruit traité. L'efficacité de cette huile essentielle est largement documentée, notamment par El-Mohamedy (2017) ; Sicari et al. (2017),

qui rapportent une forte activité antifongique du romarin contre plusieurs champignons post-récolte.

Le traitement par *Artemisia herba-alba* a offert une protection efficace jusqu'au 9<sup>e</sup> jour. À J7, tous les fruits étaient encore sains. Toutefois, une pourriture interne a été détectée dans un fruit à partir du 9<sup>e</sup> jour, perceptible par un ramollissement de la texture. Aucun signe externe visible n'était encore développé. À J11, les symptômes étaient modérés et localisés, indiquant une action antifongique partielle mais moins persistante que celle du romarin. Ces résultats sont conformes aux travaux de Salhi (2019) ,qui confirment l'effet fongistatique de l'*A. herba-alba*, efficace principalement en phase précoce de conservation.



**Figure 4.5.1** : Pourriture généralisée sur des oranges dans la boîte Témoin (sans HE) après 13 jours de stockage (Avec des taches blanches en périphérie et vertes-noircis au centre. Présence d'un petit trou d'où sortent de petits insectes noirs volants.



A



B



C

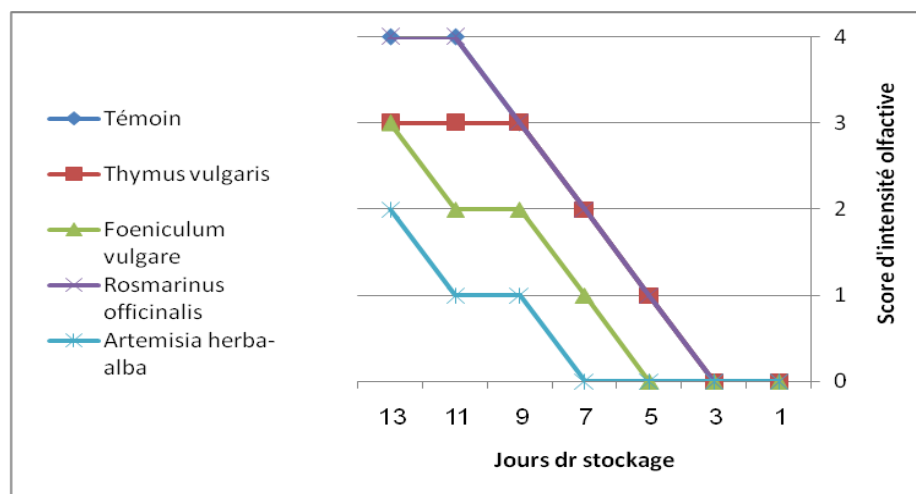


D

**Figure 4.5.2:** Différents symptômes observés sur les oranges sanguine dans les boites traitées par les différentes HE (A. *Rosmarinus officinalis*, B. *Foeniculum vulgare*, C. *Thymus vulgaris*, D. *Artemisia herba-alba*) après 13 jours de stockage.

#### 4.3.2.2. Analyse sensorielle de l'odeur :

D'après la figure 4.6, aucune odeur n'a été détectée durant les premiers jours (de J0 à J3), ce qui reflète probablement une phase de latence physiologique ou une libération insuffisante de composés volatils (Matsukawa et al., 2017). À partir du cinquième jour l'odeur commence à apparaître progressivement, l'échantillon témoin enregistrant une intensité maximale (score 4) dès le onzième jour, indiquant une détérioration rapide en l'absence de traitement. Les traitements à base de *F. vulgare* et *T. vulgaris* ont montré une évolution similaire, atteignant le score 4 à la fin du stockage, ce qui suggère une efficacité limitée à long terme. En revanche, *R. officinalis* a montré un développement plus lent, atteignant un score de 3, indiquant une efficacité modérée. Quant à *A. herba-alba*, elle a présenté le développement olfactif le plus faible score 2, traduisant une meilleure capacité à retarder la dégradation sensorielle. Cette efficacité pourrait être attribuée à la richesse de cette huile en composés bioactifs tels que les monoterpènes et les sesquiterpènes, connus pour leurs propriétés antimicrobiennes et antioxydantes, contribuant ainsi à préserver l'intégrité sensorielle des bulbes durant le stockage (Ye Yin et al., 2008).



**Figure 4.6:** Évolution du Score d'Odeur (basée sur l'échelle sensorielle décrite (score de 0 à 4) des Oranges Sanguine Pendant 13 Jours de Stockage Sous l'Effet de Différentes Huiles Essentielles (*Thymus vulgaris*, *Foeniculum vulgare*, *Rosmarinus officinalis*, *Artemisia herba-alba*) Comparées au Témoin Non traité.

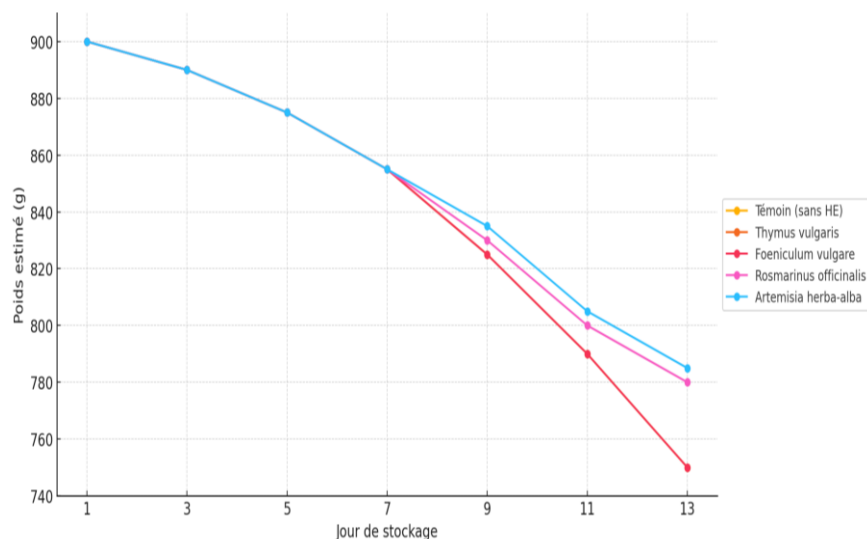
Score d'intensité olfactive : Le score 0 indique l'absence d'odeur, le score 1 une odeur très légère, le score 2 une odeur modérée, le score 3 une odeur nette, et le score 4 une odeur forte et désagréable indiquant une altération avancée.

#### 4.3.2.3. Analyse des modifications physiques des oranges sanguine :

Le tableau 4.6, qui détaille les variations dimensionnelles et le degré de décoloration de l'épicarpe, ainsi que la figure 4.6, représentant l'évolution du poids frais, rendent compte des altérations physiques observées chez les oranges Navel au cours d'un stockage réfrigéré de 15 jours. Ces fruits ont été traités avec les différentes huiles essentielles et comparés à un lot témoin non traité. Trois paramètres de qualité ont été suivis pour évaluer l'effet des traitements : la perte de masse fraîche, le rétrécissement des tissus et la décoloration de la peau externe (épicarpe).

#### A. Évolution de la masse fraîche (perte pondérale) :

Tous les lots d'oranges sanguines, qu'ils soient traités ou non, ont montré une diminution progressive de la masse fraîche (Khalid et al., 2023) tout au long de la période de stockage (Fig. 4.6). À J1, la masse initiale moyenne était de  $900 \pm 10$  g pour l'ensemble des échantillons. À J13, le lot témoin a enregistré une perte significative, atteignant  $750 \pm 10$  g, soit une réduction d'environ 16,7 %. Les fruits traités avec *Rosmarinus officinalis* et *Artemisia herba-alba* ont montré une meilleure conservation de la masse, avec des poids résiduels estimés respectivement à 775 g et 785 g. Ces résultats confirment le rôle des huiles essentielles dans la limitation de la perte hydrique, probablement grâce à leurs propriétés hydrophobes et à leur action antitranspirante, comme le soulignent également, À l'inverse, les lots traités par *Thymus vulgaris* et *Foeniculum vulgare* n'ont montré que peu de différence par rapport au témoin, suggérant une efficacité plus modérée sur ce paramètre.



**Figure 4.7:** Évolution de la Masse Fraîche des Oranges Sanguine Pendant 13 Jours de Stockage au Réfrigérateur Sous l'Effet de Différentes Huiles Essentielles (*Thymus vulgaris*, *Foeniculum*

*vulgare*, *Rosmarinus officinalis*, *Artemisia herba-alba*) Comparées au Témoin Non Traité.

### B. Rétrécissement tissulaire (changement de taille) :

La taille des fruits est demeurée stable pendant les 5 premiers jours pour tous les lots. Dès J7, un léger rétrécissement est observé (Petropoulos et al., 2017), notamment dans le lot témoin et dans ceux traités avec *Thymus vulgaris*. À partir du 9<sup>e</sup> jour, le rétrécissement devient plus marqué, avec une intensification progressive jusqu'au 13<sup>e</sup> jour dans le lot témoin avec *Thymus vulgaris* (rétrécissement modéré).

Les traitements à base de *Foeniculum vulgare*, *Rosmarinus officinalis* et surtout d'*Artemisia herba-alba* ont permis de préserver la turgescence cellulaire, en maintenant une taille normale ou faiblement altérée jusqu'à la fin de l'expérimentation.

Ce maintien de l'intégrité tissulaire confirme l'effet barrière des huiles essentielles, capable de ralentir les mécanismes de sénescence et la déshydratation structurale.

**Tableau 4.6:** Effets de différentes huiles essentielles sur les modifications physiques des oranges sanguines, taille (rétrécissement tissulaire) et couleur (décoloration de l'épicarpe) pendant 13 jours de stockage au réfrigérateur.

Jour	Traitement	Taille	Traitement	Couleur
J1	Tous (Témoin, TV, FV, RO, AH)	Taille normale	Tous (Témoin, TV, FV, RO, AH)	Couleur normale
J3	Tous	Taille normale	Tous	Couleur normale
J5	Tous	Taille normale	Tous	Très légère décoloration
J7	Témoin, TV	Léger rétrécissement	Témoin, TV	Décoloration modérée
	FV, RO ,AH	Taille normale	FV, RO ,AH	Légère décoloration
J9	Témoin, TV, FV, RO	Léger rétrécissement	Témoin	Décoloration considérable
	AH	Taille normale	TV,FV,RO,AH	Décoloration modérée
J11	Témoin, TV, FV, RO	Léger rétrécissement	Témoin, TV,FV	Décoloration considérable
	AH	Taille normale	RO ,AH	Décoloration modérée
J13	Témoin	Rétrécissement modéré	Témoin	Décoloration severe

	TV	Rétrécissement modéré	TV	Décoloration considérable
	FV	Léger rétrécissement	FV	Décoloration considérable
	RO	Léger rétrécissement	RO	Décoloration modérée
	AH	Taille normale	AH	Décoloration modérée

**TV** = *Thymus vulgaris*, **FV** = *Foeniculum vulgare*, **RO** = *Rosmarinus officinalis*, **AH** = *Artemisia herba-alba*

### C. Altération chromatique de l'épicarpe (décoloration) :

La décoloration de l'épicarpe est apparue dès J5 sous forme très légère dans l'ensemble des lots. Cette altération visuelle s'est progressivement intensifiée (Gao et al., 2019), elle est devenue modérée chez les témoins à partir de J7, puis considérable à J9 et sévère à J13. Les lots traités avec *Rosmarinus officinalis* et *Artemisia herba-alba* ont montré une décoloration limitée, restant à un niveau modéré même au 13<sup>e</sup> jour, traduisant une protection efficace contre l'oxydation des pigments cuticulaires. À l'inverse, *Thymus vulgaris* et *Foeniculum vulgare* ont présenté une décoloration plus avancée, notamment à partir de J11. Cette dynamique suggère une meilleure stabilité pigmentaire conférée par les extraits de thym et d'armoise blanche, grâce à leur activité antioxydante, comme cela a été démontré dans d'autres travaux.

#### 4.3.3. Analyse des modifications physiques et sensorielles des oignons :

Le **Tableau 4.7** présente les observations relatives à l'évolution de la qualité des oignons verts et rouges pendant 15 jours de stockage, traités avec différentes huiles essentielles (*Thymus vulgaris*, *Rosmarinus officinalis*, *Artemisia herba-alba*, *Foeniculum vulgare*) et comparés à un lot témoin non traité. L'évaluation repose sur trois paramètres fondamentaux, spécifiquement adaptés aux caractéristiques physiologiques des oignons : la fermeté du bulbe, l'apparition de moisissures et la déshydratation de l'enveloppe externe. Contrairement aux critères utilisés pour les agrumes, ces indicateurs se révèlent plus pertinents pour suivre la sénescence et les altérations post-récolte chez les alliacées.

##### 4.3.3.1. Évolution de la fermeté du bulbe :

L'évaluation de la fermeté des bulbes d'oignons verts au cours des 15 jours de stockage montre une évolution progressive de la texture. Durant les jours 1, 3 et 5, les bulbes conservent une fermeté optimale dans tous les lots. À partir du jour 7 jusqu'au jour 9, une légère souplesse devient perceptible, indiquant une diminution modérée de la fermeté. Enfin, entre le jour 11 et le jour 15, les oignons présentent une perte plus marquée de fermeté, traduite par une texture visiblement moins ferme.

La perte accentuée de fermeté résulte d'une dégradation cellulaire avancée, causée par la perte d'eau et la baisse de turgescence. Cela confirme que le stockage prolongé à température ambiante accélère la détérioration des oignons verts et réduit leur durée de conservation optimale (Kader, 2013).

Au cours des cinq premiers jours de stockage, tous les lots, qu'ils soient traités ou non, ont conservé une bonne fermeté. À mesure que le stockage progressait, à partir du septième jour, une perte progressive de fermeté a été observée, ce déclin étant plus marqué chez l'oignon rouge par rapport à l'oignon vert, probablement en raison de la nature pigmentée de ses tissus, qui pourrait le rendre plus sensible à la perte d'humidité (Jacques et al., 2020). Les échantillons témoins non traités ont enregistré une diminution rapide de la fermeté, atteignant son maximum au onzième jour. En revanche, le traitement à l'*Artemisia herba-alba* (armoïse blanche) s'est révélé le plus efficace pour limiter cette dégradation, contribuant clairement au maintien de la structure tissulaire des bulbes. Il a été suivi, en termes d'efficacité, par le traitement au *Rosmarinus officinalis* (romarin), qui a également montré une capacité à ralentir la perte de fermeté, bien que de manière moins marquée. Ces résultats sont en accord avec ceux rapportés par Belhattab et al.(2014), qui ont souligné le rôle des huiles essentielles dans le renforcement de la stabilité tissulaire des produits agricoles.

**Tableau 4.7:**Évolution de la fermeté du bulbe des oignons verts et rouges pendant 15 jours de stockage sous l'effet de différentes huiles essentielles.

Jour	Type d'oignon	Témoin	<i>Thymus vulgaris</i>	<i>Rosmarinus officinalis</i>	<i>Foeniculum vulgare</i>	<i>Artemisia herba-alba</i>
J1	Vert	Ferme	Ferme	Ferme	Ferme	Ferme
	Rouge	Ferme	Ferme	Ferme	Ferme	Ferme
J3	Vert	Ferme	Ferme	Ferme	Ferme	Ferme
	Rouge	Ferme	Ferme	Ferme	Ferme	Ferme

J5	Vert	Ferme	Ferme	Ferme	Ferme	Ferme
	Rouge	Ferme	Ferme	Ferme	Ferme	Ferme
J7	Vert	Lég. moins ferme	Lég. moins ferme	Lég. moins ferme	Lég. moins ferme	Lég. moins ferme
	Rouge	Lég. moins ferme	Lég. moins ferme	Lég. moins ferme	Lég. moins ferme	Ferme
J9	Vert	Lég. moins ferme	Lég. moins ferme	Lég. moins ferme	Lég. moins ferme	Lég. moins ferme
	Rouge	Moins ferme	Moins ferme	Lég. moins ferme	Lég. moins ferme	Ferme
J11	Vert	Moins ferme	Moins ferme	Moins ferme	Moins ferme	Moins ferme
	Rouge	Très mou	Moins ferme	Moins ferme	Mou	Ferme
J13	Vert	Moins ferme	Moins ferme	Moins ferme	Moins ferme	Moins ferme
	Rouge	Très mou	Mou	Mou	Mou	Ferme
J15	Vert	Moins ferme	Moins ferme	Moins ferme	Moins ferme	Moins ferme
	Rouge	Très mou	Très mou	Très mou	Mou	Ferme

Ferme = aucune perte de texture perceptible. Lég. moins ferme = légère souplesse perceptible. Moins ferme = perte modérée de fermeté. Mou / Très mou = dégradation significative de la texture du bulbe.

#### 4.3.3.2. Apparition de moisissures :

Au cours de la période de stockage, aucune manifestation visible de moisissure ni aucun symptôme de maladie n'ont été détectés sur les oignons verts, indépendamment des traitements appliqués. Les échantillons sont demeurés visuellement sains, sans aucune trace de dégradation pathologique ou d'altération liée à une infection.

Aucune croissance fongique (moisissure) n'a été observée sur les oignons rouges tout au long de la période de stockage, que ce soit dans les échantillons traités avec des huiles essentielles ou dans l'échantillon témoin non traité, comme le montre le tableau 4.8.

Aucune trace de pourriture fongique n'a été observée sur les oignons rouges durant la période de conservation, que les échantillons aient été traités aux huiles essentielles ou non (témoins). Cela suggère que les huiles essentielles n'ont eu aucun effet notable pour prévenir la moisissure, d'autant plus que les échantillons non traités présentaient le même comportement. Cette absence de pourriture peut s'expliquer par

la résistance intrinsèque de l'oignon rouge, due à sa richesse en composés phénoliques à l'activité antimicrobienne, comme l'a montré l'étude de Griffiths et al. (2002). En conséquence, l'influence des huiles essentielles contre les champignons dans ce contexte semble négligeable, ce qui contraste avec certaines études, telles que Zhang et al. (2023), qui ont mis en lumière leur efficacité dans la prévention des contaminations fongiques.

Toutefois, l'absence de moisissure même dans l'échantillon témoin pourrait également s'expliquer par une durée de stockage insuffisante ou des conditions environnementales peu favorables au développement fongique, ce qui suggère la nécessité d'évaluations complémentaires dans des conditions plus propices pour juger de l'efficacité réelle de ces huiles dans la prévention de la détérioration fongique.

**Tableau 4.8:** Évolution de la présence de moisissures sur les oignons verts et rouges pendant la période de stockage sous l'effet de différentes huiles essentielles.

Jour	Type d'oignon	Témoin	<i>Thymus vulgaris</i>	<i>Rosmarinus officinalis</i>	<i>Foeniculum vulgare</i>	<i>Artemisia herba-alba</i>
J1	Vert	Absente	Absente	Absente	Absente	Absente
	Rouge	Absente	Absente	Absente	Absente	Absente
J3	Vert	Absente	Absente	Absente	Absente	Absente
	Rouge	Absente	Absente	Absente	Absente	Absente
J5	Vert	Absente	Absente	Absente	Absente	Absente
	Rouge	Absente	Absente	Absente	Absente	Absente
J7	Vert	Absente	Absente	Absente	Absente	Absente
	Rouge	Absente	Absente	Absente	Absente	Absente
J9	Vert	Absente	Absente	Absente	Absente	Absente
	Rouge	Absente	Absente	Absente	Absente	Absente
J11	Vert	Absente	Absente	Absente	Absente	Absente
	Rouge	Absente	Absente	Absente	Absente	Absente
J13	Vert	Absente	Absente	Absente	Absente	Absente
	Rouge	Absente	Absente	Absente	Absente	Absente
J15	Vert	Absente	Absente	Absente	Absente	Absente
	Rouge	Absente	Absente	Absente	Absente	Absente

*Absente* = aucune trace visible de moisissure. *Début localisé* = petites colonies isolées ( $\leq 5\%$ ). *Présente (étendue)* = développement modéré (10–30 %). *Très présente* = invasion importante ( $\geq 40\%$ ) de la surface. *Collet* = zone du point d'attache des couches sèches et du plateau racinaire

### 4.3.3.3. Déshydratation de l'épiderme externe :

Pendant 15 jours de stockage à température ambiante (~22 °C), un dessèchement progressif de la peau extérieure des oignons verts a été observé dans tous les échantillons, y compris ceux traités aux huiles essentielles. Ce dessèchement, marqué par une décoloration, une rigidité et un flétrissement des feuilles, est principalement dû à une perte d'eau causée par une faible humidité relative. Des études indiquent que lorsque l'humidité relative descend en dessous de 60 %, cela favorise la détérioration des tuniques externes (Kader, 2013). Maintenir une humidité relative élevée est donc essentiel pour limiter ces pertes (Berger, 2024).

Les huiles essentielles, bien que dotées de propriétés antimicrobiennes, se sont révélées inefficaces pour prévenir la déshydratation, ce qui souligne leurs limites dans la conservation physique des oignons. La déshydratation de l'enveloppe externe constitue un indicateur important de détérioration post-récolte chez les oignons, se manifestant par la perte de brillance, la formation de rides et une texture fragile de l'épiderme. Comme l'indique le tableau 4.9.

**Tableau 4.9:** Effet des huiles essentielles sur la déshydratation de l'enveloppe externe des oignons verts pendant 15 jours de stockage.

Jour	Témoin	<i>Thymus vulgaris</i>	<i>Rosmarinus officinalis</i>	<i>Foeniculum vulgare</i>	<i>Artemisia herba-alba</i>
J1	Aucun dessèchement	Aucun dessèchement	Aucun dessèchement	Aucun dessèchement	Aucun dessèchement
J3	Légère perte d'éclat	Légère perte d'éclat	Légère perte d'éclat	Légère perte d'éclat	Légère perte d'éclat
J5	Début de ride	Début de ride	Début de ride	Début de ride	Début de ride
J7	Ride modérée	Ride modérée	Ride modérée	Ride modérée	Ride modérée
J9	Ride modérée	Ride modérée	Ride modérée	Ride modérée	Ride modérée
J11	Ride avancée	Ride avancée	Ride avancée	Ride avancée	Ride avancée
J13	Épiderme sec et cassant	Épiderme sec et cassant	Épiderme sec et cassant	Épiderme sec et cassant	Épiderme sec et cassant
J15	Épiderme désintégré	Épiderme désintégré	Épiderme désintégré	Épiderme désintégré	Épiderme désintégré

Les oignons verts stockés 15 jours à température ambiante subissent une déshydratation progressive visible par décoloration, rigidité et flétrissement des feuilles. Malgré leurs propriétés antimicrobiennes, les huiles essentielles n'ont pas réduit significativement cette déshydratation. Aucun signe de pourriture n'a été observé, confirmant que la détérioration est due à des processus physiques. Ces résultats confirment que les légumes riches en eau, comme les oignons verts, sont très sensibles à la déshydratation en stockage ambiant (Hattem et al., 2014) .

#### 4.3.3.4. Perte de poids des oignons :

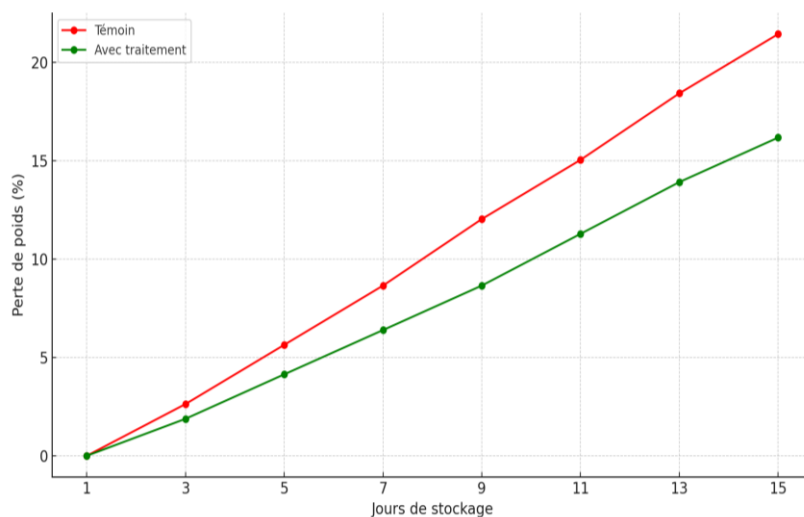
Pendant la période de stockage de 15 jours, les oignons verts dans les boîtes non traitées ont enregistré une perte de poids de 21,43 %, tandis que dans les boîtes traitées aux huiles essentielles, la perte de poids était moindre, s'élevant à 16,17 %, ce qui indique que le traitement aux huiles essentielles a contribué à réduire le taux de déshydratation et la perte d'eau par rapport aux boîtes non traitées, comme illustré à la figure 4.8

L'effet barrière induit par les huiles essentielles semble jouer un rôle central dans la limitation des pertes hydriques, en formant un film naturel semi-perméable à la surface des bulbes, réduisant ainsi les pertes par transpiration et ralentissant le métabolisme respiratoire (El-Mougy et al., 2009). En outre, les propriétés antimicrobiennes de ces composés pourraient contribuer à limiter les altérations physiologiques secondaires, participant à une meilleure conservation post-récolte.

Le taux de perte de poids (%) a été calculé selon la formule suivante :

$$\text{Le taux de perte de poids (\%)} = (\text{Poids initial} - \text{Poids final}) / \text{Poids initial} \times 100$$

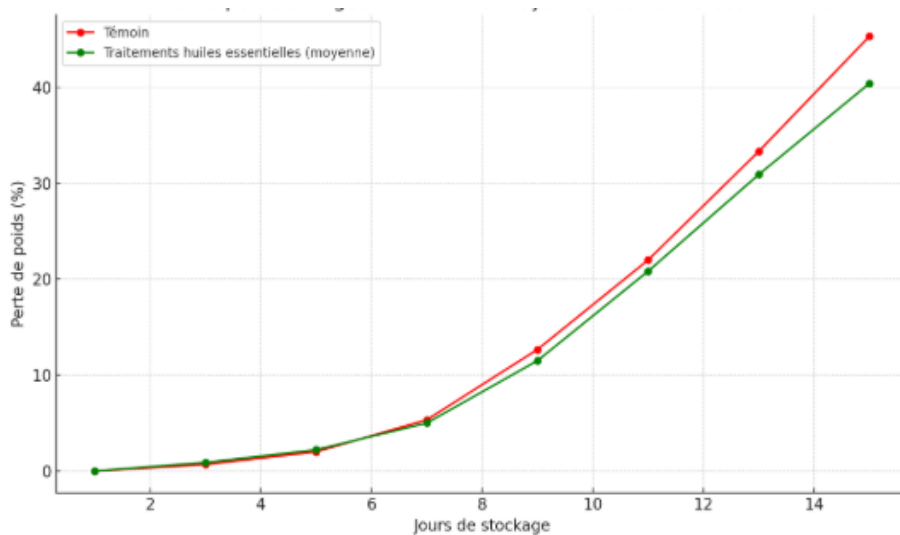
Cette méthode de calcul est largement utilisée dans les études post-récolte pour suivre l'évolution du poids des produits frais pendant le stockage (Shafiq et al., 2020).



**Figure 4.8:** Évolution de la perte de poids (%) de l'oignon vert pendant 15 jours de stockage.

Pour les oignons rouges, Les résultats de l'étude ont montré que les échantillons non traités (témoin) ont perdu un pourcentage plus élevé de poids comparativement aux échantillons traités aux huiles essentielles, ce qui confirme que le stockage sans protection accélère la perte d'eau due à la respiration et à l'évaporation. En revanche, les traitements aux huiles, et particulièrement à l'huile de Romarin (RO), ont contribué à réduire significativement la perte de poids.

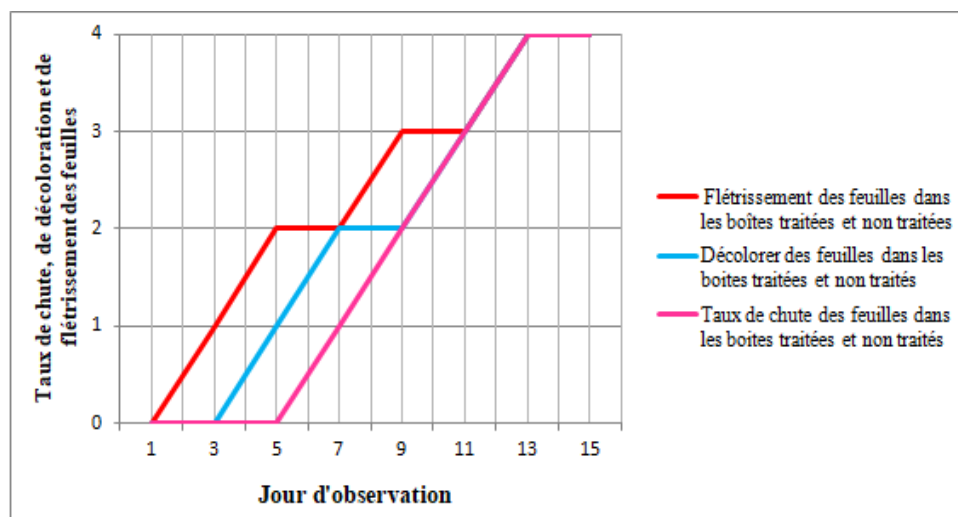
Cette forte efficacité de l'huile de Romarin est attribuée à sa teneur en composés actifs tels que le camphre et le 1,8-cinéole, qui réduisent les taux de respiration et l'ouverture des stomates, limitant ainsi la perte d'eau pendant le stockage. Une étude de (Bina et al., 2016) a soutenu ces résultats, montrant que les huiles volatiles, notamment celle de romarin, préservent la qualité du produit frais, en particulier l'oignon, et ralentissent la perte d'eau ainsi que l'activité respiratoire durant le stockage, comme illustré à la figure 4.9.



**Figure 4.9:** Évolution de la perte de poids (%) de l'oignon rouges pendant 15 jours de stockage sous l'effet de différentes huiles essentielles.

**4.3.3.5. Evolution des changements visuels sur les feuilles (chute, décoloration et décoloration de l'enveloppe externe (épicarpe) des feuilles) des oignons verts :**

L'évolution des symptômes visuels (Figure 4.11) liés à la sénescence foliaire chez les oignons verts est représentée dans la figure 4.10. Trois paramètres ont été suivis sur une échelle sensorielle de 0 à 4, la décoloration, la chute et le flétrissement des feuilles.



**Figure 4.10:** Evolution des symptômes visuels sur les feuilles (la décoloration, la chute et le flétrissement des feuilles) des oignons verts pendant 15 jours de stockage.

- **Décoloration des feuilles :** notée de 0 à 4, où 0 indique un feuillage vert et sain, 1 un début léger de jaunissement, 2 un jaunissement clair, 3 un brunissement partiel, 4 un brunissement avancé.
- **Chute des feuilles:** notée de 0 à 4, où 0 signifie aucune chute, 1 une chute très légère, 2 une chute modérée, 3 une chute importante, et 4 une chute très sévère .
- **Flétrissement des feuilles :** noté de 0 à 4, où 0 représente un état totalement sain (aucun flétrissement), 1 un flétrissement léger, 2 un flétrissement moyen, 3 un flétrissement intense, et 4 un flétrissement très grave.

#### Décoloration des feuilles :

La décoloration des feuilles constitue l'un des premiers signes visibles de sénescence, liée à la dégradation des pigments chlorophylliens. Elle débute dès le jour 5 et s'accroît nettement à partir du jour 7 dans tous les échantillons, traités ou non, traduisant une perte progressive de chlorophylle.

#### Chute des feuilles :

La chute des feuilles devient perceptible à partir du jour 9, en lien avec un stress hydrique

avancé. Elle atteint un niveau très sévère (niveau 4) au jour 15, affectant la qualité visuelle et la fraîcheur des oignons verts.

#### **Flétrissement des feuilles :**

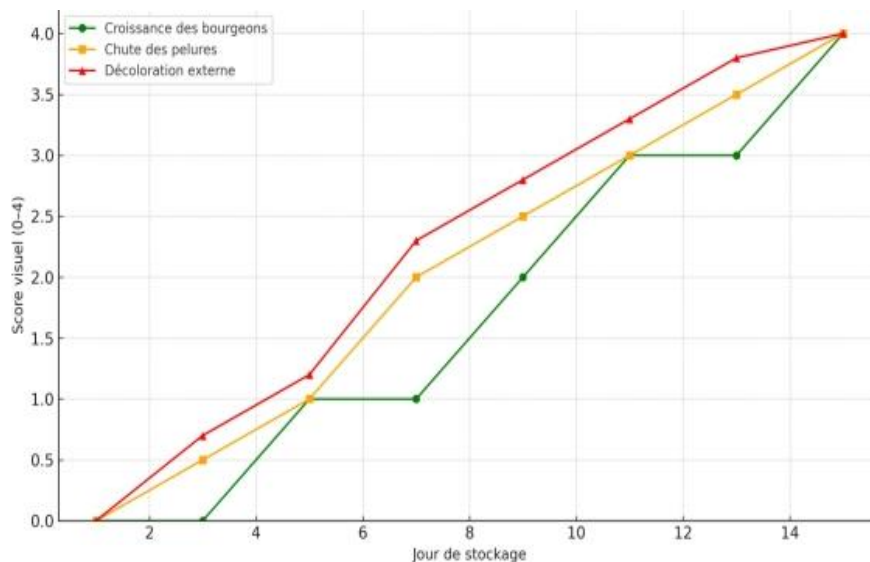
Le flétrissement des feuilles, causé par la perte d'élasticité cellulaire due au déficit en eau, apparaît également dès le jour 5. Il progresse continuellement pour atteindre un stade sévère au jour 15, signalant une forte dégradation physiologique.



**Figure 4.11:** Changements visuels sur les feuilles (la décoloration, la chute et le flétrissement des feuilles) des oignons verts après 15 jours de stockage.

#### **.43.3.6. Évolution des changements visuels sur les bulbes (croissance des bourgeons, chute des pelures extérieures et décoloration de l'enveloppe externe (épicarpe) des oignons rouges :**

L'évolution des symptômes visuels (Figure 4.13) liés à la sénescence foliaire chez les oignons rouges est représentée dans la figure 4.12. Trois paramètres ont été suivis sur une échelle sensorielle de 0 à 4 : la croissance des bourgeons, chute des pelures extérieures et la décoloration de l'enveloppe externe (épicarpe).



**Figure 4.12:** Evolution des symptômes visuels sur les feuilles (croissance des bourgeons, chute des pelures extérieures et décoloration de l'enveloppe externe (épicarpe) des feuilles) des oignons rouges pendant 13 jours de stockage, selon une échelle sensorielle de 0 à 4.

Croissance des bourgeons : notée de 0 à 4, où 0 indique une absence de croissance, 1 une croissance faible (0,1–5 cm), 2 une croissance modérée (5,1–10 cm), 3 une croissance importante (10,1–20 cm), 4 une croissance excessive dépassant 20 cm, indiquant une activité physiologique susceptible d'affecter la qualité.

Chute des feuilles : score de 0 à 4, où 0 indique aucune chute, 1 une chute légère, 2 une chute modérée, 3 une chute marquée, et 4 une chute très sévère.

Décoloration des feuilles : score de 0 à 4, où 0 correspond à un feuillage vert et sain, 1 à un début de jaunissement, 2 à un jaunissement net, 3 à un brunissement partiel, et 4 à un brunissement avancé.

### Croissance des bourgeons :

La croissance des bourgeons, indicateur de reprise de l'activité métabolique chez les oignons, devient visible dès le cinquième jour chez les témoins, atteignant une intensité élevée (score 4) au jour 13. En revanche, les traitements à base de *Rosmarinus officinalis* et de *Thymus vulgaris* ont montré une efficacité notable en ralentissant ce développement. Les scores observés sont restés inférieurs durant toute la période de stockage. Ce ralentissement suggère un effet inhibiteur sur la

germination, contribuant ainsi à prolonger la durée de conservation des bulbes sans altérations visuelles importantes.

### Chute des pelures extérieures

La chute foliaire, souvent provoquée par un dessèchement progressif, devient marquée dès J3 chez les témoins, atteignant son maximum à J9. À l'inverse, les traitements à base de *Rosmarinus officinalis* et *Foeniculum vulgare* réduisent significativement cette chute, les scores restant faibles même aux stades avancés du stockage. Le maintien des feuilles attachées constitue un critère essentiel pour préserver la qualité visuelle et la fraîcheur des bulbes d'oignon rouge durant la conservation.

### Décoloration de l'enveloppe externe (épicarpe) :

La décoloration de l'enveloppe externe constitue un signe progressif de sénescence chez l'oignon rouge, liée à la dégradation de la chlorophylle, notamment dans les couches superficielles. Les premières altérations apparaissent légèrement dès le septième jour (J7), s'accroissent à partir du J9, et atteignent un niveau modéré au treizième jour (J13). Les huiles essentielles de *Foeniculum vulgare* et *Rosmarinus officinalis* semblent ralentir cette évolution, tandis que l'effet d'*Artemisia herba-alba* demeure comparable à celui du témoin.



**Figure 4.13** : Changements visuels sur les feuilles ( chute, décoloration de l'enveloppe externe (épicarpe) des feuilles) des oignons rouges après 13 jours de stockage.

**Discussion générale :**

Cette étude a évalué l'efficacité de quatre huiles essentielles extraites de *Artemisia herba-alba*, *Thymus vulgaris*, *Foeniculum vulgare* et *Rosmarinus officinalis* pour la conservation post-récolte des oranges (variétés Navel et Sanguines). Plusieurs paramètres ont été analysés, dont la perte de poids, les odeurs dégagées et l'apparition de la pourriture, sur des périodes de stockage de 15 jours pour les oranges Navel et de 13 jours pour les oranges Sanguines.

**Oranges Navel :**

L'efficacité des huiles essentielles dans la conservation des oranges Navel a varié en fonction de la plante d'origine et de la composition chimique de leurs composés bioactifs (thymol, 1,8-cinéole, camphre, anéthol). L'huile de *Rosmarinus officinalis* a montré les meilleurs résultats, en empêchant la moisissure pendant toute la période de stockage, ce qui est en accord avec les travaux de Bakhtiarizade & Souri (2019) , qui ont souligné l'efficacité des huiles de romarin et d'eucalyptus sur les agrumes. La capacité du romarin à former une barrière semi-perméable autour du fruit, réduisant la respiration et limitant la croissance fongique, permet de prolonger sa durée de conservation. En comparaison, l'huile de *Thymus vulgaris* a retardé la dégradation jusqu'au 13<sup>e</sup> jour, mais la moisissure est apparue au 15<sup>e</sup> jour. Cet effet à court terme peut être attribué à la présence de thymol et de carvacrol, des composés antimicrobiens puissants mais très volatils. À l'inverse, l'huile essentielle de romarin (*Rosmarinus officinalis*), contenant des composés tels que le 1,8-cinéole et le camphre, présente une plus grande stabilité, ce qui pourrait expliquer son efficacité prolongée au cours du stockage. Ces observations sont en accord avec les travaux de Aydın et al.(2005); Perumal et al.(2022) , qui soulignent que l'activité antimicrobienne du thym est notable mais limitée dans le temps, en raison de la volatilité de ses composés actifs. L'huile d'*Artemisia herba-alba* a montré une efficacité modérée, avec des signes de dégradation dès le 13<sup>e</sup> jour, en accord avec les observations de Huang et al.(2019) ,qui ont rapporté que son efficacité antifongique dépend des conditions de stockage. Enfin, l'huile de *Foeniculum vulgare* a été la moins performante, avec des signes de pourriture dès le 5<sup>e</sup> jour, ce qui correspond aux résultats de Kazemi et al.(2012), qui ont mis en évidence sa faible activité antifongique, malgré la présence d'anéthol.

Les huiles essentielles exercent leur action en perturbant les membranes cellulaires des champignons, inhibant leur métabolisme. Cependant, leur volatilité et leur stabilité influencent grandement leur durée d'action (Martínez-Hernández & López-Gómez, 2022). Huang et al. (2025) suggèrent que l'encapsulation de ces huiles dans des films ou nanoémulsions permettrait un relargage contrôlé, prolongeant ainsi leur efficacité antifongique.

### **Oranges Sanguines :**

Les oranges Sanguines traitées avec des huiles essentielles sont restées saines jusqu'au 5<sup>e</sup> jour de stockage. Cependant, à partir du 7<sup>e</sup> jour, des signes de pourriture ont apparu, et leur état s'est aggravé jusqu'au 13<sup>e</sup> jour, malgré les traitements. Ces résultats suggèrent que les huiles essentielles peuvent ralentir les maladies post-récolte, mais ne les empêchent pas complètement. Cela est en accord avec les travaux de Badgular et al.(2014), qui ont décrit l'efficacité modérée et temporaire de certaines huiles essentielles. Les oranges Sanguines, étant plus juteuses et fragiles que les Navel, sont plus susceptibles à la croissance des moisissures, ce qui pourrait expliquer l'apparition de la pourriture malgré les traitements.

**Oignons :** Les résultats indiquent qu'aucune différence notable n'a été observée entre les échantillons d'oignons (rouges et verts) traités aux huiles essentielles et les témoins non traités. Aucun signe de pourriture n'a été détecté dans l'ensemble des échantillons, ce qui suggère que, dans les conditions de cette étude, les huiles essentielles n'ont pas exercé d'effet significatif sur la conservation des oignons. Cela pourrait être dû à la bonne résistance naturelle de ces légumes face aux contaminations fongiques durant la période de stockage.

**Oignons verts :** Les résultats montrent qu'aucune pourriture n'a été observée sur les oignons verts, qu'ils soient traités ou non avec des huiles essentielles. La détérioration constatée (flétrissement, décoloration, chute des feuilles) était similaire dans tous les échantillons. Cela indique que les huiles essentielles, malgré leurs propriétés antimicrobiennes, n'ont pas joué un rôle significatif dans le maintien de la qualité visuelle des oignons, ce qui concorde avec les observations rapportées par Burt (2004; Hyldgaard et al.(2012), qui ont souligné que l'efficacité des huiles essentielles dépend fortement du type d'altération et des conditions de conservation. Cette stabilité apparente pourrait également s'expliquer par la présence naturelle, dans les oignons, de composés bioactifs comme les flavonoïdes et les composés soufrés, reconnus pour

leur activité antimicrobienne, comme l'a montré l'étude de Griffiths et al. (2002) . Cependant, comme l'indique Turek & Stintzing (2013), ces composés n'agissent pas sur les processus physiologiques tels que la perte d'eau ou le flétrissement, ce qui pourrait expliquer pourquoi la détérioration visuelle était similaire dans tous les cas, indépendamment du traitement.

**Oignon Rouge:** L'huile d'armoise (*Artemisia herba-alba*) a montré des résultats moins satisfaisants, avec un flétrissement modéré et une croissance des germes plus importante, ce qui correspond aux observations de Hegazy et al.(2024), qui ont rapporté que l'extrait d'armoise n'était pas particulièrement efficace pour réduire les symptômes de maladies. L'huile de thym (*Thymus vulgaris*) a montré une efficacité notable pour limiter le flétrissement et la germination des bourgeons, grâce à sa composition riche en thymol, un puissant antifongique. Ces résultats sont soutenus par Ji et al. (2018) et Bina et al.(2016) , qui ont montré que le thymol inhibe le développement des champignons pathogènes de l'oignon.

- L'huile de romarin (*Rosmarinus officinalis*) a montré une capacité notable à réduire la perte de poids et à limiter la croissance des germes des oignons pendant le stockage. Ces effets sont attribués à des composés naturels antifongiques et antioxydants comme le camphre et le cinéole (Bina et al., 2016). L'huile de fenouil (*Foeniculum vulgare*) a montré des résultats modérés, avec une certaine activité antifongique contre des pathogènes comme *Alternaria porri* et *Stemphylium vesicarium* (Abdel-Hafez et al., 2014).

Les huiles essentielles ont montré des effets variables sur la conservation des fruits et légumes. *Rosmarinus officinalis* a été le plus efficace pour prolonger la durée de conservation, tandis que *Foeniculum vulgare* a montré une efficacité moindre. L'utilisation de ces huiles, en particulier de *Rosmarinus officinalis*, s'avère prometteuse comme alternative naturelle pour la conservation post-récolte, mais des études supplémentaires sur des périodes de stockage plus longues sont nécessaires pour évaluer leur efficacité à long terme.

# **Conclusion**

## Conclusion

Cette étude a porté sur l'efficacité des huiles essentielles comme alternatives naturelles pour la conservation post-récolte des produits agricoles, notamment certains fruits (oranges Navel et Sanguines) et légumes (oignons rouges et verts). Cette approche vise à répondre aux exigences croissantes en matière de qualité et de sécurité alimentaire, à réduire les pertes post-récolte, tout en limitant l'utilisation de conservateurs chimiques souvent nocifs pour la santé et l'environnement.

Les résultats ont montré que l'application d'huiles essentielles extraites de plantes aromatiques et médicinales telles que le thym, le romarin, le fenouil et l'Artemisia permet de ralentir la détérioration des produits frais. Leur efficacité varie cependant selon le type d'huile, le produit traité et ses caractéristiques physiologiques. L'huile de romarin s'est révélée la plus efficace pour les oranges Navel, en réduisant la moisissure et la perte de poids. L'huile de thym a montré une bonne efficacité au début, mais son effet a rapidement diminué en raison de la forte volatilité de ses composés actifs. Pour les oranges Sanguines, l'huile d'Artemisia a donné de meilleurs résultats en matière de réduction de la moisissure, bien que les huiles essentielles soient globalement moins efficaces sur ce fruit, en raison de sa fragilité naturelle et de sa sensibilité aux conditions extérieures. Concernant les oignons rouges, les huiles – en particulier celles de thym et de romarin – ont limité le flétrissement et la germination. Il n'y a eu aucune moisissure sur les échantillons d'oignon vert, traités ou non. Cela ne nous a donc pas permis de déterminer si les huiles essentielles sont efficaces contre le développement de moisissure.

Ces résultats confirment que les huiles essentielles représentent une alternative naturelle prometteuse aux conservateurs chimiques. Toutefois, des défis persistent, notamment la stabilité à long terme des composés bioactifs. Pour y remédier, il est recommandé de :

- Déterminer les doses optimales selon chaque produit.
- Développer des techniques d'application innovantes telles que l'encapsulation ou les nanoémulsions pour une libération prolongée des composés actifs. Identifier précisément les composés responsables de l'efficacité afin d'optimiser leur utilisation.

- Tester les huiles dans des conditions de stockage variées (température, humidité, atmosphère contrôlée) pour simuler des situations commerciales réelles et définir les conditions idéales d'application.

Ces résultats ouvrent des perspectives prometteuses pour améliorer la chaîne post-récolte de manière saine, efficace et durable, contribuant ainsi à la réduction des pertes alimentaires et au renforcement de la sécurité alimentaire.

**Bibliographie**

- Abdel-Hafez, S. I. I., Abo-Elyousr, K. A. M., & Abdel-Rahim, I. R. (2014). Effectiveness of plant extracts to control purple blotch and *Stemphylium* blight diseases of onion (*Allium cepa* L.) in Assiut, Egypt. *Archives Of Phytopathology And Plant Protection*, 47(3), 377-387. <https://doi.org/10.1080/03235408.2013.809926>
- Accorsi, R., Cascini, A., Cholette, S., Manzini, R., & Mora, C. (2014). Economic and environmental assessment of reusable plastic containers : A food catering supply chain case study. *International Journal of Production Economics*, 152, 88-101. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2013.12.014>
- Adaskaveg, J. E., Hao, W., & Förster, H. (2015). Postharvest Strategies for Managing Phytophthora Brown Rot of Citrus using Potassium Phosphite in Combination with Heat Treatments. *Plant Disease*, 99(11), 1477-1482. <https://doi.org/10.1094/PDIS-01-15-0040-RE>
- Anbukkarasi, V., Paramaguru, P., Pugalandhi, L., & Jayakumar, P. (2020). Effect of Packing and Storage Methods on Quality and Shelf Life of Onion (*Allium cepa* L. var. *Aggregatum* Don.). *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 9(11), 611-622. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2020.911.075>
- Arutselvan, R., Pati, K., Dolatabadian, A., & Dutta, S. K. (2023). Citrus Diseases and Management. In S. Singh Purewal, S. Punia Bangar, & P. Kaur (Éds.), *Recent Advances in Citrus Fruits* (p. 501-526). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-37534-7\\_16](https://doi.org/10.1007/978-3-031-37534-7_16)
- Badgujar, S. B., Patel, V. V., & Bandivdekar, A. H. (2014a). *Foeniculum vulgare* Mill : A Review of Its Botany, Phytochemistry, Pharmacology, Contemporary Application, and Toxicology. *BioMed Research International*, 2014, 1-32. <https://doi.org/10.1155/2014/842674>
- Bakhtiarizade, M., & Souri, M. K. (2019). Beneficial effects of rosemary, thyme and tarragon essential oils on postharvest decay of Valencia oranges. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 6(1), 9. <https://doi.org/10.1186/s40538-019-0146-3>
- Belhattab, R., Amor, L., Barroso, J. G., Pedro, L. G., & Cristina Figueiredo, A. (2014). Essential oil from *Artemisia herba-alba* Asso grown wild in Algeria : Variability assessment and comparison with an updated literature survey. *Arabian Journal of Chemistry*, 7(2), 243-251. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2012.04.042>

- Beloufa, M. (2018). *Etude chimique et activité antioxydante des huiles Essentielles du Thymus fontanesii , Rosmarinus Officinalis et Artemisia herba alba de la région de Tlemcen*. <http://dspace1.univ-tlemcen.dz/handle/112/14131>
- BERBACHE, R., NEKAA, A., & Ameer, R. (2022). *Évaluation et caractérisation biologique de la plante médicinale Rosmarinus officinalis* [université frères mentouri - constantine 1]. <https://fac.umc.edu.dz/snv/bibliotheque/biblio/mmf/2022/Evaluation%20et%20caract%C3%A9risation%20biologique%20de%20la%20plante%20m%C3%A9dicinale%20Rosmarinus%20officinalis.pdf?>
- Berger, C. (2024, mai 27). *Stockage des oignons*. <https://www.bioceres.be/fiche/stockage-des-oignons>
- Bessadi, N., & Chergui, L. (2021). *Etude des activités biologiques D'ARTIMISIA HERBA - ALBA* [Thesis, M'hamed Bougara faculté des sciences]. <http://192.168.100.2:8080/handle/123456789/10426>
- Bhatta, U. K. (2022). Alternative Management Approaches of Citrus Diseases Caused by *Penicillium digitatum* (Green Mold) and *Penicillium italicum* (Blue Mold). *Frontiers in Plant Science*, 12, 833328. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.833328>
- Bina, F., Bostani, A., & Talei, D. (2016b). Potential of rosemary leaves and branches to enhance storage life of onion bulbs. *Horticultura Brasileira*, 34(3), 381-386. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362016003012>
- Burt, S. (2004). Essential oils : Their antibacterial properties and potential applications in foods—a review. *International Journal of Food Microbiology*, 94(3), 223-253. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2004.03.022>
- Ceballos-Santos, S., De Sousa, D. B., García, P. G., Laso, J., Margallo, M., & Aldaco, R. (2024). Exploring the environmental impacts of plastic packaging : A comprehensive life cycle analysis for seafood distribution crates. *Science of The Total Environment*, 951, 175452. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.175452>
- Cheng, X., Yang, Y., Zhu, X., Yuan, P., Gong, B., Ding, S., & Shan, Y. (2022). Inhibitory mechanisms of cinnamic acid on the growth of *Geotrichum citri-aurantii*. *Food Control*, 131, 108459. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2021.108459>

- Delaquis, P. (2002). Antimicrobial activity of individual and mixed fractions of dill, cilantro, coriander and eucalyptus essential oils. *International Journal of Food Microbiology*, 74(1-2), 101-109. [https://doi.org/10.1016/S0168-1605\(01\)00734-6](https://doi.org/10.1016/S0168-1605(01)00734-6)
- Djahida, B. (2020). *Valorisation des potentialités de la bactérie Bacillus subtilis dans la lutte contre la pollution aux produits phytosanitaires.(Citrus sinensis)* [Thesis]. <http://dSPACE1.univ-tlemcen.dz/handle/112/17179>
- Djaoudene, O. (2015). *Etude de l'évolution de la composition et des propriétés antioxydantes de confitures d'oranges au cours de la conservation*. Université ABDERRAHMANE MIRA - Bejaia.
- Elemdani, M., & Khelifi, N. (2021). *Contribution à l'étude de la conservation de l'oignon par séchage* [Thesis]. <https://di.univ-blida.dz/jspui/handle/123456789/22176>
- El-Mohamedy, R. S. R. (2017). Plant Essential Oils for Controlling Plant Pathogenic Fungi. In D. K. Choudhary, A. K. Sharma, P. Agarwal, A. Varma, & N. Tuteja (Éds.), *Volatiles and Food Security* (p. 171-198). Springer Singapore. [https://doi.org/10.1007/978-981-10-5553-9\\_9](https://doi.org/10.1007/978-981-10-5553-9_9)
- Esmail, A. M., Abou El-Hamd H. Mohamed, Magdi. A. El-Sayed, Hegazy, M. E., Soleiman E. Helaly, & Naglaa S. Mohamed. (2010). *Chemical constituents and biological activities of Artemisia herba-alba*. Unpublished. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2544.8806>
- Ezzougari, R., Bahhou, J., Taoussi, M., Seddiqi Kallali, N., Aberkani, K., Barka, E. A., & Lahlali, R. (2024). Yeast Warriors : Exploring the Potential of Yeasts for Sustainable Citrus Post-Harvest Disease Management. *Agronomy*, 14(2), 288. <https://doi.org/10.3390/agronomy14020288>
- Fisher, K., & Phillips, C. (2008). Potential antimicrobial uses of essential oils in food : Is citrus the answer? *Trends in Food Science & Technology*, 19(3), 156-164. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2007.11.006>
- François, G. A., De Moraes Pontes, J. G., Pereira, A. K., & Fill, T. P. (2022). Exploring the Citrus Sour Rot pathogen : Biochemical aspects, virulence factors, and strategies for disease management - a review. *Fungal Biology Reviews*, 41, 70-83. <https://doi.org/10.1016/j.fbr.2022.03.003>

- Frédéric Debeaufort. (2021). *Matériaux et procédés d'emballage pour les industries alimentaires, cosméti...* - Google Books. ISTE Editions Limited.  
[https://www.google.dz/books/edition/Mat%C3%A9riaux\\_et\\_proc%C3%A9d%C3%A9s\\_d\\_e mballage\\_pou/2h1VEAAAQBAJ?hl=fr&gbpv=1](https://www.google.dz/books/edition/Mat%C3%A9riaux_et_proc%C3%A9d%C3%A9s_d_e mballage_pou/2h1VEAAAQBAJ?hl=fr&gbpv=1)
- Gao, Y., Liu, Y., Kan, C., Chen, M., & Chen, J. (2019). Changes of peel color and fruit quality in navel orange fruits under different storage methods. *Scientia Horticulturae*, 256, 108522. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.05.049>
- Griffiths, G., Trueman, L., Crowther, T., Thomas, B., & Smith, B. (2002). Onions—A global benefit to health. *Phytotherapy Research*, 16(7), 603-615. <https://doi.org/10.1002/ptr.1222>
- Hammoudi Halat, D., Krayem, M., Khaled, S., & Younes, S. (2022). A Focused Insight into Thyme : Biological, Chemical, and Therapeutic Properties of an Indigenous Mediterranean Herb. *Nutrients*, 14(10), 2104. <https://doi.org/10.3390/nu14102104>
- Hatem, M. H., Shehata, S. A., AbdEl-hay, Y. B., AbdEl-Gwad, K. F., & Abaker, B. A. (2014). EFFECT OF STORAGE CONDITIONS ON THE QUALITY OF ONION BULBS. *Misr Journal of Agricultural Engineering*, 31(3), 919-936.  
<https://doi.org/10.21608/mjae.2014.98928>
- Hegazy, M. G. A., Ahmed, A.-R. M., Yousef, A. F., Ali, W. M., Nasr, A., Elshazly, E. H., Shalaby, M. E., Teiba, I. I., & Al-Bedak, O. A. M. (2024). Effectiveness of some plant extracts in biocontrol of induced onion basal rot disease in greenhouse conditions. *AMB Express*, 14(1), 72. <https://doi.org/10.1186/s13568-024-01721-4>
- Hegde, P., Agrawal, P., & Gupta, P. K. (2016). Extraction of Polyphenols from Orange Peel by Solvent Extraction and Microbial Assisted Extraction and Comparison of Extraction Efficiency. In P. B. D., S. N. Gummadi, & P. V. Vadlani (Éds.), *Biotechnology and Biochemical Engineering* (p. 129-135). Springer Singapore. [https://doi.org/10.1007/978-981-10-1920-3\\_14](https://doi.org/10.1007/978-981-10-1920-3_14)
- Hernández-Montiel, L. G., Holguín-Peña, R. J., & Latisnere-Barragan, H. (2010). First Report of Sour Rot Caused by *Geotrichum citri-aurantii* on Key Lime ( *Citrus aurantifolia* ) in Colima State, Mexico. *Plant Disease*, 94(4), 488-488. <https://doi.org/10.1094/PDIS-94-4-0488B>

- Hodges, R. J., Buzby, J. C., & Bennett, B. (2011). Postharvest losses and waste in developed and less developed countries : Opportunities to improve resource use. *The Journal of Agricultural Science*, 149(S1), 37-45. <https://doi.org/10.1017/S0021859610000936>
- Huang, M., Yu, J., Guo, M., Zhang, J., & Ren, L. (2025). Recent advances in the preservation effects of spice essential oils on fruits and vegetables. *Food Chemistry*, 464, 141827. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.141827>
- Huang, X., Chen, S., Zhang, Y., Wang, Y., Zhang, X., Bi, Z., & Yuan, H. (2019). Chemical Composition and Antifungal Activity of Essential Oils from Three *Artemisia* Species Against *Alternaria solani*. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 22(6), 1581-1592. <https://doi.org/10.1080/0972060X.2019.1708812>
- Hyldgaard, M., Mygind, T., & Meyer, R. L. (2012). Essential Oils in Food Preservation : Mode of Action, Synergies, and Interactions with Food Matrix Components. *Frontiers in Microbiology*, 3. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2012.00012>
- Iftikhar, T., Majeed, H., Zahra, S. S., Waheed, M., Niaz, M., & Bano, N. (2023). Thyme. In M. Zia-Ul-Haq, A. Abdulkreem AL-Huqail, M. Riaz, & U. Farooq Gohar (Éds.), *Essentials of Medicinal and Aromatic Crops* (p. 399-429). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-35403-8\\_16](https://doi.org/10.1007/978-3-031-35403-8_16)
- Ismail, M., & Zhang, J. (2004). Post-harvest Citrus Diseases and their control. *Outlooks on Pest Management*, 15(1), 29-35. <https://doi.org/10.1564/15feb12>
- Jacques, H. D., Sounou, A. P., & Dairou, S. (2020). Perte Post-RÃ©colte Dans La Perspective De Stockage Des Bulbes D'ail (Allium Cepa L.) En Milieu Paysan Dans Le DÃ©partement De La Boua Nord-Cameroun. *European Scientific Journal, ESJ*, 16(18), 124. <https://doi.org/10.19044/esj.2020.v16n18p124>
- Ji, S. H., Kim, T. K., Keum, Y. S., & Chun, S.-C. (2018). The Major Postharvest Disease of Onion and Its Control with Thymol Fumigation During Low-Temperature Storage. *Mycobiology*, 46(3), 242-253. <https://doi.org/10.1080/12298093.2018.1505245>
- Kader, A. A. (2013). *Postharvest Technology of Horticultural Crops—An Overview from Farm to Fork*.
- Kazemi, M., Mousavi, E., & Kharestani, H. (2012). Chemical Compositions and Antimicrobial Activities of Essential Oils of *Varthemia persica*, *Foeniculum vulgare* and

- Ferula lycia. *Current Research in Bacteriology*, 5(2), 42-52.  
<https://doi.org/10.3923/crb.2012.42.52>
- Khalid, S., Ullah, M. I., Khalid, M. S., Naeem, M. A., Natasha, N., Kausar, R., & Qaisrani, S. A. (2023). Relationship Between Mass Loss and Fruit Quality of Sweet Orange at Two Different Storage Conditions. *Erwerbs-Obstbau*, 65(4), 941-950.  
<https://doi.org/10.1007/s10341-022-00806-3>
- Koné, S.-M. M. (2014). *Évaluation de la mycoflore des semences d'oignon et recherche de méthodes de lutte basées sur l'utilisation des extraits aqueux de plantes locales (Eclipta alba L., Cymbopogon citratus (D.C.) Stapf et Portulaca oleracea L.)*.
- Leal Rodrigues, P., Gleyce Julião Bomfim, A., Leal Dos Santos, W., Tiago Correia Oliveira, J., Aparecida Moreira, K., Galvão, J. R., & Pacheco, M. J. B. (2023). Yeast biocontrol against green mold in pear orange postharvest. *Comunicata Scientiae*, 14, e3963.  
<https://doi.org/10.14295/cs.v14.3963>
- Li, Y., Xia, M., He, P., Yang, Q., Wu, Y., He, P., Ahmed, A., Li, X., Wang, Y., Munir, S., & He, Y. (2022). Developing *Penicillium digitatum* Management Strategies on Post-Harvest Citrus Fruits with Metabolic Components and Colonization of *Bacillus subtilis* L1-21. *Journal of Fungi*, 8(1), 80. <https://doi.org/10.3390/jof8010080>
- Lin, Y., Fan, L., Xia, X., Wang, Z., Yin, Y., Cheng, Y., & Li, Z. (2019). Melatonin decreases resistance to postharvest green mold on citrus fruit by scavenging defense-related reactive oxygen species. *Postharvest Biology and Technology*, 153, 21-30.  
<https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2019.03.016>
- Mahmood, N., Muazzam, M. A., Ahmad, M., Hussain, S., & Javed, W. (2021). Phytochemistry of *Allium cepa* L. (Onion) : Its Nutritional and Pharmacological Importance. *Scientific Inquiry and Review*, 5(3). <https://doi.org/10.32350/sir.53.04>
- Martínez-Hernández, G. B., & López-Gómez, A. (2022). Potential of Released Essential Oils from Active Packaging to Reduce Refrigeration Needs of Fruit and Vegetables. *Clean Technologies*, 4(4), 1255-1268. <https://doi.org/10.3390/cleantechnol4040077>
- Matsukawa, T., Asai, T., & Kajiyama, S. (2017). Metabolic Changes during Defense Responses against Wound Stresses in Citrus Plants. In H. Gill & H. Garg (Éds.), *Citrus Pathology*. InTech. <https://doi.org/10.5772/66159>

- Mostefai, A. (2014). *Contribution à une étude morphométrique de Rosmarinus officinalis L (Lamiacées) dans la région de Tlemcen* [Thesis]. <http://dspace1.univ-tlemcen.dz/handle/112/5432>
- Nedjma, H., & Salima, K. (2025). *L'oranger «Citrus sinensis.L» dans certaines régions de l'ouest Algérien : Étude morphométrique et phytochimique* [Thesis, university of tlemcen]. <http://dspace1.univ-tlemcen.dz/handle/112/24377>
- OuYang, Q., Reymick, O. O., & Tao, N. (2022). A combination of cinnamaldehyde and citral greatly alleviates postharvest occurrence of sour rot in citrus fruits without compromising the fruit quality. *Journal of Food Science and Technology*, 59(7), 2776-2783. <https://doi.org/10.1007/s13197-021-05300-4>
- Petropoulos, S. A., Ntatsi, G., & Ferreira, I. C. F. R. (2017). Long-term storage of onion and the factors that affect its quality : A critical review. *Food Reviews International*, 33(1), 62-83. <https://doi.org/10.1080/87559129.2015.1137312>
- Ramallo, A. C., Cerioni, L., Olmedo, G. M., Volentini, S. I., Ramallo, J., & Rapisarda, V. A. (2019). Control of Phytophthora brown rot of lemons by pre- and postharvest applications of potassium phosphite. *European Journal of Plant Pathology*, 154(4), 975-982. <https://doi.org/10.1007/s10658-019-01717-y>
- Ramos, A. P., Talhinhos, P., Sreenivasaprasad, S., & Oliveira, H. (2016). Characterization of Colletotrichum gloeosporioides, as the main causal agent of citrus anthracnose, and C. karstii as species preferentially associated with lemon twig dieback in Portugal. *Phytoparasitica*, 44(4), 549-561. <https://doi.org/10.1007/s12600-016-0537-y>
- Rashidi, H., Amiri, J., & Shirzad, H. (2023). Effect of Postharvest Treatment with 24-Epibrassinolide and Fennel (Foeniculum vulgare) Essential Oil on Quality Attributes and Storage Life of Orange (Citrus sinensis cv. 'Valencia'). *Erwerbs-Obstbau*, 65(4), 927-939. <https://doi.org/10.1007/s10341-022-00791-7>
- Rhaiem, A., & Taylor, P. W. J. (2016). Colletotrichum gloeosporioides associated with anthracnose symptoms on citrus, a new report for Tunisia. *European Journal of Plant Pathology*, 146(1), 219-224. <https://doi.org/10.1007/s10658-016-0907-9>
- Rim, M., Khaoula, B., & Rania, B. (2020). *Etude des propriétés physicochimiques et biologiques d'Eucalyptus citriodora Hook.*

- Salhi, nasrine. (2019). The antifungal activity of Artemisia herba-alba aqueous extract and essential oil against storage fungus Alternaria spp and Fusarium spp. *Journal of Applied Biological Sciences*, 13(2), 108-112.
- Sandhya Singh. (2011a). Preservation technologies for fresh fruits and vegetables. *Stewart Postharvest Review*, 7(1), 1-7. <https://doi.org/10.2212/spr.2011.1.5>
- Saoud, J., & Chalaqah, N. (2017). *Étude de l'effet de différents types de résidus végétaux sur la croissance et la productivité quantitative* [Jeu de données]. <https://www.theses-algerie.com>
- Shafiq, M., Khalid, N., Zahid, R., Ali, U., Mushtaq, S., Ali, M., Hashmi, M., & Haider, M. S. (2020). Effect of postharvest edible coatings on fruit quality of guava cv. Sufaid Gola under ambient and zero-energy cool Chamber storage conditions. *Journal of Horticultural Science & Technology*, 3(3), Article 3. <https://doi.org/10.46653/jhst20030383>
- Sicari, V., Dorato, G., Giuffrè, A. M., Rizzo, P., & Alburnia, A. R. (2017). The effect of different packaging on physical and chemical properties of oranges during storage. *Journal of Food Processing and Preservation*, 41(5), e13168. <https://doi.org/10.1111/jfpp.13168>
- Tabti, L. (2015). *Comparaison des activités antimicrobienne et insecticide de Thymus capitatus (L.) Hoffm. & Link, Tetraclinis articulata (Vahl.) Masters et Daucus crinitus Desf. Contre les pathogènes de Citrus sinensis dans la région de Tlemcen* [Thesis]. <http://dspace1.univ-tlemcen.dz/handle/112/20116>
- Taştekin et al. (2006). *Hypoglycaemic effect of Artemisia herba-alba in experimental hyperglycaemic rats*. ResearchGate. [https://www.researchgate.net/publication/285698129\\_Hypoglycaemic\\_effect\\_of\\_Artemisia\\_herba-alba\\_in\\_experimental\\_hyperglycaemic\\_rats](https://www.researchgate.net/publication/285698129_Hypoglycaemic_effect_of_Artemisia_herba-alba_in_experimental_hyperglycaemic_rats)
- Turek, C., & Stintzing, F. C. (2013). Stability of Essential Oils : A Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 12(1), 40-53. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12006>
- Yildiz, G., Cox, G., & Moran, L. (2020). IDENTIFICATION OF AROMA COMPOUNDS OF DRIED AND FRESH THYME (THYMUS VULGARIS L.) BY GAS CHROMATOGRAPHY-OLFACTOMETRY AND GAS CHROMATOGRAPHY-MASS SPECTROSCOPY ANALYSIS. *Latin American Applied Research - An international journal*, 51(1), 51-55. <https://doi.org/10.52292/j.laar.2021.198>

Yin, Y., Gong, F.-Y., Wu, X.-X., Sun, Y., Li, Y.-H., Chen, T., & Xu, Q. (2008). Anti-inflammatory and immunosuppressive effect of flavones isolated from *Artemisia vestita*. *Journal of Ethnopharmacology*, *120*(1), 1-6. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2008.07.029>

Zhang, J., Tian, Y., Wang, J., Ma, J., Liu, L., Islam, R., Qi, Y., Li, J., & Shen, T. (2023). Inhibitory effect and possible mechanism of oregano and clove essential oils against *Pectobacterium carotovorum* subsp. *Carotovorum* as onion soft rot in storage. *Postharvest Biology and Technology*, *196*, 112164. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2022.112164>

## ملخص:

تقيم هذه الدراسة فعالية الزيوت الأساسية المستخلصة من *Thymus vulgaris* و *Foeniculum vulgare* و *Rosmarinus officinalis* و *Artemisia herba-alba* في الحفاظ على الفواكه والخضروات بعد الحصاد كبداية طبيعية للمحافظات الكيميائية. تم معالجة العينات بهذه الزيوت وتخزينها لمدة تتراوح بين 13 إلى 15 يوماً. المعايير التي تم ملاحظتها تشمل فقدان الوزن، تطور العفن، التغيرات الفيزيائية (المظهر، اللون)، وشدة رائحة العفن.

أظهرت النتائج أن زيت *Rosmarinus officinalis* كان الأكثر فعالية في تقليل العفن وفقدان الوزن في البرتقال من نوع نافيل، بينما أظهر *Thymus vulgaris* فعالية على المدى القصير، ولكنه فقد تأثيره بسرعة بسبب تقلب المركبات الفعالة. أما بالنسبة للبرتقال من نوع سونغين، فقد كانت العلاجات أقل فعالية. وفيما يتعلق بالبصل، فقد أخرت الزيوت في إبطاء الذبول وإنبات البذور، ولكن مع نتائج أقل وضوحاً، خاصة بالنسبة لـ *Foeniculum vulgare* و *Artemisia herba-alba*.

تشير هذه النتائج إلى أن الزيوت الأساسية تقدم حلاً طبيعياً للحفاظ على المنتجات بعد الحصاد، إلا أن فعاليتها ما زالت محدودة وتحتاج إلى تحسينات، مثل تضمين الزيوت في أعشبية أو استخدام تقنيات النانو لتمديد تأثيرها.

**الكلمات المفتاحية:** أمراض ما بعد الحصاد، الزيوت العطرية، البرتقال، البصل، النباتات العطرية، النشاط المثبط.

**Résumé :**

Cette étude évalue l'efficacité des huiles essentielles extraites de *Thymus vulgaris*, *Foeniculum vulgare*, *Rosmarinus officinalis*, et *Artemisia herba-alba* pour la conservation post-récolte des oranges (Navel et Sanguines) et des oignons (rouges et verts) en tant qu'alternatives naturelles aux conservateurs chimiques. Les échantillons ont été traités avec ces huiles et stockés pendant 13 à 15 jours. Les paramètres observés incluent la perte de poids, l'apparition de moisissures, les modifications physiques (aspect, couleur), et l'intensité de l'odeur de moisissure.

Les résultats ont montré que l'huile de *R. officinalis* a été la plus efficace pour réduire la moisissure et la perte de poids des oranges Navel, tandis que *T. vulgaris* a montré une efficacité à court terme mais a rapidement perdu son effet en raison de la volatilité de ses composés. Pour les oranges Sanguines, les traitements ont été moins efficaces. Concernant les oignons, les huiles ont retardé le flétrissement et la germination, mais avec des résultats moins marqués, particulièrement pour *F. vulgare* et *A. herba-alba*.

Ces résultats suggèrent que bien que les huiles essentielles offrent une solution naturelle pour la conservation post-récolte, leur efficacité reste limitée et nécessite des améliorations, comme l'encapsulation des huiles, pour prolonger leur action.

**Les mots clés :** Les maladies post-récolte , Les huiles essentielles ,Oranges,Oignons, Plantes aromatiques, Activité inhibitrice.

**Abstract :**

This study evaluates the effectiveness of essential oils extracted from *Thymus vulgaris*, *Foeniculum vulgare*, *Rosmarinus officinalis*, and *Artemisia herba-alba* for post-harvest preservation of oranges (Navel and Sanguine varieties) and onions (red and green) as natural alternatives to chemical preservatives. The samples were treated with these oils and stored for 13 to 15 days. The observed parameters included weight loss, mold development, physical changes (appearance, color), and the intensity of mold odor.

The results showed that *R. officinalis* oil was the most effective in reducing mold and weight loss in Navel oranges, while *T. vulgaris* showed short-term effectiveness but quickly lost its effect due to the volatility of its compounds. For Sanguine oranges, the treatments were less effective. Regarding onions, the oils delayed wilting and germination, but with less pronounced results, particularly for *F. vulgare* and *A. herba-alba*.

These results suggest that while essential oils offer a natural solution for post-harvest preservation, their effectiveness remains limited and requires improvements, such as encapsulation of the oils, to extend their action.

**Keywords:** Postharvest diseases, Essential oils, Oranges, Onions, Aromatic plants, Inhibitory activity.

## إستبيان

يهدف هذا الاستبيان إلى دراسة فعالية تقنيات تغليف البرتقال والبصل في الحماية من الآفات الزراعية الضارة. من خلال هذا البحث، نسعى إلى فهم تأثير التغليف على تقليل تلف المحاصيل وتحسين جودتها أثناء التخزين والتوزيع نقدر مساهمتكم في الإجابة على الأسئلة بدقة وشفافية، حيث ستساعد إجاباتكم في تقديم توصيات عملية للمزارعين والمنتجين.

1. ما هي المواد التي تستخدمها عادة في تغليف البرتقال؟

بلاستيك

كرتون

خيش

أخرى (يرجى التحديد)

2. ما هو العامل الأكثر أهمية بالنسبة لك عند اختيار نوع التغليف؟

التكلفة

حماية المنتج

سهولة النقل والتخزين

التوافر في السوق

3. هل يحمي التغليف البرتقال من تأثيرات أشعة الشمس أو العوامل الجوية الأخرى؟

نعم، بشكل جيد

لا يحمي

يحمي بشكل جزئي

4. هل يساعد التغليف في الحفاظ على دوران الهواء بين حبات البرتقال؟

نعم، يحسن التهوية

لا يساعد

أحياناً يساعد

5. ما هي المواد التي تستخدمها عادة في تغليف البصل؟

بلاستيك

كرتون

خيش

أخرى (يرجى التحديد)

6. ما هو العامل الأكثر أهمية بالنسبة لك عند اختيار نوع التغليف للبصل؟

التكلفة

حماية المنتج

سهولة النقل والتخزين

التوافر في السوق

7. هل يؤثر التغليف في حماية البصل من التلف أو التلوث أو الآفات؟

حماية ممتازة

لا يحمي

حماية جزئية

8. هل يحمي التغليف البصل من تأثيرات أشعة الشمس أو العوامل الجوية الأخرى؟

نعم، بشكل جيد

لا يحمي

يحمي بشكل جزئي

9. هل يساعد التغليف في الحفاظ على دوران الهواء بين حبات البصل؟

نعم، يحسن التهوية

لا يساعد

أحياناً

10. كيف يؤثر التغليف في حماية البرتقال والبصل من التلف والتلوث أو الآفات؟

حماية ممتازة

لا يحمي

حماية جزئية

11. هل تعتبر التغليف عاملاً مهماً في الحفاظ على جودة البرتقال أو البصل لمدة أطول؟

نعم، يساعد في الحفاظ على الجودة

لا، لا يؤثر

يؤثر بشكل جزئي



## Déclaration de correction de mémoire de master 2025

Référence du mémoire N°: ..... / 2025	PV de soutenance N°: ..... / 2025
---------------------------------------	-----------------------------------

Nom et prénom (en majuscule) de l'étudiant (e) : <i>Mostafah Saoudous Mourani Rim</i>	لقب و إسم الطالب (ة) : <i>م. ص. م. (ب.ع.و.)</i>
--	--

La mention التقدير	Note (./20) العلامة	L'intitulé de mémoire المذكرة
		<i>Effet de quelques fruits essentiels sur la préservation de la qualité et la prolongation de la durée de conservation des oranges et agrumes emballés pendant le stockage</i>

### تصريح وقرار الأستاذ المشرف : Déclaration et décision de l'enseignant promoteur

#### Déclaration :

Je soussigné (e), .....  
 (grade) ..... à l'université  
 de....., avoir examiné intégralement ce  
 memoire après les modifications apportées par l'étudiant.

#### J'atteste que :

- \* le document a été corrigé et il est conforme au model de la forme du département SNV
- \* toutes les corrections ont été faites strictement aux recommandations du jury.
- \* d'autres anomalies ont été corrigées

#### تصريح :

أنا الممضي (ة) أسفله .....  
 (الرتبة) .....  
 أصرح بأنني راجعت محتوى هذه المذكرة كليا مراجعة دقيقة  
 وهذا بعد التصحيحات التي أجراها الطالب بعد المناقشة، وعليه  
 أشهد بأن :  
 \* المذكرة تتوافق بشكلها الحالي مع النموذج المعتمد لقسم علوم  
 الطبيعة والحياة.  
 \* المذكرة صححت وفقا لكل توصيات لجنة المناقشة  
 \* تم تدارك الكثير من الإختلالات المكتشفة بعد المناقشة

#### Décision :

Sur la base du contenu scientifique, de degré de conformité  
 et de pourcentage des fautes linguistiques, Je décide que  
 ce mémoire doit être classé sous la catégorie

#### قرار :

اعتمادا على درجة مطابقتها للنموذج ، على نسبة الأخطاء اللغوية  
 وعلى المحتوى العلمي أقرر أن تصنف هذه المذكرة في الدرجة

مقبول acceptable	عادي ordinaire	حسن bien	جيد جدا très bien	ممتاز excellent	متميز exceptionnel
E	D	C	B	A	A+



الأستاذ المشرف

*[Signature]*

التاريخ

2025 / ..... / .....